

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»
«Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук»

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Материалы
Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
28–29 апреля 2016 г.

Книга 1

Киров 2016

ББК 20.1+74.200.57

Э 40

Редакционная коллегия:

Т. Я. Ашихмина, профессор, д. т. н.; Л. И. Домрачева, профессор, д. б. н.; И. Г. Широких, в. н. с., д. б. н.; Л. В. Кондакова, профессор, д. б. н.; Е. В. Даб-ах, доцент, к. б. н.; Е. А. Домнина, доцент, к. б. н.; Г. Я. Кантор, с. н. с., к. т. н.; А. С. Олькова, доцент, к. т. н.; С. В. Пестов, доцент, к. б. н.; С. Г. Скугорева, к. б. н.; Н. В. Сырчина, доцент, к. х. н.; А. С. Тимонов, с. н. с.; Г. И. Березин, к. б. н.; А. И. Фокина, к. б. н., доцент; О. Г. Созинов, директор «Кировгипрозем»; А. В. Албегова, к. х. н.

Э 40 Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (28–29 апреля 2016 г.). Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. 446 с.

ISBN

В сборнике материалов Всероссийской научно-практической конференции «Экология родного края: проблемы и пути их решения» представлены результаты исследований ученых и аналитические обзоры специалистов в области экологии и охраны окружающей среды. В материалах обсуждаются вопросы формирования и развития как природных экосистем, так и территорий, находящихся под антропогенным воздействием. Освещены современные вопросы экологии микроорганизмов, животных и растений. Представлены материалы исследований по проблемам социальной экологии.

Проведение конференции и издание сборника при финансовой поддержке ОАО Института территориального планирования «Кировгипрозем».

ISBN

ББК 20.1+74.200.57

- © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», 2016
- © Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Таскаев А. И., Материй Л. Д., Попова О. Н., Кудяшева А. Г., Ермакова О. В., Башлыкова Л. А., Шишкина Л. Н., Шуктомова И. И. Биологические последствия радиоактивного загрязнения для флоры и фауны в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС	12
Широких И. Г. Приведут ли постгеномные технологии к новой «зеленой революции»?	19
Колотилова Н. Н. Развитие экологического направления в отечественной микробиологии (К 160-летию со дня рождения С. Н. Виноградского)	22

СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

Дабах Е. В. К вопросу о нормировании содержания нефтепродуктов в почвах Кировской области	26
Лодыгин Е. Д., Безносиков В. А. Региональный фон тяжелых металлов, радионуклидов и углеводов в почвах Республики Коми	29
Леонтьева М. М., Богатырев Ю. В., Сяндюкова К. В., Глебов Н. Н. Сорбируемость ионов Zn (II) на гуминовых веществах торфов различного происхождения	31
Коханистая Н. В. О нормировании никеля в почвах богарных ландшафтов Ростовской области	34
Шумилова М. А., Петров В. Г. Изучение процессов сорбции арсенит-ионов некоторыми типами почв Удмуртии	37
Пукальчик М. А., Mercl F. Оценка чувствительности показателей ферментативной активности в биодиагностике ремедиационного действия мелиорантов органической природы	40
Чепурнов Р. Р., Прокашев А. М., Матушкин А. С., Охорзин Н. Д., Соболева Е. С., Мокрушин С. Л., Вартан И. А., Черезова И. А., Потанин А. П., Масютин В. В. Погребённые почвы Белаевского бора: прошлое и настоящее	43
Кислицына А. П., Вязьминова А. А. Содержание гумусовых веществ в дерново-подзолистой почве под многолетними травами длительного срока использования	47
Алтышева С. М., Седельникова А. А., Кислицына А. П., Дабах Е. В., Копысов И. Я. Содержание и состав гумуса дерново-подзолистых почв при разных способах их хозяйственного использования	50
Гаевский Е. Е. Агроэкологическая оценка трансформации водно-физических свойств дерново-подзолистой песчаной почвы под действием окультуривания	51

<i>Макеева В. М., Смуров А. В.</i> Особенности функционирования наземных экосистем в условиях антропогенного воздействия (эколого-генетический аспект).....	55
<i>Прокашев А. М., Матушкин А. С., Мокрушин С. Л., Соболева Е. С., Чепурнов Р. Р., Вартан И. А., Буторин С. А., Потанин А. П., Колыбина Л. В.</i> Особенности истории вятской поймы в районе Заречного парка	58
<i>Прокашев А. М., Черезова И. А., Вартан И. А., Матушкин А. С., Охорзин Н. Д., Пупышева С. А., Масютин В. В., Винокуров А. Н., Квакин Г. С., Тайшина Е. О.</i> Особенности литогенной основы и географии почв заказника «Былина».....	62
<i>Лимонов М. А., Охорзин Н. Д.</i> Структура антропогенно-трансформированных ландшафтов Кордяжско-Косинского междуречья.....	67
<i>Атутова Ж. В.</i> Количественные показатели антропогенного преобразования геосистем Лено-Ангарского междуречья	70
<i>Чудиновских М. В., Охорзин Н. Д.</i> Ландшафтно-экологическая характеристика Моломо-Великорецкого междуречья.....	75
<i>Кулиненко В. Н., Матушкин А. С., Бородатый И. Л.</i> Аномалии природных радиационных фонов Вятско-Ветлужского междуречья	78
<i>Вартан И. А., Прокашев А. М., Чепурнов Р. Р., Кельдышев М. А., Черезова И. А.</i> Структура пуговых ландшафтов Вятско-Камского Предуралья	82
<i>Ковязин В. Ф., Вада А. А.</i> Зонирование земель памятника природы «Комаровский берег»	87
<i>Чурсинова К. В., Горбов С. Н., Безуглова О. С., Литвинов Ю. А.</i> Возможности ГИС-технологий в картировании урботерриторий.....	90
<i>Дубинина М. Н., Горбов С. Н., Безуглова О. С., Скрипников П. Н.</i> Распределение органического углерода в различных типах почв Ростовской агломерации.....	92
<i>Карпушова А. В., Безуглова О. С., Горбов С. Н.</i> Влияние соснового лесонасаждения на состав гумуса чернозема миграционно-сегрегационного.....	95
<i>Безуглова О. С., Горбов С. Н., Котик М. В., Тагивердиев С. С., Карташев С. С.</i> Особенности гранулометрического состава почв придорожных зон Ростова-на-Дону.....	98
<i>Низовцев Н. А., Холодов В. А., Иванов В. А., Фарходов Ю. Р., Дымов А. А.</i> Влияние пожаров на состав липидной фракции в подзолах иллювиально-железистых	100
<i>Потанин А. П., Матушкин А. С., Прокашев А. М., Охорзин Н. Д.</i> Морфология долинно-зандровых ландшафтов памятника природы «Бор на р. Лобани»	102
<i>Мирских В. В., Колыбина Л. В., Волокитин Д. В., Прокашев А. М.</i> Почвы АФ «Дороници» и их экологическое состояние	105

Береснева Ю. В., Пояркова А. А., Сырчина Н. В. Влияние различных добавок на интенсивность вымывания нитратов из почвы.....	110
Фетисова Е. А., Сырчина Н. В., Кутявина Т. И. Влияние кремнистых опок на состав почвенных растворов	112
Богатырёва Н. Н., Сырчина Н. В., Фетисова Е. А. Влияние кремнистой опоки на водно-физические свойства почв.....	116

СЕКЦИЯ 2 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Коновалов А. Л., Домрачева Л. И., Огородникова С. Ю., Домнина Е. А. Количественная характеристика водорослево-грибных комплексов почв различных лесных фитоценозов.....	119
Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я., Безденежных К. А. Почвенные водоросли и цианобактерии лесных и луговых экосистем	122
Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Альгосинузии пойменных лугов в районе г. Кирово-Чепецка.....	125
Пирогова О. С., Кондакова Л. В. Почвенные водоросли и цианобактерии заречного парка г. Кирова.....	129
Кондакова Л. В., Быданцева Н. С. Фототрофные микроорганизмы лечебной грязи санатория «Нижне-Ивкино».....	132
Кытманова О. А., Кондакова Л. В. Почвенные водоросли Дендрологического парка лесоводов.....	134
Леонова К. А., Домрачева Л. И. Влияние титра цианобактерии <i>Fisherella muscicola</i> на развитие пшеницы в водопроводной и снеговой воде	137
Фокина А. И., Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Домрачева Л. И., Березин Г. И., Кудряшов Н. А., Коткина Т. Н., Лялина Е. И. Корректировка условий применения микрокристаллоскопической реакции на дегидрогеназную активность для ее использования в биотестировании	139
Казакова Д. В., Субботина Е. С., Зыкова Ю. Н., Трефилова Л. В. Снижение фитотоксичности почвы под действием цианобактерий	143
Чупрова Ю. В., Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Изучение эффектов цианобактерии <i>Nostoc linckia</i> на растения ячменя в условиях загрязнения метилфосфоновой кислотой	147
Зимонина Н. М. Количественные и функциональные показатели альгогруппировок на отвалах Печорского угольного бассейна	149
Максимова Е. Н., Денисова Т. П., Лопатовская О. Г., Хадеева Е. Р. Структура микробиоценоза засоленных почв острова Ольхон (Прибайкальский национальный парк, Иркутская область).....	152
Маманазарова К. С. Таксономический анализ водорослей индикаторов сапробности бассейна нижнего течения р. Зарафшан	156
Широкова К. А., Широких И. Г. Влияние биопрепарата «Вэрва» на ксилотрофные базидиомицеты <i>Trametes versicolor</i> и <i>Ganoderma lucidum</i>	158

Назарова Я. И., Широких И. Г. Свойства изолятов стрептомицетов из ризосферы трансгенного табака (<i>Nicotiana tabacum</i>)	161
Попыванов Д. В., Широких А. А. Накопление свинца, меди и цинка микоризообразующими базидиомицетами в парках г. Кирова	164
Рычкова С. С., Широких И. Г. Биосинтетическая активность изолятов стрептомицетов из бурой лесной почвы восточного побережья Эгейского моря.....	167
Казакова Д. В., Леонова К. А., Субботина Е. С., Домрачева Л. И., Горностаева Е. А. Индикационная роль микроскопических грибов при загрязнении почвы возрастающими концентрациями меди	170
Шумилова Л. П. Анаморфные грибы в отвалах законсервированного хвостохранилища.....	173
Сергеева А. Г., Шумилова Л. П., Котельникова И. М. Микробиоты городских почв, загрязненных полициклическими ароматическими углеводородами.....	175
Емелев С. А., Помелов А. В., Новоселов А. В. Влияние микробиологических препаратов на развитие ярового ячменя сорта Нур....	179
Кувичкина Т. Н., Решетиллов А. Н. Использование аэробных микроорганизмов для определения алифатических и моноароматических соединений с карбоксильной группой.....	184
Анищенко Л. Н. Диагностика состояния почв с использованием микроорганизмов	185
Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Валидов Ш. З., Яхваров Д. Г. Селекция устойчивых к белому фосфору микроорганизмов	188
Кузнецова Т. В., Петров А. М., Князев И. В. Ответная реакция почвенного микробного сообщества на присутствие нефтяных углеводов	192
Хотько Н. И., Трегуб А. А., Маркелова Н. Н. Экологическая оценка состояния антропогенных экосистем по степени их микробного обсеменения.....	193
Соляникова И. П., Борзова О. В., Емельянова Е. В., Шумкова Е. С., Корсакова Е. С., Плотникова Е. Г., Головлева Л. А. Разложение бензоата актинобактериями: специфичность диоксигеназ и оценка генного аппарата.....	196
Зайцева Д. Ю., Зайцев М. Г. Выделение алкогольоксидазы из клеток метилотрофных дрожжей <i>H. polymorpha</i> NCYC 495 In и определение ее основных характеристик	201
Скворцова Л. С., Каманин С. С., Арляпов В. А. Использование проводящего гидрогеля на основе нейтрального красного в качестве иммобилизующей матрицы при создании биосенсора.....	204
Шишкарёва Е. И., Зайцева А. С., Арляпов В. А. Использование углеродных нанотрубок для разработки биосенсоров.....	207

СЕКЦИЯ 3
ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Савиных Н. П., Полубоярцева А. Н. Биоморфология наземной формы горца земноводного	210
Савиных Н. П., Русских Н. С. Биоморфология и популяционная биология пиона уклоняющегося (<i>Paeonia anomala</i> L.) в связи с его охраной	214
Илюшечкина Н. В. Половая и пространственная структура ценопопуляций кошачьей лапки двудомной (<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.).....	218
Илюшечкина Н. В. Экология и распространение ромашки душистой (<i>Chamomilla suaveolens</i> (Pursh) Rydb.) на территории населенных пунктов Республики Марий Эл.....	222
Филимонова Е. И. Ценопопуляция <i>Listera ovata</i> на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС	225
Шабалкина С. В., Суворова Ф. С. Экология <i>Inula salicina</i> (сем. Compositae)	229
Щепакова Д. Г., Шабалкина С. В. Экология <i>Scutellaria galericulata</i> (сем. Labiatae).....	232
Михайлова Е. А., Савиных Н. П. Об экологических предпочтениях <i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem.&Schult.....	235
Домнина Е. А., Едигарева Т. С. Динамика экологических режимов фитоценоза елового леса на постоянной пробной площади в районе объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области	239
Домнина Е. А., Кулёмина Е. А. Динамика экологических режимов фитоценоза участка материкового низинного луга на постоянной пробной площади в районе объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области	242
Шуклецова Е. С., Домнина Е. А. Динамика экологических режимов луговых фитоценозов в районе Кильмезского захоронения ядохимикатов	244
Ишмуратова М. Ю., Конкабаева А. Е., Тлеукенова С. У. Изменение состава жизненных форм растений вокруг промышленных городов Карагандинской области	246
Копосова К. Д., Шабалкина С. В. Анатомическое строение подземных органов <i>Lycopus europaeus</i> L.	249
Дрожжина В. Н. Изменение параметров эпидермы некоторых видов ив в условиях промышленного загрязнения	253
Годунова Л. В., Пересторонина О. Н. Динамика лесных растений ООПТ «Медведский бор»	256
Любова С. В., Шаманин А. А. Агрэкосистемы пойменных лугов севера.....	259

Кузнецов М. А., Кутявин И. Н., Манов А. В., Осипов А. Ф.	
Продуктивность и динамика накопления древесины в сосняке лишайниковом и ельнике зеленомошного после ветровала	263
Попылькина К. А., Жуйкова И. А. Характеристика лесного фонда Куменского района Кировской области	266
Егошина Т. Л., Лугинина Е. А. Лекарственные растения народной медицины Кировской области.....	270
Кетова Н. С., Егорова Н. Ю., Егоров О. С. Использование геоинформационных технологий для оценки хозяйственного запаса дикорастущих ягодников	272
Домнина Е. А., Черезова С. Н. Влияние универсального стимулятора «Феровит» на формирование надземной массы комнатных растений	275
Безденежных К. А., Кондакова Л. В. Лихеноиндикационная оценка состояния атмосферного воздуха Дендрологического парка лесоводов Кировской области	276
Арсланова Е. И., Огородникова С. Ю. Изучение пигментного комплекса растений брусники на территории Оричевского района Кировской области	279
Шаповалова А. С. Исследование влияния ионов свинца и фосфат-аниона на конформацию каротиноидов <i>Elodea canadensis</i> Michx и <i>Ceratophyllum demersum</i> L., с помощью метода спектроскопии комбинационного рассеяния света	282
Юрлов А. А., Сунцова Н. А. Генетическая диагностика экосистем в условиях антропогенной нагрузки на примере разных видов	283
Петышин А. В., Петышина К. В. Исследование влияния глифосатсодержащего гербицида на уровень тератогенеза пыльцы фацелии пижмолистной (лат. <i>Phacelia tanacetifolia</i>)	287
Фокин М. А., Помелов А. В. Влияние гербицидов на хлорофильные мутации и морфо-физиологические изменения растений ярового ячменя во втором поколении.....	290
Булдакова М. С. Воздействие загрязненной воды на характер наследования хлорофильных мутаций и морфофизиологических изменений семян ярового ячменя в М ₃	293
Розина С. А., Макурина О. Н., Рознецвет О. А. Эффекты влияния сочетания ионов свинца и катионных синтетических поверхностно-активных веществ на пигментный состав в тканях высшего водного растения <i>Ceratophyllum demersum</i>	297
Бактыбаева З. Б., Сулейманов Р. А., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р. Содержание тяжелых металлов в <i>Elodea canadensis</i> Michx.	300
Чащина Е. В., Ашихмина Т. Я., Кардакова Е. М. Изучение влияния соединений алюминия, свинца, кадмия и железа на биологические объекты	303

Петухова Е. С., Скугорева С. Г., Григорьев В. В., Ашихмина Т. Я.	
Изучение совместного действия ионов тяжелых металлов и азотсодержащих соединений на проращивание семян ячменя.....	306
Редникина В. Е. Влияние детергента, ионов свинца и фосфатов на содержание флавоноидов в тканях <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	309
Боровлёв А. Ю. Методика оценки долговременного воздействия лесозаготовок на водные ресурсы.....	311
Дворников М. Г. Исследования структурно-функционального развития и антропогенной трансформации экологических систем.....	314
Вишцева А. Н., Кондакова Л. В. Биоиндикационная оценка состояния воздушной среды г. Кирова по липе мелколистной	317
Арефьева А. А., Зуев Р. В., Курамшина З. М. Экотоксикологическая оценка территориального распределения антропогенных выбросов с использованием метода биотестирования на <i>Lepidium sativum</i> L. на примере южного промышленного региона Республики Башкортостан	319
Наумова А. В., Жуйкова И. А. Использование пыльцы для оценка качества окружающей среды г. Кирова.....	322
Черемисинов М. В., Помелов А. В. Выявление мутагенного эффекта фунгицидов при обработке семян ячменя методом протравливания	324
Рутман В. В., Резник Е. Н. Применение фрактального анализа и изучения цветометрических характеристик в лишеноиндикации.....	328
Романова А. Р., Тихонова С. В., Буляккулова Л. У. Применение цитогенетического метода для оценки водных ресурсов г. Стерлитамака ...	331
Лунькова Е. А., Малюта О. В. Оценка состояния лесных озер Республики Марий Эл методом биоиндикации	334

СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Кочаков И. В., Иванова Р. Р. Влияние антропогенной нагрузки на количество охраняемых видов в пределах административных районов Республики Марий Эл.....	337
Кортаев В. М., Сунцова Н. А., Кошкина Н. А. Влияние седимента на морфометрические показатели внутренних органов енотовидной собаки.....	340
Букина Л. А., Игитова Д. М. Трихинеллез у тюленевых арктических побережий Чукотского полуострова	342
Полушкин А. А., Шушканова Е. Г. Изменение численности бобра обыкновенного на территории заповедника «Нургуш»	347
Кудяшева А. Г. Метаболический гомеостаз мелких млекопитающих в условиях техногенного радиоактивного загрязнения среды обитания.....	349
Башлыкова Л. А. Генетические эффекты при низкоинтенсивном хроническом радиационном воздействии.....	352

Раскоша О. В., Ермакова О. В. Процессы пролиферации в щитовидной железе мелких млекопитающих после радиационного воздействия	356
Плотникова О. М., Иванова А. Ю., Каминская А. С. О влиянии соланина на некоторые показатели метаболизма у лабораторных мышей ...	359
Зернова Е. Е., Плотникова О. М. Вещества низкой и средней молекулярной массы как показатель действия N-(фосфонометил)-глицина на теплокровные организмы	361
Пескова Т. Ю., Шиян А. А. Некоторые морфометрические показатели озерной лягушки из прудов-отстойников сахарного завода.....	363
Ожегина И. Л., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я. Эпизоотическая обстановка по заразным болезням животных в Кировской области	366
Бакшеев К. О., Рябов В. М. Динамика зимней орнитофауны на территории ООПТ «Дендрологический парк лесоводов Кировской области»	369
Нуртдинова А. П., Рябов В. М. Динамика численности серых ворон (<i>Corvus cornix</i>) в юго-восточной части г. Кирова.....	371
Елкина А. В., Столбова Ф. С. Линька уток на водоемах г. Кирова и его окрестностей	373
Оботнин С. И. Динамика численности тетеревиных птиц в Тужинском районе Кировской области.....	377
Лукьянова О. Н., Валова В. Н., Ковековдова Л. Т., Попков А. А. Оценка качества среды обитания и состояния осетровых рыб в аквакультуре (Приморский край)	379
Мерзеликин А. Ю., Гершкович Д. М. Значение водоподготовки при культивировании <i>Ceriodaphnia affinis</i> Lilljeborg 1900 для целей токсикологических исследований.....	384
Олькова А. С., Санникова Е. А. Разработка и апробация метода оценки токсичности водных сред по двигательной активности <i>Daphnia magna</i> Straus	386
Воробьева О. В., Гершкович Д. М., Оганесова Е. В. Сравнительная чувствительность лабораторных культур <i>Daphnia pulex</i> в зависимости от срока адаптации к лабораторным условиям	390
Пескова Т. Ю., Вакула О. Е. Биоиндикация р. Еи и ее притоков по показателям флуктуирующей асимметрии серебряного карася.....	393
Сунпес Н. Е. Биоиндикация экологического состояния р. Ишим	396
Бедова П. В. Комплексная оценка качества воды озера Таир – памятника природы Республики Марий Эл.....	398
Сладкова С. В. Интенсивность аэробного энергообмена ракообразных как индикатор качества водной среды	401
Владыкина М. Н., Пестов С. В. Некоторые популяционные особенности <i>Rutilus rutilus</i> в заповеднике «Нургуш»	404
Озерова Н. А. Ихтиофауна территории Московской агломерации во второй половине XVIII в.	406

Пестов С. В., Филиппов Д. А. Двукрылые (Diptera) болота Шиченгское (Вологодская область).....	410
Пестов С. В., Кулакова О. И., Татаринцов А. Г. Прямокрылые (orthoptera) Оричевского района Кировской области.....	415
Окуловский А. С., Кулакова О. И., Пестов С. В. Современное состояние изученности фауны стрекоз (Odonata) Кировской области.....	417
Зиновьев В. В., Пестов С. В. Повреждение листьев липы сердцевинной (<i>Tilia cordata</i> L.) членистоногими в г. Кирове.....	419
Кулакова О. И., Татаринцов А. Г. Видовое разнообразие и проблемы экологии дневных чешуекрылых (Lepidoptera, Diurna) полуострова Канин.....	422
Турмухаметова Н. В. Изменение разнообразия насекомых-дендробионтов в онтогенезе <i>Pinus sylvestris</i> L.	424
Целищева Л. Г. Мониторинг редких видов насекомых в заповеднике «Нургуш» в 2014–2015 гг.	427
Мазеева А. В., Кулакова О. И. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera: Rhopalocera) подзоны южной тайги Кировской области.....	430
Ермолина С. А. Фауна пресноводных моллюсков – промежуточных хозяев личинок трематод.....	433
Масленникова О. В. Дождевые черви как промежуточные и паратенические хозяева нематод млекопитающих в экосистемах Кировской области.....	436
Касьянова А. А., Оносов А. А., Пестов С. В. Почвенные беспозвоночные в зоне влияния ТЭЦ-5 (г. Киров).....	439
Климова Н. Б. К характеристике зоопланктона оз. Большие Ирдяги...	441
Масленникова О. В., Шихова Т. Г., Котельникова Т. А. Трематодозная инвазия лосей Вятско-Камского междуречья.....	444

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ФЛОРЫ И ФАУНЫ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

А. И. Таскаев¹, **Л. Д. Материй**¹,

О. Н. Попова¹, **А. Г. Кудяшева**¹, **О. В. Ермакова**¹,
Л. А. Башлыкова¹, **Л. Н. Шишкина**², **И. И. Шуктомова**¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН,
kud@ib.komisc.ru

Авария на Чернобыльской АЭС выявила целый ряд сложных малоизученных в радиэкологии проблем, среди которых прогнозирование ранних и отдаленных последствий существования популяций растений и животных в условиях длительного воздействия радиации с низкой мощностью дозы и возможности их адаптации к техногенному радиоактивному загрязнению среды. Более десяти лет после аварии усилиями коллективов сотрудников нескольких Институтов России, Украины было проведено комплексное изучение влияния радиоактивного загрязнения на биоту. Основная цель развернутых радиэкологических исследований в 30-км зоне аварии на ЧАЭС заключалась в определении степени тяжести биологических последствий и анализе взаимосвязей между показателями в различных компонентах биогеоценозов в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения. На 26 полигонах 30-км зоны аварии на Чернобыльской АЭС в основном по западному от АЭС следу выпавших радионуклидов проведено обследование почвенного покрова и популяций растений и животных, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

При анализе почвенного покрова было уделено большое внимание миграции радионуклидов (особенно изотопов плутония, как малоизученных). Исследования процессов вертикальной миграции изотопов плутония в анализируемых слоях почвенного профиля показывает наличие тенденции к выносу ²³⁸Pu и ^{239,240}Pu из верхнего (0–1 см) слоя почвы. За период 1988–1991 гг. это привело к многократному уменьшению удельной активности изотопов в этом слое. Наблюдаемая интенсивность выноса изотопов плутония может быть объяснена тем, что, наряду с другими механизмами их миграции в первые годы, очевидно, существенный вклад вносит деструкция остатков растительности, подвергшейся в аварийный и послеаварийный периоды значительному поверхностному загрязнению. Максимальные удельные активности изотопов плутония во всех сезонах наблюдений характерны для верхних слоев почвы (до глубины 4 см). Это, однако, не позволяет говорить о статичности

рассматриваемого объекта. Достаточно сказать, что в 1988 г. радионуклиды были обнаружены в слое 5–10 см, а в 1991 г. отмечено присутствие изотопов плутония в слое 10–15 см. Отмеченный перенос плутония вниз по профилю почвы обусловлен, прежде всего, миграцией соединений плутоний, находящихся в наиболее мобильных формах. В 1988 году доля мобильных форм составляла от 0,2 до 4%, а в 1991 г. их доля составила только 0,04%. Поскольку некоторая часть плутония могла поступать в почву в иных, по сравнению с инкорпорированными в матрице UO_2 изотопами, формах, то, прежде всего их сорбцией и миграцией можно объяснить наличие указанной тенденции.

С 1986 г. в 30-км зоне аварии был начат мониторинг за состоянием семенного воспроизводства в популяциях 20 видов трав как однолетних, так и многолетних растений естественных сообществ лугового типа и запущенных агроценозов, относящихся к различным семействам и жизненным формам, а также заведомо различающихся по радиочувствительности семян – от *Plantago* до *Brassicaceae*. У основной массы обследованных видов травянистых растений не выявлено сколько-либо ощутимых сдвигов в уровне популяционной изменчивости. Исключение составили подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata* L.) и фиалка утренняя (*Viola matutina* Klok), у которых на наиболее загрязненных местах произрастания, уже в 1987–1988 гг. наблюдали тенденцию к снижению продуктивности. Уровень стерильной пыльцы у фиалки утренней более чем в два раза превысил таковой у растений, произрастающих на относительно чистой территории. Наблюдаемые изменения обусловили сильное снижение численности этих двух видов, вплоть до почти полного исчезновения в наиболее загрязненных пунктах. Эколого-географическое испытание семенного потомства растений из аварийной зоны в условиях северного питомника (Сыктывкар) подтвердило стабильность реакции на новые условия произрастания большей части обследованных видов растений, независимо от условий формирования их семян в различных по уровню загрязнения пунктах аварийной зоны. Вместе с тем потомство фиалки утренней и подорожника ланцетолистного из более загрязненных местообитаний проявило более высокую устойчивость к действию неблагоприятных факторов Севера. Одним из механизмов резистентности природных популяций являются процессы самоочищения от неблагоприятных генетических повреждений при смене поколений. Можно предполагать, что длительное воздействие радиоактивных загрязнений на природные фитоценозы являются причиной трансформации генофонда отдельных, чувствительных видов, проявляющейся в ухудшении жизнеспособности, снижении функций воспроизводства и в изменении радиорезистентности потомства (Фролова и др., 1987).

В качестве тест-объектов для анализа последствий радиоактивного загрязнения среды обитания были выбраны мышевидные грызуны как наиболее тесно контактирующие с почвенным и растительным покровом. Исследования проводили с 1986 по 1993 гг. и в 2007 г. на семи участках с разным уровнем радиоактивного загрязнения и в 1991–1993 гг. на относительно чистых территориях в окрестностях г. Киева. Объектами исследований служили гры-

зуны пяти видов: полевка-экономка, обыкновенная полевка, рыжая полевка, полевая мышь и желтогорлая мышь – более 4000 животных. Оценка состояния популяций и организма грызунов была проведена с использованием экологических, радиохимических, морфофизиологических, гематологических, гистоморфологических, цитогенетических, биохимических и биофизических методов (Кудяшева и др., 1997; Кудяшева и др., 2004; Материй и др., 2003). Сопоставление доз облучения грызунов, обитающих в зоне аварии в 1986–1988 гг., указывает на постепенное снижение вклада в суммарную поглощенную дозу внешнего β - и γ -излучения на фоне увеличения дозы от инкорпорированных радионуклидов (Кудяшева и др., 1997).

У грызунов из аварийной зоны установлены существенные изменения популяционных характеристик и морфофизиологических параметров. В первые годы после аварии обнаружено нарушение закономерной смены фаз популяционного цикла, что проявилось в длительной задержке популяций полевки-экономки и полевой мыши на стадии низкой численности, обусловленной повышенной смертностью более радиочувствительных видов грызунов в первый момент после аварии в связи с резким ростом радиационного фона в местах их обитания. Эти популяции животных приобретают черты, характерные для краевых популяций, находящихся в пессимальных условиях. В разные фазы численности возрастная структура чернобыльских полевок сильно варьирует: в фазе пика численности меньше доля неполовозрелых полевок, а в фазе подъема численности когорты половозрелых перезимовавших зверьков, наоборот, уменьшается, что приводит к изменению радиочувствительности популяции и может в дальнейшем сказаться на структуре популяции.

Проведенные ранее мониторинговые исследования популяций мелких грызунов, обитающих на территориях с повышенным уровнем естественной радиоактивности (Республика Коми), выявили сложный комплекс морфофизиологических нарушений и изменение реактивного состояния различных систем, организма и популяций (Маслова и др., 1994). Гистоморфологические исследования органов и тканей жизненно важных систем (эндокринной, кроветворной) и печени на разных этапах онтогенеза мышевидных грызунов из аварийной зоны свидетельствуют о наличии заметных морфологических отклонений от нормы в изученных тканях (Материй и др., 2003). Гистоморфологические исследования органов эндокринной системы показали, что одним из характерных изменений в коре надпочечников полевок с радиоактивных участков из зоны аварии, явилось ее значительное расширение, причем гипертрофия коры происходила за счет увеличения размеров пучковой зоны, вырабатывающей гормоны глюкокортикоидного типа и прослеживалась у полевок в течение пяти лет (у 10–15 поколений) после аварии. Реакция щитовидной железы полевок на хроническое облучение была далеко не однозначна, но общие закономерности морфологических изменений, отмеченные для надпочечника, оказались присущи и щитовидной железе: эффективность радиоактивного загрязнения, как и в надпочечнике была тесно связана с функциональной активностью органа, выраженность изменений в значительной

степени зависела от пола, возраста зверьков и времени, прошедшего после аварии. В щитовидной железе наблюдали дистрофические процессы (вакуолизация цитоплазмы), стаз эритроцитов (расширение сосудов), появление дегенирирующих фолликулов. В первые годы после аварии отмечали микрофолликулярную структуру железы, в последующие годы (1988–1991 гг.) – высокую степень гетерогенности фолликулов. Наиболее общим признаком морфологических изменений щитовидной железы и надпочечников у полевок, из аварийной зоны, является сочетание признаков альтерации и проявлений реакций компенсаторно-приспособительного характера. Хроническое функциональное напряжение коры надпочечников, сопровождалось деструктивными и дистрофическими процессами в железистой ткани, проявлением разных типов анемий и морфологических признаков снижения естественного иммунитета, обильным выходом в периферическую кровь юных и бластных форм красного и белого ростков, качественными изменениями клеточного состава кроветворной ткани, появлением мегалобластов. Все эти изменения можно квалифицировать как начальные признаки возможного развития необратимой патологии. Морфологические исследования эндокринной и кровеносной систем позволяют отметить, что сдвиги в этих системах аналогичны, и обусловлены не только деструктивными, но и активно протекающими компенсаторно-восстановительными процессами. Деструктивные изменения проявлялись в виде сосудистых расстройств, дистрофических нарушений клеток, локальной их гибели, переходящей в ряде случаев в очаги некроза тканей. При этом выявлено появление атипичных клеточных форм, воспалительных инфильтратов, признаков преждевременного старения тканей и т.д. Параллельно протекающие компенсаторно-восстановительные процессы (активизация физиологической и репаративной регенерации тканей, развитие гиперплазии и гипертрофии клеток), с одной стороны, направлены на поддержание клеточного и функционального гомеостаза исследуемых систем, а с другой – создают напряженное, неустойчивое их состояние, ведущее к дезорганизации всей системы. На таком напряженном фоне чаще, чем обычно, случаются срывы, нарушение баланса, формируются необратимые патологические процессы. В системе крови компенсаторные процессы проявляются в высоком количестве кариоцитов, усилении пролиферативной активности клеточных пулов костного мозга. Особый интерес вызывает синхронное нарастание в системе крови таких клеточных форм, как микролимфоциты, плазматические клетки, моноциты и мегакариоциты. Это свидетельствует о напряжении защитных механизмов органа путем вовлечения системы крови в иммунный ответ на действие повреждающего фактора. В эндокринной системе компенсаторно-восстановительные процессы выражаются в гиперплазии и гипертрофии на клеточном («добавочная» кора надпочечников и пролиферация фолликулярного эпителия щитовидной железы) и внутриклеточном уровнях. Например, в структуре ядра тироцитов развиваются изменения, свидетельствующие, с одной стороны, о снижении интенсивности белкового синтеза (гиперхроматизация, появление внутриядерных включений), с другой стороны – о компенса-

торных процессах, направленных на поддержание функции ядра (увеличение объема ядер, площади ядерных мембран). Однако необходимо подчеркнуть, что взаимообусловленный напряженный режим функционирования важнейших систем жизнеобеспечения, ярко выраженный у полевок 30-км зоны аварии, можно рассматривать лишь как положительную приспособительную реакцию организма, направленную на структурную и функциональную нормализацию исследуемых тканей. Выявленные морфологические сдвиги нельзя считать показателями истинной физиологической адаптации организма к сложившимся радиоэкологическим условиям среды обитания полевок.

Цитогенетические исследования мышевидных грызунов в первые годы после аварии обнаружили повышенную частоту аномальных головок спермиев. В течение трех-пяти лет после аварии частота клеток костного мозга с микроядрами была на порядок выше спонтанного уровня. Радиоактивное загрязнение в зоне аварии привело к повышению частоты хромосомных аберраций, при этом значительные изменения отмечены на участках со средним уровнем загрязнения, особенно в костном мозге полевки-экономки, для которой Южное Полесье является краевой зоной ареала. Тем не менее, у более резистентных полевых мышей и через 21 год после аварии сохраняется повышенный уровень цитогенетических повреждений.

Одним из универсальных процессов, протекающих во всех клетках и типах мембран и играющих важную роль в регуляции клеточного метаболизма в норме и при действии различных повреждающих факторов, является перекисное окисление липидов (ПОЛ), обуславливающее функциональные изменения активности ферментов цикла Кребса и гликолиза в том числе. В органах грызунов, отловленных в зоне отчуждения ЧАЭС, обнаружена сложная картина нарушений в системе регуляции процессов ПОЛ и энергетического обмена, сохраняющиеся в течение длительного времени после аварии и имеющих радиационную природу. Установлены фазные изменения уровня антиокислительной активности (АОА) липидов печени, селезенки и головного мозга, однако времена наступления экстремумов значений АОА зависят от вида животных, исследуемого органа, времени анализа после аварии, участка их отлова и в ряде случаев от возраста и пола зверьков. Следует отметить значительную обедненность липидов органов антиоксидантами в первые годы после аварии у наиболее радиочувствительного вида (полевка-экономка) независимо от уровня внешнего γ -фона на участках отлова. У остальных исследуемых видов грызунов в первый год анализа отмечен довольно высокий уровень АОА липидов печени и головного мозга, независимо от возраста зверьков и участка обитания, что, возможно, является защитной реакцией. Сравнительный анализ величин АОА липидов органов зверьков одного возраста, отловленных осенью 1987 г, по уменьшению этого показателя позволяет расположить органы грызунов в следующей последовательности: печень > головной мозг > селезенка; а исследуемые виды располагаются в ряд: желтогорлые мыши > рыжие полевки > обыкновенные полевки > полевые мыши

> полевки-экономки. В зависимости от года отлова изменяется только масштаб различий АОА липидов печени у мышевидных грызунов разных видов.

В тканях диких грызунов из зоны отчуждения ЧАЭС найдены значительные изменения в содержании фосфолипидов (ФЛ) в составе общих липидов, а также в количественном соотношении отдельных фракций ФЛ и обобщенных показателей липидного обмена, наиболее выраженные в первые годы после аварии, что указывает на структурные нарушения в мембранной системе органов. Спустя 4–8 лет после аварии, в составе ФЛ печени полевок-экономок и полевых мышей, отловленных на участках со слабым и средним уровнем радиоактивного загрязнения, происходит некоторая стабилизация относительного содержания основных фракций фосфолипидов. Однако нормализации состава ФЛ по многим показателям у обследованных групп грызунов в указанные сроки не обнаружено, что свидетельствует о сохранении радиационных нарушений в мембранной системе печени в течение длительного времени. Безусловно, столь существенные изменения параметров системы регуляции ПОЛ способствуют возникновению и функциональных нарушений в тканях этих животных. Динамика изменений и характер сдвигов активности ферментов энергетического обмена (сукцинат-, пируват- и лактатдегидрогеназ) в исследуемых тканях (печень, сердечная мышца, головной мозг) мышевидных грызунов из зоны аварии в период 1987–1990 гг., свидетельствуют о значительном снижении активности ферментов в 1988 и 1989 гг. (фазы депрессии и незначительного подъема численности животных). Сохранение существенных изменений АОА липидов, состава ФЛ и активности ферментов цикла Кребса и гликолиза в тканях диких грызунов приводит к нарушению коррелятивных связей между отдельными звеньями процесса ПОЛ и энергетического обмена, отмеченные у полевок в зоне аварии на ЧАЭС как в первые годы, так и спустя восемь лет после аварии. Несмотря на то, что в печени полевых мышей, отловленных в 2007 г. на участках со средним и высоким уровнем радиоактивного загрязнения, обнаружена некоторая стабилизация состава ФЛ, нарушения взаимосвязей между отдельными звеньями ПОЛ в печени этих зверьков выявлены и спустя 21 год после аварии (Шишкина и др., 2011). Совокупность полученных данных свидетельствует о дисбалансе клеточных систем регуляции в организме и позволяет предположить, что процесс адаптации мышевидных грызунов к резко изменившимся радиоэкологическим условиям среды их обитания обусловлен переходом систем регуляции ПОЛ и энергетических процессов на новый уровень функционирования.

Комплексные многолетние исследования дали возможность проследить основные этапы формирования и развития изменений в основных системах организма и процессы их регуляции у нескольких поколений мышевидных грызунов, обитающих в аварийной зоне ЧАЭС. Следует отметить, что были обследованы животные, которые в какой-то степени прошли своеобразный фильтр естественного отбора и представляли собой наиболее жизнеспособных особей в условиях не прекращающегося воздействия радиационного фактора. Тем не менее, у обследованных зверьков, несмотря на их внешнее бла-

гополучие, были обнаружены многочисленные и многообразные структурные, морфологические, биохимические, биофизические, цитогенетические изменения в клетках и тканях, что позволяет сделать вывод о качественных изменениях состояния самих популяций мышевидных грызунов в результате длительного обитания на территориях с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения. Это подтверждается и наблюдающейся в течение 1986–1993 гг. и 2007 г. в 30-км зоне аварии на ЧАЭС сменой наиболее распространенных видов мышевидных грызунов (исчезновение полевки-экономки и повсеместное распространение более резистентных полевых и желтогорлых мышей), возрастанием изменчивости исследуемых параметров, ростом гетерогенности ответных реакций. Необходимо подчеркнуть, что в условиях радиоактивного загрязнения среды обитания глубина нарушений липидного обмена, обеспеченности тканей энергией, морфологические изменения в тканях и генетические последствия для природных популяций грызунов оказались значительно больше, чем в лабораторных экспериментах с хроническим внешним γ -облучением животных. Это свидетельствует о необходимости как учета действия всего комплекса факторов среды, так и осторожного подхода при экстраполяции результатов, полученных в экспериментальных условиях, для прогнозирования биологических последствий воздействия техногенного загрязнения биоты. Возникающие патологические процессы (нарушения в системе регуляции ПОЛ и дезинтеграция энергетического обмена, процессов кроветворения, дисбаланс эндокринной системы, цитогенетические нарушения в половых и соматических клетках) могут обуславливать несовершенство приспособительных механизмов и являться следствием срыва стабилизирующих механизмов либо ускоренного истощения резервных возможностей исследуемых систем.

Литература

Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Загорская Н. Г., Таскаев А. И. Биохимические механизмы радиационного поражения природных популяций мышевидных грызунов. СПб.: Наука, 1997. 156 с.

Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Шевченко О. Г., Башлыкова Л. А., Загорская Н. Г. Биологические эффекты радиоактивного загрязнения в популяциях мышевидных грызунов. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 214 с.

Маслова К. И., Материй Л. Д., Ермакова О. В., Таскаев А. И. Атлас патоморфологических изменений у полевок-экономок из очагов локального радиоактивного загрязнения. СПб.: Наука, 1994. 192 с.

Материй Л. Д., Ермакова О. В., Таскаев А. И. Морфофункциональная оценка состояния организма мелких млекопитающих в радиоэкологических исследованиях (на примере полевки-экономки). Сыктывкар, 2003. 164 с.

Фролова Н. П., Попова О. Н., Таскаев А. И., Фролов Ю. М. Мониторинг природной популяции *Plantago lanceolata* L. в 30-километровой зоне ЧАЭС. Сыктывкар, 1989. 48 с. (Сер. Науч. докл./Коми НЦ УрО АН СССР).

Шишкина Л. Н., Кудяшева А. Г., Загорская Н. Г., Шевченко О. Г., Таскаев А. И. Участие процессов перекисного окисления липидов в механизме адаптации мышевидных грызунов к радиоактивному загрязнению зоны Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиэкология. 2011. Т. 51. № 1. С. 185–200.

ПРИВЕДУТ ЛИ ПОСТГЕНОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ К НОВОЙ «ЗЕЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ»?

И. Г. Широких

*НИИСХ Северо-Востока, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
Вятский государственный университет, irgenal@mail.ru*

Выражение «зеленая революция» появилось в середине 1960-х годов, характеризуя прорыв, достигнутый в сельском хозяйстве ряда стран Азии и Латинской Америки в результате выведения новых высокопродуктивных и низкорослых сортов пшеницы и риса, которые хорошо реагировали на внесение удобрений, орошение и применение в посевах пестицидов. Благодаря селекции сортов интенсивного типа произошло значительное повышение урожайности, что позволило многим развивающимся странам не только преодолеть угрозу голода, но и полностью обеспечить себя продовольствием. Однако цена сложившихся систем интенсивного земледелия оказалась непомерно высокой: они привели к беспрецедентному ухудшению глобальной экологической обстановки вследствие ирригационных мероприятий и загрязнения почв пестицидами. В связи с изменениями климата, сокращением ресурсов пахотных земель и водных ресурсов проблема в дальнейшем будет только усугубляться.

В результате направленной селекции на создание сортов с максимальной эффективностью фотосинтеза за счет использования поливного земледелия и высоких доз удобрений и пестицидов, продуктивность основных культур достигла своего физиологического предела (Brown, 2011). Однако на практике потенциал урожайности сортов не реализуется из-за потерь, вызванных абиотическими и биотическими стрессами. Для снижения этих потерь необходимо научиться управлять адаптивностью растений. Поэтому новую «зеленую революцию», о которой заговорили еще в 1970-е годы, но которая не произошла до сих пор, связывают главным образом, с решением проблемы стрессов сельскохозяйственных растений. Потери в сельском хозяйстве США и России от различных абиотических стрессов (засуха, высокая соленость, кислотность и ионная токсичность почвы, перепады низких и высоких температур, УФ-облучение и окислительный стресс) составляют в общих потерях до 70-80%.

Для того чтобы добиться генетического совершенствования продовольственных культур в плане их адаптивности к изменяющимся условиям окружающей среды, потребуются немалые усилия как традиционной селекции, так и современной сельскохозяйственной биотехнологии. Необходимо использование принципиально новых подходов – направленного воздействия на молекулярные и клеточные механизмы, которые обеспечивают генетическое разнообразие, которому нанесло значительный ущерб разрушение среды обитания диких видов, что в свою очередь сделало многие культивируемые виды и сорта чрезвычайно уязвимыми для фитопатогенов и вредителей.

Для сокращения продолжительности традиционного селекционного процесса и повышения его эффективности во всем мире развиваются исследова-

ния в рамках ОМИК-технологий: транскриптомики, протеомики и метаболомики. Они включают в себя секвенирование геномов, формирование баз маркерных экспрессирующих последовательностей и профилирование экспрессии генов методами ДНК-чип технологий. Исследование профилей генной экспрессии в различных растительных тканях позволяет выявлять гены и контролируемые ими метаболические пути, изменения в работе которых могут быть тесно связаны с формированием различных фенотипических характеристик. Число работ по абиотическому стрессу, выполненных в рамках ОМИК-технологий увеличивается в геометрической прогрессии. Успехи ОМИК-технологий открывают возможности для их практического приложения в биотехнологии и растениеводстве будущего. Например, изменение генетических свойств, путём замены отдельных генов и нуклеотидов в молекуле ДНК. Путём внедрения генных конструкций, создаются линии с потенциально более высокой толерантностью к различным видам биотических и абиотических стрессов. Генетически модифицированные линии с повышенной стрессоустойчивостью пока получают, в основном, на модельных растениях (табак, арабидопсис), однако, уже созданы трансгенные линии кукурузы и сахарной свеклы с устойчивостью к засухе (www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp).

В этом направлении в лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» изучается возможность повышения стрессоустойчивости растений с помощью вставки в геном гетерологичного гена *Fe-SOD1* – антиоксидантного фермента. Путем агробактериальной трансформации получены трансгенные линии ячменя и картофеля, регенерированы растения. ПЦР-анализ ДНК трансгенных линий показал наличие чужеродной вставки и экспрессию гена с помощью реакции амплификации ДНК (Бакулина, Широких, 2015). О функциональной активности встроенного гена говорят также результаты прямого определения активности супероксиддисмутазы в тканях трансформированных растений и морфометрические показатели трансгенной линии картофеля в условиях стресса, обусловленного ионной токсичностью. Одновременно с развитием техники генной инженерии существенное внимание уделяется развитию методов оценки биобезопасности генно-модифицированного растения, проводится оценка экологического риска выращивания трансгенных растений для почвенной микробной системы (Назарова и др., 2014).

Уже более двух десятков лет в лаборатории проводятся работы по созданию исходного материала зерновых культур методами клеточной селекции, в основе которых лежит явление соматической изменчивости–генетической и физиологической нестабильности клетки в условиях *in vitro*. Опираясь на данные геномики и транскриптомики, сегодня с уверенностью можно говорить о значительном вкладе в природу соматической изменчивости эпигенетических факторов, а именно – степени метилирования генома (Karazoglou, Tsaftaris, 2011). Установлено, что вызванные стрессовыми условиями изменения в процессах метилирования ДНК, могут наследоваться и обуславливать

адаптацию растения к стрессовому фактору в ряду поколений. Ежегодно в практическую селекцию передается семенное потомство 40–50 регенерантных линий овса и ячменя. Отборы *in vitro* сочетаются с традиционными методами селекции (Шуплецова и др., 2015). Одиннадцать соматоклональных линий ячменя включены в предварительный каталог коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова в качестве генетических источников толерантности к засухе и повышенному содержанию в почве ионов водорода и алюминия. На основе регенерантных линий ячменя 496-07 и 917-01 в 2014 году созданы сорта Бионик и Форвард, к числу главных достоинств которых относится толерантность к кислым почвам и токсичности алюминия.

Значительный вклад в регуляцию стрессоустойчивости растений вносят ассоциированные с ними микроорганизмы, поэтому важной задачей в постгеномный период развития биотехнологий является вовлечение потенциала микробно-растительных взаимодействий, восстановление и преумножение симбиотических свойств растений (Широких и др., 2007).

К сожалению, широкая общественность в отношении новых биотехнологических сортов, зачастую проявляет не всегда обоснованную настороженность. Ведутся ожесточенные дебаты о безопасности трансгенных сельскохозяйственных растений, хотя рекомбинантные ДНК уже давно с успехом используются в фармацевтике, где до сих пор не зафиксировано ни одного случая вреда, вызванного ГМ-процессами. Точно так же нет ни одного свидетельства каких-либо нарушений, вызванных потреблением ГМ-продуктов. Это вовсе не означает, что риски, связанные с такими продуктами, исключены в принципе. Но необходимо отличать методы получения ГМО, которым не присуща какая-либо дополнительная опасность, от продуктов, полученных этими методами, в которых, как и в любой другой продукции, в принципе не исключено наличие попавших туда каким-то образом токсинов или аллергенов. По мнению выдающегося селекционера Нормана Э. Борлоуга, отца первой «зеленой революции» и лауреата Нобелевской премии мира, *«страх в общественном мнении по отношению к продуктам биотехнологии в значительной мере обусловлен неспособностью наших учебных заведений привить учащимся хотя бы элементарные знания по сельскому хозяйству. Эти пороки системы образования ведут к чудовищным результатам: подавляющее большинство людей, даже считающихся весьма образованными, оказываются абсолютно невежественными в той области знаний, которая служит основой их повседневной жизни сегодня и, что еще важнее,— их выживания в будущем. Необходимо без промедления начать борьбу с этим невежеством, в частности, сделав обязательным для студентов всех специальностей изучение основ биологии»* (Борлоуг, 2001).

Судя по всему, альтернативы постгеномным технологиям в дальнейшем совершенствовании сельскохозяйственных растений, не существует. Для того, чтобы обеспечить к 2025 г. продовольствием 8,3 млрд человек, человечество вынуждено использовать весь наработанный к настоящему времени по-

тенциал ОМИК-технологий для создания новых высокопродуктивных и стрессоустойчивых сортов методами генной и клеточной инженерии.

Литература

Бакулина А. В., Широких И. Г. Усиление антиоксидантной защиты растений картофеля и ячменя путём встраивания гена Fe-SOD1 // Фундаментальные и прикладные проблемы современной экспериментальной биологии растений: Сб. материалов Всерос. науч. конф. и школы молодых ученых, посвященной 125-летию ИФР им. К. А.Тимирязева РАН (23–27 ноября 2015). М.: ИФР РАН, 2015. С. 67–71.

Борлоуг Н. Э. «Зеленая революция»: вчера, сегодня и завтра // Экология и жизнь. 2001. № 4. [Электронный ресурс] <http://www.vevivi.ru/best/Zelenaya-revolyuetsiya-vchera-segodnya-i-zavtra-ref80689.html>.

Назарова Я. И., Товстик Е. В., Абубакирова Р. И., Широких И. Г. Оценка потенциальных рисков использования трансгенных растений для почвенной микробной системы // Почвоведение и смежные науки: методы и подходы; результаты и проблемы взаимодействия по вопросам экологии. Материалы XIX Всерос. школы. 14–16 октября 2014. Т. X. Пушино: ИФХиБПП РАН, 2014. С. 28.

Широких И. Г., Широких А. А., Ашихмина Т. Я. Изучение микробного потенциала агроценозов для повышения продуктивности и стрессоустойчивости растений методами биотехнологии. Сыктывкар. 2007. 28 с. (Научные доклады / Коми научный центр УрО РАН. Вып. 490).

Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н., Широких И. Г. Создание генотипов ячменя с комплексной устойчивостью к эдафическим стрессам методами клеточной селекции // Доклады Россельхозакадемии. 2015. № 1–2. С. 16–20.

Brown Lester R. World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse. W. W. Norton & Company, 2011. 174 p. [Электронный ресурс] http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/wotebook.pdf.

Kapazoglou A., Tsaftaris A. Epigenetic Chromatin Regulators as Mediators of Abiotic Stress Responses in Cereals//Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations / Eds. Arun Shanker. 2011. P. 395–414. [Электронный ресурс] <http://www.intechopen.com/books/abiotic-stress-inplants-mechanisms-and-adaptations/epigenetic-chromatin-regulators-as-mediators-of-abiotic-stressresponses-in-cereals>.

РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИКРОБИОЛОГИИ (К 160-летию со дня рождения С. Н. Виноградского)

Н. Н. Колотилова

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
kolotilovan@mail.ru*

Особенностью русской микробиологической школы, как отмечал крупнейший микробиолог и естествоиспытатель нашего времени, академик Георгий Александрович Заварзин (1933–2011), является изучение крупномасштабных биогеохимических процессов, обуславливающих круговорот основных элементов земной коры (включая разложение целлюлозы как наиболее крупномасштабный из этапов цикла углерода), тесная связь с геологией, почвоведением, преимущественное внимание к проблеме «микроорганизм и его

естественная среда обитания» (последняя формулировка принадлежит выдающемуся ученому, лидеру отечественной микробиологии советского периода Б. Л. Исаченко). Эта школа восходит к Виноградскому. Она продолжает развиваться и сейчас, сохраняя свои отличительные черты (Заварзин, 1974). Отмечая в этом году 160-летие со дня рождения Сергея Николаевича Виноградского (1856–1953), хочется еще раз вспомнить основные направления его исследований, их экологическую значимость и их развитие в трудах последующих поколений отечественных микробиологов.

Первое открытие мирового значения – хемосинтез, т.е. способность существовать за счет окисления неорганических веществ как источника энергии – было сделано С. Н. Виноградским в 1887 г. в Страсбурге на примере нитчатых серобактерий и железобактерий, а затем подтверждено в 1890 г. в Цюрихе на примере нитрификаторов. При этом он обнаружил способность нитрифицирующих бактерий к автотрофии и сделал смелый экологический вывод о том, что продуцентами органического вещества в природе могут быть не только фотосинтезирующие, но и хемосинтезирующие организмы.

Вернувшись в С.-Петербург и возглавив Отдел общей бактериологии в Императорском Институте Экспериментальной медицины, Виноградский, несмотря на медицинский характер этого учреждения, продолжал исследования по нитрификаторам, изучал фиксацию микроорганизмами молекулярного азота, в результате чего впервые была выделена азотфиксирующая бактерия (*Clostridium pasteurianum*), инициировал исследования разложения микроорганизмами целлюлозы и пектина, в целом, активно занимался вопросами почвенной микробиологии. Методологическую основу исследований представлял сформулированный им принцип элективных условий, позволивший в дальнейшем выделить большинство известных сегодня микроорганизмов. Итоги этих работ были подведены в его докладе «О круговороте азота в почве» (1894) и особенно глубоко в знаменитой речи «О роли микробов в общем круговороте жизни», научном кредо Виноградского. Речь кончалась словами, предваряющими концепцию биосферы: «В такой связи явлений вся живая материя возстает перед нами как одно целое, как единый огромный организм, заимствующий свои элементы из резервуара неорганической природы, целесообразно управляющий всеми процессами своего прогрессивного и регрессивного метаморфоза и, наконец, отдающий снова все заимствованное назад мертвой природе» (Виноградский, 1897. С.27)

О значении открытий С. Н. Виноградского Г. А. Заварзин писал: «Уберегите хемосинтез из вашего понимания природы. Вместе с ним из сознания исчезают циклы азота, серы, железа, исчезает воздействие биоты на микрокомпонентный состав атмосферы, исчезает ранний диагенез осадочных горных пород. <...> Открытие Виноградского стало началом, из которого многими поколениями было выращено современное понимание биосферы – независимого от нас мира, в котором мы появились и который превратили в свою среду обитания. Оно дало картину мира как единой динамической системы, где микроорганизмы служат катализаторами специфических реакций» (Заварзин,

2009); «Работы Виноградского и последующее развитие его идей привели к пониманию того, что биосфера создана и функционирует под действием микроорганизмов» (Заварзин, 2011).

В 1920 г. Виноградский покинул Россию и в 1923 г. возглавил Сельскохозяйственный (Почвенный) филиал Института Пастера в г. Бри-Конт-Робер под Парижем. Здесь он работал более 30 лет, и главным итогом этого периода стало создание нового научного направления: почвенной и, шире, «экологической» микробиологии, методологическим принципом которой является изучение микроорганизмов в естественных условиях. Виноградский подчеркивает деятельность микробов как «коллективную саморегулируемую работу». Новому направлению был посвящен доклад Виноградского на I Международном съезде франкоязычных микробиологов (Париж, 1938) с названием «Экологическая микробиология – ее основы и метод», ставший его научным завещанием. Текст доклада завершает книгу «Микробиология почвы» (Виноградский, 1952), подводящей итоги научной деятельности ученого.

Работы Виноградского послужили толчком к бурному развитию микробиологии в России в начале XX века. Этот период, примерно совпадающий с Серебряным веком русской культуры и названный Г. А. Заварзиным «золотым веком российской микробиологии» (Заварзин, 2004), характеризуется приоритетными работами русских ученых в области изучения хемосинтеза, азотфиксации, метаногенеза, разложения целлюлозы; широким развитием протистологии, альгологии, микологии и бактериологии; описанием морфологически и физиологически необычных микроорганизмов; активными экспедиционными исследованиями, рождением морской, нефтяной и геологической микробиологии, микробиологией грязей. К числу выдающихся микробиологов-натуралистов первой половины XX века относятся: В. Л. Омелянский, Г. А. Надсон, Б. Л. Исаченко, Н. Г. Холодный, А. В. Лебедев, Б. В. Перфильев, М. А. Егунов, С. М. Вислоух, А. М. Краинский, Н. А. Красильников, В. С. Буткевич, Е. Е. Успенский, Д. М. Новогрудский, С. И. Кузнецов, В. О. Таусон, Е. Н. Мишустин и многие др. Нельзя переоценить роль В. Л. Омелянского в распространении идей и создании школы С. Н. Виноградского в России.

Блистательным представителем русской микробиологической школы и последователем С. Н. Виноградского был Г. А. Заварзин, его труды являются логическим продолжением трудов С. Н. Виноградского по хемосинтезу, изучению роли микробов в «общем круговороте жизни», экологической микробиологии. Георгий Александрович вошел в историю науки как создатель природоведческой микробиологии (Заварзин, 2003) – самостоятельного нового направления науки, являющегося также продолжением и творческим переосмыслением научных традиций С. Н. Виноградского, Б. Л. Исаченко, В. И. Вернадского, А. Гумбольдта и других крупнейших естествоиспытателей. С позиций системного подхода в ней рассматриваются коренные вопросы организации, функционирования и истории биосферы, главными движущими агентами которой являются микроорганизмы, «создавшие биосферу» и контролируемые сегодня важнейшие процессы и циклы элементов в природе.

Центральным объектом природоведческой микробиологии является микробное сообщество, как система организмов, основанная, прежде всего, на принципе кооперации. Его трофическая и топическая структура была подробно исследована Г. А. Заварзиным и его сотрудниками на примере так называемых «реликтовых сообществ», существующих в экстремальных местообитаниях, недоступных высшим организмам, и представленных почти исключительно прокариотами. Это позволило провести аналогию с древнейшими экосистемами докембрия, когда биосфера была по сути «бактериосферой», и имело решающее значение для развития представлений о цианобактериальных сообществах как стволу линии эволюции биосферы, о коэволюции биосферы и геосферы. Взгляды Г. А. Заварзина стали основой «микробоцентрического» мировоззрения, необходимого сегодня не только микробиологам, но и представителям самых разных направлений в науке и даже в государственной деятельности.

Литература

Виноградский С. Н. О роли микробов в общем круговороте жизни. СПб., 1897. 27 с.

Виноградский С. Н. Микробиология почвы. Проблемы и методы. Пятьдесят лет исследований. М.: АН СССР, 1952. 524 с.

Заварзин Г. А. Вклад русских ученых в изучение многообразия природного мира // Информационный бюллетень ВМО при АН СССР. М., 1974. № 4. С. 3–24.

Заварзин Г. А. Избранные труды. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 15–29.

Заварзин Г. А. Изучение микробного разнообразия в Институте микробиологии им. С. Н. Виноградского // Микробиология. 2004. Т. 73. № 5. С. 598–612.

Заварзин Г. А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. 348 с.

Заварзин Г. А. Три жизни великого микробиолога. Документальная повесть о Сергее Николаевиче Виноградском. М.: Либроком, 2009. 248 с.

Заварзин Г. А. Эволюция прокариотной биосферы: «Микробы в круговороте жизни». 120 лет спустя: Чтение им. С. Н. Виноградского. М.: МАКС Пресс, 2011. 144 с.

СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

К ВОПРОСУ О НОРМИРОВАНИИ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Дабах

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
Вятский государственный университет,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

Исследования почв в рамках инженерно-экологических изысканий для строительства, при оценке воздействия объектов на окружающую среду предусматривают обязательное определение содержания нефтепродуктов.

Это один из обязательных показателей санитарного состояния почв населенных пунктов, зон санитарной охраны источников водоснабжения, транспортных земель, а также земель других категорий при наличии источника загрязнения (ГОСТ 17.4.2.01-01). Принципы нормирования нефтепродуктов обсуждаются в литературе (Трофимов, 2010), однако ПДК их в почвах до сих пор не установлены. Существует ряд региональных нормативов, а также отраслевые критерии загрязнения почв нефтепродуктами, некоторые из которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Критерии оценки содержания нефтепродуктов в почвах

Критерий оценки, единицы	Значение показателя	Нормативный документ, источник информации
Фоновое значение, мг/кг	«...фоновое значение содержания нефтепродуктов для районов России, ведущих нефтедобычу, принято за 100 млн ⁻¹ , не ведущих нефтедобычу – за 40 млн ⁻¹ »	РД 52.18.575-96 «Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом инфракрасной спектроскопии. Методика выполнения измерений».
Временные ОДК, мг/кг	Почвы селитебных зон – 180 мг/кг Почвы автозаправочных станций – 275 мг/кг Почвы нефтехранилищ и площадок разгрузки нефтепродуктов – 2000 мг/кг	Распоряжение мэра Санкт-Петербурга от 30.08.1994 № 891-р «О введении регионального норматива по охране почв в Санкт-Петербурге»

Продолжение таблицы 1

Критерий оценки, единицы	Значение показателя	Нормативный документ, источник информации
ПДК, мг/кг	Земли населенных пунктов, садоводческих товариществ, дачных кооперативов, земли запаса, земли лесного фонда, земли водного фонда, земли природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения – 50 мг/кг. Земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения – 100 мг/кг	Постановление Министра здравоохранения республики Беларусь от 29.04.2009 №44 «Об утверждении предельно допустимых концентраций нефтепродуктов в почвах для различных категорий земель»
Уровень загрязнения, мг/кг	От 1000 до 2000 – низкий от 2000 до 3000 – средний от 3000 до 5000 – высокий более 5000 – очень высокий	Письмо № 04-25/№ 61-5678 от 27 декабря 1993 года «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами»
Степень загрязнения, % остаточной нефти в гумусовом горизонте почвы в первые недели после загрязнения	Полярнотундровая, лесотундровая, северотаежная зоны: умеренная – менее 0,5–1,0 сильная – более 1 Среднетаежная, южнотаежная умеренная – менее 3 сильная – более 3 Лесостепная, степная, сухостепная: умеренная – менее 6 сильная – более 6	РД 39-00147105-006-97 «Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов»
Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ, г/кг	Подзона среднетаежных и северотаежных почв: лесохозяйственное использование от 2 до 30 в зависимости от типа почв, горизонта, гранулометрического состава почв; водохозяйственное использование: от 0,1 до 5; сельскохозяйственное использование: от 1 до 5; строительное использование: 5	Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 10.12.2004 № 466-п Об утверждении регионального норматива «Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры».

Кировская область не относится к нефтедобывающим регионам, однако месторождения нефти на ее территории разведаны и оценены. В связи с этим вопросы, связанные с фоновым содержанием нефтепродуктов в почвах, неизбежно будут актуальными в ближайшем будущем. На севере области (Сырьянский участок недр) изучалось состояние почв до начала опытного бурения и по завершении. Участок расположен в подзоне средней тайги. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми среднесуглинистыми почвами,

выведенными из сельскохозяйственного оборота, но с хорошо выраженным пахотным горизонтом. Один участок мониторинга закладывался в лесу. Концентрация нефтепродуктов в пахотных горизонтах вполне согласуется с фоновыми значениями, используемыми в сетевых подразделениях Росгидромета, и варьируют от 38 до 45 мг/кг. В лесных почвах (образе №6) концентрация нефтепродуктов в органогенных и органоминеральных горизонтах была в 3 раза выше. После проведения буровых работ и рекультивации территории вокруг скважины содержание нефтепродуктов в смешанном образце почвогрунта составляло 191 мг/кг, что незначительно превышало природное содержание углеводородов в органогенных горизонтах

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов в почвах Сырьянского лицензионного участка недр

№ площадки	Горизонт	Глубина, см	pH _{KCl}	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
1	Апах	0–20	5,5	40,3
3	Апах	0–20	5,2	38,5
7	Апах	0–20	5,1	45,3
8	Апах	0–20	7,0	39,3
6	Ао	0–3	5,1	165,5
6	А1	3–7	4,1	126,8
6	АВ	7–20	3,8	48,4

На этом же поле вокруг второй скважины концентрация нефтепродуктов составляла от 50 до 71 мг/кг до начала работ и от 102 до 193 после рекультивации участка. В 6,5 км от описанного выше участка на зарастающем поле до начала бурения содержание нефтепродуктов в почвах было значительно выше во всех смешанных образцах и варьировало от 100 до 139 мг/кг.

В центральной части Кировской области (пгт. Мирный Оричевского района) в подзоне южной тайги в подзолистых супесчаных почвах под хвойным лесом на древнем аллювии содержание нефтепродуктов составляло 130 мг/кг, а в гумусовом горизонте дерново-глеевой почвы на двучленных отложениях – 106 мг/кг.

Таким образом, даже в пределах небольшой по площади территории в однотипных по генезису почвах концентрации нефтепродуктов существенно отличались, в то время как на участках с разными типами почв, находящимися в разных подзонах таежно-лесной зоны, они были довольно близкими. Представленные в таблице 1 фоновые и предельно допустимые значения на уровне 40-50 мг/кг, по нашему мнению, для Кировской области слишком низкие. Концентрации от 100 до 200 мг/кг более соответствуют реальному содержанию нефтепродуктов в незагрязненных почвах разных типов. В то же время диапазон между концентрациями нефтепродуктов в незагрязненных почвах и низким уровнем загрязнения (1000 мг/кг - по Письму №04-25/№61-5678) представляется слишком широким, обычно шаг между соответствующими грациями выбирают кратный двум ПДК или фоновым значениям.

Литература

Трофимов С. Я. Принципы нормирования допустимого остаточного содержания нефти в почвах // Современные проблемы загрязнения почв. Материалы III Междунар. науч. конф. М. 2010. С. 36–37.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ФОН ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, РАДИОНУКЛИДОВ И УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Е. Д. Лодыгин, В. А. Безносиков

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, lodigin@ib.komisc.ru

Проведена оценка регионального фона тяжелых металлов (ТМ), углеводородов (УВ), удельной активности радионуклидов (РН) в почвах Республики Коми. Результатами проведенных исследований установлено, что в почвах фоновых ландшафтов Республики Коми массовая доля ТМ, УВ, РН согласуется с нормальным законом распределения или близко к нему. Для их характерна положительная асимметричность, в большинстве случаев свидетельствующая о том, что наибольшее число вариаций приходится на величины меньше среднего арифметического. Диапазон фоновых колебаний содержания ТМ, УВ и РН с уровнем значимости 0,5 близки для почв равнинных ландшафтов – болотно-подзолистых, болотных, тундровых поверхностно-глеевых и глееподзолистых почв. Это связано с единством почвообразующих пород, близким гранулометрическим составом почв на суглинках и едиными закономерностями накопления миграции ТМ, УВ и РН в ландшафте. Аналогичные закономерности массовой доли элементов и углеводородов отмечены в почвах, сформированных на древнеаллювиальных и водноледниковых песчаных отложениях (подзолы иллювиально-гумусовые) и на слабодренированных равнинных водоразделах увалов, флювиогляциальных террасах, покрытых песчаными отложениями (торфянисто-подзолистые иллювиально-гумусовые), но абсолютное их содержание в этих почвах ниже, чем в почвах, образованных на суглинистых почвообразующих породах.

В горной части республики накопление ТМ, УВ и РН в почвах и их массовые доли среднеарифметических показателей варьируют, но статистически достоверно не различаются.

Результаты содержания ТМ, УВ и РН в изучаемых почвах позволили установить, что их накопление происходит главным образом в органогенных и незначительное количество в иллювиальных горизонтах. Органогенные горизонты служат геохимическим барьером элементов и, как результат, накопление их (концентрирование) практически во всех изучаемых почв в гумусово-аккумулятивных горизонтах (подстилках).

«Геохимическая судьба» ТМ, УВ и РН определяется ландшафтными особенностями территории. На обследуемой территории развиты ландшафты (ландшафтно-экологические условия) с различной топографией, гранулометрическим составом почвообразующих пород и др, которые определяют особенности накопления и миграции тяжелых металлов, углеводородов и радио-

нуклидов. Наиболее распространенными ландшафтами в республике являются моренные (слабозавалуненные) и покровные (пылеватые) слабодренированные равнины, представленные полого-холмистыми цепями и межувалястными понижениями. Для этих территорий характерны болотно-подзолистые почвы, развивающиеся в центральной части водоразделов и, по периферии болот, в межувалястных понижениях – торфяно-болотные почвы верховых болот. Эти почвы переувлажнены, их геохимическая подчиненность обуславливает латеральный сток и аккумулятивный характер накоплением нуклидов, ТМ и УВ в органогенных горизонтах. В ряду автоморфных почв к дренированным ландшафтам приречных увалов приурочены: в крайнесеверной и северной тайге глееподзолистые, в средней – типичные подзолистые, в южной подзоне тайги – дерново-подзолистые почвы, для которых характерна умеренная миграция элементов, с преимущественным их накоплением в грубогумусных аккумулятивных и маломощных дерновых горизонтах.

На равнинных водоразделах преимущественно преобладают двучленные почвообразующие породы: флювиогляциальные супеси и пески, подстилаемые моренными суглинками (болотно-подзолистые иллювиально-гумусовые почвы), на древнеаллювиальных борových террасах: в среднетаежной подзоне выделяются железистые подзолы, в северотаежной – подзолы иллювиально-гумусово-железистые: основное количество поллютантов сосредотачивается в маломощных слаборазвитых, слаборазложившихся сырых торфянистых (торфяно), мохово-торфянистых подстилках, в них хорошо выражены миграционные процессы. Пойменные ландшафты, характеризуются сравнительно активной миграцией естественных и искусственных радионуклидов ТМ и УВ из почв (аллювиальные почвы: аллювиальные слоистые, аллювиальные дерновые и аллювиальные дерново-перегнойные), для пойменных почв характерно сравнительно равномерное профильное распределение поллютантов.

Результаты по геохимической оценке экологического состояния почв позволили установить нормативы регионального фона тяжелых металлов, углеводов, удельной активности радионуклидов в почвах Республики Коми. На основании полученного массива данных с использованием ГИС-технологий (ArcView GIS 3.2a) создана база данных и карто-схемы пространственного, фонового распределения элементов (веществ) в почвах и издан Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 25 ноября 2009 г. № 529 «Об установлении нормативов фонового содержания химических элементов и углеводов в почвах Республики Коми». Данный приказ будет систематически дополняться (корректироваться) новыми данными по республике. В настоящее время региональные нормативы являются основой для проведения систематических мониторинговых исследований и комплексной оценки экологической ситуации территории в зонах возможного загрязнения почв, используются при составлении проектов по инженерно-экологической экспертизе территорий, предлагаемых под новое освоение различных месторождений. Ниже приведены результаты использования фонового содержания химических элементов и угле-

водородов в почвах Республики Коми на примере эксплуатируемых месторождений нефти Республики Коми.

На основании полевых работ (пробоотбор почв и грунтов на промплощадках месторождений) и химико-аналитических исследований проводятся расчеты суммарного показателя загрязнения почв. Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов – загрязнителей и выражается формулой: $Z_c = \sum (Kc_i + \dots Kc_n) - (n-1)$, где n – число определяемых суммированных веществ; Kc_i – коэффициенты концентрации i -го компонента загрязнения, которые определяли как отношением фактического содержания вещества в почве (C_i) к региональному фону ($C_{ф_i}$). На основании расчетов суммарного показателя загрязнения определяются уровни опасности загрязнения почв по (Z_c): допустимая категория загрязнения почв – менее 16, умеренно опасная – 16–32, опасная – 32–128, чрезвычайно опасная – более 128 (МУ 2.1.7.730-99, СанПиН 2.1.7.1287-03). Результаты исследований по загрязнению почв и грунтов месторождений с рекомендациями по их устранению предоставляются заказчику в виде отчета.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта УрО РАН (№ 15-2-4-5).

СОРБИРУЕМОСТЬ ИОНОВ Zn (II) НА ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВАХ ТОРФОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

М. М. Леонтьева, Ю. В. Богатырев, К. В. Сяндюкова, Н. Н. Глебов

Тулский государственный университет,

mani.leonteyva@gmail.com, bogatirev.y.v@gmail.com,

kristina-syundyukova@yandex.ru, nikolay.glebov.94@mail.ru

Гуминовые вещества (ГВ) обладают разносторонним связывающим потенциалом. Благодаря карбоксильным, карбонильным и ароматическим фрагментам они вступают в ионные, донорно-акцепторные и гидрофобные взаимодействия. К фундаментальным свойствам гуминовых веществ относятся нестехиометричность состава, нерегулярность строения, гетерогенность структурных элементов и полидисперсность (Орлов, 1992). В силу указанных особенностей они обладают способностью аккумулялировать тяжёлые металлы, проявляя детоксицирующий эффект по отношению к природным средам, поэтому создание моделей биогеохимических циклов тяжелых металлов соответствующих реально протекающим процессам, а также прогноз развития токсикологической ситуации в загрязнённых природных средах невозможны без учёта роли гуминовых веществ (Жилин, 1998). Данное обстоятельство определяет важность и актуальность изучения реакционной способности гуминовых веществ по отношению к ионам Zn (II) и установления количественных взаимосвязей между строением и свойствами гуминовых веществ.

Цель работы – установить закономерности протекания процесса осаждения и комплексообразования в системах, содержащих гуминовые вещества и ионы Zn^{+2} .

Объекты исследования – ГВ черноольхового низинного (ЧНТ) и сфагнового переходного торфа (СПТ), выделенные экстракцией 0,1 Н NaOH по методике ГОСТ, рекомендованной Международным обществом по исследованию гуминовых веществ.

Процесс взаимодействия ГВ с катионами Zn (II) оценивали, определив содержание цинк-связывающих (ZnСЦ) центров, под которыми рассматривали комбинацию фрагментов молекулы ГВ, участвующих в связывании одного атома цинка и состоящий от одной до четырех функциональных групп. При большом избытке Zn (II) все ZnСЦ заняты металлом, тогда содержание цинка в полученных гуматах будет эквивалентно содержанию ZnСЦ в соответствующих анализируемых образцах.

Для изучения принципиальной возможности образования нерастворимых гуматов цинка был проведен качественный эксперимент. К концентрированным (1,2 г/л) растворам ГВ добавляли насыщенный раствор нитрата цинка до полного выпадения окрашенного вещества в осадок. Осадки имели темно-коричневый цвет и рыхлую структуру.

Высокое содержание Zn (II) в полученных гуминовых веществах позволило предположить, что в указанных условиях образуются гуматы, в которых все ZnСЦ заполнены.

Для количественного изучения образования нерастворимых гуматов Zn (II) готовили растворы содержащие различные концентрации Zn (II) и гуминовых веществ при pH=4 и изучали распределение гуминовых веществ и Zn (II) между раствором и образующимся осадком. В супернатанте определяли содержание Zn (II) атомно-абсорбционной спектрометрией и оптическую плотность. По оптической плотности исследуемого раствора определяли концентрацию гуминовых веществ с использованием соответствующего калибровочного графика. Результаты представлены в виде зависимостей концентраций ГВ в растворах от аналитической концентрации Zn (II) (рис.). Точки – экспериментальные данные, линии – расчетные (Жилин, 1998).

Зависимости концентраций ГВ в супернатанте от концентрации металла по мере увеличения аналитической концентрации Zn (II) в растворе имеет сходный вид для анализируемых образцов, и состоят из трех участков, следовательно, процесс взаимодействия Zn (II) с гуминовыми веществами происходит через три стадии. Отсутствие видимых взаимодействий (и Zn (II) и ГВ остаются в растворе).

1. Образование осадка, сопровождающееся как понижением концентрации ГВ, так и понижением концентрации Zn (II) в растворе.

2. Сорбция Zn (II) на осадке. При этом гуминовые вещества в растворе отсутствуют (раствор бесцветен), а концентрация Zn (II) в растворе растет. Следует отметить, что границы описанных стадий определяются величиной отношения Zn (II):ГВ.

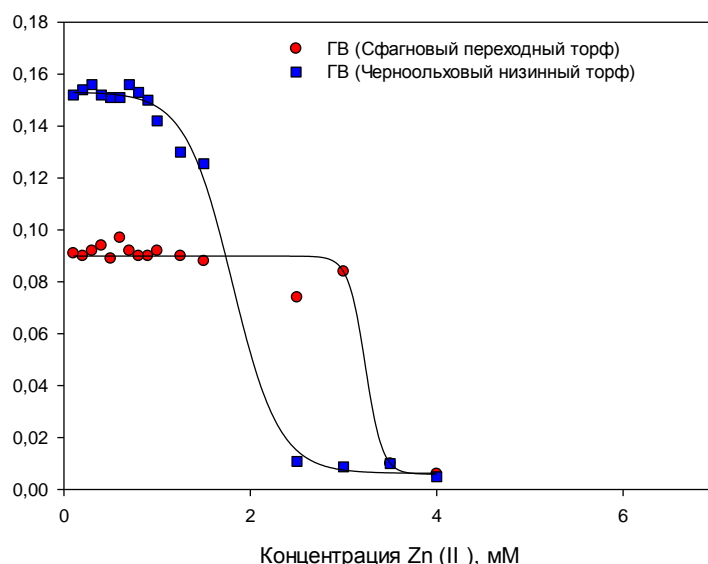


Рис. Зависимость концентрации гуминовых веществ в супернатанте от аналитической концентрации катиона Zn (II) при концентрации 0,2 г/л ГВ

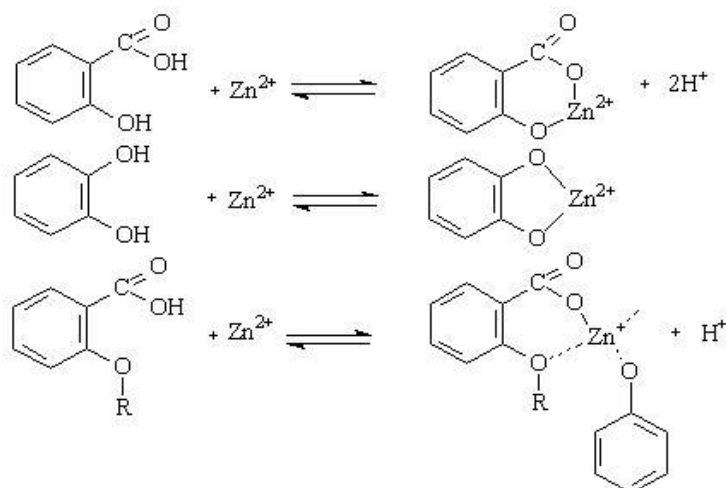
Таблица

Содержание цинк-связывающих центров в гуминовых веществах

Система	Начало выпадения. Соотношение Zn:ГВ, ммоль/г	Конец выпадения. Соотношение Zn:ГВ, ммоль/г	ZnСЦ, мг/г
ГВ СПТ	5,0	15,00	7,80
ГВ ЧНТ	4,5	11,25	2,87

Различие в количестве ZnСЦ подтверждает макролигандную природу гуминовых веществ.

Катионы цинка могут образовывать связи с карбоксильными, с фенольными, с амино-, с алкоксильными группами и образовывать хелатные комплексы. Следовательно в состав ZnСЦ входит большое разнообразие функциональных групп, а механизм сорбции катионов цинка на ГВ будет ионно-ковалентным.



Одна карбоксильная группа способна связывать два иона Zn (II). Данный факт можно объяснить на основе представления о внутри- и внешнесферных комплексах. В таких комплексах в ионном обмене участвуют только катионы внешней сферы, а часть карбоксильных групп прочно блокирована катионами Zn (II) и не влияет на значение обменной катионной емкости, то есть на одну функциональную группу может приходиться два иона Zn (II) (Каюгин, 2009).

Работа выполнена под руководством к.х.н. Е. Д. Дмитриевой в рамках Гос. задания №5.241.2014/К.

Литература

Орлов Д. С. Химия почв. М., 1992. С. 259.

Жилин Д. М. Исследование реакционной способности и детоксицирующих свойств гумусовых кислот по отношению к соединениям ртути (II): Дисс. ... канд. хим. наук. М., 1998. С. 94–95.

Каюгин А. А. Моделирование распределения Кадмия в системах, содержащих каолинит и гуминовые кислоты // Вестник Тюменского государственного университета. 2009. № 6. С. 248–249.

О НОРМИРОВАНИИ НИКЕЛЯ В ПОЧВАХ БОГАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. В. Коханистая

Южный федеральный университет, kohnv@mail.ru

До настоящего времени было предпринято множество попыток решить проблему нормирования воздействия тяжелых металлов на окружающую среду, однако для успешного ее решения необходимо принципиально новый подход к определению критерия ПДК. Исследования последнего времени показали, что жесткое нормирование содержания в почве тяжелого металла невозможно. ПДК элемента в почвах будут сильно варьировать в зависимости от конкретной почвенно-экологической обстановки, т.к. в разных почвах поведение поступающих в них тяжелых металлов будет зависеть от свойств почвы (буферности, pH, Eh и т.д.), современной динамики почвенных процессов и химических свойств металлов-загрязнителей.

Величина ПДК зависит, главным образом, от двух факторов ландшафтно-геохимического, определяющего в первую очередь местные почвенные особенности, и техногенного, суммирующего вид и степень техногенной нагрузки на почву (Закруткин, Шишкина, 1995). Следовательно, ПДК тяжелых металлов в почвах должны разрабатываться с учетом конкретной почвенно-экологической обстановки.

Согласно многочисленным данным, на почвах, загрязненных по существующим нормативам, возможно получение экологически чистой продукции (Сысо, Ильин, 2008). В этой связи закономерен вывод о том, что критерием загрязнения почв агроландшафтов является качество выращиваемой на них

продукции, которое, в свою очередь, определяется в соответствии с существующими ПДК.

Таким образом, учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что в идеале предельно допустимая концентрация элемента должна определяться для каждого конкретного генетического типа почв и сельскохозяйственной культуры в каждом конкретном регионе.

Для обоснования теоретических аспектов разработки региональных ПДК тяжелых металлов в почве на основе биогеохимических критериев необходимо провести анализ закономерности распределения химических элементов в системе почва – растение (Закруткин, 2002; Закруткин, Шишкина, 1995). Интенсивность аккумуляции элементов растениями характеризуется коэффициентом биологического поглощения:

$$КБП = C_p / C_n ,$$

где C_p - содержание в золе растения, C_n - содержание элемента в почвах.

Р. Р. Брукс модифицировал это выражение, введя вместо содержания элемента в золе растения (C_p) его содержание в сухой массе. Введя в формулу КБП дополнительную величину, соответствующую ПДК в конкретном виде растительности, мы получаем *нормированный* коэффициент биологического поглощения ($K_{бн}$):

$$K_{бн} = (C_p - ПДК) / C_n .$$

Используя нормированный коэффициент биологического поглощения в качестве параметра для построения графика зависимости содержания элемента в растительности от содержания элемента в почве, можно установить величину ПДК элемента в почве конкретного региона и для конкретной сельскохозяйственной культуры почву (Закруткин, Шишкина, 1995).

В качестве рассматриваемого элемента был выбран никель, что связано с большим разбросом значений предельно допустимых и фоновых концентраций по данным разных авторов (табл. 1).

Предельно допустимые концентрации валовых содержаний элементов в почвах по данным разных авторов представлены в таблице 1. Уровень загрязнения земель определяется путем сопоставления валовых содержаний элемента с ПДК (Порядок определения..., 1993).

Таблица 1

ПДК никеля в верхнем почвенном горизонте по разным литературным источникам, мг/кг

	(Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)	(Halstead, Finn, MacLean, 1969)	(Ильин, Сысо, 2001)	(Методические указания..., 1987)	Кларковое содержание по А.П. Виноградову)
Никель	100	100	50	80**	40

В качестве эталонной культуры для определения ПДК была выбрана наиболее распространенная культура – озимая пшеница, выращенная на черноземах и каштановых почвах Ростовской области. Вычислив $K_{бн}$ элемента в

пшенице, мы имеем возможность построить графики зависимости содержания Ni в сельскохозяйственных культурах от валовых содержаний элементов в почвах и определить величину реальных ПДК элементов для черноземов и каштановых почв области.

Все точки величин $K_{\text{бн}}$ легли на некое поле значений (рис.), и можно провести линию тренда и определить значение региональной предельно допустимой концентрации (РПДК) элементов в почвах и как абсциссу точки пересечения усредняющей кривой с линией $K_{\text{бн}} = 0$, и как X , решив уравнение регрессии.

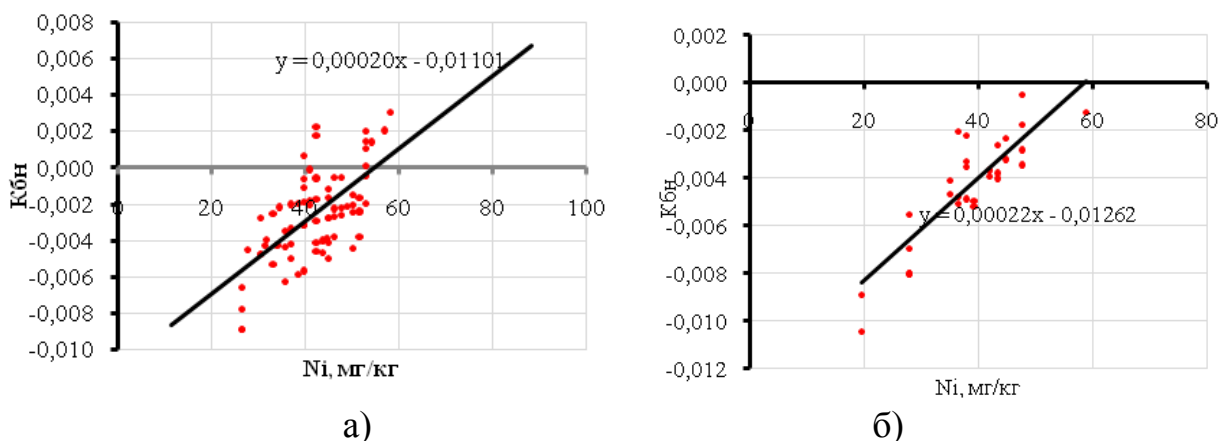


Рис. Зависимость $K_{\text{бн}}$ Ni в пшенице от содержания в черноземах (а) и каштановых почвах (б) Ростовской области

Для определения региональной ПДК Ni использовался норматив содержания элемента в зерновых культурах, равный 0,5 мг/кг сырой массы, что соответствует 0,465 мг/кг сухого вещества.

В соответствии с этим, были построены графики зависимости $K_{\text{бн}}$ Ni в пшенице от содержания элементов в почве (рис.) и линии регрессии, описываемые уравнениями, приведенными в таблице 2.

Таблица 2

Уравнения регрессии, выражающие зависимость между $K_{\text{бн}}$ и содержанием Ni в почвах, и вычисленные РПДК

Почва	Уравнение регрессии	РПДК, мг/кг
Чернозем	$y = 0,00020x - 0,01101$	55
Каштановая почва	$y = 0,00022x - 0,01262$	57

Рассчитанные региональные ПДК для почв, занятых зерновыми культурами, составили: в черноземах ~ 55 мг/кг; в каштановых почвах ~ 57 мг/ кг.

Следует отметить, что нормирование предельно допустимого содержания никеля на уровне 50 мг/кг предлагают и другие исследователи, в частности (Ильин, Сысо, 2001).

Литература

Закруткин В. Е. Геохимия ландшафта и техногенез. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002.

Закруткин В. Е., Шишкина Д. Ю., Шкафенко Р. П. Проблема нормирования тяжелых металлов в почвах агроландшафтов // Известия Вузов. Сев.-Кав. регион. Естественные науки. 1995. № 3. С. 76–81.

Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск. 2001. 229 с.

Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. 1989. 439 с.

Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами. М., 1987. 27 с.

Порядок определения размеров ущерба от загрязненных земель химическими веществами. М., 1993. 40 с.

Сысо А. И., Ильин В. Б. Эколого-агрохимическая оценка содержания микроэлементов в почвах и растительной продукции на юге западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 2. С. 33–36.

Halstead R. L., Finn B. J., MacLean A. J. Extractability of nickel added to soils and its concentration in plants // Canadian Journal of Soil Science. 1969. V. 49. P. 335–342.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ АРСЕНИТ-ИОНОВ НЕКОТОРЫМИ ТИПАМИ ПОЧВ УДМУРТИИ

М. А. Шумилова, В. Г. Петров

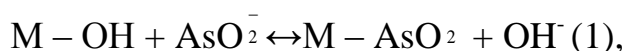
Институт механики УрО РАН, mashumilova@mail.ru

В Удмуртии возможное загрязнение природных объектов арсенитом натрия и другими мышьяксодержащими веществами связано с процессами уничтожения такого вида химического оружия (УХО) как люизит, иприт-люизитные смеси, а также с переработкой реакционных масс после детоксикации (Шумилова, Набокова, 2011). Процессы адсорбции и десорбции мышьяка в почвах контролируют его подвижность и биодоступность, которая может усиливаться под действием антропогенных факторов, однако доминирующая роль отводится природным биогеохимическим процессам. Поскольку некоторые соединения As (III) являются очень токсичными, легко растворимыми и, следовательно, весьма подвижными, важно исследовать механизмы сорбционно-десорбционного процесса междуарсенит-ионами и почвами, распространенными, в частности, в Удмуртии.

Изучение сорбционных процессов арсенит-иона проводилось в гумусовых (А) горизонтах четырех почв Удмуртии: дерново-сильнопodzолистой, дерново-сильнопodzолистой слабосмытой, дерново-карбонатной выщелоченной слабосмытой, серой лесной оподзоленной, образцы которых были отобраны в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 28168-89. Адсорбцию арсенит-ионов почвами исследовали с помощью растворов мышьяковистокислого натрия квалификации «чда» в качестве загрязняющего вещества. Концентрацию ионов мышьяка определяли методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии с электротермической атомизацией на приборе «Shimadzu-AA7000» по стандартной методике (М-03-505-119-03, 2005). К воздушно-сухим почвенным образцам приливали раствор арсенита натрия различной концентрации в соотношении 1 : 9, после чего фазы перемешивали гомогени-

затором в течение нескольких дней до установления равновесия. По разности концентраций иона в исходном растворе и в фильтрате определяли поглощенное количество мышьяка, отнесенное к единице массы почвы. В эксперименте по кинетике адсорбции использовалась серия суспензий с соотношением почва: раствор как 1 : 3,5, в процессах десорбции соотношение почва : раствор соответствовала 1 : 4,5. Полученные суспензии перемешивали в аппарате с мешалкой со скоростью вращения 2-3 с⁻¹, и через фиксированные промежутки времени из них отбирались 10,0 мл порции, которые фильтровались и анализировались на содержание ионов мышьяка.

Доказано (Аптикаев, 2005), глинистые минералы достаточно легко сорбируют арсенит-ионы на поверхности, где протекает их обмен с анионами компенсирующего слоя положительно заряженных почвенных коллоидов по уравнению:



где M – катион октаэдров на обнаженной поверхности минеральной частицы, сорбционные места которой часто заняты гидроксилами.

По зависимости количества поглощенного металла $C_{адс}$ (рис. 1) от его равновесной концентрации $C_{равн}$ в растворе видно, что характер сорбции арсенит-иона исследуемыми почвами различный. Изотермы адсорбции дерново-сильнопodzолистой, дерново-сильнопodzолистой слабосмытой и дерново-карбонатной почв демонстрируют, что при малых концентрациях вводимого арсенит-иона, соответствующих ~10,0–12,0 мг/дм³ равновесным концентрациям иона, наблюдается прямолинейная зависимость кривой в соответствии с изотермой Лэнгмюра. Это значит, что адсорбционное равновесие, описываемое уравнением (1), смещено вправо, т.е. преобладает процесс поглощения. С увеличением количества вводимого поллютанта в раствор величина сорбированных почвой ионов существенно уменьшается, что свидетельствует о преобладании обратного процесса – десорбции и смещении равновесия (1) влево. Данный процесс, по нашему мнению, обусловлен насыщением сорбционных центров поверхности почвы и их освобождением от непрочных комплексов с арсенит-ионами, что приводит к возрастанию сорбционной емкости дерново-сильнопodzолистой и дерново-карбонатной почвы по отношению к арсениту при дальнейшем увеличении его концентрации во вводимом растворе-элюенте. Следовательно, адсорбционно-десорбционное равновесие вновь смещается вправо, в сторону адсорбционного процесса. Аналогичные изменения в сдвиге равновесных процессов арсенит-иона наблюдаются и для серой лесной опodzоленной почвы, только из-за её более высокой поглощательной способности максимумы поглощения смещаются в сторону больших величин (рис. 1).

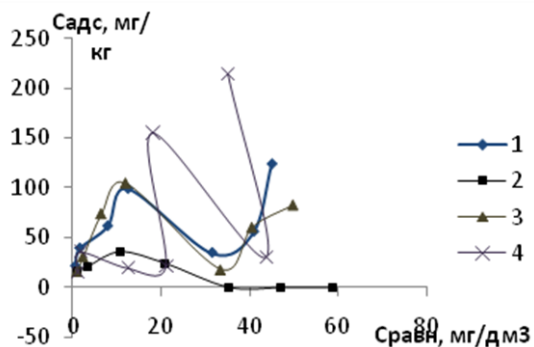


Рис. 1. Изотермы адсорбции арсенита натрия почвами: 1 – дерново-сильнопodzолистой, 2 – дерново-сильнопodzолистой слабосмытой, 3 – дерново-карбонатной, 4 – серой лесной

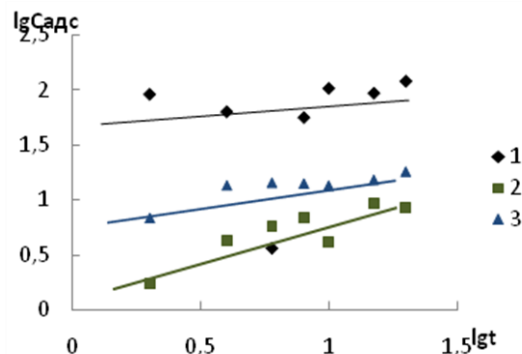


Рис.2. Графики модифицированного уравнения Фрейндлиха сорбции арсенит-иона почвами: 1 – дерново-сильнопodzолистой, $C_{As} = 58,99 \text{ мг/дм}^3$; 2 – дерново-сильнопodzолистой, $C_{As} = 7,53 \text{ мг/дм}^3$; 3 – дерново-карбонатной, $C_{As} = 7,53 \text{ мг/дм}^3$

При изучении кинетики сорбции As (III) почвами широко используют модифицированное уравнение Фрейндлиха (Elkhatib et al., 1984):

$$C_{адс} = K_F t^{1/n} \quad (2),$$

где $C_{адс}$ – сорбированное количество As (III) мг/кг; t – время реакции, мин; K_F – коэффициент скорости сорбции, мин^{-1} ; $1/n$ – константа.

Линеаризованный график уравнения (2) – логарифм сорбированного As (III) относительно логарифма времени реакции – представлен на рисунке 2 для двух типов исследуемых почв. При вводимых малых концентрациях арсенит-иона получены линейные соотношения для обоих типов представленных почвенных образцов. Вносимые высокие концентрации As (III) не так удовлетворительно описываются прямолинейной зависимостью, что обусловлено, по-видимому, смещением равновесия в процессах сорбции-десорбции арсенита из-за достаточно быстрого заполнения свободных реакционных центров почвы, что вызывает протекание обратного процесса – десорбции. С течением времени освободившиеся реакционные центры вновь способны поглощать ионы As (III) из почвенного раствора и начинает опять преобладать процесс сорбции.

Определенные графически константы уравнения Фрейндлиха для почв таковы: у дерново-сильнопodzолистой при $C_{As} = 58,99 \text{ мг/дм}^3$ $K_F = 1,65$ и $1/n = 0,22$ и при $C_{As} = 7,53 \text{ мг/дм}^3$ $K_F = 1,60$ и $1/n = 0,60$; у дерново-карбонатной при $C_{As} = 7,53 \text{ мг/дм}^3$ $K_F = 1,04$ и $1/n = 0,16$. Значение константы K_F имеет свое значение для каждого типа почв и не зависит от количества введенного арсенита. У почв разного типа коэффициенты K_F и $1/n$ различны и имеют большие вели-

чины у дерново-подзолистой почвы при одной концентрации вводимого арсенита.

Таким образом установлено, что при малых концентрациях вводимого в почву поллютанта преобладает процесс адсорбции, при дальнейшем увеличении количества мышьяка – равновесный процесс смещается в сторону десорбции. Выявлено, что с увеличением количества вводимого поллютанта степень его поглощения почвой значительно уменьшается, что влияет на увеличение миграционной способности арсенит-иона в природных объектах.

Литература

Аптикаев Р. С. Соединения мышьяка в почвах природных и антропогенных ландшафтов: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2005. 194 с.

Методика количественного химического анализа. Определение металлов в питьевой, минеральной, природной, сточной воде и в атмосферных осадках атомно-абсорбционным методом. М-03-505-119-03. С-Пб, 2005. 28 с.

Шумилова М. А., Набокова О. С., Петров В. Г. Особенности поведения техногенного мышьяка в природных объектах // Химическая физика и мезоскопия, 2011. Т. 13. № 2. С. 262–269.

Elkhatib E. A., Bennett O. L., Wright R. J. Kinetics of arsenite sorption in soils // Soil Science Society of America J., 1984. Vol. 48. № 4. P. 758–762.

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ В БИОДИАГНОСТИКЕ РЕМЕДИАЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ МЕЛИОРАНТОВ ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

М. А. Пукальчик¹, F. Mercl²

¹ *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
pukalchik.maria@gmail.com,*

² *Czech University of Life Sciences Prague, f_mercl@czup.cz*

Диагностике изменений биотических параметров уделяется значительное внимание при разработке подходов оценки экологического состояния почв. Обосновывается это тем, что абиотические параметры характеризуют консервативные ранее накопившиеся признаки и свойства почв и не могут так оперативно отражать быстро меняющиеся условия окружающей среды как живые организмы. Оценка активности почвенных ферментов остается приоритетным направлением среди всего многообразия биодиагностических методов на протяжении длительного времени вследствие того, что существующие подходы количественного определения ферментативной активности характеризуются простотой, низкой ошибкой измерения и высокой чувствительностью к внешним воздействиям.

Влияние тяжелых металлов (ТМ) на активность целого ряда ферментов хорошо изучено для различных разновидностей почв в опытах с модельным загрязнением. Однако при оценке ремедиационной активности мелиорантов органической природы, «ряды чувствительности» почвенных ферментов за-

частую изменяются, что может быть связано как с увеличением доли углерода в почвах, так и с собственной биологической активностью препаратов.

В данной работе проведена сравнительная оценка чувствительности показателей ферментативной активности почв (каталазы, уреазы, дегидрогеназы, протеазы, β -глюкозидазы, кислотной и щелочной фосфатазы, арилсульфатазы) в инкубационном опыте по ремедиации поли-металлически загрязненной почвы с применением гуминового препарата (лигногумат) и биочара.

Почва для инкубационного эксперимента была отобрана из верхних горизонтов (0–20 см) в пойме р. Литавка (Чехия), отличающиеся экстремально высокими концентрациями валовых форм ТМ (Zn 521 ± 21 мг/кг, Pb 3035 ± 26 мг/кг, Cd $127,4 \pm 3,6$ мг/кг). В почвы вносили 0,5 и 5% Биочара и 0,5 и 1% Лигногумата в сухом виде. После перемешивания и увлажнения дистиллированной водой до 60% ПВ, рН сол. почвенных образцов соответствовал 6,5 и 7,0 отн. ед. соответственно, при значении в контрольной почве 6,0. Инкубационный опыт ставили в 4-кратной повторности для каждой дозы внесения. Влажность проб поддерживалась постоянной на протяжении всего периода исследований. Образцы отбирали в начальный момент времени после внесения мелиорантов, а также через 3, 10, 30 и 60 суток и хранили в холодильнике при +4 °С в плотно закрытых полиэтиленовых пакетах не более 1 месяца. Аналитические определения биохимических показателей выполняли в 3-х кратной повторности для каждой пробы.

Активность дегидрогеназы определяли по методике Caminasetal. (1998), активности арилсульфатазы, кислотной и основной фосфомоноэстераз – фосфатазы, β -глюкозидазы определяли в соответствии с методами Tabatabai, Bremmer (1970), Eivazi, Tabatabai (1977, 1988) и Parham, Deng (2000). Протеазы определяли по методике Ladd, Butler (1972). Активность каталазы определяли методом Johnson and Temple (1964), уреазы по Kandeler, Gerber (1988). Все методы (за исключением каталазы) были основаны на колориметрическом методе определения ферментов, что обеспечивало высокую точность измерений.

Оценка влияния мелиорантов на концентрации ТМ методом индуктивно связанной плазмы на оптическом эмиссионном спектрометре выявила достоверное снижение доли водорастворимых форм ТМ (дистиллированная вода, соотношение почва/раствор 1:10, 2 ч на шейкере) в вариантах с мелиорантами по сравнению с контролем. В то время как изучение состава ацетатной вытяжки (0,11 М CH_3COOH , соотношение почва/раствор 1:24, 16 ч на шейкере) показало, что влияние биочара и лигногумата на фракцию обменных, специфически и карбонатно-адсорбированных форм ТМ не столь очевидно. Выявлена общая тенденция снижения концентрации ТМ в пробах при увеличении дозы мелиоранта, а также с увеличением времени инкубации.

Ферментативный анализ почв выявил тенденцию увеличения активностей β -глюкозидазы в пробах, обработанных биочаром и лигногуматом, наибольшее стимулирование отмечено в пробах с лигногуматом на 3, 10 и 30-е сутки. Однако никаких изменений не наблюдалось на 60-е сутки. Аналогич-

ная тенденция была отмечена и в случае измерения активностей дегидрогеназы и каталазы: в зависимости от концентрации мелиорантов, дегидрогеназная и каталазная активность достоверно увеличивалась до 31,5 и 28,9% на 30-е сутки эксперимента соответственно и, в дальнейшем, не изменялась. Наблюдаемые эффекты могут быть связаны с различной биологической доступностью углерода, внесенного с мелиорантами, т.к. согласно литературным данным, активность этих ферментов положительно коррелирует с долей углерода в почвах. Косвенным подтверждением этому может служить то, что при внесении лигногумата, содержащего легкодоступные фульво- и гуминовые кислоты, эффект детоксикации фиксировали даже в малой дозе внесения. В то время как при внесении биочара, содержащего пирогенный углерод, выраженный эффект детоксикации наблюдали после более длительного периода инкубации и в дозе внесения 5%.

Активность кислотных фосфатаз ингибировалась в пробах, обработанных мелиорантами, по сравнению с контролем, в то время как активность щелочной фосфатазы значительно усиливалась. Активность щелочной фосфатазы коррелировала с изменением pH среды ($r = 0,86$, $p < 0,05$), а не с концентрацией мелиорантов или концентрацией ТМ в пробах.

Значения активности уреазы отличались высокой вариабельностью (стандартное отклонение от среднего более 40%), вследствие чего их средние значения в пробах достоверно не отличались от контроля. Измерение активности протеаз, которые также как и уреазы связаны с круговоротом азота в почвах через гидролиз белков и пептидов, напротив показало высокую чувствительность к внесению мелиорантов. Активность протеазы увеличилась до 48,3% в ряде вариантов.

Отсутствие изменений относительно контроля выявлено для активности арилсульфатазы. Согласно литературным данным, внесение биочара в почвы зачастую приводит к увеличению мобильности серы, однако, в нашем исследовании отсутствие изменений в активности арилсульфатазы, вероятно, указывает на то, что внесение мелиорантов не увеличивает доступность соединений серы для микробного сообщества почв.

Результаты настоящего исследования позволили ранжировать чувствительность изученных ферментов к внесению мелиорантов в полиметаллически загрязненные почвы в ряд по убыванию чувствительности. При этом чувствительностью показателя считали как степень изменения его значений, выраженную в % по отношению к контролю. По результатам расчетов получили следующие обобщенные ряды чувствительности:

для лигногумата: β -глюкозидаза > протеаза > дегидрогеназа > каталаза > щелочная и кислотная фосфатазы > уреазы ~ арилсульфатаза;

для биочара: протеаза > инвертаза > β -глюкозидаза > каталаза > щелочная и кислотная фосфатазы > уреазы ~ арилсульфатаза.

Проведенный опыт показал, что детоксицирующее действие препаратов по отношению к ТМ обусловлено не изменением pH среды, а сорбционными характеристиками. При оценке ремедиационного действия гуминовых препа-

ратов и биочара в почвах с применением ферментативных методов исследования следует обращать внимание не только на дозы внесения препаратов и сроки экспозиции, но также и на «биодоступности» углерода в них. Ферменты окислительно-восстановительной группы, а также связанные с круговоротом С и N, быстрее реагируют на внесение препаратов, чем ферменты, вовлеченные в круговорот Р и S.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-34-60011 мл_а_дк.

Литература

Camina F., Trasar-Cepeda C., Gil-Sotres F., Leiros C. Measurement of dehydrogenase activity in acid soils rich in organic matter // Soil Biol. Biochem. 1998. № 30. P. 1005–1011.

Eivazi F., Tabatabai M. A. Glucosidases and galactosidases in soils // Soil Biol. Biochem. 1988. № 20. P. 601.

Eivazi F., Tabatabai M. A. Phosphatases in soils // Soil Biol. Biochem. 1977. № 9. P. 167–172.

Johnson J. I., Temple K. L. Some variables affecting the measurement of catalase activity in soil // Soil Science Society of America Processes. 1964. № 28. P. 207–216.

Kandeler E., Gerber H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium // BiolFertil Soils. 1988. № 6. P. 68–72.

Ladd J. N., Butler, J. H. A. Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates // Soil Biol. Biochem. 1972. № 4. P. 19–30.

Parham J. A., Deng, S. P., Detection, quantification and characterization of b-glucosaminidase activity in soil // Soil Biol. Biochem. 2000. № 32. P. 1183–1190.

Tabatabai M. A., Bremmer J. M. Arylsulphatase activity of soils // Soil Sci. Soc. Am. Pro. 1970. № 34. P. 225–229.

ПОГРЕБЁННЫЕ ПОЧВЫ БЕЛАЕВСКОГО БОРА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

*Р. Р. Чепурнов, А. М. Прокашев, А. С. Матушкин, Н. Д. Охорзин,
Е. С. Соболева, С. Л. Мокрушин, И. А. Вартан, И. А. Черезова,
А. П. Потанин, В. В. Масютин*
Вятский государственный университет

Белаевский бор (ББ) – пример долинных зандров, расположенный на I и II надпойменных террасах (нпт) нижнего левобережья реки Вятки в районе Атарской Луки. Для него типичны эоловые формы рельефа под сосняками зеленомошными и лишайниковыми на подзолах поверхностных иллювиально-железистых. Среди подзолов авторами выявлены оригинальные почвы – педо-литоциклиты, – примером которых служит подзол поверхностный, обнаруженный на вершине одной из дюн под сосняком лишайниковым, с погребённым на глубине около 50 см и ниже дерново-подзолом, имеющим чётко выраженные горизонты [AY], [E] и [B].

Для педо-литоциклита характерно преобладание крупных песчаных фракций, однако они распределены менее равномерно, чем в фоновых подзолах поверхностных. В погребенных горизонтах [AУ] и [E] происходит незначительное уменьшение фракции крупного песка по сравнению с вышележащим горизонтом В современной почвы и слабое накопление фракций крупной, средней и мелкой пыли (рис. 1).

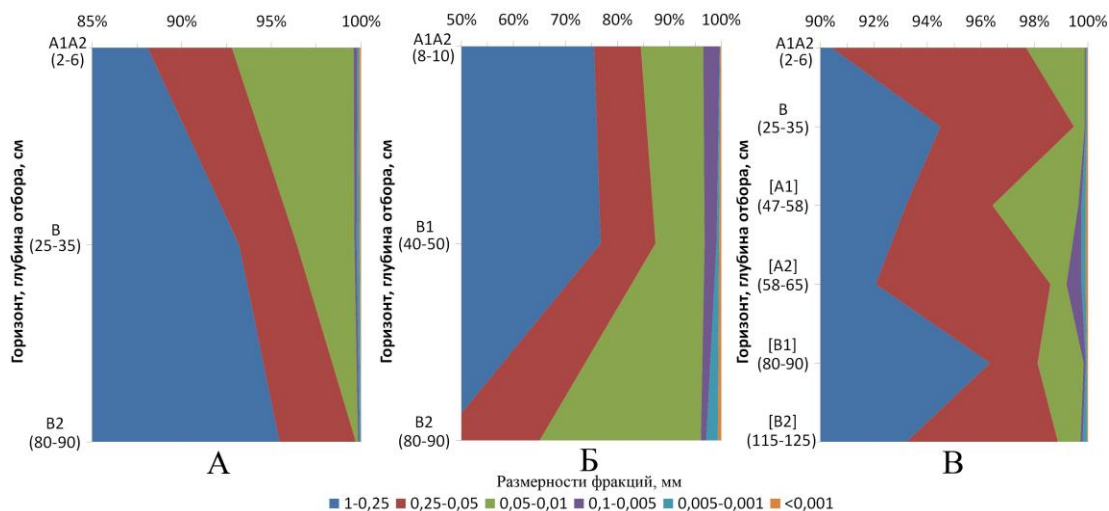


Рис. 1. Распределение гранулометрических фракций по профилям: А – подзолов поверхностных вершин дюн; Б – подзолов мелких междюнных котловин; В – подзола с погребенным профилем дерново-подзола (педо-литоциклит)

Подзолы древнеэолового подтипа имеют показатели обменной кислотности в сильнокислом диапазоне (рис. 2). В погребённом профиле дерново-подзола наиболее кислые горизонты [AУ] и [E] с рН КСl около 4. Показатели подвижного алюминия коррелируют с данными реакции твёрдой фазы почв. В погребённых гумусово-аккумулятивном и элювиальном горизонтах педо-литоциклита количество подвижного алюминия возрастает почти до 3 мг/100 г почвы.

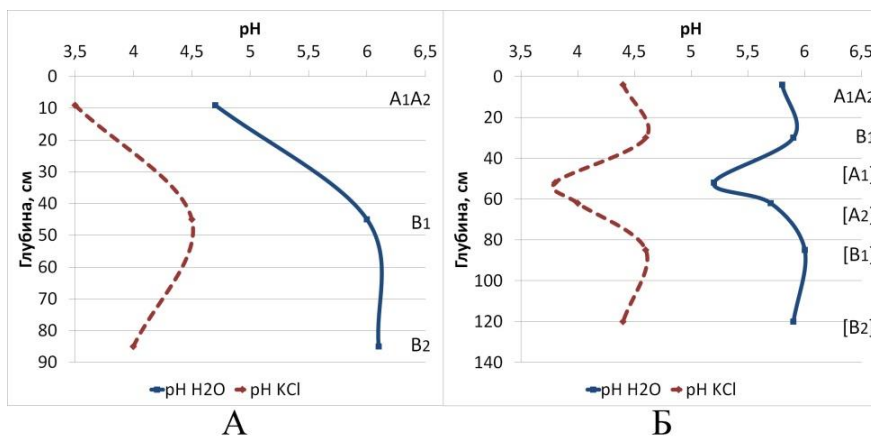


Рис. 2. рН водной и солевой вытяжки: А – в подзолах иллювиально-железистых, Б – в подзолах с погребённым профилем дерново-подзола (педо-литоциклит)

Содержание обменных оснований очень низкое и имеет элювиально-иллювиальный характер распределения (рис. 3). В педо-литоциклите максимум ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} зафиксирован в погребённых горизонтах [AУ] и [E]. Изложенное коррелирует с гранулометрическим составом и, в определённой степени, с содержанием гумуса. Ёмкость поглощения подзолов также низкая, лишь в погребённом гумусовом горизонте педо-литоциклита она достигает 5 мг-экв/100 г почвы за счёт органических коллоидов. Степень насыщенности основаниями подзолов древнеэолового подтипа крайне мала. В педо-литоциклите максимум насыщенности основаниями приходится на горизонт [E] (37%). Содержание органического вещества (ОВ) во всех генетических горизонтах почв древнеэолового подтипа местности низкое (рис. 4). В педо-литоциклите наибольшее количество ОВ содержится в погребённом горизонте [AУ] – 1,5%, что в 5 раз больше, чем в горизонте AУ фонового подзола (Чепурнов и др., 2015).

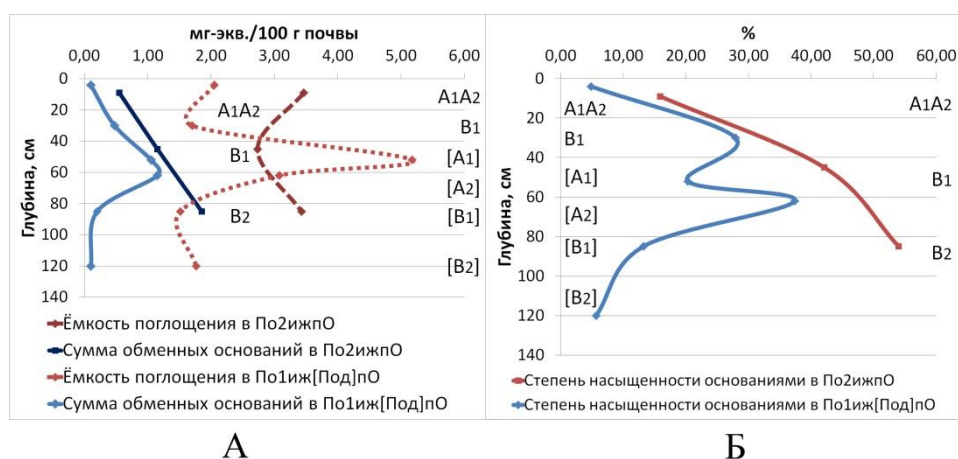


Рис. 3. Сумма обменных оснований, ёмкость поглощения (А) и степень насыщенности основаниями (Б) подзолов мелких иллювиально-железистых (По2ижпО) и подзолов поверхностных с погребённым профилем дерново-подзола (По1иж[Под]пО)

Календарный возраст различных фракций гуминовых кислот из погребённого гумусового горизонта [AУ] по данным C^{14} -датирования составил 490–570 лет (лаб. номера ЛУ-7867, 7868, 7869).

Это указывает на сравнительно недавнее захоронение данной почвы в силу каких-то экстремальных событий. Наиболее вероятными из них могли быть пожары, возникшие стихийным путём (от молнии), либо случайно или преднамеренно вызванные обитавшим здесь в древности коренным угрофинским населением. По-видимому, они повлекли за собой уничтожение древесного полога, дефляцию почво-грунтов, образование вторичных песчаных наносов и уничтожение ранее возникших почв. Лишь в отдельных местах профили прежде существовавших здесь дерново-подзолов сохранились, хотя и погребённом состоянии под 50–60 см эоловым наносом. Таким путём они случайно уцелели и дошли до наших дней в погребённом состоянии. В преде-

лах вышележащего песчаного наноса вторично сформировались почвы – подзолы современного облика со слабо дифференцированным профилем.

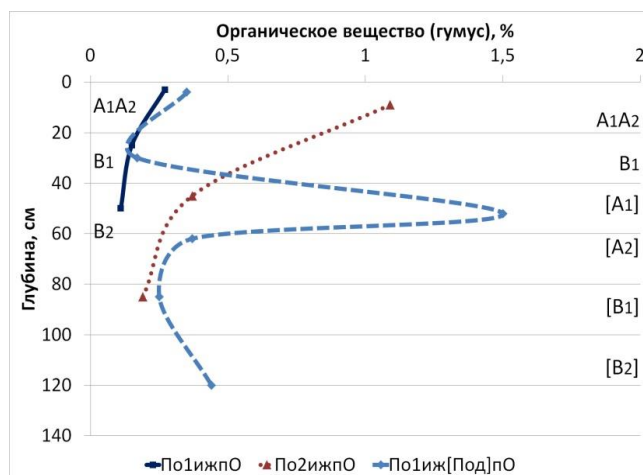


Рис. 4. Содержание гумуса в подзолах поверхностных иллювиально-железистых песчаных (По1ижпО), подзолах мелких иллювиально-железистых песчаных (По2ижпО) и в подзолах поверхностных с погребённым профилем дерново-подзола По1иж[Под]пО древнеэолового подтипа местности

Изложенное даёт основание рассматривать подобный педо-литоциклит почвенным памятником природы, а возможно и материальной культуры коренного угро-финского этноса. Таким образом, находка педо-литоциклита на вершине одной из дюн ББ является ценным источником палеогеографической или историко-культурной информации и могла бы служить украшением этой ООПТ. К сожалению, в результате лесозаготовок, санкционированных под предлогом искусственного осветления борового биоценоза с целью сохранения элементов реликтовой южной псаммофитовой флоры этот участок, по нашим наблюдениям, пострадал от рубок в 2015 г. и в значительной степени утратил свою научно-познавательную и эстетическую ценность.

Литература

Чепурнов Р. Р., Прокашев А. М., Соболева Е. С., Мокрушин С. Л., Ожиганов В. А. Подзолы древнеэолового подтипа местности Белаевского бора: особенности морфологии, свойства, редкие почвенные разности // Почва – зеркало и память ландшафта: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящённой Международному году почв и 60-летию Кировского областного отделения Русского географического общества 8–9 октября 2015 г. Киров. Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2015. С. 212–217.

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПОД МНОГОЛЕТНИМИ ТРАВАМИ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А. П. Кислицына^{1,2}, А. А. Вязьминова¹

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Зональный научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
nm-flora@rambler.ru, niish-s@mail.ru*

Одним из основных критериев оценки почвенного плодородия являются содержание и запасы в почве гумуса.

В адаптивно-ландшафтных системах земледелия выведенная из севооборотного использования пашня засеивается многолетними травами с длительным сроком хозяйственного использования. В Кировской области для залужения земель в основном используют козлятник восточный, лядвенец рогатый или травосмеси с их участием.

Целью нашей работы являлось определение содержания и состава гумуса в почве под травостоями лядвенца рогатого, козлятника восточного и тимофеевки луговой 8-го года жизни. Исследования проводились в полевом опыте отдела полевого кормопроизводства НИИСХ Северо-Востока по изучению продуктивного долголетия многолетних трав (вторая закладка опыта).

Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая с повышенным содержанием подвижного фосфора и средним – обменного калия, рН_{сол.} – 4,8–5,3, содержание гумуса 1,91%. Перед закладкой опытов в почву вносили общим фоном минеральные удобрения – N₆₀P₉₀K₉₀ и ежегодно весной в подкормку – P₆₀K₆₀. Азотные удобрения вносили только под тимофеевку луговую – N₆₀ под укос. Отбор почвенных проб проводился в конце августа после 2-го укоса трав. Содержание гумуса определяли по методу И. В. Тюрина, групповой и фракционный состав гумуса – по методу Тюрина в модификации Пономарёвой и Плотниковой (Агрохимические ..., 1975).

Гумусообразование под многолетними травами зависит от накопления органического вещества в корневых системах. Со второго года пользования под травостоями отмечается уплотнение почвы, замедляются процессы минерализации органического вещества, активизируется гумусообразование (Снеговой и др., 2003).

Известно, что при равной урожайности надземной биомассы растения с мочковатой корневой системой накапливают больше подземной биомассы по сравнению с стержнекорневыми травами. Этим объясняется большее содержание растительных остатков под злаковыми травами по сравнению с бобовыми. Характерной особенностью трав с таким строением корневой системы является то, что 80–90% корней располагается на глубине до 25 см.

Лядвенец рогатый, имеющий стержневую корневую систему, накапливал на 3,3–3,5 т/га корневой массы меньше (9,8 т/га), чем козлятник восточный с

корневищно-корнеотпрысковой и тимофеевка луговая с мочковатой корневой системой (Кислицына, 2014).

После 7 лет хозяйственного использования трав во всех вариантах опыта в слое почвы 0–20 см складывался положительный баланс гумуса (табл. 1) Максимальное увеличение его по отношению к исходному уровню (+0,67%) создается под тимофеевкой луговой без подкормки азотными удобрениями. Под бобовыми травами накопление гумуса было на 2,3–2,6т/га меньше, чем в варианте опыта под тимофеевкой луговой без внесения азота. Подкормка тимофеевки азотом – 120 кг/га д.в. (действующего вещества) за сезон, способствовала минерализации органических остатков и снижала гумусообразование.

Таблица 1

Содержание гумуса в почве под травостоями многолетних трав 8-го года жизни

Варианты	Содержание гумуса перед закладкой опыта, %	Содержание гумуса на 8г.ж. трав, %	Баланс гумуса в % к исходному	Синтез гумуса, т/га
Лядвенец рогатый	1,61	2,14	0,53	14,84
Козлятник восточный	1,61	2,19	+0,58	15,09
Тимофеевка луговая N ₀	1,61	2,28	+0,67	17,42
Тимофеевка луговая N _{60(под укос)}	1,61	1,95	+0,34	8,06

Минерализация растительных остатков происходит быстрее, если они богаче легкоразлагаемыми веществами (углеводами, белками) и содержат меньше устойчивых компонентов (в частности лигнина) (Кононова, 1984). Наиболее высокая концентрация азота –1,28% отмечена в корневых остатках козлятника восточного, 1,19% – лядвенца рогатого, 0,99% – тимофеевки луговой.

В почве под многолетними травами доля извлекаемой части гумуса в зависимости от вида культуры составляла от 36,7 до 46,1%, доля негидролизованного остатка – 63,3–53,9%.

Под лядвенцем рогатым, козлятником восточным и тимофеевкой луговой при подкормке азотными удобрениями в составе гумуса почвы содержание углерода фульвокислот (С_{фк}) превышало содержание углерода гуминовых кислот (С_{гк}) (табл. 2). В составе фульвокислот во всех вариантах опыта преобладала фракция ФК1, связанная с полуторными окислами.

Таблица 2

Групповой состав гумуса пахотного слоя дерново-подзолистой почвы под многолетними травами 8-го года жизни, %

Культуры	Собщ.	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	Негидролизуемый остаток	С _{г.к.} : С _{ф.к.}
Лядвенец рогатый	1,24	0,22	0,24	0,78	0,92
Козлятник восточный	1,27	0,27	0,31	0,69	0,87
Тимофеевка луговая N ₀	1,32	0,28	0,26	0,78	1,07
Тимофеевка луговая N _{60(под укос)}	1,13	0,20	0,32	0,61	0,62

Самое высокое содержание наиболее подвижных фракций отмечено под козлятником восточным и тимофеевкой луговой при ежегодном удобрении азотом (табл. 3), что в большей мере связано с подкислением почвы. Увеличение кислотности пахотного слоя почвы под тимофеевкой луговой обусловлено внесением физиологически кислых азотных удобрений (аммиачной селитры), под козлятником – выносом кальция с урожаями зелёной массы. В этих вариантах опыта на восьмой год жизни трав кислотность снизилась до $pH_{\text{сол.}} 4,7$, тогда как в варианте под тимофеевкой луговой без азота и лядвенцем рогатым осталась на прежнем уровне.

Содержание гуминовых кислот под лядвенцем рогатым было меньше, чем под козлятником восточным и тимофеевкой луговой без подкормки азотом. В составе гуминовых кислот под травостоями бобовых трав и в варианте с тимофеевкой луговой без подкормки азотными удобрениями преобладала фракция ГК2, связанная с кальцием (табл. 3). Особенно высока доля фракции ГК2 – 94% от общего количества ГК- отмечалась в варианте опыта с козлятником восточным, что, по-видимому, связано с интенсивным поступлением в почву отмирающей корневой массы богатой кальцием.

Таблица 3

Фракционный состав гумуса пахотного слоя дерново-подзолистой почвы под многолетними травами 8г.ж., в % к общему углероду почвы

Культуры	Гуминовые кислоты		Фульвокислоты		
	1	2	1a	1	2
Лядвенец рогатый	5,00	12,62	1,65	14,44	3,02
Козлятник восточный	1,21	19,77	3,23	18,20	3,23
Тимофеевка луговая N ₀	3,3	16,99	1,28	10,97	6,30
Тимофеевка луговая N ₆₀ (под укос)	9,56	8,05	2,07	18,73	8,08

Степень гумификации, определяемая как отношение суммы гуминовых кислот к общему количеству углерода почвы, была выше под тимофеевкой луговой без удобрения азотом, что обусловлено более активным поступлением органической массы и замедленными процессами ее минерализации. Таким образом, залужение пахотных земель (консервация) многолетними травами долголетнего срока использования позволяет увеличить содержание органического вещества в почве. В пахотном слое почвы под козлятником восточным формируется гумус с более высоким содержанием гуминовых кислот, связанных с кальцием.

Литература

- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655с.
 Кононова М. М. Органическое вещество и плодородие почвы // Почвоведение. 1984. № 8. С. 6–20.
 Кислицына А. П. Влияние длительного содержания трав на агрохимические свойства почвы // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Киров, 2014. С. 14–16.
 Снеговой В. С., Яворский С. В., Севидов О. Ф. Агроэкологическая функция многолетних трав в биологизации земледелия степной зоны Украины // Кормопроизводство. 2003. № 5. С. 13–16.

СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ИХ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*С. М. Алтышева¹, А. А. Седельникова¹, А. П. Кислицына¹,
Е. В. Дабах^{1,2}, И. Я. Копысов¹*

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com

Целью работы было изучение состава гумуса дерново-среднеподзолистых среднесмытых тяжелосуглинистых почв на элювии бескарбонатных глин.

Разрезы 101 и 102 закладывались на опытном поле ВГСХА. Разрез 101 расположен на бывшем пахотном участке, засеянном многолетними злаковыми травами в 1995 году и в настоящее время представляющем собой злаково-разнотравный луг. Разрез 102 заложен на поле зернотравяного севооборота под клевером 3-его года жизни. Образцы отбирались из гумусового и пахотного горизонтов соответственно, а также из горизонта В1 обоих разрезов осенью 2015 г. В почвах определялась кислотность – pH_{H_2O} и pH_{KCl} , общее содержание углерода, групповой и фракционный состав гумуса по схеме Тюрина в модификации Пономарёвой и Плотниковой (Методические указания..., 1985). Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Агрохимические свойства почв

Горизонт	Глубина, см	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	Гумус, %
Разрез 101				
A1	2-31	5,0	3,5	2,7
B1	31-63	5,2	4,2	1,06
Разрез 102				
Апах	2-26	4,9	3,5	2,5
B1	26-59	5,4	4,3	1,21

Обе почвы относятся к среднекислым, содержание гумуса в них низкое (Орлов, Гришина, 1981) – характерное для дерново-подзолистых почв Кировской области.

Групповой и фракционный состав гумуса (табл. 2) показал, что в пахотном горизонте состав гумуса – фульватно-гуматный, в гумусовом горизонте – гуматно-фульватный, а в нижележащих горизонтах – фульватный. Во всех образцах в составе ГК преобладает фракция свободных гуминовых кислот (ГК1), причем количество их выше в минеральных горизонтах по сравнению с гумусовым и пахотным горизонтами. В органоминеральных горизонтах А1 и Апах преобладают ФК, связанные с кальцием, и свободные агрессивные фульвокислоты (ФК1а). В минеральных горизонтах обеих почв преобладает фракция свободных и связанных с полуторными окислами фульвокислот

ФК1. Негидролизующий остаток значительно больше в верхних горизонтах обоих разрезов.

Таким образом, наиболее существенные различия в групповом и фракционном составе гумуса отмечены в гумусовом и пахотном горизонтах. В условиях луга процессы минерализации и гумификации относительно стабильны и их взаимодействие приводит к образованию гумуса гуматно-фульватного типа, характерного для почв таежно-лесной зоны. При распашке активизируется процесс минерализации растительных остатков.

Таблица 2

Групповой и фракционный состав гумуса почв

Горизонт	Собщ, орг, % от массы почвы	Гуминовые кислоты			Фульвокислоты			Негидролизующий остаток	Сгк/Сфк	
		все-го	ГК1	ГК2	все-го	1 аФК	1ФК			2 ФК
С, % к общему орган. углероду										
Разрез 101										
A1	1,3	16,9	10,8	6,2	20	7	3,2	10	63,1	0,85
B1	0,62	24,2	19,4	4,8	58,1	13	42	3,2	17,7	0,42
Разрез 102										
Апах	1,4	18,6	11,4	7,1	15	7,1	2,1	5,7	66,4	1,24
B1	0,7	21,4	17,1	4,3	51,4	11,4	37,1	3	27,1	0,42

На пашне под клевером третьего года жизни кальций, высвобождающийся из растительных остатков, активнее вступает в реакцию солеобразования с ГК, а на лугу – с ФК.

Таким образом, характер использования почв, различный состав растительных остатков и режим их поступления в почву обуславливают принципиально разный групповой и фракционный состав гумуса верхней органоминеральной толщи почв при относительно стабильном фульватном составе гумуса в нижележащих минеральных горизонтах.

Литература

- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
 Практикум по химии гумуса: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1981. 272 с.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ

Е. Е. Гаевский

Белорусский государственный университет, gaevski@rambler.ru

Песчаные почвы, представляющие собой рыхлые природные образования, характеризуются высокой водопроницаемостью и аэрацией, низкой влагоёмкостью и капиллярностью, что обуславливает малые запасы продуктивной влаги (Белоус, 1997).

Торфование песчаных почв рассматривается как перспективное научное направление улучшения их водно-физических свойств, что проявляется в уменьшении некапиллярной пористости и аэрации и увеличении капиллярной пористости и влагоёмкости (Куликов и др., 1986).

Полевые опыты проводились на базе хозяйства «ПМК-16 АГРО» Борисовского района Минской области на дерново-подзолистой связнопесчаной почве.

Схема полевого опыта включает 5 вариантов, где на опытные деланки площадью 50 м² в четырехкратной повторности вносился суглинок из расчета 100, 200, 300 и 400 т/га, а также торфонавозный компост в дозе 200 т/га с соотношением навоза к торфу 1:1.

Полевые опыты закладывали в звене севооборота: картофель – ячмень – многолетние травы (3 года).

Наши исследования показали, что уже в первый год окультуривания песчаной почвы наблюдалось увеличение ее общей пористости под действием торфования и землевания.

Выявленная закономерность более четко проявлялась в пахотном горизонте почвы, где общая пористость увеличилась с 43,8% - на контроле до 50,8% – на варианте с минимальной дозой суглинка и торфонавозным компостом. Следует отметить, что увеличение общей пористости было обусловлено увеличением объема пор, занятых водой, тогда как пористость аэрации заметно снижалась, хотя и не выходила за пределы оптимальных значений для растений.

Например, если количество пор, занятых водой, увеличилось в пахотном горизонте песчаной почвы под действием окультуривания с 18,5 до 36,6%, т.е. почти в 2 раза, то объем пор, занятых воздухом, уменьшился в 1,8 раза. Это свидетельствует о том, что окультуривание песчаной почвы под действием торфования и землевания изменяет соотношение газовой и водной составляющих ее пористой структуры в пользу водной фазы. Следовательно, исходная песчаная почва в состоянии удерживать в пахотном горизонте только 18,5% воды, а после внесения торфонавозного компоста и суглинка ее вододерживающая способность увеличивается до 36,6%. В подпахотном горизонте песчаной почвы под действием торфования и землевания также возросло участие водной фазы в формировании пористой структуры с 10,7 до 20,8%. Следует также отметить, что если в пахотном горизонте исходной песчаной почвы воздушная фаза превысила водную в 1,4 раза, то в окультуренной почве уже водная составляющая ее пористой структуры превысила воздушную в 1,5 раза, т.е. произошло перераспределение фазового состава пористости в пользу водной части. Однако, наиболее благоприятные отношения между водной и воздушной фазами были характерны для пористой структуры почвы на вариантах внесения суглинка в дозах от 100 до 300 т/га. При увеличении доз вносимого суглинка до 400 т/га наблюдалось снижение аэрации почвы до 14,2–10,5%, что выходит за пределы оптимальных значений для большинства сельскохозяйственных растений.

Последствие торфования и землевания на пористую структуру песчаной почвы проявлялось также и на второй год ее окультуривания при возделывании ячменя.

В данном случае общая пористость в пахотном горизонте песчаной почвы возрастала с 36,6 до 49,2%, а в нижележащем слое – с 32,2% до 40,4%. При этом объем пористого пространства, заполненного водой, увеличился в пахотном горизонте в 3 раза, а в подпахотном – в 3,7 раза. Следовательно, вододерживающая способность песчаной почвы увеличивается под действием торфования и землевания в пахотном слое с 11,3 до 34,0%, а в подпахотном горизонте – с 6,4 до 23,5%. Таким образом, окультуривание песчаной почвы путем торфования и землевания улучшает ее пористую структуру, что проявляется в уменьшении количества крупных пор, занятых воздухом, и увеличении объема мелких пор, заполненных водой. В результате этого соотношение газовой и водной фаз в поровом пространстве окультуренной песчаной почвы изменяется в пользу водной части. Например, если в пахотном горизонте исходной песчаной почвы пористость, занятая воздухом, в 2 раза превышала пористость, занятую водой, то в окультуренной песчаной почве, наблюдается обратное, а именно водная фаза превышает воздушную в 2 раза. Однако наиболее благоприятные условия для аэрации почвы под ячменем создавались на вариантах, где суглинок вносился в дозах от 100 до 300 т/га, что было характерно и для картофеля.

Последствие торфования и землевания на пористую структуру песчаной почвы отмечалось и на третий год ее окультуривания при возделывании многолетних трав. Следует отметить, что под многолетними травами формировалась более однородная пористая структура песчаной почвы по сравнению с другими культурами. При этом объем пор, занятых водой, увеличивался в пахотном горизонте песчаной почвы под действием торфования и землевания с 23,2 до 31,1%, т.е. в 1,3 раза, а пористость аэрации уменьшалась с 21,3 до 19,7%, т.е. всего лишь в 1,1 раза. Следовательно, и в данном случае структура пористости песчаной почвы изменяется в процессе ее окультуривания в пользу водной фазы.

Однако резких изменений в соотношении между жидкой и воздушной фазами в пахотном горизонте песчаной почвы не выявлено. Так, если в исходной песчаной почве водная фаза относилась к воздушной как 1,1:1,0, то в окультуренной песчаной почве это соотношение составило 1,6:1,0 – на варианте с максимальной дозой суглинка. Это означает, что в пахотном горизонте исходной песчаной почвы водная часть ее пористой структуры превышала воздушную только на 10%, а после окультуривания почвы – на 60%.

Таким образом, торфование и землевание песчаной почвы улучшает ее пористую структуру, что проявляется в увеличении водной фазы и уменьшении объема пор, занятых воздухом. Под действием торфования и землевания участие водной фазы в формировании пористой структуры пахотного горизонта песчаной почвы увеличивается в 2 раза под картофелем, в 3 раза – под ячменем и в 1,3 раза – под многолетними травами.

Как следует из наших данных, исходная песчаная почва под картофелем на контрольном варианте в пахотном горизонте способна удерживать 370 т/га воды, а в подпахотном – 214 т/га. Окультуривание песчаной почвы путем торфования и землевания повышает водоудерживающую способность пахотного горизонта на 60–362 т/га или на 16–98%. В подпахотном горизонте водоудерживающая способность почвы возростала примерно в таких же пределах – на 36–202 т/га или на 17–94%. С увеличением доз суглинка водоудерживающая способность песчаной почвы закономерно возростала и достигала своей максимальной величины на варианте, где этот мелиорант применялся в дозе 400 т/га. При этом запасы влаги, как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах увеличивались в 2 раза по сравнению с контролем.

На второй год окультуривания песчаной почвы при возделывании ячменя ее водоудерживающая способность продолжала оставаться на достигнутом высоком уровне. В тоже время водоудерживающая способность песчаной почвы на контрольном варианте понижалась в пахотном горизонте до 226 т/га, а в нижележащем слое – до 128 т/га, т.е. на 39–40%. Следовательно, водный режим окультуренной песчаной почвы в меньшей степени подвержен изменениям под влиянием факторов внешней среды, прежде всего засушливых условий, что позволяет говорить о повышении ее экологической устойчивости. Закономерным является также тот факт, что водоудерживающая способность окультуренной почвы в пахотном горизонте остается на более высоком уровне, по сравнению с подпахотным. При этом запасы влаги в пахотном горизонте возростали в 3 раза, а в подпахотном – в 3,5 по сравнению с контролем.

На третий год окультуривания песчаной почвы под многолетними травами сформировался наиболее выровненный водный режим, как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах. Это выразалось, прежде всего, в заметном уменьшении разницы в водоудерживающей способности почвы между этими горизонтами под действием торфования и землевания. Например, если под картофелем на варианте с максимальной дозой суглинка разница в водоудерживающей способности почвы между этими горизонтами составила 316 т/га, под ячменем – 210 т/га, то под многолетними травами - всего лишь 86 т/га. Важно также отметить и то обстоятельство, что под многолетними травами водоудерживающая способность почвы в подпахотном горизонте находилась на более высоком уровне по сравнению с другими культурами. Это указывает на важную роль подпахотного горизонта окультуренной песчаной почвы в стабилизацию водного режима под многолетними травами. При этом запасы влаги, как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах увеличивались в 1,3 раза по сравнению с контролем.

Таким образом, полученные данные показали, что окультуривание песчаной почвы путем торфования и землевания увеличивают долю водной фазы в пористой структуре, в результате чего возростает ее водоудерживающая способность в пахотном горизонте на 158-454 т/га, а в подпахотном – на 130–342 т/га.

Наши исследования показали, что уже в первый год окультуривания песчаной почвы при возделывании картофеля содержание физической глины в ней возрастает с 9,6 до 13,6%.

Это свидетельствует о трансформации связного песка в рыхлую супесь под действием торфования и землевания. На второй год окультуривания песчаной почвы при возделывании ячменя содержание физической глины в ней еще больше повысилось и составило 15,3–15,5% т.е. можно уже говорить о начале трансформации рыхлой супеси в связную супесь. При возделывании многолетних трав усиливается трансформация рыхлой супеси в связную и содержание физической глины в окультуренной почве достигает 17,6–17,8%. Повышение содержания физической глины в песчаной почве под действием торфования и землевания играет важную роль в регулировании её водного режима и придает почве в высшей степени экологически оптимальные условия влаго- и воздухообеспеченности биологических объектов.

Анализ полученных данных по урожаю картофеля, ячменя и многолетних трав показал, что продуктивность пятипольного севооборота на контроле составила 228,9 ц/га кормовых единиц. Внесение суглинка в дозе 100 т/га совместно с торфонавозным компостом повышало продуктивность севооборота до 302 ц/га кормовых единиц, или на 32%. С увеличением доз вносимого суглинка до 400 т/га продуктивность севооборота закономерно возрастало и достигала максимальной величины – 412 ц/га кормовых единиц, что на 80% больше по сравнению с контролем.

Литература

- Белоус Н. М. Повышение плодородия песчаных почв. М.: Колос. 1997. 192 с.
Куликов Я. К., Ковриго П. А., Галай Е. И. Оптимизация почв торфованием // Сельское хозяйство Белоруссии. 1986. № 1. С. 9–12.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

В. М. Макеева, А. В. Смуrow

Музей земледения

Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова,

vmmakeeva@yandex.ru

Функционирование природных и антропогенных экосистем зависит от сохранения биоразнообразия, обеспечивающего поддержания гомеостаза экосистем. При этом разнообразие генофонда обеспечивает поддержание гомеостаза популяций и их адаптацию к меняющимся условиям среды и является важнейшей характеристикой экосистем (Алтухов, 2003).

Однако в антропогенных экосистемах происходит процесс структурно-функционального изменения генетического фундамента экосистем, или популяционно-генетического уровня организации экосистем (Макеева и др., 2013).

Длительный эколого-генетический мониторинг (с 1975 г.) динамики генофонда популяций модельных объектов (животных и растений), обитающих в условиях антропогенного ландшафта Москвы и Подмосковья, выявил наличие глобального процесса сокращения генетического разнообразия в популяциях (Макеева и др., 2005, 2006, 2011). Изменение состояния генофонда популяций (уменьшение генетического разнообразия), связано, прежде всего, с действием отрицательных генетических процессов – дрейфа генов и инбридинга, которые активизируются вследствие обитания животных, растений и других организмов в мелких изолятах, что неизбежно приводит к вымиранию популяций. Этот процесс неизбежно ведет к уменьшению жизнеспособности популяций, ослаблению пищевых, энергетических, информационных и других связей, а следовательно, – к деградации антропогенных экосистем (Макеева и др., 2011, Wright, 1922).

Для генетических аспектов охраны природы важно знать, что уменьшение разнообразия генофонда (чаще всего уменьшение гетерозиготности) связано с практически важными свойствами, такими как уменьшение жизнеспособности, плодовитости, уменьшение скорости роста, устойчивости к паразитам и патогенам (Алтухов, 2003).

Решить проблему сохранения биоразнообразия и поддержания устойчивости антропогенных экосистем биосферы в условиях глобальной урбанизации планеты можно с помощью выделенного авторами самостоятельного научно-практического направления – геноурбанонологии, возникшего в синтезе популяционной генетики и системной экологии (Макеева и др., 2013). Задача геноурбанонологии состоит в познании генетических параметров и закономерностей сохранения устойчивости и восстановления экосистем антропогенных и особенно урбанизированных ландшафтов. Геноурбанонология опирается на разработанный авторами эколого-генетический подход (методология, концепция, стратегия, диагностика, генетические методы восстановления) который может обеспечить неистощительное использование генетического ресурса антропогенных экосистем.

На примере модельных видов животных и растений, обитающих в условиях антропогенного ландшафта Москвы и Подмосковья, проведена серия оригинальных работ по мониторингу динамики генофонда, оценке состояния генофонда (Макеева и др., 2005, 2006; Makeeva et al., 2015) прогнозу длительности существования популяций, разработке и апробации эколого-генетического подхода к охране биоразнообразия антропогенных экосистем (Макеева, Смуров, 2011] и методологическому и практическому обоснованию геноурбанонологии (Макеева и др., 2011, 2013; Makeeva et al., 2015). Всего изучено состояние 36 популяций, животных (одного вида наземных моллюсков – кустарниковой улитки (*Bradybaena fruticum* (Mull.) и двух видов бурых лягушек – травяной (*Rana temporaria* L.) и остромордой (*R. arvalis* (Nills.), а также 8 популяций растений – ели европейской (*Picea abis* (L.) Karst.).

Результаты исследования выявили факт резкого сокращения генетического разнообразия (до 70%) мелких изолятов урбанизированных ландшафтов

по сравнению с крупными природными популяциями. Генетическое разнообразие 77% популяций животных в городе Москве и 23% популяций в Подмосковье уменьшилось более чем на 50% (Макеева и др., 2005, 2006).

На основании оценки эффективной численности популяций и дан прогноз длительности существования популяций модельных видов животных на особо охраняемых природных территориях города Москвы: 60% популяций может исчезнуть в ближайшие 100–150 лет, из них 33% – в ближайшие 25–40 лет, 84% популяций могут исчезнуть за 160–200 лет. Менее 20% популяций имеет шанс на длительное существование (около 500 лет) (Макеева и др., 2011, 2013).

Обобщение результатов количественной оценки, прогноза и изучения механизмов деградации генофонда городских популяций (на примере модельных видов животных, обитающих на ООПТ г. Москвы) позволило переоценить современную экологическую концепцию сохранения биоразнообразия. На этой основе разработана и апробирована в системе особо охраняемых территорий г. Москвы оригинальная эколого-генетическая концепция и стратегия охраны биоразнообразия антропогенных экосистем, включающая не только пассивную территориальную охрану, но и активное восстановление генофонда популяций (Макеева и др., 2011, 2013). Главным условием осуществления эколого-генетической стратегии является разработка и внедрение новых генетических технологий устойчивого сохранения и восстановления биоразнообразия антропогенных экосистем (Макеева et al., 2015).

Эколого-генетический аспект сохранения биоразнообразия состоит в поддержании «оптимального эволюционно сложившегося генетического разнообразия популяций как важнейшего условия благополучного существования популяций в нормально колеблющейся природной среде» (Алтухов, 2003). Это возможно лишь при условии управления качеством генофонда популяций, наряду с использованием традиционной территориальной охраны (Макеева и др., 2011, 2013).

Таким образом, особенность функционирования экосистем антропогенных и урбанизированных ландшафтов, характеризующихся высокой степенью фрагментации, состоит в изменении генетических параметров устойчивости экосистем, которые одновременно являются генетическими параметрами устойчивости популяций и могут быть охарактеризованы количественно с помощью стандартных показателей, отражающих уровень разнообразия генофонда популяций.

Восстановление генетических параметров экосистем дает возможность прервать разрушительную реакцию цепного типа, которая начинается со стохастической потери редких аллелей генов, продолжается стохастической потерей редких видов и заканчивается распадом эволюционно сложившихся связей и деградацией экосистем.

Литература

Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях: Учебное пособие. 3-е издание, переработанное и доп. М.: ИКЦ Академкнига, 2003. 431 с.

Макеева В. М., Белоконов М. М., Малюченко О. П. Оценка состояния генофонда природных популяций беспозвоночных животных в условиях фрагментированного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере кустарниковой улитки, *Bradybaena fruticum* (Müll.) // Генетика. 2005. № 11. С. 1495–1510.

Макеева В. М., Белоконов М. М., Малюченко О. П., Леонтьева О. А. Оценка состояние генофонда природных популяций позвоночных животных в условиях фрагментированного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере бурых лягушек) // Генетика. 2006. Т. 42. № 5. С. 628–642.

Макеева В. М., Белоконов М. М., Смуров А. В. Эколого-генетический подход к охране животных антропогенных экосистем. М.: Изд-во МГУ, 2011. 160 с.

Макеева В. М., Смуров А. В. Эколого-генетическая диагностика состояния и методы восстановления популяций животных городских особо охраняемых природных территорий (на примере модельных видов в городе Москве) // Научные ведомости Белгородского университета. Серия Естественные науки. 2011. № 3 (98). Вып. 14. С. 104–110.

Макеева В. М., Белоконов М. М., Смуров А. В. Геноурбаноология как основа устойчивого сохранения биоразнообразия и экосистем в условиях глобальной урбанизации // Успехи современной биологии. Т. 133. № 1. С. 19–34.

Makeeva V. M., Smurov A. V., Politov D. V., Belokon M. M., Belokon Y. S., Suslova E. G., Kalinin A. A. Technology for Restoring and maintaining sustainability of populations: Practical and theoretical results of genourbanology // The open conference proceedings journal. Bentham Science Publishers (Netherlands). 2015. V. 6. P. 1–9.

Wright S. Coefficient of inbreeding and relationship // Amer. Natur. 1922. Vol. 56. P. 330–338.

ОСОБЕННОСТИ ИСТОРИИ ВЯТСКОЙ ПОЙМЫ В РАЙОНЕ ЗАРЕЧНОГО ПАРКА

*А. М. Прокашев, А. С. Матушкин, С. Л. Мокрушин, Е. С. Соболева,
Р. Р. Чепурнов, И. А. Вартан, С. А. Буторин, А. П. Потанин,
Л. В. Колыбина*

Вятский государственный университет, amprokashev@gmail.com

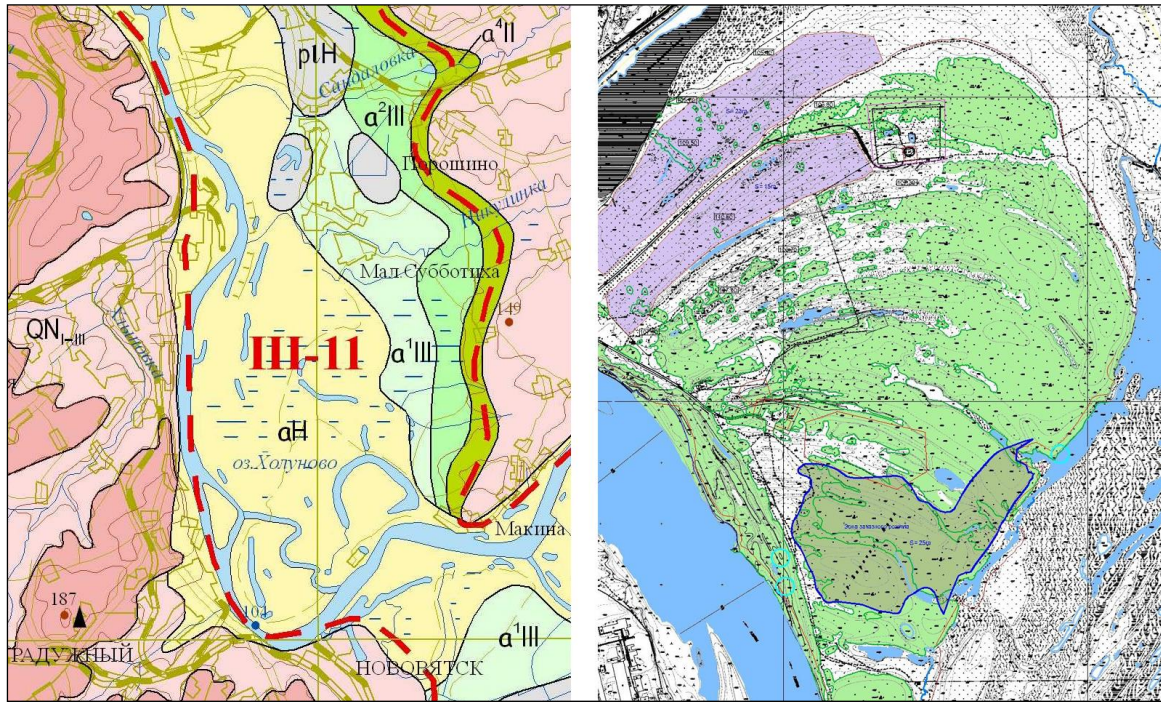
Территория Заречного Парка (ЗП) г. Кирова расположена в пойме правобережья р. Вятки, которая оказала большое влияние на формирование местного ландшафта. С XVIII в. парк охранялся как резерв строевого леса для восстановления от пожаров городских построек г. Вятки и назывался Красный бор. В настоящее время ЗП объявлен памятником природы и используется в качестве загородного рекреационного уголка и организации научно-познавательной деятельности на маршруте экологической тропы. Последним определяется актуальность сбора комплексных научных материалов, раскрывающих особенности истории формирования и становления современного облика природных комплексов парка. Он служит примером эволюции пойменных ландшафтов, разные участки которого иллюстрируют последовательные стадии облесения речных наносов с постепенным вытеснением пионерной травянистой и кустарниковой растительности светлохвойными сосновы-

ми и мелколиственными берёзово-осиновыми лесами, а последних – темнохвойными пихтово-еловыми ассоциациями с приближением пойменной расчлененности к зональной южнотаёжной формации ельников европейских.

В районе ЗП р. Вятка пересекает сниженные структуры западного крыла Вятских Увалов, сложенные верхнепермскими терригенными, лагунными и, отчасти, морскими отложениями северодвинского, уржумского и, местами, казанского ярусов, образуя относительно широкую, типичную для равнинных рек, но зауженную у г. Кирова – около 5–6 км – долину в силу геоморфологической специфики данного участка, с серией из 3 надпойменных террас (нпт). Она сформировалась в среднем – позднем неоплейстоцене и голоцене. Среднечетвертичная III нпт образована в одинцовско-московское время – около 170–140 тыс. л. н.; II нпт – в микулинско-ранневалдайское время позднего неоплейстоцена – 140–50 тыс. л. н.; позднеоплейстоценовая I нпт средне-поздневалдайского возраста сформировалась 50–10 тыс. л. н.; пойма имеет голоценовый возраст – моложе 12 тыс. лет (рис.).

На всём протяжении от южной (Нововятский район) до северной части г. Кирова (п. Бол. Гора) долина имеет асимметричный поперечный профиль с крутым левым коренным берегом, к которому прижато современное русло реки, и террасированным выположенным правобережьем. Причиной подмывания левобережья является резкое изменение юго-западного направления русла южнее Нововятска на северное при встрече с грядой Вятских Увалов. Преодолевая действие силы Кориолиса, водный поток на протяжении около 20 км подмывает преимущественно левый коренной берег. Благодаря этому вдоль него много свежих слабо задернованных обнажений на участке от п. Сошени до Большой горы (Филейское обнажение). Примерно за 170 тыс. лет вятское русло в районе г. Кирова выработало долину современного облика глубиной около 70–80 м, сместившись при этом к западу в общей сложности на 5–6 км с образованием на правобережье комплекса из 4 террас, ступенями спускающихся к левому борту долины.

На фоне этой общей тенденции русло Вятки, подобно другим равнинным рекам, постоянно меандрировало в процессе боковой эрозии. Это обусловлено турбулентным характером движения водного потока при относительно стабильном тектоническом режиме на значительных отрезках долины Вятки, нарушаемом на отдельных участках локальными поднятиями. Примером могут служить Вятские Увалы, в зоне которых расположен областной центр. Поэтому русло имеет сложные очертания с излучинами сегментной, сундучной, омеговидной или менее правильной – комбинированной – формы. Разрушительная, транспортирующая и аккумулятивная работа вятских вод за период последних 10–12 тыс. лет послеледниковья привела к формированию современного облика пойменного ландшафта ЗП.



А

Б

Рис. Карто-схемы Заречного парка г. Кирова

А – четвертичные отложения (по: И. В. Пшеничников, 2008): аН – пойма; а¹Ш – 1 нпт; а²Ш – 2 нпт; а⁴П – 3 нпт. Б – местоположение парка между современным руслом Вятки и Макарьевско-Субботихской старицей

Подтверждением боковых блужданий русла Вятки служат полученные нами результаты радиоуглеродного датирования фоссильного органического материала, отобранного в вятской пойме и её притоках первого порядка (Чепца, и др.), а также на первой надпойменной террасе малых рек (Б. Просница, Хлыновка) по обе стороны Вятских Увалов на удалении первых километров – нескольких десятков километров от г. Кирова и в пределах городской черты. Абсолютный возраст древесины, погребённой в толще русловой, старичной и пойменной фаций речных наносов, ориентированных ныне вкрест протирания современного русла Вятки варьирует от первых тысяч лет до 4–10 тыс. лет и более (Прокашев, 1992; Прокашев и др., 1992; Прокашев, Козырева, 1994; Прокашев и др., 1999; Прокашев, Кузницын, 2000) (табл.).

Приведённые примеры свидетельствуют о значительной динамичности планового положения вятского русла в окрестностях г. Кирова и ЗП в связи с меандрированием водотока, эрозионно-русловыми и аккумулятивно-пойменными процессами на протяжении голоцена. С учётом изложенного о темпах изменения положения палеорусел, происходящих за тысячелетия, становится возможным воссоздание истории становления пойменного ландшафта парка. Несколько тысяч лет назад русло Вятки в черте г. Кирова изменило прежнее направление и на отрезке южнее сл. Вересники повернуло вправо, образовав петлю по линии н. п. Б. Субботиха – Богородское – Макарье – Дымково, именуемой далее М-С излучиной. По мере роста радиуса излучины происходило образование дугообразных прирусловых грив и межгривных

ложбин, хорошо сохранившихся в современном рельефе ЗП, нередко частично занятых узкими староречьями, субпараллельными М-С излучине, граничащей с I нпт. В конечном итоге они привели к формированию сегментного типа вятской поймы с характерными серповидными ложбинно-гривистыми формами рельефа, староречьями и озерами, типичными для территории ЗП.

Таблица

**Возраст фоссильного материала пойменных отложений
реки Вятки и её притоков**

Район сбора и состав фоссильного материала	Особенности местоположения, глубина образца	Возраст, лет	Лабораторный номер образца
Пойма р. Вятки ниже п. Известковый Завод (Слободской р-н); древесина	Погребённый палеостаричный торф; 2 м	3340±110*	ЛУ-3881
Пойма р. Вятки ниже д. Новожилы (Оричевский р-н); древесина	Палеостаричная фация аллювия; 4,6 м	4960±60**	ЛУ-7870,
		6540±100**	ЛУ-7871
Пойма р. Вятки у п. Суводи (Оричевский р-н); древесина	Палеостаричная фация аллювия; 3,2 м	8000±50**	
Пойма р. Вятки в ОЗ ГПЗ «Нургуш» (Котельничский р-н); детрит	Русловая фация аллювия у меженного уреза воды	10130±240*	ЛУ-4045
Пойма р. Чепцы под п. Ильинское (Кирово-Чепецкий р-н)	Палеостаричная фация аллювия; 2,5 м	2760±40**	ЛУ-6192

Примечание: * – радиоуглеродный возраст; ** – калиброванный (календарный) возраст

Однако сравнительно недавно, на рубеже XVII–XVIII вв., судя по историческим материалам (Бердинских, 2010) Вятка вновь спрямила своё русло и прижалась к левому коренному берегу севернее более древнего – вересниковского – сегмента поймы. Некоторое время территория ЗП представляла собой островной террейн, пока М-С излучина не одряхлела и постепенно не заилилась старичной фацией аллювия. До наших дней здесь местами сохранились открытые зеркала староречья – свидетели былой динамичной жизни воды.

Импульсом изменений планового положения русла могла стать активизация тектонических процессов в зоне Вятского мегавала. Подтверждением этому могут быть свидетельства многочисленных слабых землетрясений, зафиксированных за последние 200 лет, а также результаты определения нами возраста древесины, погребённой в толще палеопойменных отложений речки Хлыновки, притока Вятки, протекающей в городской черте. Судя по ¹⁴C данным, погребение ствола произошло около 2400±40 л. н. За это время дерево было сначала занесено палеопойменным наносом мощностью более 1 м. Впоследствии заливная терраса оказалась выведена на надпойменный уровень, сохранив до наших дней в строении её почвенного профиля чёткие признаки аллювиального генезиса. Иными словами, на протяжении последних 2400 лет происходила смена знака тектонических движений с отрицательного на по-

ложительный, что могло повлиять на русловые деформации и поймоформирующие процессы в долине Вятки.

Таким образом, рассмотренный участок поймы в районе Заречного парка г. Кирова имеет сложную историю развития, которая может быть использована в научных, научно-просветительских целях – на маршруте экологической тропы – и для решения иных прикладных задач, ориентированных на дальнейшее рекреационное обустройство территории этой зоны отдыха.

Материалы подготовлены при финансовой поддержке РГО.

Литература

Прокашев А. М. Возраст погребенных пойменных торфяников в среднем течении реки Вятки // Вятская земля в прошлом и настоящем: Материалы республиканской IV науч.-практ. конф. (к 100-летию со дня рождения А. В. Эммаусского). Киров: Изд-во ВГПУ, 1992. С. 198–199.

Прокашев А. М., Якубов Ю. И., Арсланов Х. А., Козырева М. Г. О возрасте и природе аллювиальных почв реки Вятки с погребенным гумусовым горизонтом // Вятская земля в прошлом и настоящем (к 125-летию со дня рождения П.Н. Луппова): тезисы докладов и сообщений II науч. конф. Т. II. Киров: Кировский госпединститут, 1992. С. 44–46.

Прокашев А. М., Козырева М. Г. Возраст и закономерности формирования пойменных отложений реки Вятки // Эколого-географические проблемы Волго-Вятского региона: Межвузовский сб. науч. трудов. Н. Новгород: НГПУ, 1994. С. 97–102.

Прокашев А. М., Бородина Н. В., Тертычная Т. В., Максимов Ф. Е. Состав, возраст и устойчивость пойменных отложений ГПЗ «Нургуш» (Кировская область) // География на рубеже веков: проблемы регионального развития. Т. 1 (части I, II, III). Курск, 1999. С. 205–206.

Прокашев А. М., Кузницын М. А. Циклы эрозии и формирование долины Средней Вятки в районе заповедника «Нургуш» // Региональные и муниципальные проблемы природопользования: Материалы 6-й науч.-практ. конф. г. Кирово-Чепецк, 1–3 августа 2000 г.). М., 2000. С. 83–84.

Бердинских В. А. История города Вятки: Очерки. 2-е изд., испр. и доп. Киров, 2010. 336 с.

ОСОБЕННОСТИ ЛИТОГЕННОЙ ОСНОВЫ И ГЕОГРАФИИ ПОЧВ ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

*А. М. Прокашев, И. А. Черезова, И. А. Вартан, А. С. Матушкин,
Н. Д. Охорзин, С. А. Пунышева, В. В. Масютин, А. Н. Винокуров,
Г. С. Квакин, Е. О. Тайшина*
Вятский государственный университет

Государственный природный заказник «Былина» (далее – ГПЗ) площадью 47623 га расположен в пределах Северных Увалов, на территории северо-запада Кировской области. Большая часть территории заказника представляет собой увалистую равнину с широким распространением заболоченных низин, расположенных на водоразделе бассейнов Каспийского моря и Северного Ледовитого океана. Средние высоты над уровнем моря – 150–170 м над у. м., в районе починка Дор Кресты (с-з часть ГПЗ), месте полевых работ, они

достигают 202 м над у. м. (рис.). В геологическом отношении территория соответствует краевой восточной части Московской синеклизы, кристаллический фундамент которой опущен на глубину более 2 км. Он перекрыт древними коренными осадочными песчано-глинистыми, реже карбонатными отложениями позднего палеозоя и, отчасти, мезозоя, представленными с поверхности вохминской, шилихинской и слудской свитами нижнего триаса. В свою очередь, коренные породы покрыты плащом четвертичных песчано-глинистых наносов ледникового, водно-ледникового и иного генезиса, мощностью до нескольких десятков метров, отложенных в период днепровско-московской ледниково-межледниковых эпох. Эти седименты являются литогенной основой местных ландшафтов и материнскими субстратами почв, принимая важную роль в формировании биопродуктивности локальных геосистем ГПЗ.

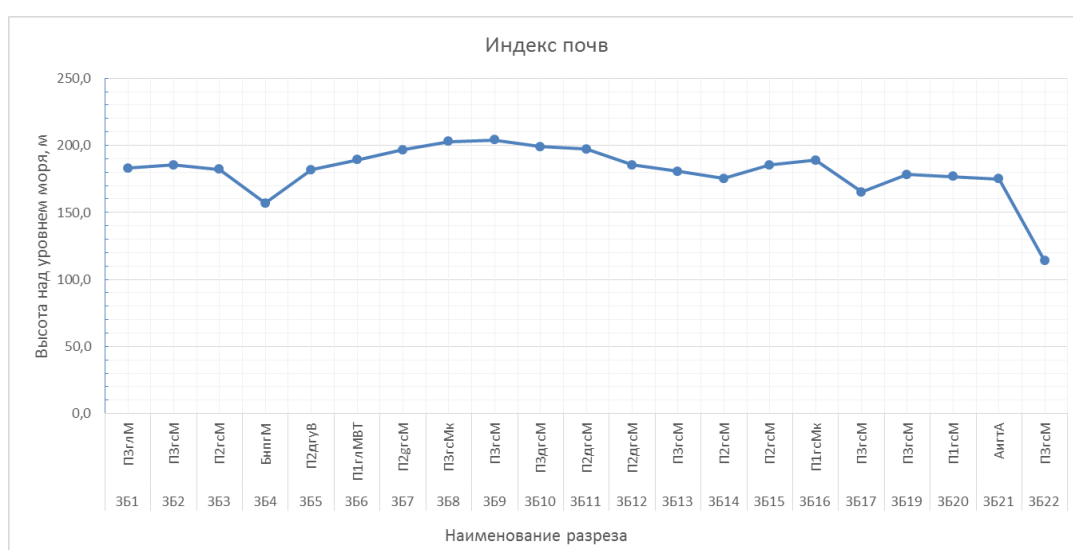


Рис. Схема распределения почв по рельефу на северо-западе ГПЗ «Былина»

В настоящее время почвообразующие субстраты и почвы заказника недостаточно освещены в публикациях. В ходе полевых работ в северо-западной части заказника нами собраны первичные материалы полевых морфолого-генетических исследований почв и литологических особенностей почвообразующих пород. Особое внимание обращалось на содержание валунного материала в моренных отложениях и развитых на них почвах, частично представленные в настоящем сообщении.

По гранулометрическому составу почвообразующие породы северо-западной части заказника преимущественно суглинисто-глинистые, сильно завалуненные (табл.).

**Содержание почвенного скелета в почвах северо-западной части
ГПЗ «Былина»**

Разрез, №	Горизонт (глубина, см)	Почвенный скелет, %	Разрез, №	Горизонт (глубина, см)	Почвенный скелет, %
ЗБ1	АУ (15–27)	42,79	ЗБ8	ElBg (12–32)	19,05
	Bt1 (39–65)	34,17		Bt1 (32–58)	29,76
	B2Cg (100–110)	42,26		Bt2 (58–82)	25,79
ЗБ3	El+ElBg (9–19)	30,30		B2Cca (82–104)	25,04
	Bt1g (29–60)	18,78	ЗБ11	АУ (1–22)	19,12
	B2Cg (93–113)	33,81		ElBg (22–28)	21,01
Bt2g (60–93)	31,61	Bt1g (28–65)		33,18	
ЗБ4	C1 (52–62)	30,47	ЗБ13	Elg (8–30)	18,16
	Cg (62–75)	21,58		Bt1 (30–60)	45,32
ЗБ5	АУg (4–19)	3,94	ЗБ16	El (6–14)	9,56
	ElB (19–3)	12,27		Bt1g (14–53)	42,82
	Bt1 (32–61)	17,41		B2Cca (53–63)	28,91
	B2C (91–131)	34,57	ЗБ17	El (6–14)	7,39
	Bt2g (61–91)	19,48		Bt1 (33–59)	20,62
ЗБ7	АУg (3–23)	18,89	Bt2 (59–83)	9,69	
	ElBg (23–35)	23,32	B2Cg (83–15)	25,02	
	Bt1g (35–60)	25,00	ЗБ19	El+ElBg (5–33)	25,05
		Bt1 (33–50)		20,47	

Представление о морфологии почв дают следующие примеры строения отдельных разрезов, заложенных в районе урочища Дор Кресты.

Разрез ЗБ8 дерново-сильнопodzолистой поверхностноглееватой среднесуглинистой почвы на моренном валунном карбонатном суглинке заложен на верхней слабовыпуклой поверхности высокого водораздела под злаково-разнотравным ежовниковым залежным лугом на месте пашни:

АУ (2–12 см)	Сырой, серовато-коричневый, среднесуглинистый, с частыми включениями валунно-галечного материала величиной до 10 см и более различной степени окатанности, зернисто-мелкокомковатый, корней много, переход ясный, волнистый.
ElBg (12–32 см)	Сырой, близкий к мокрому (после длительных дождей) белесовато-бурый с сизыми и оливковыми пятнами, особенно заметными в верхней части горизонта, среднесуглинистый, с включениями валунного материала, различной размерности, ореховато-зернисто-мелкокомковатый, уплотненный, много белесой скелетаны и оливковых и сизых примазок закисного железа, корней меньше, чем в горизонте АУ, переход волнисто-языковатый.
Bt1 (32–58 см)	Сырой, близкий к мокрому (после дождей), светло-коричневый с белесоватыми языками, ореховато-зернистый, плотный, среднесуглинистый с частыми включениями валунно-галечного материала размером до 10 см и более, много белесой скелетаны по языкам оподзоливания, внедряющимся в толщу горизонта, корней мало, переход ясный, близкий к постепенному.
Bt2 (58–82 см)	Сырой, близкий к мокрому (после дождей), красновато-бурый, тяжелосуглинистый, ореховато-зернистый, плотный, часто встречается валунно-галечный материал величиной до 10–15 см, корни единичные, переход постепенный.

V2Cca (82–104 см)	Сырой, близкий к мокрому (после дождей), красновато-коричневатый, тяжелосуглинистый с валунами величиной до 20 см и обломками карбонатного щебня и крошки, зернисто-мелкокомковатый, близкий к бесструктурному, уплотнённый, энергично вскипает от раствора 10% HCl, переход постепенный.
-------------------------	---

Разрез 3Б22 сильноподзолистой глееватой среднесуглинистой почвы на моренном валунном суглинке заложен в нижней выположенной части склона водораздела под сосново-березовым чернично-брусничным зеленомошным лесом:

E1+E1Bg (4–36 см)	Влажный, оливково-белесый, в нижней части с буроватым оттенком, среднесуглинистый, пластинчато-зернистый, уплотненный, по всему горизонту много белесоватой скелетаны, оливковых налетов закисного железа и черно-вато-бурых рыхлых стяжений гидроксидов железа и марганца, корней меньше, чем в вышележащем гор. О, преимущественно в верхней части, переход ясный, волнисто-языковатый.
Vt1g (36–70 см)	Сырой, бурый с оливковым, местами белесоватым оттенком, тяжелосуглинистый, ореховато-зернистый, уплотненный, с пятнистыми оливковыми налетами закисного железа и белесоватой скелетаной по языкам оподзоливания, корней мало, переход ясный, ровный.
Vt2g (70–105 см)	Сырой, коричневатобурый с сизоватыми пятнами, тяжелосуглинистый, с частыми включениями гравийно-галечного материала, зернисто-ореховатый, плотный, с пятнистыми сизоватыми налетами закисного железа, корни редкие, переход постепенный.
V2Cg (105–115 см)	Влажный, коричнево-бурый, среднесуглинистый, с частыми включениями гравийно-галечного материала, зернисто-ореховатый, плотный, местами наблюдаются сизовато-оливковые налеты закисного железа, корни единичные, переход не вскрыт.

Результаты предварительных морфолого-генетических анализов почв и литогенной основы ландшафтов северо-западного участка ГПЗ свидетельствуют о следующем:

– во-первых, о формировании почв при ведущей роли смешанного – водозастойно-промывного водного режима – независимо от геоморфологического положения почв, который в подчинённых (гидроморфных) позициях может сменяться водозастойным режимом;

– во-вторых, о ведущей роли следующих профилеобразующих процессов: подстилкообразование, подзолистый, лессиваж, элювиально-глеевый, оглеение в автоморфных и полугидроморфных местоположениях, которые могут дополняться слабо выраженным гумусообразованием и гумусонакоплением, а в гидроморфных условиях – торфообразованием олиготрофного, мезотрофного или эвтрофного типов;

– в-третьих, об относительном типовом и подтиповом однообразии состава почвенного покрова, представленного как в автономных, так и подчинённых геоморфологических позициях преимущественно подзолистым оглеённым подтипом почв, который при сельскохозяйственном использовании трансформируется в агродерново-подзолистые почвы, а в гидроморфных

условиях может замещаться болотным переходным или низинным типом почв;

– в-четвёртых, о преобладании в типе подзолистых почв видов со средней и сильной степенью оподзоленности;

– в-пятых, об относительном однообразии разновидностей подзолистых почв, с преобладанием в аккумулятивно-элювиальных горизонтах суглинистого гранулометрического состава;

– в-шестых, о высоком содержании скелетной фракции в различных генетических горизонтах – от нескольких процентов до 40% и более – значительно варьирующих по размерности – от нескольких миллиметров до 20 см и более, придающих различную степень каменистости рассматриваемых почв;

– в-седьмых, о литологической однородности почвообразующих пород на протяжении маршрута, независимо от орографических особенностей местности, определяющих принадлежность формирующихся на них почв преимущественно к одному разряду – моренные бескарбонатные валунные (реже карбонатные) суглинки, обусловленными четвертичной геологической историей района, пережившего около 170–140 тыс. лет назад оледенения, наиболее значимым из которых следует считать московское, оставившее большое количество гравийно-галечно-валунного материала;

– в-восьмых, о зависимости степени увлажнения исследуемых почв и положения уровня грунтовых вод от типа произрастающей растительности и истории хозяйственного освоения местных ландшафтов в соответствии с известным в биогеографии правилом «лес сушит равнины и увлажняет горы», подтверждаемого более высокой степенью переувлажнения почв на спонтанно залуженных, бывших пахотных землях, занимающих верхние элементы рельефа, по сравнению с более низко расположенными на склонах и подножиях междуречий производными зрелыми или приспевающими мелколиственно-хвойными лесами (по дренирующей роли древесный растительный покров, по крайней мере, в условиях дождливого лета 2015 г., не уступал и даже возможно превосходил соответствующее влияние рельефа);

– в-девятых, о наличии в пределах рассматриваемого ключевого участка нескольких стадий сукцессий растительного покрова в зависимости от времени вывода угодий из сельскохозяйственного оборота, которые могут быть представлены в следующем примерном варианте: бывшая пашня – залежный сырой луг – закустаренный сырой луг – ольховник – березняк (осиново-берёзовый лес) – мелколиственно-хвойный лес – темнохвойный пихтово-еловый лес.

СТРУКТУРА АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ КОРДЯЖСКО-КОСИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

М. А. Лимонов, Н. Д. Охорзин
Вятский государственный университет,
kaf_geo@vshu.kirov.ru

Территория исследования расположена на территории Чепецко-Кильмезского междуречья Вятско-Чепецкого физико-географического округа (Лавров, 1966). В геологическом строении территория района исследования имеет следующие особенности: она располагается на территории Русской платформы, которая сложена массивными кристаллическими горными породами, а сверху покрыта мощным осадочным чехлом. Поверхность Вятско-Чепецкого округа сложена верхнепермскими отложениями казанского и татарского ярусов, а также четвертичными отложениями. Верхнепермские отложения казанского яруса имеют здесь сравнительно небольшое распространение, приурочены главным образом к более высоким частям (сводовой части) Вятского Увала. Отложения татарского яруса распространены во всех частях округа. Они сверху перекрывают породы казанского яруса и состоят из пестроокрашенной красноцветной толщи глин, песчаников, мергелей с прослоями небольшой мощности серых известняков.

Четвертичные отложения почти всюду прикрывают коренные верхнепермские породы. Ледниковых отложений типа конечных морен в округе нет. К водно-ледниковым отложениям, образовавшимся во время отступления ледника, относятся гравийно-галечниковые типа дресвяных гор, или пуг, особенно характерных для северной и восточной части округа. Обломочный материал пуг состоит из галечника, гравия и песка. Мощность их отложений чаще всего составляет 2–3 м, достигая в некоторых местах 6–7 м. Для водораздельных плато исследуемой территории характерны толщи покровных суглинков. Покровные суглинки несколько напоминают лессовидные, но отличаются большей глинистостью и значительным содержанием илистых частиц. Цвет их большей частью желто-бурый, мощность до 2–5 м. Элювиальные отложения выделяются небольшими пятнами на покатых частях склонов водораздельных пространств, а в понижениях, за счет переноса разрушенных коренных пород, отмечаются делювиальные наносы.

Основная часть Кордяжско-Косинского междуречья представлена водораздельными плато двух крупных левых притоков Чепцы – Кордяги и Косы, и только на севере – низина реки Чепцы. Эта территория отличается расчлененным рельефом, неширокими, преимущественно ровными водораздельными пространствами, высота которых колеблется от 120 до 200 м над у.м., а также густой сетью речных долин. Наивысшие отметки часто приурочены к пугам, которые часто встречаются на водоразделах рек Кордяги и Косы. Характерными эрозионными формами рельефа являются лога с пологими задернованными и залесенными склонами. Своими верховьями лога почти доходят до

высоких частей водоразделов. Они свидетельствуют о более энергичных эрозионных процессах в прошлом. Современная овражная эрозия здесь выражена слабее, чем в южных районах Кировской области. Овраги встречаются лишь по крутым берегам рек и имеют обычно небольшую длину. Современные долины рек Кордяги и Косы достаточно хорошо разработанные, широкие, с двумя террасами.

Климатические условия округа характеризуются следующими показателями. Средняя температура июля 17,5–18,4°, января – -15–14°. Годовая амплитуда температуры в округе около 33°, что характеризует климат как умеренно континентальный. Среднее годовое количество осадков 460–580 мм. До 70% осадков выпадает в теплый период года. На климатические показатели округа, помимо общих для всей области, факторов, влияют некоторые местные географические условия – сильно пересеченный рельеф, малая сохранность лесов и другие. Холмистый, сильно пересеченный рельеф обуславливает большие микроклиматические различия. В условиях холмистого рельефа влага стекает по склонам, поэтому вершины холмов и возвышенностей и их верхние трети склонов оказываются иногда недостаточно увлажненными. Поэтому здесь развиваются бедные луга «сухого разнотравья». Влага, стекая с холмов, возвышенностей, обычно застаивается в котловинах и понижениях между холмами, обуславливая заболачивание их при условии неглубокого залегания водоупорных пород (пермских глин). Большая обезлесенность территории и пересеченный рельеф способствуют неравномерному залеганию снежного покрова зимой: на высоких местах мощность меньше (15 см), чем в низинах и оврагах.

На исследуемой территории основной фон почвенного покрова представлен дерново-подзолистыми почвами разной степени оподзоленности и дерново-подзолистыми почвами со вторым гумусовым горизонтом глинистого и суглинистого гранулометрического состава с их эродированными разновидностями. Из других типов почв наиболее характерны слабо развитые хрящевато-галечниковые почвы пуг, дерновые глеевые, болотные почвы и аллювиальные дерновые почвы в долинах рек.

Основным зональным типом растительности являются елово-пихтовые леса, приуроченные к суглинистым дерново-подзолистым почвам различной степени оподзоленности. На песчаных подзолистых почвах, особенно по долинам рек, распространены сосновые леса, которые по занимаемой площади даже несколько превосходят основной зональный тип растительности. В долинах рек и речек растут ольшаники, в пойме р. Чепцы – дубняки. В настоящее время средняя лесистость в округе низкая (около 35%). Особенно сильно вырублены леса в бассейнах левобережных притоков Чепцы. Здесь площадь, покрытая лесом, не превышает 20-25%. Сохранившиеся лесные массивы имеют преимущественно небольшие размеры и сосредоточены в речных долинах и на склонах водораздельных пространств, реже на водораздельных плато.

Изучение морфологической структуры ландшафтов было выполнено на уровне типов местности с использованием профилейного метода на ключевых участках от долины р. Коса до р. Кордяги, протяженностью около 28 км (Казак, 2011). На исследуемой территории выделено четыре антропогенно-трансформированных типа местности: плакорный, склоновый, надпойменно-террасный и пойменный.

Плакорный (междуречный) тип местности представлен комплексами полевых агроландшафтов с дерново-подзолистыми почвами различной степени оподзоленности и дерново-подзолистыми почвами со вторым гумусовым горизонтом на покровных отложениях. Здесь же выделяются селитебные ландшафты с транспортной инфраструктурой (автодороги с покрытием и без покрытия).

Склоновый тип местности представлен комплексом полевых и лугово-пастбищных урочищ с дерново-подзолистыми обычными и смьггыми почвами на покровных отложениях и элювии глин. В нижних частях склона преобладают естественные урочища с преобладанием сосновых и елово-пихтовых лесов, с комплексом дерново-подзолистых обычных и глеевых почв и дерново-глеевых почв на делювиальных отложениях.

Надпойменно-террасный тип местности имеет островной характер и отмечается в долинах рек Косы и Кордяги. Его образует комплекс урочищ первой и второй надпойменных террас, сложенных древним аллювием с подзолистыми песчаными почвами под сосновыми лесами. Также следует отметить выделение урочищ пониженных участков с дерновыми почвами под лугово-болотной растительностью.

Пойменный тип местности представлен урочищами пойм небольших рек, сложенных современным аллювием с аллювиальными дерновыми и аллювиальными болотными почвами, часто закустаренными и закачкаренными. Долины ручьев (балок) представлены естественными русловыми урочищами с мелколиственными лесами и лугами различной степенью увлажнения, с преобладанием дерновых намывных глеевых почв. В пойменном типе местности рек Кордяги и Косы выделяются три фации:

1) фация прирусловой части поймы с разнотравной растительностью на аллювиальных дерновых слоистых почвах;

2) фация центральной части поймы с луговым разнотравьем и осокой, местами закустаренная на аллювиальных дерновых зернистых почвах;

3) фация притеррасной части поймы с осоково-пушицевой травянистой растительностью, часто закустаренная и иногда заболоченная на аллювиальных дерновых глеевых и аллювиальных болотных почвах.

Изучение генезиса и структуры антропогенно-трансформированных ландшафтов является необходимым условием определения их функционирования и оценки. Направление в развитии природных условий округа – продолжающееся эрозионное расчленение (ускоренная, линейная и плоскостная эрозия), а также заболачивание понижений в рельефе, зарастание лугов и залежей кустарником и мелколесем. Этому способствуют не только современ-

ные поднятия территории, но и очень малая сохранность лесов, несоблюдение правил агротехники и т.д. Отсюда главное внимание на этом округе должно быть обращено на проведение мероприятий, способствующих прекращению этих явлений. В процессе природопользования необходимо принимать меры по сохранению биологического разнообразия антропогенно-трансформированных ландшафтов и устойчивого управления лесами при их функционировании. Охране подлежат как непосредственно виды травянистых растений, так и деревья, являющиеся место обитанием различных видов животных, занесенных в Красную книгу РФ и региональные Красные книги. Важное значение на исследуемой территории является оптимизация норм лесопользования, которая включает в себя ограничение лесосек по площади, а также рассредоточение сплошных рубок по территории с соблюдением сроков примыкания лесосек. Учет структуры антропогенно-трансформированных ландшафтов позволяет поддерживать оптимальную возрастную и породную структуру лесов в водоохранной зоне малых рек.

Литература

Природа Кировской области. Ч. II. Физико-географические районы / Отв. ред. Д. Д. Лавров. Киров, 1996. 368 с.

Казаков Л. К. Ландшафтоведение: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 336 с.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ ЛЕНО-АНГАРСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Ж. В. Атутова

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН

Одним из актуальных направлений в исследовании особенностей природопользования в пределах тех или иных территорий является необходимость обозначения не только качественных, но и количественных характеристик географических комплексов и процессов (Мильков, 1967). Подсчет площадей, занимаемых различными геосистемами, является основой для хозяйственной оценки земельного фонда, а также служит информативным материалом для прогноза развития ландшафтной структуры, находящейся под влиянием антропогенных преобразований.

Динамика количественных параметров геосистем Лено-Ангарского плато исследована в пределах ключевого участка, площадь которого составляет 620 км². Специфика современного ландшафтного разнообразия обусловлена как естественными факторами формирования геосистем, так и длительным антропогенным воздействием, интенсификация которого была связана с основанием казаками во второй половине XVII века поселений по берегам р. Лены. По результатам исследования производственной деятельности и влияния ее на функционирование геосистем нами проведен количественный ана-

лиз ландшафтной структуры в различные периоды природопользования – в начале, середине и конце XX века.

В конце XIX – начале XX веков основным занятием русского населения было земледелие, кроме того, крестьяне занимались скотоводством, охотой, собирательством, промыслами. Бурятское население занималось скотоводством, утужным земледелием, охотой. У качугских эвенков в рассматриваемый период активно развивался процесс преобразования традиционного промыслово-оленоводческого хозяйства в хозяйство таежного крестьянского типа, совмещающего земледелие и домашнее животноводство с охотой и рыболовством (Туголуков, 1965).

В середине XX века таежные лесные геосистемы более всего испытывали нагрузку со стороны лесопромысловых мероприятий. Приоритетное значение в экономике района имел пушной промысел, а в темнохвойных лесах Приленья производилась заготовка кедровых орехов, поставляемых в пищевую промышленность. В результате развития вышеназванных мероприятий промысловые угодья связала густая сеть лесных дорог. Жители окрестных поселений помимо охотничьего промысла были заняты в сельскохозяйственном производстве, среди которого были развиты товарное земледелие и животноводство (Восточная Сибирь, 1963).

Современный период природопользования (конец XX – начало XXI веков) характеризуется уменьшением масштабов хозяйственной освоенности. В настоящее время сельскохозяйственная специализация района направлена на развитие кормовых угодий, находящихся в ведении крестьянских фермерских и личных подсобных хозяйств. Почти треть территории исследуемого полигона находится в границах Магданского комплексного государственного заказника областного значения, в пределах которого установлены ограничения ряда видов деятельности, в том числе промысловый сбор дикорастущих, а также рубка леса в местах глухариных токов (Лесохозяйственный регламент...).

Вместе с тем к концу XX – началу XXI веков последствием влияния исторически сложившегося комплекса хозяйственных мероприятий на природные комплексы Лено-Ангарского плато становится повсеместное распространение преобразованных геосистем, получивших развитие в предыдущие периоды. Основным преобразователем ландшафтной структуры рассматриваемой территории являются лесные пожары, возникновение которых мы связываем с деятельностью человека. В результате их прохождения площадь естественных групп фаций водораздельных пространств с лиственничной с примесью ели и кедра кустарничково-травяно-моховой растительностью за более чем столетний период сократилась на четверть (таблица). На треть по сравнению с предыдущим периодом увеличились площади производных групп фаций, представленных березово-елово-лиственничными с единичными экземплярами кедра травяно-кустарничково-моховыми. А территории, находящиеся под елово-лиственнично-березовыми с примесью осины, с кедром и лиственницей в подросте кустарничково-травяными, местами травяно-кустарнич-

ково-моховыми лесами, за рассматриваемый столетний период возросли почти в пять раз.

К началу XXI века площадь естественных групп фаций с елово-лиственничной травяно-кустарничковой растительностью сократилась более чем на четверть по сравнению с показателями конца XIX века. За этот же временной промежуток в результате преобразования вдвое увеличилась доля производных березово-елово-лиственничных с примесью осины травяно-мохово-кустарничковых лесов. Площадь же трансформированных групп фаций с осиново-лиственнично-березовыми с единичными экземплярами ели кустарничково-травяными лесами составляет 11 км², что более чем в 10 раз выше площади, зафиксированной на период конца XIX века.

По сравнению с периодом середины XX века практически не изменилась площадь естественных групп фаций с лиственничными с примесью ели и кедра кустарничково-травяно-моховыми лесами. В целом же за весь столетний период территории, занятые этими комплексами, сократили свои площади почти на четверть. Данные геосистемы были подвергнуты пожарам в незначительных масштабах, поэтому лиственнично-березовые с примесью ели травяно-кустарничковые леса, образованные на месте гарей в период середины XX века, в настоящее время сократили свои площади до 2 км². Большая часть вышеназванных комплексов преобразована в группы фаций с березово-лиственничными с единичными экземплярами ели кустарничково-травяно-моховые леса, площадь которых составляет 4 км².

Таблица

**Пространственно-временные изменения геосистем ключевого участка
Лено-Ангарского междуречья**

Группы фаций	Временные периоды					
	начало XX века		середина XX века		конец XX века	
	площадь от исследуемого участка					
	км ²	%	км ²	%	км ²	%
1	2	3	4	5	6	7
СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ ТАЕЖНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ ГОРНОТАЕЖНЫЕ БАЙКАЛО-ДЖУГДЖУРСКИЕ ГЕОМЫ Горнотаежный лиственничный класс фаций						
Водораздельных поверхностей лиственничные с примесью ели и кедра кустарничково-травяно-моховые*	68,0	11,0	62,0	10,0	50,0	8,1
Водораздельных поверхностей березово-елово-лиственничные с единичными экземплярами кедра травяно-кустарничково-моховые**	15,0	2,4	10,0	1,6	14,0	2,3
Водораздельных поверхностей елово-лиственнично-березовые с примесью осины, с кедром и лиственницей в подросте кустарничково-разнотравные, местами травяно-кустарничково-моховые на месте гарей	5,0	0,8	12,0	1,9	24,0	3,9

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Склоновые (преимущественно восточной экспозиции) елово-лиственничные травяно-кустарничковые	48,0	7,7	42,0	6,8	35,0	5,6
Склоновые березово-елово-лиственничные с примесью осины травяно-мохово-кустарничковые	3,0	0,5	2,0	0,3	6,0	1,0
Склоновые осиново-лиственнично-березовые с единичными экземплярами ели кустарничково-травяные на месте гарей	1,0	0,2	7,0	1,1	11,0	1,8
Склоновые лиственничные с примесью ели и кедра кустарничково-травяно-моховые	25,0	4,0	20,0	3,2	19,0	3,1
Склоновые березово-лиственничные с единичными экземплярами ели кустарничково-травяно-моховые	–	–	–	–	4,0	0,7
Склоновые лиственнично-березовые с примесью ели травяно-кустарничковые на месте гарей	–	–	6,0	1,0	2,0	0,3
Склоновые кедрово-елово-лиственничные кустарничково-осоково-моховые	56,0	9,0	27,0	4,4	23,0	3,7
Склоновые елово-лиственничные с примесью березы и единичными экземплярами кедра и осины кустарничково-мохово-травяные	3,0	0,5	–	–	15,0	2,4
Склоновые лиственнично-березовые с примесью осины и единичными экземплярами ели мохово-кустарничково-травяные на месте гарей	17,0	2,7	42,0	6,8	33,0	5,3
Склоновые (преимущественно северной и западной экспозиций) елово-лиственничные с примесью кедра, реже пихты осоково-кустарничково-моховые	65,0	10,5	42,0	6,8	37,0	6,0
Склоновые елово-березово-лиственничные с редкой примесью осины травяно-мохово-кустарничковые	18,0	2,9	20,0	3,2	31,0	5,0
Склоновые лиственнично-березовые с единичными экземплярами ели кустарничково-травяные на месте гарей	22,0	3,6	39,0	6,3	33,0	5,3
Межгорных понижений и долин таежный лиственничный класс фаций						
Долинные ерниковые с единичными экземплярами лиственницы и ели осоково-моховые	97,0	15,6	102,0	16,5	115,0	18,6
Долинные луговые (разнотравно-злаковые)	23,0	3,7	12,0	1,9	7,0	1,1
Днищ и пологих склонов долин луговые (осоково-злаковые) сильно заболоченные с ерниковыми зарослями и с единичными экземплярами ели и лиственницы	11,0	1,8	18,0	2,9	12,0	1,9

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Антропогенно-измененные комплексы						
Склоново-водораздельные с молодой порослью березы с разнотравными лугами и с единичными экземплярами лиственницы и ели на месте гарей	–	–	14,0	2,3	–	–
Сельскохозяйственные угодья						
Пашни на пологих склонах долин	1,0	0,2	3,0	0,5	2,0	0,3
Селитебные и транспортные объекты						
Сезонные населенные пункты	нет данных					
Лесные дороги	нет данных					

Примечание: * строчным шрифтом выделены группы фаций с естественным состоянием, ** курсивом – производные состояния групп фаций, а также антропогенно-измененные комплексы.

За более чем столетний промежуток времени площадь естественных группы фаций с кедрово-елово-лиственничной кустарничково-осоково-моховой растительностью уменьшилась более чем наполовину. Вместе с тем, за этот же период почти вдвое увеличились территории, находящиеся под трансформированными лиственнично-березовыми с примесью осины и единичными экземплярами ели мохово-кустарничково-травяными лесами. Площадь производных елово-лиственничных с примесью березы и единичными экземплярами кедра и осины кустарничково-мохово-травяных лесов с конца XIX века возросла в пять раз.

К началу XXI века площадь естественных групп фаций с елово-лиственничной с примесью кедра, реже пихты осоково-кустарничково-моховой растительностью составляет 37 км², что почти в два раза меньше показателей начала XX века. Вместе с тем пирогенный фактор почти на половину увеличил площадь елово-березово-лиственничных с редкой примесью осины травяно-мохово-кустарничковых лесов. На долю производных лиственнично-березовых с единичными экземплярами ели кустарничково-травяных типов насаждений приходится 33 км², что на треть больше значений, полученных для периода начала XX века.

За весь столетний период наблюдается сокращение долинных разнотравно-злаковых лугов, образование которых было связано с животноводческой деятельностью. В настоящее время их площадь составляет 7 км², что почти в три раза меньше показателей начала XX века. Вместе с тем возрастает площадное распространение естественных долинных ерниковых с единичными экземплярами лиственницы и ели осоково-моховых групп фаций. Площадь луговых (осоково-злаковых) сильно заболоченных с ерниковыми зарослями и с единичными экземплярами ели и лиственницы групп фаций в настоящее время составляет 12 км². К началу XXI века на треть сократилась площадь пахотных угодий и составляет 2 км². В целом, к концу XX – началу XXI века в пределах исследуемого полигона на долю естественных комплексов прихо-

дится 315 км² площади. Остальные 305 км² заняты преобразованными геосистемами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проект р_сибирь_а № 14-45-04002.

Литература

Восточная Сибирь. Экономико-географическая характеристика. М.: Географгиз, 1963. 896 с.

Лесохозяйственный регламент Качугского лесничества Агентства лесного хозяйства Иркутской области // *Kak.znate.ru* [сайт]. URL: <http://kak.znate.ru/docs/index-60837.html?page=12> (дата обращения 13.05.2014 г).

Мильков Ф. Н. Основные проблемы физической географии. М.: Высшая школа, 1967. 252 с.

Туголуков В. А. Изменения в хозяйстве и быте эвенков Иркутской области за полтора века // *Советская этнография*. 1965. № 3. С. 12–26.

ЛАНШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОМО-ВЕЛИКОРЕЦКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

М. В. Чудиновских, Н. Д. Охорзин

Вятский государственный университет, kaf_geo@vshu.kirov.ru

Территория исследования входит в состав Моломо-Лузкого физико-географического округа и находится на северо-западе Кировской области, простирается от нижнего течения р. Моломы на западе до р. Великой на востоке. Междуречье представляет собой водораздел рек Великой и Моломы. В геологическом строении, как и вся Кировская область, территория исследования располагается на древней Русской платформе, сложенная кристаллическими породами, а сверху перекрыта мощным (от 1800 до 2000 м) осадочным чехлом. Строение фундамента разнообразно и характеризуется наличием разломов, трещин, с выступами (антиклизмами) и впадинами (синеклизмами). Толщи геологических отложений представлены отложениями верхней перми и лишь на севере территории – отложениями триасовой системы. В их составе преобладают континентальные осадочные породы: озерные и речные глины, алевриты, песчаники, мергели.

В формировании современного рельефа исследуемой территории, большую роль оказало четвертичное оледенение и последующие процессы, связанные с ветровой и водной эрозией. Здесь наблюдается общее понижение рельефа местности в сторону р. Вятки, с колебанием абсолютных высот от 101 до 211 м. На пологоволнистых междуречных пространствах рек Моломы и Великой можно встретить следы размытых моренных отложений. Левые притоки р. Моломы и правые притоки р. Великой расчленяют территорию на несколько плоско-волнистых водораздельных пространств древовидной формы.

Климат территории умеренно-континентальный, с продолжительной умеренно-холодной и снежной зимой, затяжной весной, ранней осенью и умеренно теплым коротким летом. Северо-восточная часть исследуемой территории входит в северную агроклиматическую зону и подзону средней тайги. Характеризуется избыточным увлажнением. Юго-восточная часть территории входит в центральную агроклиматическую зону и относится к подзоне южной тайги, с умеренным увлажнением. Территория находится под влиянием циклонов, со средней температурой января $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, июля $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков 600–660 мм., с максимальным количеством в летнее время.

В почвенном покрове исследуемой территории преобладают дерново-сильно- и дерново-среднеподзолистые суглинистые почвы. На пологосклонных участках склонов водораздельных пространств отмечаются их смытые варианты, в нижних частях склонов выделяются дерново-подзолистые глееватые и дерновые глеевые почвы. В поймах рек Моломы и Великой, и их притоков формируются пойменные дерновые почвы. На вторых надпойменных террасах под сосновыми борами выделяются подзолистые песчаные и супесчаные почвы (Прокашев, 1992).

Территория исследования по лесорастительному районированию относится к зоне лесов третьей группы (лесозаготовки не ограничиваются), южно-таежной подзоне. Средняя лесистость местности составляет 54% (Баранцев, 2007). Главными лесобразующими породами являются ель обыкновенная, осина, береза и сосна. Иногда встречаются пихта и ольха. В процентном соотношении: ели – 45%, березы – 25%, сосны – 22,5%, осины – 7%, ольхи – 0,5% (Лавров, 1966). Территорию занимают еловые, сосновые и березовые леса. Плоскоравнинные водоразделы заняты ельниками-черничниками, ельниками-брусничниками и ельниками-долгомошниками. Повышенные места и террасы рек с песчаными почвами заняты борами-брусничниками. Пониженные места водоразделов покрыты березняками с примесью ели и осины. В поймах рек расположены заливные луга, в более низких местах – болота.

В морфологической структуре ландшафта на территории исследования выделяются следующие типы местности: водораздельное плато (плакорный), склоновый, надпойменно-террасный и пойменный (Мильков, 1966). Методом профильного описания на ключевом участке было выполнено изучение морфологической структуры ландшафта. Профиль пересекает все элементы мезорельефа и составляет около 40 км. На плоскоравнинной части плакорного участка (абс. выс. 211–160 м) преобладают фации ельников-зеленомошников, ельников-кисличников, ельников-черничников на увлажненных подзолистых и дерново-сильноподзолистых почвах. На этих же элементах рельефа, но лишенных естественной растительности, выделяют пахотные агроландшафты на дерново-подзолистых почвах разной степени оподзоленности и оглеенности.

Склоновый тип местности в ландшафтной структуре представлен фациями ельников-долгомошников и ельников-зеленомошников на дерново-подзолистых суглинистых почвах. В данном типе местности естественная растительность сильно вырублена и занята сельскохозяйственными угодьями. В

верхней и особенно в средней части склонов на пахотных угодьях отмечается проявление плоскостной и линейной эрозии. Участки, расположенные в нижней части склонов представлены фациями ельников-брусничников и черничников, ельниками сфагновыми на дерново-сильнопodzolistых оглеенных почвах. На этих же частях склонов выделяются антропогенные урочища с сенокосно-пастбищными угодьями

Надпойменно-террасный тип местности встречается не большими участками вдоль рекнижнего течения рек Моломы и Великой. Здесь преобладают фации боров-брусничников и черничников на podzolistых песчаных почвах. В межгрядных понижениях формируются фации низинных болот с сосной, березой и елью.

Пойменный тип местности формируется вдоль рек Моломы и Великой, а так же их притоков. Их фациальная структура представлена:

- 1) фацией прирусловой части поймы с разнотравно-злаковыми лугами на аллювиально-дерновых легкосуглинистых почвах;
- 2) фацией центральной части поймы соково-злаковыми лугами на аллювиально-дерновых среднесуглинистых почвах;
- 3) фацией притеррасной части поймы с аллювиальными дерновыми гелевыми и аллювиальными болотными почвами.

Антропогенное воздействие в этом типе местности связано прокладывание осушительной сети в этих частях пойм и формированием сенокосных угодий с коренным улучшением.

Лесные угодья согласно регламенту лесничества Орловского района подразделяются на защитные и эксплуатационные. К категории защитных лесов, как правило, относят леса, расположенные на особо охраняемых территориях и водоохраных зонах рек, а так же защитные полосы вдоль магистральных дорог. Рубка разрешена только в профилактических и реконструкционных целях (рубка ухода): рубка спелой и перестойной древесины, поврежденных, предназначенных для строительства, не связанных с лесоперерабатывающей инфраструктурой. Эти категории лесов выделяются на всех типах местности.

К эксплуатационным лесам относят категорию леса, которая является основным источником древесины, других лесных ресурсов и продуктов их переработки, с обеспечением сохранения полезных функций леса. Данные категории лесов в ландшафтной структуре формируются, в основном на плакорном и склоновом типе местности.

Литература

- Видякин А. И., Ашихмина Т. Я., Новоселов С. Д. Леса Кировской области Киров, 2007. 400 с.
- Казаков Л. К. Ландшафтоведение М.: Академия, 2011. 336 с.
- Лавров Д. Д. Природа Кировской области // Физико-географические районы. Ч. 2. Киров, 1966. 368 с.
- Мильков Ф. Н. Ландшафтная география и вопросы практики. М.: Мысль, 1966. 256 с.
- Прокашев А. М. Почвы Вятского края: учеб. Пособие. Киров: Кировский пединститут, 1992. 88 с.

АНОМАЛИИ ПРИРОДНЫХ РАДИАЦИОННЫХ ФОНОВ ВЯТСКО-ВЕТЛУЖСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

В. Н. Кулиненко, А. С. Матушкин, И. Л. Бородастый
Вятский государственный университет, kaf_geo@vshu.ru

Вятско-Ветлужское междуречье сложено четвертичными и подстилающими их юрскими, нижнетриасовыми и верхнепермскими татарскими пестроцветными отложениями. Юрские отложения характерны для Среднего Поветлужья. Их обнажения выходят по берегам долин рек, ручьёв и оврагов. Все эти образования обуславливают наличие естественных радиационных фонов региона. Фоновыми источниками выступают уран, радий, торий, радон, стронций, циркон, серебро самородное, диспрозий, фтор и другие радиоактивные элементы – всего более 15 видов (Государственная геологическая карта..., 1999, 2001; Баканина и др., 2004; Кулиненко, 2008-2012; Кулиненко, Матушкин, 2013).

Положительные и отрицательные аномально-магнитные зоны Вятско-Ветлужского междуречья и смежного с ним Моломо-Вятского региона освещались с 1967 по 2013 гг. в разных источниках, в том числе и в упомянутых. Первые выкладки естественных радиационных фонов подземных вод и пород находим в геолого-съёмочных работах Т. Н. Штыхалюк и др. 1962-1965 гг. по треугольнику Заветлужья: п.п. Яковлево – ст. Бурундучиха – Сява с центром в п. Панино. Здесь в ряде мест подземные воды содержат $1-4 \cdot 10^{-12} - 3-8 \cdot 10^{-4}$ г/л U, Ra (Кулиненко, 2008-2010). Несколько позднее в трудах СВТГУ и ВСЕГЕИ под ред. Кирикова (Государственная геологическая карта..., 1999, 2001) и сборнике «Поветлужье» (Баканина и др., 2004) также освещены источники формирования магнитных аномалий и радиационных элементов. По этим данным уран в пермских и нижнетриасовых отложениях содержится в нескольких видах: шнуровой, гнездовой и межкристаллический (песчаники, известняки, алевролиты и др. породы).

Как на выходе с родников, в ручьях, логах, оврагах, балках, так и на реках, озерах, болотах и междуречьях Средней и Верхней Ветлуги естественные радиационные фоны (ЕРФ) имеют пиково-волновой характер арифметической и геометрической прогрессии в сторону увеличения и уменьшения показателей от 0–24 до 32–45–63 мкр/ч (Конево, Мундоро, Одоевское, Климино-Быково, Нужна, Рождественское, Троицкое, Вохма, Боговарово, Новотроицкое и Черновское). В особом ряду в Среднем Поветлужье стоят: уроч. Спирино в 3,5 км южнее с. Одоевское (всплеск 9999 мкр/ч, 15.09.2009) и д. Красная Горка близ с. Троицкое (9906 мкр/ч, 2011). В обоих случаях всплески наблюдались у заброшенных колодцев. Длительность показаний составила от 15 до 35 с (Кулиненко, 2009–2012; Кулиненко, Матушкин, 2013). Продолжительность устойчиво-высоких показаний (20–39 мкр/ч) в уроч. Климино на левых истоках р. Межеумихи (приток р. Нужны) составила 2–3 мин, что наблюда-

лось 2.10.2009 г. Аномально-экстремальные ЕРФ всего региона отражены на общей диаграмме (рис. 1).

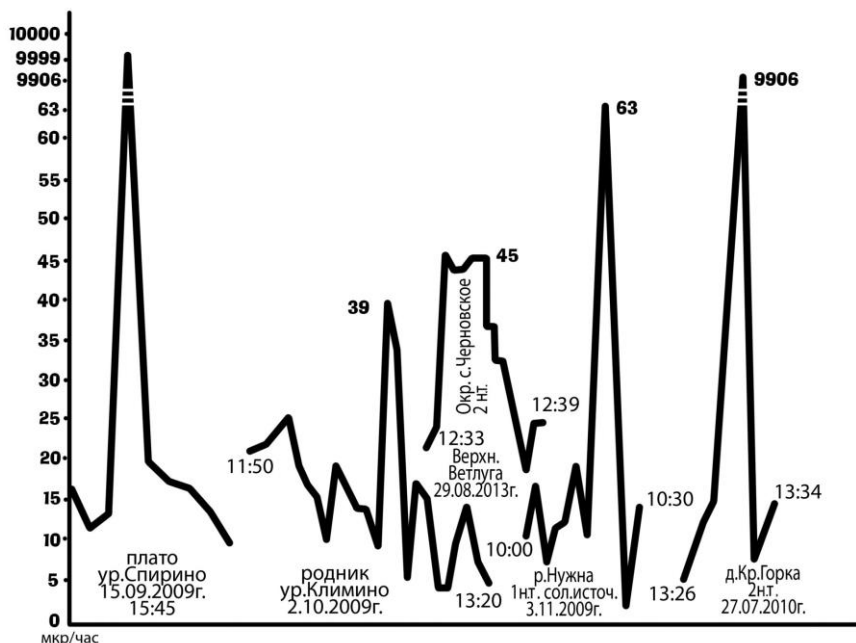


Рис. 1. Аномально-экстремальные ЕРФ Поветлужья (автор: В. Кулиненко)

Другой проблемно-аномальной точкой являются окрестности с. Черновское Шабалинского района Кировской области в Верхнем Поветлужье. Здесь нами 29.08.2013 г. в заросшем поле обследована вулканоматматическая плита размерами $0,28 \times 0,8 \times 1,3$ м (рис. 2), которую обнаружили несколько лет назад местные жители. Ранее тракторными плугами осколки этой плиты были растащены в радиусе 40–100 м. Длинная ось плиты расположена по азимуту ЮЗ-СВ. Плита создает аномально-электромагнитную (рентгеновскую) зону с радиационным фоном от 6-15 мкр/ч до 21–32–36–45 мкр/ч. Компасом зафиксированы как прямая, так и обратная намагниченность по азимуту 180-215 град. Ю-ЮЗ. Показания радиационного фона на вулканоматматической плите проводились с 11.30 до 13.11 дня, т.е. в течение 1 час 40 мин. К концу наблюдения появлялся звон в ушах, головная боль. Максимальных показаний выявлено 14 (от 20 до 45 мкр/ч). Смена максимальных показаний дозиметра происходила через 10–20 сек в течение 5 мин. Предлагаем запись хода замера показаний радиационных фонов с некоторыми сокращениями (из 280 показаний): 17 мкр/ч, 9, 11, 10, 13, 6, 7, 14, 7, 14, 15, 16, 13, 14, 16, 14, 22-11ч 54мин; 12, 13, 19, 11, 10, 17, 11, 17, 16, 16-12 ч 07 мин; 17, 14, 16, 16, 14, 11, 16, 12, 17, 8, 15, 12, 5-12ч 10 мин; 18-12ч 13 мин; 8, 11, 9, 9, 17, 8, 13, 9, 20-12ч 19 мин; 11, 11, 16, 11, 8, 12, 15, 10, 13, 11, 10, 12, 9, 11, 17-12 ч 27 мин; 10, 16, 10, 11, 9, 15, 21, 24, 45-12 ч 34 мин; 43, 43, 45, 45, 36, 36, 32, 32, 24 – 12ч 38 мин; 14, 24, 24, 17, 14, 16, 16, 17, 16, 17, 13, 13, 14, 8, 12, 14, 14 – 13 ч 11 мин.

Максимальные значения появились после откола куска плиты. Плита лежит на четвертичных флювиогляциальных песках, сменяющихся через 40 м

суглинками. В целом же, территория окрестностей с. Черновское сложена коренными нижнетриасовыми (вохомская свита) и в нижних частях долин верхне-пермскими (нефедовскими) отложениями.



Рис. 2. Фрагмент ферромагнетитовой магматической «плиты» близ с. Черновское (фото В. Кулиненко)

При повторном «спокойном» домашнем дозиметрировании обломка плиты размером $4 \times 9 \times 19,4$ см в течение 1 ч 9 мин (1.09.2013) из 125 показаний минимальными зафиксированы 3 мкр/ч (3 показания), 4 мкр/ч (8 показаний), максимальными – 16–17 мкр/ч (по одному показанию). Часто наблюдались показания 12–14 мкр/ч. Средние значения показаний составили 8–9 мкр/ч. Возвращаясь к характеристике магмо-магнетитовой плиты, необходимо отметить на ее сколах массивную структуру, местами двух-трехслойность при слиянии газовых полостей и каверн. Каверны пузырьково-продолговатого (раковинного) и проволочного типов. Первые размерами $0,5 \times 0,7$; $1,5 \times 0,6$; $1,5 \times 1,5$; $1,5 \times 1 \times 5,5$ см; вторые (проволочные) – до $0,6 \times 0,7 \times 6,5$ см. Газово-пузырьковые камеры от 1–2 до 3–5 мм в диаметре покрывают до $42\text{--}45\%$ площади скола (133 см^2), т. е. до 30% площади скола (133 см^2), а учитывая раковины – до 40–45%. Верх бугристый, коричневатый. Внутренняя часть двухцветная: коричневатато-серая по периферии (1,5–2 см), центральная – стально-серая, кристаллическая. На сколах видны отдельные кристаллы магнетита. Общий вид плиты и обломка на сколе имеет вид некачественно выплавленного чугуна.

Согласно геофизическим данным (Государственная геологическая карта..., 1999, 2001) в Верхнем Поветлужье по правобережью Ветлуги от с. Круглыжей до с. Черновское и далее на запад до Ключей выявлены 3 кислых интрузии. Однако до сих пор здесь – на границе Московской синеклизы и Котельнического свода – в условиях северо-западной моноклинали, нескольких разломов, линейных зон и валов не определены корни и верхние части магматических тел. Неизвестно также, на какую высоту к поверхности они поднимались. Вместе с тем, территория Черновского в юрско-меловое время примыкала к зоне пролива, а в настоящее время находится в условиях промежуточной зоны между Красавинскими Увалами на юге (Шабалино, Свеча, Котельнич) и Северными Увалами (Боговарово, Даровской, Опарино) на севере.

В геоморфологическом плане район относится к Верхне-Ветлужской равнине с абс. отметками от 134–156 м до 180–202 м. Село Черновское расположено на этих высотах амфитеатром, похожим на бровку кратера древнего вулкана. Этот «кратер» разрезается меридиональным ручьем, начинающимся на отметке 200 м и впадающим справа в Ветлугу у д. Буторята. Черновской выступ Ветлуга огибает с востока, юга и запада петлей с радиусом 6–7 км, образуя Черновскую, или Кунеевско-Кулаковскую, луку.

Обследование аналогичного ручья западнее д. Огорелово, ниже трубного перехода под асфальтовой дорогой Черновское-Ключи в течение 1,5 ч показало в нижней части долины ручья начальный радиационный всплеск 36 мкр/ч, который держался около 30 с, что дало возможность дважды сфотографировать показания. Остальные показания не превышали 7–17 мкр/ч. Аналогичен ЕРФ у опалов, кварцев, щебня черных и зеленых (хлорид-медных) магматических пород, которые при 165 показаниях в течение 1ч 20 мин давали результаты от 2–7 до 14–17 мкр/ч. Вода из ручья показала ЕРФ от 3–4–7 до 14–15 мкр/ч.

Окончательные выводы по результатам Верхнего Поветлужья можно сделать только после спектрального и геохронологического анализов в условиях лаборатории.

В заключении, авторы сердечно благодарят за оказанную помощь местных жителей Шабалинского района: Харина Александра Ивановича (с. Новотроицкое), Комарова Николая Васильевича (с. Черновское).

Литература

Баканина Ф. М., Фридман Б. И. и др. Поветлужье. Природа, население, хозяйство, экология. Н. Новгород: Ассоциация «Поветлужье», 2004. 384 с.

Государственная геологическая карта РФ. М.1: 200 000(серия Средневожская). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2001. 116 с.

Государственная геологическая карта РФ. М.1:1 000 000. Лист О-(38), 39-Киров. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. 331 с.

Кулиненко В. Н. Естественные пиково-волновые радиационные фоны СВЛ и их отдаленные последствия // Герценовские чтения. Материалы ежегодной междунар. науч.-практ. конф. LXIII (г. Санкт-Петербург, 22–24 апреля 2010 г.). СПб.: Астерион, 2010. С. 37–40.

Кулиненко В. Н. Печоро-северодвинско-вожское галитовое поле Русской платформы // Время. Ландшафт. Культура: Материалы науч.-практ. семинара. СПб.: Астерион, 2012. С. 135–146.

Кулиненко В. Н. Радиоактивные породы и межпластовые воды Среднего Поветлужья // Современное состояние, антропогенная трансформация и эволюция ландшафтов востока Русской равнины и Урала в позднем кайнозое: Материалы межрегиональной науч. конф. (г. Киров, 13–15 мая 2008 г.). Киров: Изд-во ВятГГУ, 2008. С. 184–187.

Кулиненко В. Н. Средне-Ветлужская Лука – уникальная область разгрузки подземных вод // География и геоэкология на современном этапе взаимодействия природы и общества: Материалы Всерос. науч. конф. «Селиверстовские чтения» (г. Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2009 г.). СПб.: СПбГУ, 2009. С. 204–210.

Кулиненко В. Н., Матушкин А. С. Уральский миф Русской платформы // Геология в школе и вузе: Материалы междунар. конф. и летней школы. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2013. С. 235–239.

СТРУКТУРА ПУГОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ВЯТСКО-КАМСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

*И. А. Вартан, А. М. Прокашев, Р. Р. Чепурнов,
М. А. Кельдышев, И. А. Черезова*

Вятский государственный университет, igorvartan@gmail.com

На обширных пространствах востока Русской равнины встречаются многочисленные холмы и гряды округлой или вытянутой формы, сложенные гравийно-галечными отложениями. Данные образования получили название «пуги». Они наиболее характерны для бассейна р. Вятки, реже встречаются в бассейнах верхней и нижней Камы, а также в Марийском и Нижегородском Заволжье и на северо-востоке Приволжской возвышенности (Мильков, 1953; Дедков, Бутаков, 1996). Пуговые холмы расположены преимущественно на водоразделах и обычно являются самыми высокими участками междуречий. В некоторых случаях встречаются сходные по строению придолинные образования, в том числе обособленные от водоразделов плейстоценовыми балками и заметные в рельефе как наиболее высокие берега небольших рек (Дедков и др., 1974).

Пуги имеют небольшую относительную высоту (не более 30 м) и округлые или овальные вершины, вытянутые в направлении водораздельной линии. Такие холмы обычно имеют схожее асимметричное строение: сильнопокатые склоны (до 15°), зачастую переходящие в склоны глубоких балок, сочетаются с более пологими поверхностями, постепенно сливающимися с водоразделом. Площадь холма может составлять от 1 до $3,5 \text{ км}^2$.

Пуговые холмы сложены песчано-гравийно-галечным рыхлым наполнителем или, реже, мореноподобными валунно-суглинистыми отложениями. Нередко пугипредставлены конгломератами и песчаниками, сцементированными углекислой известью. Мощность обломочных толщ колеблется от 2 до 20 м, а для сложения характерна слоистость – чередование прослоек гравийно-галечного и песчано-гравийного материала. Прослойки чаще всего наклонные ($2\text{--}20^\circ$), с косою слоистостью, схожей с текстурой речных отложений. В настоящее время проблема генезиса пуг трактуется двояко: как останцы пермских, триасовых и юрских палеорусловых отложений древних прарек (во внеледниковой и ледниковой зонах) или как наносы одного из плейстоценовых оледенений, достигавших долины р. Чепцы (в ледниковой зоне).

Пуговые образования изучены, главным образом, с минералогическими и палеоботаническими позиций и в единичных случаях включены в состав ООПТ, как, например, Шаймиевская пуга в окрестностях п. Уни Кировской области. Однако многие из пуг широко используются в качестве бутового дорожно-строительного материала, что влечет угрозу их уничтожения в недалеком будущем. Опасностью полного уничтожения подобных памятников природы, практически не изученных с комплексных физико-

географических (ландшафтных) позиций, определяется актуальность настоящих исследований.

Обследуемая пуга площадью около 3,3 км² расположена в южной части Чепецко-Кильмезской возвышенности севернее п. Нема на правобережье р. Вомы (левый приток р. Вои) и представляет собой увал, вытянутый на 3 км в направлении с северо-запада на юго-восток. Его абсолютная высота составляет 185,8 м, что превышает высоту днища долины р. Вомы на 85,1 м. Вершина гряды сложена песчано-гравийными отложениями и нарушена карьерными разработками, которые привели к выработке значительной части рыхлого песчано-гравийного наполнителя.

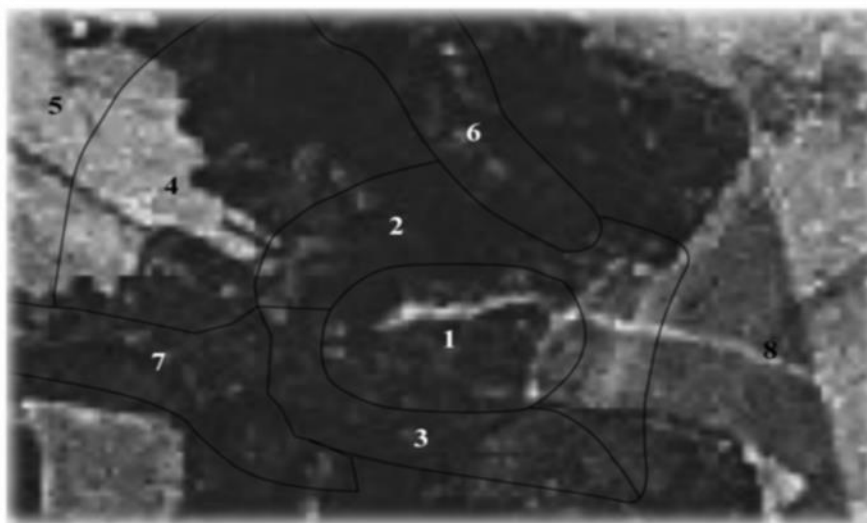


Рис. Ландшафтно-типологическая схема пуговой гряды в окрестностях д. Соколово: 1 – вершина пуговой гряды; 2 – пологие и слабонаклонные склоны восточной, северной и северо-западной экспозиций; 3 – пологие склоны юго-западной и южной экспозиций; 4 – пологая нижняя часть склона северо-западной экспозиции; 5 – пологая подошва склона северо-западной экспозиции; 6, 7 – ложбины; 8 – субгоризонтальные и слабонаклонные поверхности водораздела

Гряда имеет асимметричное строение (рис.). Северо-западная слабонаклонная покатость является наиболее длинной. Пологие северные и юго-западные склоны постепенно переходят в крылья балок. На востоке, северо-востоке и юге пуга сливается с поверхностью водораздела. С юго-востока на северо-запад через карьер гряду пересекает грунтовая дорога.

Окружающие пуговую гряду водораздельные пространства подвергаются значительной антропогенной нагрузке: распашка земель, выпас скота, сенокосение. Сельскохозяйственные земли заметно преобладают над лесными участками. В почвенном покрове водораздела фоновыми являются дерново-подзолистые и агродерново-подзолистые почвы на покровных суглинках (Прокашев и др., 2014; Прокашев и др., 2015).

Значительную часть площади вершины пуги занимает действующий и постоянно расширяющийся песчано-гравийный карьер. Глубина карьера со-

ставляет 5–7 м. Песчано-гравийный материал характеризуется типичной для подобных отложений косою слоистостью. Наблюдается чередование гравийно-галечных и более тонких песчано-гравийных прослоек.

Конгломераты отсутствуют, галька преимущественно хорошо или превосходно окатанная, на поверхности агрегатов обнаруживается «пустынный загар». Пески имеют красноватый и красновато-коричневатый цвет. Мощность песчано-гравийных отложений составляет не менее 10 м. Перечисленные признаки могут косвенно указывать на палеоаллювиальное верхнепермское происхождение данного образования.

Геосистемы сохранившихся участков вершины представлены лесными фациями. К северу от карьера располагается молодой березово-ольховый лес с осиной (6ОЗБ1Ос), с рябиной (*Sorbus aucuparia* L.) в подлеске. Высота древостоя составляет 10–15 м. Травянистый ярус покрывает около 40% поверхности. Доминирующими видами являются кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* L.) и сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.). Южнее и западнее распространен пихтово-еловый кисличный лес (7ЕЗП) с рябиной и малиной (*Rubus idaeus* L.) в кустарниковом ярусе. Средняя высота древостоя – около 20 м. Почвенный покров в данных геосистемах представлен дерново-среднеподзолистыми гравелистыми среднесуглинистыми почвами, подстилаемыми пуговыми песчано-гравийными отложениями.

К востоку от вершинных фаций пуговая гряда постепенно сливается с водоразделом. Здесь лесные формации сменяются разнотравно-злаковым лугом, возникшим на месте бывшего пахотного угодья с агродерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почвой на покровных суглинках. В растительном покрове заметно преобладание злаков – мятлика лугового (*Poa pratensis* L.), ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) и др. Среди разнотравья велика роль клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) и иван-чая узколистного (*Chamerion angustifolium* L.). Наличие молодой поросли берёзы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) высотой до 60 см указывают на тенденцию к залесению. Южнее распространены елово-березовые землянично-кисличные (6Б4Е) и березово-еловые кисличные (7ЕЗБ) леса со средней высотой древостоя 25–30 м. В понижениях древесная растительность находится в угнетенном состоянии. В подлеске представлены малина обыкновенная и рябина обыкновенная. Травянистый покров характеризуется довольно скудным видовым составом при проективном покрытии около 90%. Помимо земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) и кислицы обыкновенной заметную роль здесь играет хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.). Дерново-среднеподзолистые и дерново-среднеподзолистые глееватые среднесуглинистые почвы в понижениях рельефа сменяются торфяными болотными низинными с мощностью торфяно-перегнойного горизонта около 50–60 см.

Относительно короткие пологие (около 4°) склоны юго-западной и южной экспозиции покрыты пихтово-еловым лесом с березой и сосной (6Е2П1Б1С). Высота первого яруса древесной растительности составляет 25–

30 м. Подлесок редкий, сложен единичными экземплярами рябины обыкновенной, малины лесной и жимолости лесной (*Lonicera xylosteum* L.). Травяно-кустарничковый ярус средней густоты, мозаичный, характеризуется доминированием кислицы обыкновенной при значительном участии хвоща лесного, копытня европейского (*Asarum europaeum* L.) и черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.). Вдоль грунтовой дороги вытянулась полоса березового леса (9Б10) на месте вырубki. В подлеске единично встречается малина лесная и рябина обыкновенная. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают земляника лесная, кислица обыкновенная и, в меньшей степени, звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.). В данных геосистемах формируются дерново-средне- и сильноподзолистые среднесуглинистые почвы на покровных суглинках.

Склон пуги юго-западной экспозиции постепенно переходит в склоны вогнутой ложбины, покрытой еловым лесом (9Е1Б) со средней высотой 15–20 м. Кустарниковая синузия образована малиной лесной и шиповником майским (*Rosa majalis* Herrm.). В разреженном травяном покрове доминируют крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* L.), сныть обыкновенная и копытень европейский. Почвенный покров верхней части балки представлен дерново-среднеподзолистыми среднесуглинистыми глееватыми почвами на покровных суглинках.

Пологие и слабонаклонные скаты северной и северо-восточной экспозиций заняты зрелым еловым лесом с пихтой (9Е1П) со средней высотой 30–35 м на дерново-сильно- и среднеподзолистых среднесуглинистых почвах на покровных суглинках. Развита ярус кустарников, образованный рябиной обыкновенной, малиной лесной, жимолостью лесной и крушиной ломкой (*Frangula alnus* Mill.). В травяно-кустарниковом пологе доминируют крапива двудомная, хвощ лесной, кислица обыкновенная, сныть обыкновенная, щитовник мужской и ортилия однобокая (*Orthilia secunda* L.). Северо-восточная покатость пуги постепенно переходит в склоны лощины, занятые березово-ольховым крапивным лесом (6О4Б) на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой глееватой почве. В данных геосистемах не обнаружено видимых признаков антропогенного воздействия.

Слабонаклонная поверхность подошвы пуги северо-западной экспозиции частично занята залуженной пашней. В видовом составе злаково-разнотравной луговой растительности доминирующими являются бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) и ежа сборная. Сформировавшаяся агродерново-слабоподзолистая среднесуглинистая почва характеризуется наличием в профиле мощного бывшего пахотного горизонта с признаками намыва. Не занятые сельскохозяйственными угодьями пространства этого сектора пуги отличаются высокой степенью сохранности и покрыты еловым кисличным лесом (9Е1П, высота около 30 м), сформированным на дерново-сильноподзолистой среднесуглинистой почве на покровных суглинках.

Субгоризонтальная поверхность подошвы склона пуговой гряды северо-западной экспозиции частично занята пашней. Южнее расположен влажный

разнотравно-злаковый вейниково-таволожный луг на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой глееватой почве на покровных суглинках. С запада и северо-запада пугу окружают селитебные территории (д. Соколово, д. Талик) и агроландшафты.

Результатом крупномасштабного ландшафтного изучения пугового сложного урочища стало выявление ПТК уровня фаций и подурочищ на основе геолого-геоморфологических и почвенно-геоботанических критериев. Морфологическая структура геосистем исследуемой территории в значительной степени зависит от неоднородности литогенной основы, а также хозяйственной деятельности человека. Субгоризонтальные поверхности окружающих водораздельных пространств и подошвы пуги заняты преимущественно заброшенными и функционирующими агроландшафтами. Слабонаклонные и пологие склоны и вершина гряды покрыты лесными фациями. В почвенном покрове фоновыми являются зональные дерново-подзолистые и агродерново-подзолистые почвы, подстилаемые плащом покровных бескарбонатных суглинков.

Исследуемые геосистемы в настоящее время сильно подвержены антропогенному воздействию, что находит отражение в морфологической структуре ландшафта. Значительная часть территории занята землями сельскохозяйственного назначения. Исключением являются лесные фации склонов пуги, отличающиеся относительно высокой степенью сохранности. Продолжающаяся в верхней части пуги добыча рыхлого песчано-гравийного материала, используемого для дорожного строительства, влечет за собой угрозу полного уничтожения этого памятника природы позднего палеозоя.

Литература

- Мильков Ф. Н. Среднее Поволжье. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 261 с.
- Дедков А. П., Бутаков Г. П. Сравнительная характеристика верхнепермских и мезозойских конгломератов Волго-Вятского края // Пермские отложения Республики Татарстан. Казань, 1996. С. 127–134.
- Дедков А. П., Малышева О. Н., Порман С. Р., Рождественский А. Д. Древние поверхности выравнивания и останцовый рельеф Удмуртии // Развитие склонов и выравнивание рельефа. Казань, 1974. С. 64–76.
- Прокашев А. М., Вартан И. А., Мокрушин С. Л., Соболева Е. С., Чепурнов Р. Р., Хлебникова А. О., Кузнецов В. А. Пуговые почвы Вятского Прикамья с реликтовым гумусовым горизонтом // Прошлое, современное состояние и прогноз развития географических систем. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2014. С. 154–158.
- Прокашев А. М., Вартан И. А., Чепурнов Р. Р., Соболева Е. С., Мокрушин С. Л., Кельдышев М. А. Пуговые почвы Вятского Прикамья // Почва – зеркало и память ландшафта. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2015. С. 142–147.

ЗОНИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «КОМАРОВСКИЙ БЕРЕГ»

В. Ф. Ковязин, А. А. Вада

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
vfkedr@mail.ru*

Земельный участок между Зеленогорском и Репино на территории Великого княжества Финляндского в последней четверти XIX в. был покрыт заболоченным лесом. Состоятельные россияне начали скупать у финских крестьян земли вблизи железной дороги, которую пустили вблизи Финского залива в 1870 году, и застраивать участки дачами. Для обеспечения дачников молочными продуктами и другим продовольствием, стали создавать вблизи станции Келломяки (ныне Комарово) сельскохозяйственные угодья на осушенных и расчищенных от леса участках. Площадь сельскохозяйственных угодий в 1930 г., когда территория входила в состав Финляндии, достигла около 10% нынешней площади памятника природы «Комаровский берег». В 1940 г. территория перешла под юрисдикцию СССР и стала частью Курортной зоны Ленинграда. В послевоенные годы сельскохозяйственные угодья были заброшены и начали активно зарастать лесом (Храмцов, 2013).

Территория «Комаровского берега» – объекта наших исследований – составляет площадь 180 га, протянулась вдоль северного побережья Финского залива на 2400 м, при ширине в среднем 750 м, причем полоса в 150 м приходится на акваторию (Закон, 2011). Цель создания памятника: сохранение природных комплексов прибрежной зоны северного побережья Финского залива, мест обитания редких животных – в научных и познавательных целях.

Авторами статьи природные комплексы памятника разделены по гранулометрическому составу земель и типу растительности на три зоны (Рыжиков, 2008): земли водного фонда, земли – дюны и земли, покрытые древесной растительностью.

Земли водного фонда представлены акваторией Финского залива, 4 прудами и несколькими ручьями. Финский залив вблизи памятника мелководен, изобата 1 м проходит на расстоянии 100–200 м от берега. Дно вблизи побережья валунно-галечно-песчаное, встречаются довольно крупные валуны. Колебания уровня моря имеют стгонно-нагонный, сейшевый и сезонный характер. Лед на заливе держится от 130 до 180 дней, в зависимости от суровости зимы. Наибольшей толщины лед достигает в марте.

Ручьи памятника питаются многочисленными выходами грунтовых вод на днищах оврагов и в нижней части литоринового уступа, что обеспечивает сток в течение всего года. Сток воды из ручьев выведен в Финский залив по коллекторным трубам, проходящим под Приморским шоссе. В ручьи выведена густая сеть дренажных канав, вырытых на нижней террасе за последние годы для осушения заболоченных участков территории. Вода в канавах и ручьях насыщена соединениями железа и часто имеет характерный рыжий цвет.

Земли – дюны с крупнозернистым песком и травянистой растительностью. Пологосклонные песчаные дюны имеют высоту до 2 м. Они покрыты редкими группировками травянистых растений, зарослями розы морщиистой, сообществами волоснеца песчаного, вейника и осоки песчаной. На песчаном субстрате единично растут гонкения бутерлаковидная, чина приморская и овсяница песчаная.

Земли покрытые древесной растительностью. Древесная растительность памятника природы довольно разнообразна. Её динамику можно проследить, двигаясь от берега Финского залива до выхода на верхнюю террасу. На литориновой террасе, сложенной безвалунными песками, местами перекрытыми маломощным торфом, распространены смешанные елово-сосновые древостои в возрасте 60–90 лет. Значительная доля этих насаждений приходится на сфагновые типы леса. Некоторое разнообразие в природный комплекс вносят небольшие древние береговые валы, на которых произрастают сосняки луговиковые. На верхней террасе, господствуют сосновые чернично-травяные и кустарничково-лишайниково-зеленомошные леса с участием черники, брусники и вереска, которые подвержены рекреационному воздействию (Ковязин, 2012).

Запас древостоя в чернично-кисличном ельнике составляет около 500 м³/га, высота деревьев верхнего яруса достигает 26–30 м, диаметр стволов – 28–40 см. Нижний ярус фитоценоза сформирован исключительно из теневыносливой ели европейской высотой 6–10 м и диаметром стволов 8–12 см. Густота елового подроста достигает до 3.2 тыс. шт./га. Подлесок образован рябиной обыкновенной, черемухой обыкновенной, крушиной слабительной, жимолостью черной, бузиной, смородиной черной, малиной. Численность подлеска из этих растений составляет более 1500 шт./га. В верхней пологонаклонной части литориновой террасы наибольшие площади заняты ельниками кисличными на поверхностно-подзолистых и слабоподзолистых иллювиально-железистых почвах (Ковязин, 2013). Горизонтальная неоднородность напочвенного покрова связана с вывалами ели и последующим зарастанием образовавшихся «окон».

Производные мелколиственные леса представлены различными типами березняков. В западной части памятника природы на увлажненных местообитаниях можно встретить черноольховые леса. В благоприятных лесорастительных условиях встречаются липа сердцевидная, клен остролистный и дуб черешчатый.

В паспорте памятника природы отмечены виды деятельности, которые запрещается проводить на его территории. Это рубка деревьев и кустарников, проведение строительных и земляных работ, движение и стоянка транспортных средств, замусоривание и разведение костров.

В результате исследования установлено, что эти запреты не соблюдаются в полной мере. Проблема состоит в том, что памятник природы является «территорией активного рекреационного использования», количество отдыхающих в сухую солнечную погоду исчисляется десятком тысяч человек.

Чтобы предотвратить разрушение дюн, администрации пришлось закрыть въезд автотранспорта на территорию памятника природы, но узкая полоса соснового леса между шоссе и дюнами все равно используется туристами очень интенсивно, зачастую можно встретить стоящие прямо под деревьями и в кустах автомобили отдыхающих.

Также, по региональному законодательству на территории памятника запрещено капитальное строительство (Закон, 2011). Тем не менее, на объекте исследования расположено несколько десятков деревянных строений. В основном, это старые дачи, появившиеся еще в советский период, до образования памятника природы. Но на земельных участках, предоставленных в краткосрочную аренду, незаконно возведены два ресторана «Бастион» и «Макрель», владельцы которых, пытаются узаконить их задним числом как капитальные здания.

Зонирование территории, проведенное нами, является основой при решении вопросов организации рационального использования земель, развития уникальных природных территорий, разработки мероприятий по охране земельных ресурсов и сохранению биологического разнообразия на землях памятника (Букварева, 2006).

На землях водного фонда необходима реконструкция осушительной системы, очистка Финского залива от мусора и ила, расчистка, мощение дна и откосов прудов, отсыпка и озеленение береговых валов, восстановление плотин и подпорных стенок на склонах. На остальной территории необходимо создать дорожно-тропиночную сеть и построить охраняемую автостоянку для автомобилей отдыхающих. Провести уборку ветровальных и сухостойных деревьев на покрытых растительностью землях.

Литература

- Букварова Е. Н. Территории природы. М.: Экоцентр. «Заповедники». 2006. 16 с.
- Закон Санкт-Петербурга «Об особо охраняемых природных территориях регионального значения в Санкт-Петербурге. № 639-128 от 09.11.2011. 25 с.
- Ковязин В. Ф., Нешатаева Е. В. Лесоводственная характеристика городских лесов Санкт-Петербурга. Астраханский вестник экологического образования. № 4 (26). Астрахань. Аст. универ. 2013. С. 131–138.
- Ковязин В. Ф., Павлючук Л. С. Разработка базы данных ООПТ «Комаровский берег» // Биодиагностика природных и природно-техногенных систем. Материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров. ВятГГУ. 2012. С. 102–108.
- Рыжиков А. И. Теоретические основы проектирования заповедных систем и их развитие во времени. Киев. Эколого-культурный центр. 2008. 208 с.
- Храмцов В. Н., Ковалева Т. В., Нацваладзе Н. Ю. Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга. СПб.: ДООПТ, 2013. С. 115–127.

ВОЗМОЖНОСТИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В КАРТИРОВАНИИ УРБОТЕРРИТОРИЙ

К. В. Чурсинова, С. Н. Горбов, О. С. Безуглова, Ю. А. Литвинов
Южный федеральный университет, reponverbi@mail.ru

В настоящее время исследование почв городских территорий занимает важное место в современной науке, т.к. данные почвы имеют ряд особенностей, существенно отличающих их от почв естественного сложения. Изучение почв урбанизированных территорий заслуживает особого внимания и в связи с необходимостью постоянного мониторинга городской среды в целом, а это зачастую невозможно без картографической основы – карт и картограмм территорий урболандшафтов.

Необходимо отметить, что почвы города – это постоянно меняющаяся система, в которой антропогенное воздействие оказывает главенствующее влияние, действующее на все подсистемы, вовлеченные в процесс почвообразования и налагающийся на него процесс педоседиментогенеза. Система «город» претерпевает эти изменения, что способствует образованию специфичных типов почв, с особенными параметрами и характеристиками. Как следствие, территории, на которых некогда доминировали почвы естественного сложения, отличаются пестротой и прерывистостью почвенного покрова. Изменение физических и химических свойств почв, загрязнение, захламление, привнос чужеродного материала сопровождаются трансформацией морфологических свойств, сменой направления почвообразования, все это влияет на комфортность проживания.

Объектом настоящих исследований явились территории урболандшафтов Ростовской агломерации – четвертой по размеру из моноцентрических агломераций России. Общая площадь исследованной территории составляет 499,18 кв. км.

Города, входящие в состав Ростовской агломерации, такие как Ростов-на-Дону, Аксай и Батайск, на сравнительно небольшой площади имеют высокую плотность населения, различные здания и сооружения, подземные коммуникации, что порождает огромную нагрузку на окружающую среду, вызывая ее изменение и преобразование. Предполагается, что основой для построения почвенной карты может служить карта рельефа, т. е. топографическая основа, как это и принято в классическом картографировании. Однако в условиях города это сделать затруднительно, с учетом того, что высотная застройка сильно искажает данные дистанционного зондирования, без которых построение цифровых карт на современном этапе развития науки невозможно. В этой связи необходим поиск новых приемов и методов картирования.

В работе использовались методы классификационной генерализации, корреляции почвенных таксономических признаков и гармонизации атрибутивных данных (Безуглова и др., 2013).

Руководствуясь статьей 85 ЗК РФ, литературными источниками (Безуглова и др., 2012, 2003,1997), а также используя данные дистанционного зондирования, мы разделили территорию Ростовской агломерации по функциональности. Были выделены ландшафтно-рекреационные территории, производственная и селитебная, а также городская инфраструктура, подсчитаны их площади (табл.).

Таблица

Функциональная организация территорий Ростовской агломерации

Городская территория	Функциональная зона	Площадь, га
Селитебная территория	Многоэтажная застройка новых районов города	16355,28
	Одноэтажная застройка частных домовладений	
	Застройка исторической части города	
	Бульвары и аллеи	
	Торгово-развлекательные центры и спортивные сооружения.	
Производственная территория	Промышленные зоны (заводы, фабрики, ТЭЦ, заправки)	4363,57
	Коммунально-складские (склады, гаражи)	23449,72
Ландшафтно-рекреационная территория	Парки и скверы	
	Лесозащитные зоны	
	Охраняемые ландшафты	
	Земли с/х назначения	
	Земли залежей и пустырей	
Кладбища		
Городская инфраструктура	Железнодорожные полосы и станции внутригородского расположения	1280,98
Прочие территории	Водные объекты, трассы	0,004468

Производственная и селитебная территории, зоны рекреации являются самыми объемными в Ростовской агломерации, они включают в себя 12 подзон, а в общей дифференциации было выделено 604 почвенных контура. Предстоит провести интерполяцию степени нагрузки с учетом высотности застройки, степени нагрузки и загрязнения.

Полученные карты станут полезным массивом данных, в частности они могут стать основой для создания картограмм распределения поллютантов, шумовой нагрузки и других показателей экологической комфортности проживания. Новизна данного подхода заключается в том, что ни в одной из известных моделей почвенного покрова городов не учитывалась высотность городской застройки. Учет этого фактора позволяет получить объективные данные по мезорельефу городской территории методами ГИС-технологий.

Исследование выполнено в рамках проекта № 213.01-2015/002ВГ базовой части внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

Литература

Безуглова О. С., Голозубов О. М., Крыщенко В. С. Почвенно-географический крупномасштабный электронный атлас Ростовской области: принципы построения, структура, возможности использования. Ростов-на-Дону: Мини-Тайп, 2013. 146 с.

Безуглова О. С., Горбов С. Н., Морозов И. В., Невидомская Д. Г. Урбопочвоведение. Учебник. Ростов-на-Дону: изд-во ЮФУ, 2012. 264 с.

Безуглова О. С., Горбов С. Н., Приваленко В. В., Морозов И. В. Почвенный покров г. Ростов-на-Дону // Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Т. 1. Экология города Ростова-на-Дону. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2003. С. 43–52.

Безуглова О. С., Крыщенко В. С., Приваленко В. В., Горбов С. Н. Особенности почвенного покрова урболандшафта Ростова-на-Дону // Проблемы антропогенного почвообразования. Тез. докл. междунар. конф. 16-21 июня 1997 г. Т. 2. М., 1997. С. 203–205.

Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 30.12.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016). http://base.garant.ru/12124624-/23/#block_15000.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

М. Н. Дубинина, С. Н. Горбов, О. С. Безуглова, П. Н. Скрипников
Южный федеральный университет, dubinina-marina@rambler.ru

В последние десятилетия города и населенные пункты, входящие в состав Ростовской агломерации, претерпели значительные изменения. В индустриальном плане это сопряжено с процессами закрытия и ликвидации ряда предприятий промышленной инфраструктуры в зоне города, либо ее перенос за пределы городской черты. За счет освободившихся территорий увеличилась площадь социально-освоенных массивов (новые жилые микрорайоны, рекреационные зоны, торговые и транспортные мегацентры). Как следствие, активное загрязнение объектов окружающей среды действующими предприятиями сменилось пассивным за счет увеличения транспортной нагрузки. Если раньше во главу угла ставились ресурсоемкие технологии, направленные на увеличение мощности и производительности предприятий, то современное общество возвращается к экологически ориентированной идеологии природопользования, рециклинг и переработка отходов снова становятся популярными направлениями.

В этой связи комплексное изучение вопросов взаимодействия человеческого сообщества с окружающей средой в условиях формирования урболандшафтов становится все более актуальным, оно неотделимо от исследования химических, физических и биологических свойств как урбоэкосистемы в целом, так и слагающей ее почвы в частности.

В основе протекторных функций почвы в условиях урбопедогенеза лежит ее гумусное состояние. Поэтому одним из весьма информативных направлений исследования почвы городской среды является определение ор-

ганического углерода, дающего представление как об ее экологическом статусе, так и о наличии в почвенном профиле органических загрязнений.

Исследования прошлых лет выявили основные тренды в изменении физических и химико-биологических свойств городских почв (Горбов, Безуглова, 2014; Bezuglova, et al., 2015). Это позволило сконцентрировать внимание на типах почв, наиболее четко отражающих почвенный покров той или иной функциональной зоны Ростовской агломерации. В зоне сельскохозяйственного назначения пригорода на залежном участке был исследован чернозем миграционно-сегрегационный мощный тяжелосуглинистый (разрез № 1), в парково-рекреационной зоне – чернозем миграционно-сегрегационный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке (разрез № 2); селитебная зона представлена урбистратифицированным (реплантоземом) миграционно-сегрегационным черноземом среднесплошным на желто-буром лессовидном суглинке (разрез № 3) и урбостратоземом экранированным на погребенном черноземе темногумусовом бескарбонатном мощном тяжелосуглинистом на лессовидном суглинке (разрез № 4). Содержание органического углерода было измерено методом каталитического сжигания на ТОС-анализаторе фирмы Shimadzu. Полученные данные, а также пересчет их на массовую долю гумуса представлены в таблице.

Таблица

Содержание органического углерода и гумуса

Зона сельскохозяйственного назначения пригорода (залежный участок)				Парково-рекреационная зона			
Разрез № 1	Горизонт, глубина, см	С орг., %	Гумус, %	Разрез № 2	Горизонт глубина, см	С орг., %	Гумус, %
	А ст.пах. 0-25	2,41	4,16		Ad 0-15	3,14	5,42
	А1 подпах. 25-40	2,24	3,87		А 15-55	2,21	3,81
	В1 40-60	1,58	2,73		В1 55-75	1,11	1,92
	В2 60-85	1,08	1,87		В2 75-100	0,45	0,78
	Вс 85-110	0,57	0,99		Вс 100-120	0,45	0,78
	Сса 110-130	0,46	0,80		Сса 120-130	0,34	0,59
Селитебная зона							
Разрез № 3				Разрез № 4	UR1 5-50	3,28	5,66
					UR2 50-70	6,78	11,69
	RAT1 (d) 0-5	2,83	4,88		UR3 70-88	7,13	12,30
	RAT2 5-22	1,38	2,38		UR4 88-100	2,16	3,73
	В1 22-35	1,17	2,02		Апогр. 100-140	2,03	3,50
	В2 35-55	0,67	1,16		В1 140-170	1,48	2,56
	Вс 55-75	0,50	0,87		В2 170-200	1,27	2,19
	Сса 75-110	0,35	0,61		Вс 200-230	0,76	1,31
	С 110-160	0,26	0,45		С 230-250	0,59	1,02

Прежде всего, обращает на себя внимание повышенное содержание органического углерода в черноземе парково-рекреационной зоны разреза № 2, что подтверждает ранее проведенные исследования (Горбов, Безуглова, 2014,

Розанова и др., 2015). Содержание органического вещества в пересчёте на гумус составляет 5,4%, что выше средних значений для региона.

Строительные и реконструкционные мероприятия локально меняют количество и качество «зеленого» покрова городов: являющиеся почвоформирующими эрозионные и гидротермические процессы принимают неестественные формы. Это сопряжено, прежде всего, с морфологической перестройкой почвенного профиля, приводящей к формированию урбистратифицированных черноземов и урбостратоземов. На этапе процессов педоседиментогенеза происходит резкое уменьшение содержания естественной органики в силу прекращения сезонного поступления биогенного углерода в почву с опадом. В случае восстановления естественной растительности на поверхности содержание органического вещества в целом сохранится на уровне естественных аналогов (разрез №1), примером может служить содержание углерода в верхних горизонтах РАТ разреза №3.

Повышенное, а иногда и экстремально высокое содержание органического углерода в поверхностных горизонтах урбостратоземов, как, например, в разрезе №4, не всегда отражает содержание в почве углерода биогенного происхождения и не может служить критерием оценки экологического статуса почвы, а тем более уровня почвенного плодородия. В большинстве случаев горизонты «урбик» накапливают промежуточные продукты окисления тяжелых фракций нефтепродуктов и отработанных промышленных масел, что приводит к формированию специфических типов – хемоземов. В таких почвах пересчет содержания органического углерода на гумус является некорректным (как в верхних горизонтах урбик разреза №4), так как углерод в них не является однозначно биогенным, его наличие в таких концентрациях обусловлено накоплением загрязнений органической природы.

Исследование выполнено в рамках проекта № 213.01-2015/002ВГ базовой части внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

Литература

Горбов С. Н., Безуглова О. С. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону // Почвоведение. 2014. № 8. С. 953–962.

Розанова М. С., Горбов С. Н., Прокофьева Т. В., Безуглова О. С. Органическое вещество городских почв под древесными насаждениями в лесной и степной зонах // Роль почв в биосфере и жизни человека. Материалы Междунар. конф. К 100-летию со дня рождения академика Г. В. Добровольского, к Международному году почв. Москва, 5–7 октября 2015. М., 2015. С. 235–236.

Bezuglova O. S., Gorbov S. N., Tischenko S. A., Aleksikova A. S., Tagiverdiev S. S., Sherstnev A. K., Dubinina M. N. Accumulation and migration of heavy metals in soils of the Rostov region, south of Russia // Journal of Soils and Sediments. 2015. (DOI) 10.1007 / s11368-015-1165-8.

ВЛИЯНИЕ СОСНОВОГО ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯ НА СОСТАВ ГУМУСА ЧЕРНОЗЕМА МИГРАЦИОННО-СЕГРЕГАЦИОННОГО

А. В. Карпушова, О. С. Безуглова, С. Н. Горбов

*Южный федеральный университет,
Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского,
nastenka-30-06@mail.ru*

В Ботаническом саду Южного федерального университета уже около полувека существует довольно крупный массив сосны крымской (*Pinus nigra subsp. Pallasiana*). Можно ожидать, что за этот период чернозем претерпел изменения, в том числе и в качественном составе органического вещества. Определенный интерес эта почва представляют с точки зрения изучения фракционно-группового состава гумуса, так как исследования, посвященные выяснению влияния посадок сосны на состав гумуса в черноземе, практически не проводились.

Фракционно-групповой состав гумуса определяли по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой, Т. А. Плотниковой (1968). Определение содержания органического углерода в почве проводили по методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову-Гриндель.

Результаты, представленные в таблице, свидетельствуют, что произрастание древесной растительности, в частности насаждения сосны, и изменение в силу этого биологического круговорота веществ, сказалось как на количественном накоплении гумуса в почве, так и на его составе.

Таблица

**Фракционно-групповой состав гумуса чернозема
миграционно-сегрегационного мощного, % к $C_{\text{общ}}$ почвы (разрез 1504)**

Горизонт, см	$C_{\text{об}}$, %	Гумус, %	$C_{\text{гк}}$				$C_{\text{фк}}$					$C_{\text{но}}$	$\frac{C_{\text{гк}}}{C_{\text{фк}}}$
			1	2	3	Σ	1а	1	2	3	Σ		
Ad 0-8	5,3	9,1	1,9	13	2,8	17,7	0,3	0,3	3,5	6,7	10,8	71,5	1,6
A 20-30	3,3	5,7	3,3	20,9	4,8	29	0,9	0,3	3,7	11,8	16,7	54,3	1,7
A 40-50	1,4	2,4	6,3	9,9	25,3	41,5	1,4	1,4	7	7,7	17,5	41,0	2,3
B ₁ 60-90	0,9	1,6	11,2	6,7	20,2	38,1	1,1	1,7	6,2	18	27	34,9	1,4
B ₂ 90-110	0,6	1,0	8,3	13,1	16,7	38,1	3,5	4	3,1	8,3	18,9	43,0	2

Содержание гумуса в поверхностном горизонте по сравнению с зональными черноземами аналогичного гранулометрического состава, в которых оно колеблется в пределах 4,3–5,0 (Безуглова, Хырхырова, 2008), повышено практически в два раза. Такая же ситуация и в слое 20–30 см. Обусловлено

это особенностями химического состава соснового опада, отличающегося повышенным участием трудноразлагающихся веществ. Так, по данным И. В. Ковалева (2015) содержание лигнина в лесной подстилке под сосной составляет $13,7 \text{ мг/г}^{-1} \text{C}_{\text{орг}}$, ели – $3,06 \text{ мг/г}^{-1} \text{C}_{\text{орг}}$, в то время как в степной фитомассе только $1,85 \text{ мг/г}^{-1} \text{C}_{\text{орг}}$.

Гуминовые кислоты (ГК) преобладают над фульвокислотами (ФК) по всему почвенному профилю. В верхней части профиля формируется фульватно-гуматный тип гумуса, а начиная с 40 см, гумус становится гуматным. Отношение $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}}$ в исследуемом черноземе колеблется от 1,6 до 2,3. Наибольшее значение коэффициента гумификации характерно для нижней части горизонта А, здесь отношение $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}}$ составляет 2,3. Повышение интенсивности биологического превращения органических остатков – основная причина заметного участия гуминовых кислот в составе гумуса почв.

Обращает внимание высокая доля гумина (негидролизуемого остатка – НО) в гор. Ad (рис.) Вероятно, это связано с особенностями состава хвойного опада, о которых упоминалось выше. Насыщенность его лигнином и смолистыми веществами предопределяет достаточно медленное разложение. Можно предположить, что в данном случае гумин также имеет специфический состав: значительная часть в нем, вероятно, представлена не полностью гумифицировавшимися органическими остатками и трудноразлагающимися веществами индивидуальной природы.

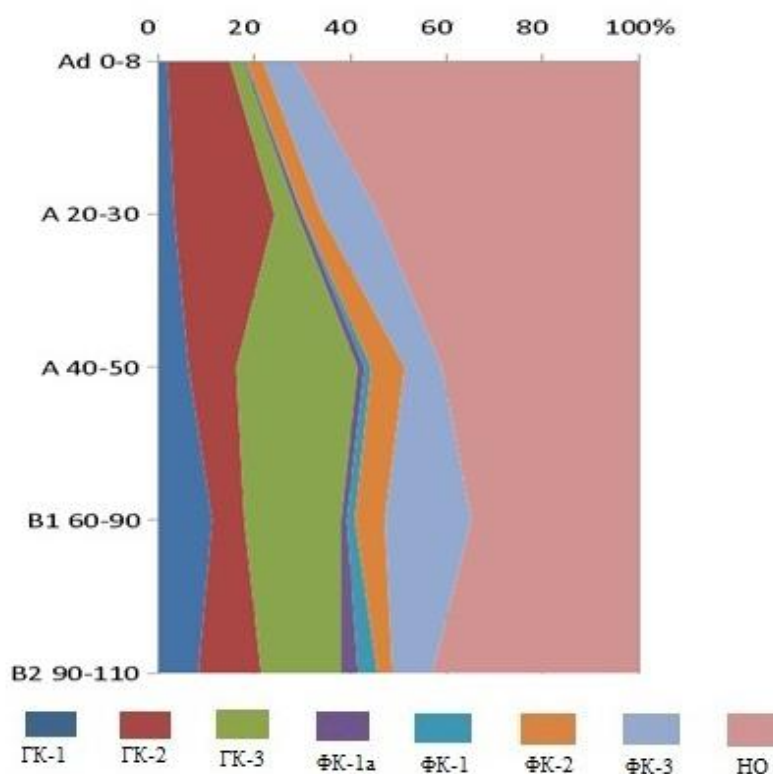


Рис. Фракционно-групповой состав чернозема миграционно-сегрегационного мощного (разрез 1504)

Нижележащие горизонты имеют состав гумуса достаточно характерный для чернозема по соотношению главных групп гумуса, а вот по распределе-

нию по фракциям гуминовых кислот и фульвокислот они четко отличаются от нативных и пахотных черноземов нашей зоны (Безуглова, 2001). В гор. А на глубине 20–30 см состав гумуса похож на таковой в черноземах миграционно-сегрегационных. Известно, что новообразованные гуминовые кислоты растворимы в воде. Поэтому их способность к передвижению по профилю почвы не вызывает сомнения. Встречая на пути своего продвижения повышенное количество кальция в растворе, гуминовые кислоты связываются с ним, и теряют свою растворимость, что обуславливает их накопление на этой глубине (Безуглова, 2001). Действительно, на рис. отчетливо видно, что накопление гуминовых кислот на глубине 20–30 см происходит за счет второй фракции, т. е. гуматов кальция.

Ниже по профилю картина иная. Мы видим аномально низкое количество гуматов кальция, и в то же время очень высокое содержание гуминовых кислот третьей фракции. Возможно, это связано с кислой средой разлагающегося хвойного опада, способствующей сохранению новообразованных органических кислот в растворе и их миграции по профилю в нижележащую толщу. На глубине 40–50 см, где достаточно резко увеличивается количество карбонатов и соответственно повышается рН, гумусовые вещества утрачивают в значительной степени свою подвижность и вступают во взаимодействие с устойчивыми формами полуторных окислов и почвенными минералами. В ходе этих процессов и происходит связывание гуминовых кислот с минеральной частью почвы, или даже «захватывание», «защемление» молекул ГК межпакетными пространствами глинистых минералов.

Лабораторные испытания проводились в рамках проекта № 213.01-2015/002ВГ базовой части внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета, полевые изыскания и отбор проб проводился в рамках проекта РФФИ № 16-04-00592.

Литература

- Безуглова О. С. Гумусное состояние почв юга России. Ростов-на-Дону, 2001. 228 с.
- Безуглова О. С., Хырхырова М. М. Почвы Ростовской области: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.
- Ковалев И. В. Биохимия лигнина в почвах. Автореф. дис. ... д.с.-х.наук. М., 2015. 50 с.
- Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.

ОСОБЕННОСТИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ПРИДОРОЖНЫХ ЗОН РОСТОВА-НА-ДОНУ

*О. С. Безуглова, С. Н. Горбов, М. В. Котик, С. С. Тагивердиев,
С. С. Карташев*

*Южный федеральный университет,
Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, lola314@mail.ru*

Почвенный покров городов находится под влиянием интенсивных антропогенных нагрузок, как следствие, практически все почвы, расположенные в городской черте, в той или иной степени подвержены деградации, являющейся результатом различных составляющих урботехнопедогенеза.

Одной из ведущих составляющих процесса деградации почвенного покрова в условиях урболандшафтов является ухудшение физических свойств городских почв, что проявляется, прежде всего, в полной или частичной неспособности почвы, как биокосного тела, выполнять присущие ей экологические функции. Чаще всего деградация связана с разрушением почвенной структуры, уплотнением, дезагрегацией, появлением экранирующих слоев, а также с неблагоприятными изменениями гранулометрического состава.

Сведения о гранулометрическом составе почвы и учет динамики изменения при антропогенных воздействиях являются условием для организации рационального использования почв городских территорий и управления их плодородием. Однако на современном этапе развития урбопочвоведения использование общепринятых методик проблематично. Следовательно, необходимы дополнительные методы исследования, с помощью которых можно получить более полную картину о состоянии почвенного покрова.

Объектом нашего исследования явилось изучение специфики гранулометрического состава почв Ростовской агломерации и особенностей трансформации этого показателя в условиях городской среды, на которую постоянно воздействует антропогенный фактор. Нами было отобрано 45 поверхностных почвенных образцов по всему городу. Отборы проводились вдоль оживленных магистралей с высоким автомобильным и пешеходным трафиком, в том числе на левом берегу реки Дон. Цель – изучить экологическое состояние придорожных зон г. Ростова-на-Дону и зависимость их загрязнения от гранулометрического состава почвы. Гранулометрический состав был определен методом пипетки по Качинскому (подготовка почвы с пирофосфатом натрия).

Результаты анализа показали, что в ряде мест содержание физического песка превышает 50%: содержание этой фракции в точке 12–51%, а максимальное отмечено в точке 8–68%. В то же время в естественных почвах Ростова-на-Дону – черноземах обыкновенных карбонатных (миграционно-сегрегационных) на долю этих частиц приходится 32,1–36,5% (Безуглова, Хырхырова, 2008). И если аномально высокое содержание песчаных фракций в точках 36–41 можно объяснить их расположением на берегу Дона, то в

остальных случаях явно сказывается антропогенное влияние: использование песка в антигололедных смесях, а часто и простое разбрасывание песка во время гололеда.

С экологической точки зрения очень важно содержание в почве тонких фракций, потому что именно они способны переводить тяжелые металлы и другие токсиканты в малоподвижное состояние. Обусловлено это тем, что в этих фракциях сосредоточены глинистые минералы и гумус, обладающие высокой сорбционной емкостью (Крыщенко и др., 2013).

Содержание ила в изученных почвах колеблется в пределах 12–36%, в среднем составляя 24%. Максимальное значение в Западном микрорайоне, в точке 18, минимальное – в почвенном образце, отобранном на берегу Дона (точка 8). Также стоит отметить преобладание ила над средней (0,01–0,005 мм) и мелкой (0,005–0,001 мм) пылью во всех образцах, что свойственно и нативным черноземам региона. Следовательно, в составе физической глины в поверхностных горизонтах урбопочв сохраняется характерное для черноземов соотношение фракций. Однако отношение крупной пыли (0,05–0,01 мм) к илу (<0,001 мм) не такое однозначное. Обычно в черноземах нашей зоны содержание лессовидной фракции достаточно высокое, что обусловлено формированием этого подтипа черноземов на лессовидных глинах и суглинках. Однако обнаружен ряд точек, где содержание в почвах крупной пыли значительно ниже, часть из них приурочена к береговой зоне. Низкое содержание этой фракции в образцах, отобранных в точках 8, 17, 22, вероятно, обусловлено также антропогенным влиянием, например, привнесением чужеродного материала.

Таким образом, неоднородность почв придорожной зоны по такому важному показателю, как гранулометрический состав, предопределяет разную способность этих почв к связыванию токсикантов, а, следовательно, и разную протекторную роль этих зон в различных частях города по отношению к окружающей среде.

Исследование выполнено в рамках проекта № 213.01-2015/002ВГ базовой части внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

Литература

Безуглова О. С., Хырхырова М. М. Почвы Ростовской области: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.

Крыщенко В. С., Рыбьянец Т. В., Замулина И. В., Бирюкова О. А., Кравцова Н. Е. Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения // «Живые и биокосные системы». 2013. № 2. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-2/article-9>.

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА СОСТАВ ЛИПИДНОЙ ФРАКЦИИ В ПОДЗОЛАХ ИЛЛЮВИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТЫХ

*Н. А. Низовцев¹, В. А. Холодов², В. А. Иванов^{2,3},
Ю. Р. Фарходов^{2,3}, А. А. Дымов^{1,4}*

¹ Сыктывкарский государственный университет имени П. Сорокина,

² Почвенный Институт им. В. В. Докучаева,

³ МГУ им. М. В. Ломоносова,

⁴ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, aadyumov@gmail.com

Пожары являются основным дестабилизирующим естественноисторическим фактором, оказывающим влияние на лесные биогеоценозы. Для «лесных» регионов, таких как Республика Коми, пожары являются одним из основных факторов, определяющих экологическое состояние экосистем. Пожары могут оказывать, как прямое (пиролиз), так и косвенное влияние на лесные экосистемы. В недавних исследованиях (Knicker et al., 2013) показано, что при пожарах заметно изменяется состав и свойства органического вещества почвы, в том числе наблюдается изменение в распределении n-алканов и жирных кислот (González-Pérez et al., 2008). После сгорания растений, продукты пиролиза оказывают существенное воздействие на качественный состав липидной фракции почвенного органического вещества. Следовательно, соединения, формирующие липидную фракцию, можно использовать как биомаркеры пирогенного изменения почв. В связи с этим, цель работы заключалась в изучении особенностей органического вещества (ОВ) почв послепожарных ландшафтов, а именно, качественного состава неспецифических органических соединений, и выявлении молекулярных маркеров, характеризующих пирогенные изменения почв.

Для изучения особенностей ОВ почв послепожарных ландшафтов, а также его качественного состава были исследованы участки сосняка лишайникового, пройденного пожаром два года назад, и почва условно-фоновое леса, не подвергавшаяся пожару в предыдущие несколько десятилетий. Подробная характеристика участков приведена ранее (Дымов, Gabov, 2015). Исследован качественный состав низко – и среднемолекулярных органических соединений верхних горизонтов, в первую очередь подвергавшихся пирогенному воздействию. Анализ проведен в двухкратной повторности. Выделение низко – и среднемолекулярных соединений из почвы проводили методом экстракции в органических растворителях. Разделение веществ и поиск молекулярных маркеров проводили на газовом хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010Ultra на базе Почвенного института им. В. В. Докучаева. Для выделения маркеров использовали дихлорметан-метанольную экстракцию с последующим метилированием жирных кислот в щелочной среде.

На основе анализа молекулярного разнообразия исследованных почв выявлено, что в составе липидной фракции подзола иллювиально-железистого (условно-фоновый участок) идентифицировано 38 органических соединений:

6 циклосилоксанов различного строения; 24 метиловых эфиров жирных кислот; 2 производных ПАУ; 5 длинноцепочечных алифатических и циклических спиртов; 1 сахарная кислота. В постпирогенной почве идентифицированы 60 различных органических соединений: 7 циклосилоксанов различного пространственного строения; 32 метиловых эфиров жирных кислот (как предельных так и не предельных); 14 производных ПАУ; 6 длинноцепочечных алифатических спиртов; 1 сахарная кислота. Состав липидной фракции пирогенной почвы представлен метиловыми эфирами жирных кислот ряда C10 – C27. В то время как в почве условно-фонового участка диагностирован ряд C9 – C29. Профильное распределение показало, что с увеличением глубины, качественный состав жирных кислот различается несущественно. Это относится как к почве условно-фонового сосняка, так и к пирогенной почве. Исходя из различий качественного состава соединений, входящих в липидную фракцию исследуемых почв, можно выделить группу жирных кислот, которая встречается только в почве послепожарного участка и, вероятно, ее присутствие может быть связано с пирогенным воздействием. Возможно, наблюдаемые отличия объясняются пост-пожарной микробно-растительной сукцесией. В эту группу соединений входят: метиловые эфиры 5 насыщенных и одной ненасыщенной жирной кислоты. В ходе пирогенных изменений, наблюдаются различия в распределении ПАУ в пределах почвенного профиля. В основном их аккумуляция проходит в горизонтах почв, изменённых пожаром, без дальнейшей миграции по почвенному профилю. Так, в пирогенной почве идентифицировано 14 ПАУ (производные нафталина (C10H8), пирена (C16H10), антрацена (C14H10)). Возможно, из-за разветвленного скелета и отсутствия полярных групп в молекулах ПАУ они остаются на месте своего образования без миграции в пределах почвенного профиля. В ходе исследования изучены: качественный состав неспецифических органических соединений и особенности ОВ почв фитоценозов, пройденных пожаром. Выявлено, что состав липидной фракции пирогенной почвы и почвы условно – фонового участка существенно отличаются. Выделена группа органических соединений, а именно маркеров пирогенного изменения почв, которые диагностированы в послепожарной почве и отсутствуют в почве условно–фонового участка, их качественный состав представлен насыщенными и ненасыщенными разветвленными производными жирных кислот. Накопление ПАУ в основном происходит в верхних горизонтах почв, изменённых пожаром, без дальнейшей миграции по почвенному профилю.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 15-34-51209 мол_нр и гранта Президента РФ МК-2905.2015.4.

Литература

- Атлас Республики Коми по климату и гидрологии. М.: Дрофа, 1997. 115 с.
Dymov A. A., Gabov D. N. Pyrogenic alterations of Podzols at the North-East European part of Russia: morphology, carbon pools, PAH content // *Geoderma*. 2015. Vol. 241–242. P. 230–237.

González-Pérez J. A., González-Vila F. J., González-Vázquez R., Arias. M. E., Rodríguez J., Knicker H. Use of multiple biogeochemical parameters to monitor the recovery of soils after forest fires // *Organic Geochemistry*. 2008.

Knicker H., Hilscher A., González-Vila F. J., Almendros G. A new conceptual model for the structural properties of char produced during vegetation fires // *Organic Geochemistry*. 2008. № 39(8) P. 935–939.

Knicker H., Hilscher A., Rosa J.M., Conzalez-Perez J. A., Gonzalez-Vila F. J. Modification of biomarkers in pyrogenic organic matter during the initial phase of charcoal biodegradation in soils // *Geoderma*. 2013. Vol. 197–198. P. 43–50.

МОРФОЛОГИЯ ДОЛИННО-ЗАНДРОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «БОР НА р. ЛОБАНИ»

А. П. Потанин, А. С. Матушкин, А. М. Прокашев, Н. Д. Охорзин
Вятский государственный университет,
belchonoc_turist@mail.ru, matushkin-as@yandex.ru,
amprokashev@gmail.com, ohorzin-nd@yandex.ru

ООПТ «Бор на Лобани» расположен в юго-восточной части Кировской области. Памятник природы Кильмезского района «Бор на Лобани» находится в 8–12 км к северо-востоку от поселка Кильмезь в 76 квартале Ломиковского лесничества и в 5, 6, 7 – Микваровского лесничества Кильмезского лесхоза (Соловьев, 1997). Сосновый массив общей площадью 637,9 га расположен на правом коренном берегу р. Лобань на северной окраине подзоны хвойно-широколиственных лесов в пределах распространения реликтовых дюн эолового происхождения. По данным Е. М. Исуповой (1997) последние представляют собой песчаные подковообразные холмы высотой до 10–15 м и длиной до 250 м, вытянутые с северо-запада на юго-восток и имеющие асимметричные склоны.

Памятник природы «Бор на Лобани» – малоизученная в ландшафтном и почвенно-географическом отношении территория, исследования которой не отличались комплексностью и систематичностью. Первые экспедиции были совершены в конце XIX века (Рупрехт, 1865; Крылов, 1885; Буш, 1889).

Исследователи отмечали в сосняках беломошниках «Бора на Лобани» богатый видовой состав степных и лесостепных растений, произрастающих непосредственно под пологом леса: *Festuca sulcata* Hackel, *Phleum phleoides* (L.) Karst, *Dracocephalum ruyschiana* L., *Gypsophila paniculata* L., *Veronica spicata* L., *Centaurea sumensis* Kalen., *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb., *Dianthus arenarius* L. и др. Сравнивая леса подобного типа с «Кильмезским бором», А. Д. Фокин (1929) отмечал в них «значительное обеднение видового состава и, прежде всего, выпадение таких характерных степняков, как степная тимофеевка, тонконог сизый и качим метельчатый». На территории бора на Лобани, писал А. Д. Фокин (1929) имеется «необычайное богатство форм песчаных степей, слагающихся в ассоциации, чрезвычайно напоминающие интразональные пятна на подобных же песках в степной полосе».

Уникальные, остепненные сосновые леса на р. Лобань не изучались вплоть до конца XX века. Лишь в 1990 г. по инициативе А. Н. Соловьева незначительной части соснового массива со степными элементами был присвоен статус особо охраняемой природной территории, а именно – ботанический памятник природы. Растительность и флора ООПТ «Бор на Лобани» изучалась В. М. Рябовым и его учениками. Был составлен конспект флоры (Пичугина, 2003; Пичугина, Рябов, 2003), выявлены новые для Кировской области виды растений (Пичугина, 2004).

Однако морфология ландшафтов данной территории до последнего времени оставалась за рамками научных исследований. На геологической карте четвертичных отложений ООПТ «Бор на Лобани» расположен на аллювиальных отложениях 1, 2 и 3 надпойменных террас рек Лобани и Кильмези.

По имеющимся геологическим данным (Туманов, 1967) большое значение для формирования рельефа территории имело девонское оледенение. При отступлении ледника образовалась масса флювиогляциальных потоков, коренным образом переработавших существовавший рельеф, создав волнистый, близкий к современному. Флювиогляциальные потоки приобрели линейный характер, выработав себе постоянные русла вдоль современных рек Кильмези, Лумпуна и Лобани. К концу среднечетвертичной эпохи в только что сформировавшиеся долины этих рек стала поступать масса песчаного материала, сносившегося с прилегающей флювиогляциальной равнины и образовавшего тело третьей надпойменной террасы.

Начало Верхнечетвертичной эпохи ознаменовалось углублением эрозии. Сформировались уступы третьих террас рек Валы, Кильмези, Лумпуна, Лобани с мощностью аллювиальных отложений 22–28 м, представленные желтовато-серыми, средне- и мелкозернистыми песками, в основании обогащенными гравийным и глинистым материалом. При последующем понижении базиса эрозии, связанным с временем развития хазарской трансгрессии Каспия, накопились отложения второй надпойменной террасы (мощность аллювиальных отложений 29,9 м), представленные желтовато- и коричневатосерыми, средне- и мелкозернистыми песками, с содержанием до 13% пылеватых и глинистых частиц и галькой кремнистых пород, приуроченных к основанию толщи. В период следующей хвалынской трансгрессии Каспия в долинах рек произошло накопление осадков первой надпойменной террасы (мощность аллювиальных отложений составляла 24,4 м), представленные серыми, средне- и мелкозернистыми, олигомиктовыми песками. В пределах флювиогляциальных и аллювиальных равнин наблюдается переотложение рыхлых песков ветром с образованием эоловых форм рельефа: песчаных дюн, бугров и котловин выдувания.

Полевые работы затронули все три надпойменные террасы, нами описаны фации песчаных бугров (дюн), имеющих, как правило, южное простирание.

Рельеф ООПТ «Бор на Лобани» сложный, имеет общий уклон в восточном направлении. Исследования фациальной структуры проводились вдоль трансекты, пересекающей надпойменные террасы р. Лобани в нижнем тече-

нии. Морфологическая структура ландшафта данного объекта определяется главным образом особенностью мезорельефа территории.

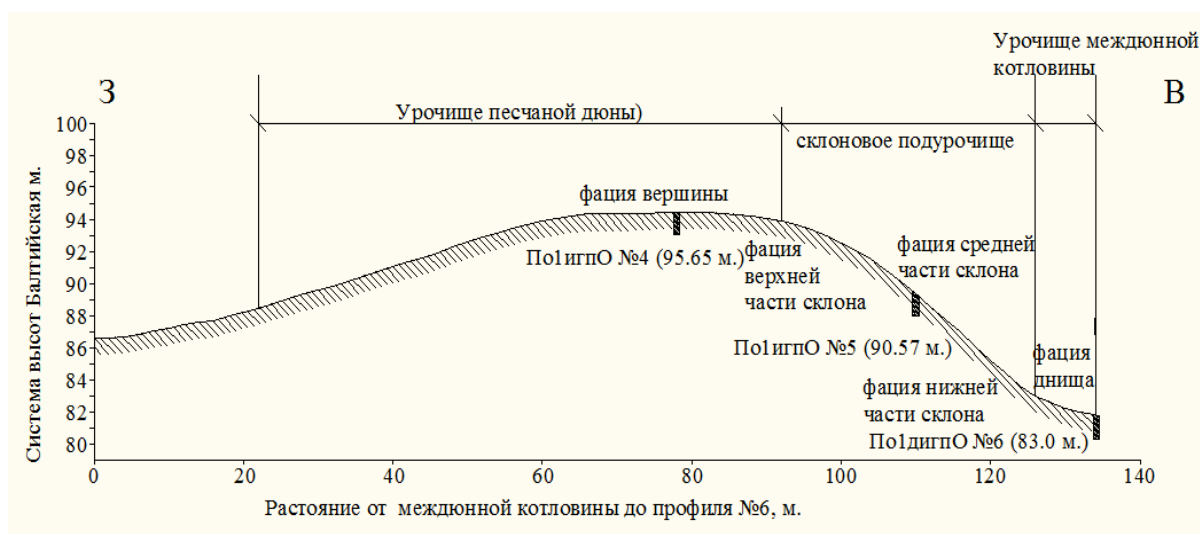


Рис. Морфологическая структура урочища «дюна»

Морфологическая структура долинно-зандровых ландшафтов определяется наличием дюнных и котловинных урочищ. Они, в свою очередь включают фации: вершин дюн, склоновые подурочища (фации отдельных частей склонов) и фации днищ (рис.).

Фации вершин хорошо обособляются в рельефе дюн. Они чаще находятся под сосняками беломошниковыми (66%), реже – под сосняками зеленомошниково-беломошниковыми (33%). Почвенный покров вершины дюн чаще представлен подзолами поверхностными иллювиально-гумусовыми песчаными (По₁^{иг}ПО) на вершинах бугров.

Склоновые подурочища, как правило, находятся под березово-сосновыми беломошниками (66%), реже березово-сосновым с елью бруснично-зеленомошными лесами (33%). В почвенном покрове склонов также доминируют подзолы поверхностные иллювиально-гумусовые песчаные (По₁^{иг}ПО).

Фации днища расположены под березово-сосновыми с елью бруснично-зеленомошными лесами (66%), реже – под березово-сосновыми вейнико-зеленомошными с можжевельником (33%). Повышенное увлажнение способствует накоплению гумуса, поэтому в почвенном покрове днищ междюнных котловин преобладают дерново-подзолистые поверхностные иллювиально-гумусовые песчаные (По₁^{диг}ПО) почвы.

Относительное однообразие почвенного покрова связано с большой толщиной песчаных древнеаллювиальных отложений (22–29,9 м) и гранулометрическим составом с преобладанием фракций крупного и среднего песков 1–0,25 мм (87–57%), с меньшим содержанием тонких песков 0,25–0,05 мм (41–12%) и более мелких фракции 0,05–0,001 мм (1,2% и менее).

Для создания полной ландшафтной карты ООПТ «Бор на Лобани» необходимы дальнейшие исследования морфологии ландшафтов прилегающих

частей с целью определения возможностей расширения этого памятника природы (в частности, в западном направлении). Дополнительное привлечение почвенно-аналитических данных и исследование структуры почвенного покрова помогут создать более точную и полную классификацию природно-территориального комплекса изучаемого района и в целом зандровых равнин Вятско-Камского Предуралья.

Литература

Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М., 1991. 366 с.

Исаченко Г. А. Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картирование. СПб., 1999. 111 с.

Исупова Е. М. Рельеф // Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа. Киров: Областная писательская организация Администрации Кировской области, 1997. С. 112–137.

Крылов П. Н. К флоре вятской губернии. Тр. общества естествоиспытателей при Казанском университете. Т. 14. Вып. 1. Казань, 1885. С. 1–131.

Матушкин А. С. Картографирование долинно-зандровых ландшафтов Вятско-Камского Предуралья // Пространственная организация, функционирование, динамика и эволюция природных, природно-антропогенных и общественных географических систем: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием 7–9 октября 2010 г., г. Киров. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2010. С. 345–354.

Пичугина Е. В. Флора особо охраняемой природной территории «Бор на Лобани» // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы докладов Десятой молодежной науч. конф. (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 15–17 апреля 2003 г.). Сыктывкар, 2003. С. 170–171.

Пичугина Е. В. Новые виды сосудистых растений в Кировской области // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика: Сб. материалов Всерос. науч. школы (г. Киров, 16–18 ноября 2004 г.) Киров, 2004. С. 172–173.

Пичугина Е. В., Рябов В. М. Особо охраняемая природная территория «Бор на Лобани» // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. 2003. № 8. С. 61–64.

Рупрехт Ф. Геоботанические исследования о черноземе. СПб., 1866. VI. 131 с.

Соловьев А. Н. Заповедные места // Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа. Киров: Областная писательская организация Администрации Кировской области, 1997. С. 547–582.

Туманов Р. Р. Геологическая карта СССР. Серия Волго-Уральская. Лист О-39-XXVIII. М., Недра, 1967.

Фокин А. Д. Краткий очерк растительности Вятского края. Вятка, 1929. 20 с.

ПОЧВЫ АФ «ДОРОНИЧИ» И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

В. В. Мирских, Л. В. Колыбина, Д. В. Волокитин, А. М. Прокашев
Вятский государственный университет

Земли агрофирмы «Дороничи» площадью 4389 га находятся в западной части Ленинского района г. Кирова. Ведущим для хозяйства является зерновое и кормовое направление, составляющее в посевах 55,5% и 28,7%. Экологическое состояние почв определяется действием природных и антропогенных факторов. Коэффициент увлажнения – 1,2 определяет ведущую роль

промывного водного режима и элювиальных процессов. Холмисто-увалистый рельеф способствует дренированию водоразделов, с одной стороны, переувлажнению их подножий и развитию долинно-балочной сети, с другой. Умеренная расчлененность рельефа определяет незначительную интенсивность эрозионных процессов при распашке почв. Почвообразующие породы разнообразны по генезису и представлены элювием пермских глин, песчаников, а также моренными суглинками, водно-ледниковыми, двучленными отложениями и делювием. Наиболее плодородные почвы формируются на суглинисто-глинистых отложениях, преобладающих в хозяйстве. Растительный покров южнотаёжного типа с преобладанием в древесном ярусе ели, сосны, пихты, березы, осины и других видов с умеренным участием в напочвенном покрове мхов, а также трав занимает 28,5% общей площади хозяйства и не способствует в естественном состоянии накоплению большого количества гумуса в почвах. Естественная луговая растительность приурочена, главным образом, к склонам и днищам речных долин, балок и лощин, образуя сенокосно-пастбищные угодья.

Почвенный покров хозяйства входит в состав Среднерусской почвенной провинции дерново-подзолистых почв. Его состав разнообразен и представлен 55 разновидностями, что обусловлено разнообразным сочетанием в пределах хозяйства форм рельефа, материнских пород, почвенно-гидрологических условий, растительности и т. п. (Материалы ...).

Основной фон почвенного покрова образуют дерново-неглубокоподзолистые почвы, занимающие 50% от общей площади хозяйства. Они формируются под действием подзолистого и дернового процессов педогенеза. Первому из них способствует промывной водный режим, второму – относительно богатые суглинисто-глинистые, в т. ч. карбонатные породы. Легко-, средне- и тяжелосуглинистые разности этих почв общей площадью 1086 га, развиты на моренных суглинках, нередко подстилаемых водно-ледниковыми отложениями или элювием песчаников на глубине около 0,5 м. Мощность их пахотного горизонта РУ в среднем равна 24 см, почвы обладают высокой емкостью катионного обмена (ЕКО) и низкой водопроницаемостью вследствие суглинисто-глинистого состава. Аналогичные дерново-неглубокоподзолистые средне-тяжелосуглинистые почвы на элювии пермских глин занимают значительно меньшую площадь – 122 га. Гумусоаккумулятивные горизонты содержат мало гумуса – 1,6–2,6%, их ЕКО равна 23,3–27,9 м-экв/100 г почвы, насыщенность основаниями (V) достигает 90% и более, реакция нейтральная (рН 6,1–6,6), обеспеченность обменным калием средняя – 10 мг/100 г почвы, подвижным фосфором низкая – 4,2 мг/100 г.

Дерново-неглубокоподзолистые почвы песчано-супесчаного состава, развитые на водно-ледниковых отложениях, элювии песчаников, глубоких двучленных отложениях – водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренными суглинками на глубине до 1 м и более занимают 892 га. Мощность их гумусового горизонта в среднем составляет 25 см при крайне

низком содержании гумуса – 0,6–1,1%, сумма обменных оснований (S) всего 2,5–6,0 мг-экв/100 г почвы, обменная кислотность – 0,4–0,9 м-экв/100 г.

Дерново-неглубокоподзолистые остаточного-карбонатные супесчаные и среднесуглинистые почвы на карбонатных моренных суглинках и водно-ледниковых отложениях, подстилаемых мореной карбонатной на глубине до 1,0 м, занимают 56 га.

Дерново-неглубокоподзолистые слабосмытые супесчаные, легко-средне- и тяжелосуглинистые почвы на моренных суглинках и водно-ледниковых отложениях, подстилаемых моренными суглинками на глубине до 0,5 м имеют площадь 40 га. На распахиваемых склонах они подвержены эрозии ввиду застывания осадков на водоупорных подстилающих породах, а мощность их гумусового горизонта снижается до 20 см.

Дерново-сильноподзолистые песчаные и супесчаные почвы на двучленных отложениях – водно-ледниковых песках подстилаемых моренными суглинками на глубине до 1,0 м занимают 362 га. Содержание гумуса в них низкое – 1,1–1,3%, S всего 5,0–6,0 м-экв/100 г почвы, гидролитическая плотность (Нг) равна 2,6–4,3 м-экв/100 г, насыщенность основаниями варьирует в широком диапазоне (54–83%), как и реакция – от сильнокислой до нейтральной, с рН 4,3–6,6.

Дерново-глубокоподзолистые легко- и среднесуглинистые почвы на моренных суглинках выявлены на 20 га.

Дерново-неглубоко- и глубокоподзолистые грунтово-глееватые супесчаные, легко-, средне- и тяжелосуглинистые почвы на водно-ледниковых отложениях и элювии пермских глин занимают 137 га в полугидроморфных, реже гидроморфных позициях на подошвах склонов или слабодренированных плакорах. От автоморфных почв морфологически отличаются наличием железомарганцевых конкреций в аккумулятивно-элювиальной толще, сизоватых и ржавых пятен оглеения или сизого глеевого горизонта в срединной зоне профиля.

Торфянисто-подзолистые грунтово-глееватые почвы на двучленных отложениях выявлены на площади 43 га. В этих почвах имеется торфяной горизонт (Т) мощностью до 20 см, ниже он сменяется элювиально-иллювиальной толщей с ржаво-сизыми пятнами, примазками и глеевым горизонтом, чаще на глубине более 100 см.

Интразональные дерново-карбонатные почвы ограничено встречаются (43 га) на рассматриваемой территории под травяными или травяно-моховыми лесами в местах с близким залеганием богатых углекислой известью пород, как правило, на повышенных выровненных участках водоразделов и перегибах склонов. Благодаря карбонатам и травянистой растительности в них активизируется гумусонакопление с образованием сравнительно мощного темно-серого или буровато-серого горизонта АU(PU). Однако в условиях промывного режима карбонаты постепенно выщелачиваются, среда подкисляется, содержание гумуса и его качественный состав деградируют и

почвы эволюционируют в направлении зонального ряда через промежуточный род дерново-подзолистых остаточно-карбонатных почв.

На землях хозяйства выделены два подтипа этих почв – типичные и выщелоченные. Дерново-карбонатные типичные средне- и тяжелосуглинистые почвы, подстилаемые моренными карбонатными суглинками, занимают 12 га. Они характеризуются укороченностью профиля, наличием в условиях распашки развитого гумусового горизонта мощностью около 27 см (часто с фрагментами известкового щебня), под которым залегает переходный горизонт В или материнская порода. Дерново-карбонатные выщелоченные среднегумусные среднесуглинистые почвы на моренных карбонатных суглинках распространены на площади 31 га.

Дерново-карбонатные-типичные грунтово-глееватые среднегумусные почвы на моренных карбонатных суглинках выявлены на 17 га. Естественное плодородие почв высокое, но они слабо обеспечены подвижными элементами минерального питания растений.

Дерновые оглеенные среднегумусные почвы полугидроморфного и гидроморфного рядов формируются в понижениях рельефа при близком залегании жестких грунтовых вод. Под дерниной или оторфованной подстилкой в них залегает темно-серый, богатый гумусом горизонт АU с зернисто-мелкоореховатой структурой. Ниже залегает серовато-бурый горизонт АUB, нередко с признаками оглеения, переходящий далее в грязно-бурый с ржавыми и сизыми пятнами срединный (или сплошной глеевый) горизонт. Дерново-грунтово-глееватые среднегумусные супесчаные легко-, средне- и тяжелосуглинистые почвы на моренных суглинках и водно-ледниковых отложениях выявлены на 398 га. Дерновые грунтово-глееватые среднесуглинистые почвы на моренных суглинках или водно-ледниковых отложениях, подстилаемых моренными суглинками, распространены на площади 37 га. Содержание гумуса в этих почвах 3-5%, насыщенность основаниями высокая; они нуждаются в осушении.

Болотные почвы формируются при более стабильном водозастойном водном режиме в понижениях рельефа или на слабодренированных плоских участках междуречий. Характеризуются развитием торфообразовательного процесса в сочетании с гумификацией мортмассы. Под торфяным горизонтом Т расположен глеевый минеральный горизонт G или залегает переходный органоминеральный иловатый горизонт, пропитанный соединениями гумусовой природы. В зависимости от местоположения болотные почвы подразделяются на самостоятельные типы (или подтипы) и виды. Наиболее распространены болотные низинные перегнойно-торфяные среднеспособные почвы, подстилаемые породами тяжелого и легкого гранулометрического состава, занимающие 106 га, пригодные под кормовые угодья и добычу торфа.

Аллювиальные почвы азонального ряда распространены в поймах рек Вятки и её притока Чахловицы. Это группа типов почв, формирующихся при комбинации геологических (пойменно-аллювиальных) и педогенных процессов: дернового, оглеения, а иногда болотного, реже оподзоливания. В зависи-

мости от соотношения профилеобразующих процессов эти почвы подразделяются на типы, подтипы и виды.

Аллювиальные дерновые слоистые песчаные почвы на речных отложениях выявлены на 84 га, ближе к приустьевой зоне пойм. Отличаются слабой выраженностью гумусового горизонта и тонкой слоистостью (зебровидностью) всего профиля с чередованием светлоокрашенных песчаных прослоек с более темными суглинистыми; иногда в их профиле встречаются погребенные гумусовые горизонты возрастом до нескольких тысяч лет.

Аллювиальные дерновые малогумусные супесчаные и легкосуглинистые почвы характерны для пойм малых рек, где охватывают площадь 202 га. Слоистость их почти не выражена, горизонты довольно однородные по гранулометрическому составу, обогащены илистой фракцией. В них под дерниной мощностью 3–5 см залегает развитый темно-серый или буровато-серый гумусовый горизонт, переходящий ниже в серовато-бурый, нередко с признаками оглеения, горизонт В.

Аллювиальные дерновые среднегумусные легко-, средне- и тяжелосуглинистые почвы с содержанием органического вещества 3–5% выявлены на 340 га.

Аллювиальные дерновые глеевые среднегумусные (3–5%) почвы тяжелосуглинистого состава занимают 193 га. Они имеют мощный темно-серый гумусовый горизонт 30–40 см, а в пределах метровой толщи – сизый глеевый горизонт.

Овражно-балочные почвы встречаются по днищам оврагов и балок с постоянными и временными водотоками. Среди них дерновые намывные среднесуглинистые почвы на делювиальных отложениях выявлены на площади 10 га; овражно-балочные дерновые намывные глеевые легко- и среднесуглинистые почвы на делювии занимают 143 га по наиболее сырым днищам оврагов и балок. Они обладают мощным иловатым органоминеральным горизонтом, оглеенным с поверхности. Деформированные почвы с нарушенным почвенным профилем представлены: а) землями перерытыми (40 га); б) торфяниками выработанными (3 га).

В целом, почвенный покров АФ отличается неоднородным составом и мелкоконтурностью, причиной которых являются разнообразие рельефа, материнских пород, почвенно-гидрологических условий, растительного покрова, направлений использования земель и уровень культуры земледелия.

Литература

Материалы почвенного обследования по совхозу «Доронищи» Ленинского района г. Кирова.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫМЫВАНИЯ НИТРАТОВ ИЗ ПОЧВЫ

Ю. В. Береснева, А. А. Пояркова, Н. В. Сырчина
Вятский государственный университет, julia-kob@mail.ru

Расходы на внесение удобрений в почву весьма велики, однако получаемый экономический эффект часто не окупает затраты. К числу важнейших причин, снижающих эффективность использования удобрений, можно отнести несовершенство технологии их применения, а также потерю части элементов питания за счет вымывания их из почвы (Конашенков, 2001). В связи с этим поиск эффективных способов снижения вымываемости элементов питания из корнеобитаемого слоя почвы представляет большой практический интерес, как с точки зрения экономики сельского хозяйства, так и с точки зрения экологических последствий от использования удобрений.

Цель работы: изучить влияние различных добавок на вымываемость нитратов и других соединений из почвы.

В качестве источника нитратов было использовано комплексное минеральное удобрение – нитрофоска (NPK 16:16:16). В качестве добавок изучались вещества и материалы, применяемые в растениеводстве и производстве удобрений как технологические компоненты или действующие вещества (силикат натрия, торфогель, кремнистая опока). Силикат натрия используется в составе удобрений и средств защиты растений, обладает выраженной фунгицидной активностью (Коробейникова, 2005). Торфогель (суспензия, содержащая 15% сухого вещества) применяется как удобрение – источник гуматов (Зубченко 2006). Кремнистая опока (Каменнорское месторождение Астраханской области) является эффективным природным сорбентом, оказывающим мелиорирующее воздействие на почву (Пындык, 2015).

В качестве модельной почвы для выполнения исследований использовался супесчаный агрозем, содержащий 6% органического вещества.

Для оценки влияния добавок на вымываемость нитратов применялись стеклянные колонки высотой 500 и диаметром 20 мм. Нижняя часть колонок закрывалась тонкой водопроницаемой капроновой сеткой. В колонки помещались образцы почвы (50 г) с внесенной нитрофоской (200 мг/кг почвы) и соответствующими добавками. Сверху в колонки подавалась дистиллированная вода (200 мл), фильтрат собирался в колбы и подвергался анализу.

Скорость подачи воды регулировалась с помощью капельного устройства. Масса и объем экспериментальных образцов грунта были одинаковыми. Содержание органического вещества определялось согласно ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. Содержание нитратов определялось согласно ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. Определение органических и минеральных веществ в фильтрате выполнялось гравиметрическим методом.

Согласно результатам лабораторного эксперимента, все изученные добавки оказывают заметное влияние на вымываемость минеральных и органических веществ из почвы. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица

Влияние добавок на вымываемость нитратов и других компонентов из почвы

Состав модельной почвы	Характеристики фильтрата				
	Цвет	pH	Содержание нитратов, мг/л	Содержание сухого вещества	
				минеральные вещества, г/л	органические вещества, г/л
Почва без добавок	Буровато-желтый	7,7	0,39	3,80	6,95
Почва + нитрофоска (контроль)	Буровато-желтый	8,1	0,41	5,60	9,50
Почва + нитрофоска + опока (2%)	Буровато-желтый (светлее остальных)	7,6	0,32	4,15	8,65
Почва + нитрофоска + торфогель (1% в расчете на сухое вещество)	Буровато-желтый	7,6	0,23	2,15	2,98
Почва + нитрофоска + силикат натрия (1% в расчете на сухое вещество)	Темно-коричневый, почти черный	10,00	0,35	10,9	13,3

Наибольшее влияние на состав почвенного раствора оказывает торфогель. В присутствии этой добавки снижается вымываемость как органических, так и неорганических веществ: вымываемость нитратов уменьшается в 1,8, а вымываемость органических веществ – в 3,2 раза по сравнению с контролем образцом почвы. Аналогичное, но менее выраженное влияние на потерю почвой органического и неорганического вещества оказывает кремнистая опока.

Снижение содержания органических и неорганических веществ в почвенных растворах под влиянием торфогеля и опоки можно объяснить выраженными сорбционными свойствами этих материалов. За счет процессов сорбции переход органических и неорганических веществ в растворенное (подвижное) состояние ограничивается.

Силикат натрия, в отличие от торфогеля и опоки, приводит к существенному усилению вымываемости и органических и неорганических компонентов из почвы, причем в присутствии силиката, вымываемость нитратов оказывается все же ниже, чем в контроле. Под влиянием силиката натрия pH почвенной вытяжки заметно увеличивается. Можно предположить, что поступление растворимых силикатов в почвенную систему приводит к суще-

ственной трансформации почвенно-поглощающего комплекса, в результате чего нерастворимые в воде соединения вытесняются в раствор.

Таким образом, все изученные добавки снижают вымываемость нитратов из почвы. Наибольший эффект достигается при внесении в почву торфогеля. Включение торфогеля в состав минеральных удобрений может существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и уменьшить степень деградации почвы, за счет снижения миграционной способности минеральных и органических веществ в почвенных системах.

Интенсификация перехода органических и неорганических веществ в подвижное состояние под влиянием растворимых силикатов позволяет использовать добавку этого вещества в качестве активатора соответствующих почвенных процессов.

Литература

Зубченко Е. Б. Эффективность применения гуматов и углегуминовых удобрений под яровую пшеницу на почвах, загрязненных кадмием и цинком: Дис. ... канд. с-х. наук. Барнаул. 2006. 150 с.

Конашенков А. А. Агроэкологическая эффективность совершенствования технологий использования минеральных удобрений в условиях Северо-Запада России: Дис. ... канд. с-х. наук. Великие Луки. 2001. 138 с.

Коробейникова О. В. Эффективность фунгицидов и удобрений в смеси с силикатом натрия в защите от болезней и повышении урожайности яровой пшеницы в Среднем Предуралье: Автореф. дис. ... канд. с-х. наук. М., 2005. 22 с.

Пындык В. И. Новиков А. Е. Природные мелиоранты на основе кремнеземов и глиноземов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. № 2 (38). С. 73–76.

ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.

ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИСТЫХ ОПОК НА СОСТАВ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Е. А. Фетисова, Н. В. Сырчина, Т. И. Кутявина

Вятский государственный университет, fetisova-fetisova@mail.ru

Перспективным направлением регулирования содержания ТМ в почвенных растворах может стать использование природных минеральных сорбентов, к числу которых относятся цеолиты, глаукониты, диатомиты, трепел, кремнистая опока. В ряде исследований показана высокая сорбционная активность этих материалов по отношению к ТМ и возможность применения пористых кремнистых пород для создания удобрений пролонгированного действия (Бодня, 2011, Фетисова и др., 2015).

Получены данные о том, что пористые кремнистые материалы являются не только эффективными сорбентами, но и оказывают мелиорирующее воздействие на почвы, способствуют повышению засухоустойчивости и урожайности растений, укрепляют фитоиммунитет (Пындык, Новиков, 2015). Однако

имеются данные и о слабовыраженном и даже негативном воздействии природных сорбентов (цеолитов) на состав почвенных растворов (Бодня, 2011). Неоднозначные данные о влиянии природных сорбентов на свойства почв и развитие растений свидетельствуют о недостаточной изученности этого вопроса и о необходимости выполнения дальнейших исследований.

Цель работы: изучить влияние кремнистой опоки на состав почвенных растворов и развитие злаковых культур, оценить возможность использования этого сорбента для снижения вымываемости азотных удобрений из корнеобитаемого слоя почвы.

В качестве объекта исследования использовалась кремнистая опока Каменнорского месторождения (Астраханская область, Черноярский район). Данная опока относится к осадочным опал-кристобалитовым горным породам. Строение породы пористое, тонкозернистое. Химический состав выражается формулой (%): $\text{SiO}_2(78-80) \cdot \text{Al}_2\text{O}_3(18-22) \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3(0,5) \cdot \text{CaCO}_3(0,12-0,8) \cdot \text{H}_2\text{O}(0,2-0,5)$.

В астраханских опоках отсутствуют даже следовые количества Pb, Cd, As, Be (Бодня М.С., 2011). В отличие от глин, опоки не размокают в воде и проявляют устойчивость в нейтральных и слабокислых растворах.

Строение и свойства кремнистых опок позволяют высказать предположение о том, что внесение этого материала в почву может оказать существенное влияние на состав почвенных растворов и биодоступность различных минеральных элементов.

В работе изучено влияние опоки на подвижность катионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , а также фосфат-, нитрат- и хлорид-ионов. Выбор ионов обусловлен следующими причинами:

Катионы Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} обладают выраженными экотоксичными свойствами, поэтому перевод этих ионов в недоступную для растений форму имеет большое практическое значение.

Катионы Cu^{2+} и Zn^{2+} (при умеренном содержании в почвах) выполняют функции микроэлементов, необходимых для нормального развития растений. Уменьшение биодоступности этих элементов может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Фосфат- и нитрат-ионы являются основными элементами минерального питания растений. Недостаток этих ионов в почвенных растворах оказывает негативное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Хлорид-ионы поступают в почву в составе многих удобрений. Чрезмерное содержание хлоридов может вызвать фитотоксичное воздействие на многие сельскохозяйственные культуры.

Для выполнения исследований использовался агрозем (легкий суглинок), содержащий 4,2% органического вещества. Перед использованием агрозем просеивался через сито с размером ячеек 1 мм.

Образцы опоки дробились и разделялись на фракции с помощью набора сит КП-131. Для экспериментальных исследований использовались гранулы размером 0,25–0,1 мм.

Агрозем без опоки использовался в качестве контрольного грунта, агрозем с добавкой 10% опоки – в качестве экспериментального грунта.

В качестве источника нитратов и фосфатов применялось минеральное удобрение нитрофоска (соотношение N:P:K составляет 16:16:16). Нитрофоска добавлялась в грунт из расчета 2 г на 1 кг воздушно сухого грунта.

pH солевой вытяжки измерялся с помощью pH-метра (pH-150МИ) по ГОСТ 26483-85. Содержание подвижных форм ионов определялось следующими методами:

NO_3^- – по ГОСТ 26488-85 на спектрофотометре ЮНИКО 2800;

P_2O_5 – по по ГОСТ Р 54650-2011 на спектрофотометре ЮНИКО 2800;

Cl^- – по ГОСТ 26425 титриметрическим методом;

Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} – методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре «СПЕКТР-5» в соответствии с ФР.1.31.2012.13573;

Sr^{2+} , Ca^{2+} – по ГОСТ 10398-76; ГОСТ 26428-85 комплексонометрическим методом.

Результаты анализа подвергались статистической обработке по общепринятым формулам в программе «Microsoft Excel».

Для оценки влияния опоки на вымываемость нитрат-ионов применялись делительные воронки, заполненные экспериментальным и контрольным грунтом. В грунт добавлялась аммиачная селитра из расчета 2 г на 200 г грунта, смесь тщательно перемешивалась. С помощью капельного устройства грунт промывался дистиллированной водой. Расход воды составлял 500 мл на 200 г грунта, скорость подачи – 100 мл/час.

В результате эксперимента установлено, что добавка дробленой опоки в почву приводит к снижению содержания подвижных форм всех изученных катионов. Подвижность Cd^{2+} уменьшается на 46–49%; подвижность Pb^{2+} – на 30-35%; подвижность Zn^{2+} – на 11–12%.

Одновременно со снижением подвижности катионов, наблюдается существенное снижение содержания подвижных форм фосфора (табл.).

Таблица

Содержание подвижных форм фосфора в грунтах различного состава

Образец	Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг	pH солевой вытяжки
Вытяжка из контрольного грунта	2700+/-500	6,29+/-0,02
Вытяжка из контрольного грунта с добавкой нитрофоски	3400+/-700	6,17+/-0,02
Вытяжка из экспериментального грунта с добавкой нитрофоски	2600+/-500	6,12+/-0,02

Содержание хлоридов и нитратов в экспериментальных грунтах, по сравнению с контрольными, практически не изменяется.

Вероятной причиной снижения подвижности катионов может быть их сорбция поверхностью опоки. Силикатный каркас кремнистой опоки имеет отрицательный заряд, способствующий процессам сорбции положительно заряженных частиц (Шарапова, 2015).

Под влиянием сорбированных катионов поверхность опоки приобретает положительный заряд, обеспечивающий сорбцию и связывание фосфат-ионов в малорастворимые соединения. Следует отметить, что образование малорастворимых фосфатов характерно для всех изученных катионов.

В отличие от фосфатов, хлориды и нитраты большинства изученных катионов хорошо растворимы в воде. Возможно поэтому подвижность анионов Cl^- и NO_3^- в грунтах с опокой практически не изменяется.

Снижение $pH_{\text{кол}}$ солевой вытяжки грунта под влиянием опоки (табл.) можно объяснить активной сорбцией (связыванием) катионов кальция, стронция и др.

Изучение влияния опок на вымывание нитрат-ионов из почвы показало, что при пропускании 500 мл воды из 200 г грунта, содержащего 10% опоки вымывается 62% нитратов, а из грунта без опоки – 92%. Т.е. добавка опоки в почву способствует снижению вымываемости нитратов из верхнего горизонта почвы. Следует отметить, что внесение опоки в грунт приводит к существенному снижению его водопрпускной способности. Чем тяжелее механический состав грунта и чем выше содержание в нем органического вещества, тем сильнее проявляется влияние опоки на водопрпускные свойства. Вместе с тем, засыпка дробленой опокой дна прудов или других искусственных водоемов, может способствовать уменьшению потерь воды вследствие фильтрационных процессов и очистке воды от загрязнения тяжелыми металлами благодаря процессам сорбции катионов и переводу их в малорастворимые соединения (например, фосфаты).

В ходе работы установлено, что внесение кремнистой опоки в почву приводит к существенному изменению состава почвенного раствора. В присутствии опоки происходит уменьшение подвижности двухзарядных катионов. Связывание катионов тяжелых металлов (Cd^{2+} , Pb^{2+}) и Sr^{2+} способствует снижению экотоксичности почвы и уменьшает риск загрязнения сельскохозяйственной продукции соответствующими элементами.

Связывание таких катионов, как Cu^{2+} и Zn^{2+} приводит к снижению биодоступности соответствующих микроэлементов в почвах. Обеднение почв подвижными формами микроэлементов может привести к ухудшению минерального питания растений и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Под влиянием опоки происходит уменьшение содержания подвижного фосфора. Данный эффект является весьма нежелательным с точки зрения обеспечения нормального минерального питания растений.

Добавка опоки приводит к снижению вымываемости нитратов и уменьшению водопрпускной способности почв.

В целом результаты исследования свидетельствуют о том, что использование опоки в сельском хозяйстве может привести как к положительным (связывание катионов тяжелых металлов, снижение вымываемости азота), так и к отрицательным последствиям (снижение биодоступности микроэлементов, фосфора, уменьшение водопрпускной способности почв). Принятие решения

о возможности использования опоки в качестве мелиоранта требует дополнительных исследований в каждом конкретном случае с учетом химического состава и водного режима почв.

Литература

Бодня М. С. Влияние опок астраханской области на ионный состав почвы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5(2). С. 140–142.

Пындык В. И. Новиков А. Е. Природные мелиоранты на основе кремнеземов и глиноземов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. № 2 (38). С. 73–76.

Фетисова Е. А., Богатырева Н. Н., Сырчина Н. В. Агрохимические свойства опок // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (г. Киров, 1–2 декабря 2015г.). Киров: Веси, 2015. С. 213–215.

Шарапова А. В. Обезвреживание сточных вод от тяжелых металлов под действием ультразвука и утилизация противобледенительных жидкостей с применением природных сорбентов: Дис. ... канд. хим. наук. Ульяновск, 2015. С. 26.

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИСТОЙ ОПОКИ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Н. Н. Богатырёва, Н. В. Сырчина, Е. А. Фетисова

Вятский государственный университет,

bogatyreva_n94@mail.ru, nvms1956@mail.ru, fetisova-fetisova@mail.ru

Обеспечение высокого плодородия и химической безопасности почв становится одной из наиболее актуальных проблем современного земледелия. Решение этой проблемы представляет сложную задачу, поскольку для обеспечения баланса элементов питания в почву необходимо вносить удобрения и известковые материалы, компенсирующие вынос питательных элементов и нейтрализующие повышенную кислотность почвы. Вместе с удобрениями, известковыми материалами, средствами защиты растений в почву поступает целый ряд соединений (тяжелые металлы, мышьяк, фтор, хлор, стронций и др.), приводящих к загрязнению, как самой почвы, так и выращиваемых культур. Ухудшение химического состава оказывает отрицательное влияние на структуру почв, приводит к трансформации видового состава почвенной биоты, снижает плодородие.

Проблема удаления опасных компонентов из почвы пока не нашла технологически приемлемого решения. Наиболее рациональным направлением обеспечения химической безопасности почвы может стать использование приемов снижения биологической доступности токсичных соединений, т.е. перевод этих соединений в связанное состояние. Перспективными материалами, способствующими регулированию минерального состава почв, могут стать природные пористые сорбенты, такие как опоки, трепелы, диатомиты, глауконитовые пески и др. (Фетисова и др., 2015).

В ряде работ показано, что высококремнистые пористые материалы способствуют сорбции и снижению подвижности тяжелых металлов, мышьяка, радиоактивного ^{137}Cs , обеспечивают эффект пролонгированного действия удобрений, снижают интенсивность поступления тяжелых металлов в растения, улучшают агрофизические свойства, водный и питательный режимы почвы (Свириденко, 2006). Следует отметить, что в основном исследования касаются оценки сорбционного потенциала пористых материалов и регулирования солевого состава почвенных растворов. Однако представляет интерес возможное воздействие кремнистых осадочных пород на водно-физические свойства почв. В связи с этим проведение исследований по выявлению возможного влияния кремнистых пористых материалов на гидрологические характеристики почв представляют большой практический интерес.

В качестве объекта исследования была выбрана кремнистая опока Каменоярского месторождения Черноярского района Астраханской области.

Цель работы: Изучить влияние опоки на водопропускные и водоподъемные свойства почвы. Оценить возможные последствия от внесения опоки в почву.

Перед использованием образцы опоки дробились и разделялись на 4 фракции с размером частиц от 3,0 до 0,25 мм при помощи набора сит КП-131.

В качестве модельной использовалась легкосуглинистая почва, содержащая 4,2% органического вещества.

Для оценки водопропускной способности почва помещалась в стеклянные делительные воронки, в которые сверху подавалась вода. Скорость подачи воды регулировалась с помощью капельного устройства. Масса и объем экспериментальных (с добавлением опоки) и контрольных (без добавления опоки) образцов были одинаковыми.

Для изучения водоподъемных свойств образцы почвы помещались в стеклянные трубки (24x1,5 мм) высотой 50 см, нижняя часть трубок закрывалась водонепроницаемой мембраной и опускалась в воду на глубину 2 см.

Ранее было показано, что наибольшая сорбция влаги характерна для гранул опоки размером 0,25..1 мм. Кроме того, было отмечено, что добавка гранул опоки в почву способствует более интенсивному испарению влаги. Средняя потеря воды в сутки в почве с добавкой опоки была на 0,6 г больше, чем в аналогичном по массе образце (200 г) без опоки (Фетисова и др., 2015).

Результаты можно объяснить тем, что слабо связанная капиллярная влага, содержащаяся в опоке, испаряется значительно легче, чем влага связанная почвенными коллоидами и органическими веществами. В грунте без опоки больше органических веществ и почвенных коллоидов, способствующих более прочному связыванию воды и препятствующих ее испарению.

Для изучения влияния опоки на водопроницаемость грунтов образцы грунта и грунта с добавкой 10 и 20% гранул опоки размером 1..0,25 мм помещались в делительные воронки. Сверху в воронки подавалась дистиллированная вода. Фильтрат собирался в колбы. В ходе эксперимента установлено,

что добавление в грунт опоки существенно уменьшает ее водопроницаемость. Почва, содержащая 20% опоки, намокает на глубину 4-5 см и далее перестает пропускать влагу. Водопроницаемость грунта, содержащего 10% опоки, существенно снижается. За время эксперимента (4 часа) образец грунта (200 г) пропустил 430 мл, а аналогичный образец почвы с 10% опоки только 120 мл влаги. Чем легче гранулометрический состав почвы и ниже содержание органического вещества, тем меньшее влияние оказывает опока на водопрпускные свойства.

Интерес представляет тот факт, что наряду с существенным снижением водопроницаемости, опока практически не оказывает влияния на водоподъемные свойства грунта. Изучение водоподъемной способности грунтов показало, что в трубках, заполненных грунтом и грунтом с добавкой 10% гранул опоки, вода за 8 часов поднялась практически на одинаковую высоту (14,8 см и 15,3 см соответственно).

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что добавка дробленной опоки в почву приводит к существенному изменению ее водно-физических свойств, в частности, к снижению водопроницаемости и увеличению влагоемкости. Снижение водопроницаемости может вызвать такие негативные последствия, как застаивание влаги в верхних горизонтах, засоление почвы, развитие процессов эрозии.

Воздействие опоки на почву может быть продолжительным во времени, поскольку опока не вымывается из почвы и отличается химической стабильностью.

Для предотвращения негативных последствий от использования природных пористых кремнистых материалов в качестве мелиорантов требуются дополнительные исследования.

Литература

Свириденко Д. Г. Влияние технологических приемов возделывания зерновых культур на накопление ^{137}Cs и тяжелых металлов в урожае и биологическую активность почв: Дис. ... канд. биол. наук. Обнинск, 2006. С. 137.

Фетисова Е. А., Богатырева Н. Н., Сырчина Н. В. Агрохимические свойства опоки // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностики живых систем: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (1–2 декабря 2015 г.). Киров: ООО «Веси», 2015. С. 213–215.

СЕКЦИЯ 2 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОРОСЛЕВО-ГРИБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

*А. Л. Коновалов¹, Л. И. Домрачева^{1,2},
С. Ю. Огородникова^{2,3}, Е. А. Домнина^{2,3}*

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
sugrobandrei@gmail.com,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Вятский государственный университет*

Водоросли и микроскопические грибы являются составной частью почв любых природных экосистем, включая лесные фитоценозы. Роль водорослей в почвах лесных фитоценозов впервые была доказана исследованиями отечественных альгологов (Алексахина, Штина, 1984). Особая роль грибов в почвенных процессах обусловлена мощным ферментативным аппаратом, наличием многообразных способов размножения, высокой адаптационной способностью (Мирчинк, 1988; Марфенина, 2005).

Детальное исследование альго-микологических комплексов почв различных лесных фитоценозов в районе п. Марадыково Кировской области было проведено в 2004, 2005, 2007 и 2012 гг. (Домрачева, Кондакова, 2009; Домрачева и др., 2012). Было установлено, что характер развития микромицетов коррелирует и с типом почвы, и с типом леса. О степени активности грибов можно судить по длине грибного мицелия, которая достигал максимальной величины (около 3 км/г) в подзолистых почвах под сосновыми лесами с биомассой почти 8 т/га. Количество фрагментов мицелия, которое подсчитано с помощью прямого микроскопического метода (до 11 млн/г), намного превышает численность грибов, выявленную по результатам посева на селективные питательные среды (в этом случае определяемый показатель обычно не превышает 1 млн. КОЕ/г). Загрязнение лесных почв поллютантами приводит к увеличению в структуре популяций микромицетов пигментированных форм.

Запасы водорослевой биомассы существенно ниже грибной. Так, моментальная масса зелёных водорослей не превышала 50 кг/га. Однако вследствие высокой скорости обновления и интенсивности продукционного процесса биомасса водорослей играет существенную роль в питании почвенных беспозвоночных и активизации сапротрофного микробного комплекса.

Результаты альгологического анализа показали, что в исследуемых почвах численность фототрофных микроорганизмов колебалась в значительных пределах – от 440 тыс. до 1 млн. клеток в 1 г почвы.

Сравнение характера развития фототрофных и грибных комплексов в подзолистой почве в три срока наблюдения (2005, 2007 и 2012 гг.) показало, что за годы исследований минимальный микробный пул фототрофов практически не снизился.

Цель данной работы – продолжить изучение особенностей почвенных водорослево-грибных комплексов по их количественным характеристикам.

Исследования проводили, используя образцы почв, отобранные в 7 лесных фитоценозах в районе п. Марадыково Кировской области. В этих фитоценозах были выделены участки многолетнего биомониторинга, проводимого Лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН (№№ участков: 2, 5, 9, 17, 18, 28 и 36). Для каждого участка определены тип фитоценоза и тип почвы (табл. 1).

Пробы почвы для количественного анализа водорослево-грибной микрофлоры отбирали в сентябре 2015 г. по стандартным микробиологическим методикам. Численность клеток водорослей и фрагментов мицелия грибов, а также длину грибного мицелия определяли методом прямого микроскопического учёта. При определении численности грибов дифференцировали формы с бесцветным и окрашенным мицелием.

Таблица 1

Численность водорослей и микроскопических грибов в почвах лесных фитоценозов

№ участка	Фитоценоз	Тип почвы	Численность водорослей, тыс. клеток/г	Численность грибов, тыс. фрагментов/г
2	Елово-березовый лес брусничный	Сильнопodzолистая, песчаная	282±7	1592±375
5	Елово-березовый лес чернично-мёртвопокровный	Среднеpodзолистая, песчаная	462±18	1175±47
9	Сосняк мёртвопокровный	Среднеpodзолистая, песчаная	270±28	474±15
17	Ельник черничный с вейником	Среднеpodзолистая, песчаная	717±25	1549±312
18	Сосняк бруснично-зеленомошный с вейником	Среднеpodзолистая, песчаная	432±50	1000±175
28	Сосняк чернично-брусничный с вейником	Среднеpodзолистая, песчаная	282±25	1332±225
36	Елово-березовый лес мёртвопокровный	Сильнопodzолистая супесчаная	432±115	1049±190

Альгологический количественный анализ показал, что абсолютное доминирование во всех типах почвы принадлежит одноклеточным зелёным во-

дорослям. Их численность колеблется от 270 до 717 тыс. кл./г. Минимальные показатели зарегистрированы в таких фитоценозах, как елово-березовый лес брусничный, сосняк мертвопокровный и сосняк бруснично-зеленомошный, которые расположены на сильно- и среднеподзолистых почвах. Максимальные показатели водорослевого обилия отмечены в ельнике черничном на среднеподзолистой песчаной почве (табл. 1). Сравнивая полученные показатели с результатами количественного определения водорослей в данных фитоценозах в предыдущие годы, следует отметить, что существенных изменений в количественном статусе альгоценозов не произошло.

При анализе результатов количественного микологического анализа видно, что численность грибных фрагментов в почвах исследуемых фитоценозов колеблется от 314 до 1592 тыс./г. Минимальные показатели характерны для подзолистых почв (табл. 1). Данные значения существенно ниже показателей грибного обилия, отмеченного в предыдущие годы, когда численность грибных фрагментов в почве достигала 11 млн./г при минимальных показателях не менее 500 тыс. фрагментов мицелия в 1 г.

Ещё одним доказательством деструкционной активности грибов в почве является длина их мицелия, которая может достигать нескольких километров в 1 г почвы. Например, в подзолистой песчаной почве под сосняком в 2007 г. нами зафиксирована длина мицелия до 3 км/г (Домрачева, Кондакова, 2009). В исследованиях 2015 г. подобной величины обнаружено не было, хотя максимальный показатель этой величины близок 2 км/г в сильно подзолистой почве под елово-березовым лесом (табл. 2). На других участках, под другими фитоценозами длина мицелия колебалась в пределах от 434 до 868 м/г почвы.

Таблица 2

Длина грибного мицелия в почв

№ участка	Длина мицелия, м/г			Структура популяций, %	
	бесцветный	окрашенный	общая	бесцветный мицелий	окрашенный мицелий
2	640	1192	1822	34,9	65,1
5	400	468	868	46,1	53,9
9	296	514	810	36,5	63,5
17	294	459	753	39,0	61,0
18	176	284	460	38,3	61,7
28	175	386	563	31,1	68,9
36	166	268	434	38,2	61,8

Анализ структуры грибных популяций показывает, что доминирование в исследуемых почвах принадлежит окрашенным (меланизированным) микромицетам, которые могут составлять до 70% и вносят большой вклад в процессы гумификации почв.

Таким образом, исследования, проводимые более десяти лет в лесных фитоценозах в районе Марадыково, позволяют оценить количественный вклад микроскопических водорослей и грибов в жизнь почвы как достаточно стабильный с определенными колебаниями показателей численности клеток

водорослей, фрагментов и длины мицелия в различные годы. Однако минимальные величины, зафиксированные в 2015 г. не опускаются ниже минимального пула водорослей и микромицетов, зарегистрированных в другие годы исследований.

Литература

Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В. Микромицеты лесных почв – количественная характеристика // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Сб. материалов 7 междунар. конф. г. Пермь. 7–13 сентября 2009 г. Пермь, 2009. С. 58–60.

Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Елькина Т. С. Сравнительный анализ специфики почвенных альго-микологических комплексов в зоне действия объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 73–78.

Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 193 с.

Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ЛЕСНЫХ И ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

Л. В. Кондакова^{1,2}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}, К. А. Безденежных¹

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Альгологический мониторинг широко применяется для оценки состояния природной среды. До начала функционирования объекта «Марадыковский» и на начальных этапах его работы в почвах прилегающих территорий была выявлена альгофлора. В луговых биоценозах было отмечено 123 вида почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ), в лесных – 71 вид (Кондакова, 2012). Альгологический анализ состояния почв после функционирования объекта представляет научный интерес в рамках оценки его воздействия на почвенную среду.

Целью исследования являлось выявление видового разнообразия почвенной альгофлоры на участках мониторинга в районе объекта «Марадыковский».

Для флористического анализа было взято 10 проб, отобранных на близлежащей к объекту территории (участки № 10, № 13, № 18, № 19, № 28) и на большем удалении от него (участки № 41, № 47, № 57, № 59 и № 112). В качестве контрольной территории был выбран участок № 112, наиболее удаленный от объекта. Участки мониторинга представлены лесными и луговыми биоценозами.

Изучение альгофлоры проводили общепринятыми в почвенно-альгологических исследованиях методами (Штина, Голлербах, 1976).

Всего на исследованных участках мониторинга выявлен 41 вид водорослей и ЦБ, в том числе: Cyanobacteria – 11; Chlorophyta – 20; Xanthophyta и Eustigmatophyta – 7; Bacillariophyta – 3. Альгофлора луговых и лесных фитоценозов имеет существенные различия в соотношении основных отделов. Согласно литературным данным, преобладающими в почвах всех типов лесов являются зелёные водоросли, иногда массового развития достигают жёлтозелёные. ЦБ и диатомовые водоросли представлены небольшим числом видов и не играют значительной роли в альгосинузиях лесных почв (Алексахина, Штина, 1984). Исследованиями И. В. Новаковской и Е. Н. Патовой (2012) установлено, что аэротехногенное загрязнение вызывает уменьшение видового разнообразия почвенных водорослей, изменение структуры ведущих семейств и родов. Из исследованных на альгофлору участков наименьшее видовое разнообразие отмечено в еловых лесах (участок № 13, № 18, № 59), где выявлены представители только зелёных водорослей и не встречены жёлтозелёные и диатомовые водоросли (таблица). В сосновых лесах (участки № 19, № 28, № 41, № 112) наряду с зелёными водорослями отмечены и представители жёлтозелёных водорослей. На участке № 112, расположенном в удалении от объекта, разнообразие жёлтозелёных и эустигматофитовых водорослей выше, в чем других лесных фитоценозах. Всего в лесных фитоценозах осенью было выявлено 22 вида водорослей, в том числе 17 видов из отдела Chlorophyta и 5 из отдела Xanthophyta. Выявленные виды альгофлоры отмечались в почвах данных участков и ранее (Кондакова, 2012).

В луговых биоценозах наиболее богатое видовое разнообразие и полноценная группировка альгофлоры отмечена на участке № 57: 11 видов ЦБ, зелёных водорослей 8 видов, жёлтозелёных 4 вида и диатомовых 3 вида. На участке № 10, расположенном ближе к объекту, отмечены только зелёные (6 видов) и жёлтозелёные водоросли (7 видов). Низкое видовое разнообразие альгофлоры выявлено на участке № 41.

Таблица

Видовой состав водорослей и ЦБ лесных и луговых биоценозов объекта «Марадыковский»

№ п/п	Виды	Участки мониторинга									
		10	13	18	19	28	41	47	57	59	112
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Отдел Cyanobacteria											
1	<i>Anabaena sp.</i>								+		
2	<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G. S. West) Anagn. et Kom.								+		
3	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom.) Anagn. et Kom.								+		
4	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gom.) Anagn. et Kom.								+		
5	<i>Phormidium boryanum</i> Kütz.								+		
6	<i>Phormidium formosum</i> (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom.								+		
7	<i>Phormidium inundatum</i> Kütz.						+		+		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	<i>Nostoc commune</i> Vauch. sen. Elenk.								+		
9	<i>Nostoc punctiforme</i> (Kütz.) Hariot								+		
10	<i>Nostoc linckia</i> (Roth) Born. Et Flah. f. <i>linckia</i>								+		
11	<i>Oscillatoria</i> sp.								+		
Отдел Chlorophyta											
12	<i>Actinochloris sphaerica</i> Korsch.							+			
13	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	+			+				+	+	+
14	<i>Chlamydomonas conversa</i> Korsch.					+					+
15	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pascher var. <i>gloeogama</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+
16	<i>Chlamydomonas oblongella</i> Lund					+					
17	<i>Chlamydomonas pertusa</i> Chod.	+									
18	<i>Chlamydomonas reinhardii</i> Dang.		+								
19	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Scharnk) Menegh.	+	+	+	+	+	+		+	+	
20	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i>			+					+		
21	<i>Cylindrocystis crassa</i> De Bary								+		
22	<i>Coccomyxa confluens</i>				+			+			
23	<i>Cosmarium anceps</i> Lund.								+		
24	<i>Gongrosira debaryana</i> Rabenh.	+	+						+		
25	<i>Klebsormidium flaccidum</i> Kütz. Silva et al.								+		
26	<i>Klebsormidium dissecta</i> Korsch.				+						
27	<i>Klebsormidium nitens</i> (Minegh. in Kütz.) Lokh.				+	+	+		+		
28	<i>Penium borgeanum</i> Skuja					+					+
29	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott	+		+	+	+	+			+	+
30	<i>Stichococcus minor</i> Näg.				+						
31	<i>Tetracystis</i> sp.		+			+					
Отдел Bacillariophyta											
32	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.								+		
33	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.								+		
34	<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) Mann in Round et al.								+		
Отдел Eustigmatophyta											
35	<i>Eustigmatos magnus</i> (B. Petersen) Hibberd	+			+		+	+	+		+
36	<i>Vischeria aculeate</i> Pasch.	+									
37	<i>Vischeria helvetica</i> (Vischer et Pasch.) Hibberd	+									
Отдел Xanthophyta											
38	<i>Botrydiopsis arhiza</i> Borzi	+									+

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	<i>Botrydiopsis eriensis</i> Snow	+							+		+
40	<i>Pleurochloris commutata</i> Pasch.	+							+		+
41	<i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> Pasch.	+			+	+					+

Влияние техногенной нагрузки проявляется в уменьшении видового разнообразия альгофлоры на участках, расположенных ближе к объекту. Необходимо изучение и глубокий анализ почвенной альгофлоры для оценки воздействия объекта на этапе ликвидации последствий его деятельности.

Литература

Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 149 с.

Кондакова Л. В. Альгоцианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги). Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012.

Новаковская И. В., Патова Е. Н. Почвенные водоросли еловых лесов и их изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2011. 128 с.

Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.

АЛЬГОСИНУЗИИ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ В РАЙОНЕ г. КИРОВО-ЧЕПЕЦКА

Л. В. Кондакова^{1,2}, *Е. В. Дабах*^{1,2,3}

¹ *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

В почвах техногенных ландшафтов в составе альгофлоры происходят изменения видового разнообразия, структуры альгогруппировок, состава доминирующих комплексов, соотношения жизненных форм, отражающих экологические характеристики видов (Штина и др., 1998).

Целью исследования являлось изучение альгосинузий пойменных лугов, испытывающих техногенную нагрузку, связанную, главным образом, с высокой концентрацией азота в почвах.

Исследования проводились на пойменном лугу в долине р. Вятки в зоне влияния химических предприятий г. Кирово-Чепецка Кировской области. В течение ряда лет на опытном полигоне – участке луга – проводились экспериментальные работы по утилизации богатой азотом воды из пойменного озера Бобровое-1 (Кондакова, Дабах, 2014). Пробы почв для составления смешанного образца отбирались в августе 2015 г. на четырёх участках пойменного луга, поливаемых водой из озера Бобровое-1 (участки 3, 4, 5, 6), а также на контрольном участке – без полива (7). Изучение видового состава

альгофлоры проводили постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы.

Почвы на рассматриваемом участке луга – аллювиальные дерновые легкосуглинистые.

Полив опытного полигона богатой азотом водой сопровождался увеличением концентрации минерального азота в почве и возрастанием кислотности (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание минеральных форм азота и кислотность почв
на участках пробоотбора**

№ участка	N-NO ₃	N-NH ₄	pH _{сол}
3	53,0±4	33,0±2,5	3,3±0,1
4	57,0±12	27,0±2,7	3,6±0,1
5	68,0±15	20,8±2,1	3,6±0,1
6	12,7±2,8	16,2±1,6	3,9±0,1
7	7,2±0,5	0,8*	4,8±0,1

*значение – за пределами диапазона определения методики

В целом, в почвах пойменного луга выявлено 40 видов почвенных водорослей и цианобактерий, в т. ч. Cyanobacteria – 10, Chlorophyta – 21, Xanthophyta+Eustigmatophyta – 6, Bacillariophyta – 3 (табл. 2).

Таблица 2

Количество видов водорослей в почвах пойменных луговых биоценозов

Участки	Cyanobacteria	Chlorophyta	Xanthophyta+Eustigmatophyta	Bacillariophyta	Всего
3	1	10	0	3	14
4	0	9	0	0	9
5	0	8	0	1	9
6	0	9	0	0	9
7 – контроль	10	10	6	2	28

Сравнение видового разнообразия альгофлоры по отделам показало, что ведущее положение в альгосинузиях занимают представители зелёных водорослей. На участках с поливом цианобактерии (ЦБ) отмечены только на одном (*Phormidium boryanum*), а диатомовые водоросли – на двух участках (табл. 3). Наибольшее видовое разнообразие и полночленная группировка альгофлоры выявлены на участке без полива.

Главными факторами, определяющими различия в составе альгофлоры участков, являлись концентрация азота, кислотность почв, отсутствие или наличие конкуренции с высшими растениями за свет. Влияние последнего фактора проявляется при сравнении 3, 4 и 6 участков, различающихся по характеру растительности. На 4 и 6 участках наблюдается мощная дернина, на 3-м – высшие растения отсутствуют.

Таблица 3

**Видовое разнообразие альгофлоры пойменного луга в районе
г. Кирово-Чепецка**

№ п/п	Название видов	Жиз- ненная форма	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Cyanobacteria							
1	<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G.S. West) Anagn. etKom.	P					+
2	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom.) Anagn. etKom.	P					+
3	<i>Leptolyngbya frigid</i> (Fritsch) Anagn. etKom.	P					+
4	<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.	P					+
5	<i>Phormidium boryanum</i> Kütz.	P	+				+
6	<i>Phormidium inundatum</i> Kütz.	P					+
7	<i>Phormidium formosum</i> (Bory ex Gom.) Anagn. etKom.	P					+
8	<i>Phormidium henningsii</i> Lemm.	P					+
9	<i>Phormidium jadinianum</i> Gom.	P					+
10	<i>Phormidium molle</i> (Kütz.) Gom.	P					+
Chlorophyta							
11	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	Ch	+	+	+	+	+
12	<i>Chlamydomonas gloeogama f. humicola</i> Hol-lerb.	C	+	+		+	+
13	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pasch. var. <i>gloeogama</i>	C	+	+		+	+
14	<i>Chlamydomonas minutissima</i> Korsch.	C					+
15	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> Dang.	C					+
16	<i>Chlorella minutissima</i> Fott et Novakova	Ch		+	+	+	+
17	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i>	Ch		+	+		
18	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	Ch		+	+	+	
19	<i>Coccomyxa dispar</i> Schmidle	Ch		+	+	+	
20	<i>Cylindrocystis crassa</i> De Bary	C					+
21	<i>Gloeocystis sp.</i>	C	+		+		
22	<i>Gongrosira debaryana</i> Rabenh.	H	+				
23	<i>Klebsormidium dissectum</i> (Gay) Ettl et Gärtner	H	+		+		+
24	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.	H	+				
25	<i>Klebsormidium rivulare</i> (Kütz.), comb. nova	H	+			+	
26	<i>Klebsormidium nitens</i> Lokhorst	H	+				+
27	<i>Myrmecia bisecta</i> Reisingl	X		+		+	
28	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott	X			+		
29	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	X	+			+	+
30	<i>Stichococcus chodatii</i> Heering	X					
31	<i>Tetracystis aggregate</i> Brown et Bold	Ch		+			
Xanthophyta + Eustigmatophyta							
32	<i>Eustigmatos magnus</i> (J.B.Petersen) D.J.Hibberd	X					+
33	<i>Botrydiopsis eriensis</i> Snow	Ch					+

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
34	<i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> Pasch.	X					+
35	<i>Pleurochloris lobata</i> Pasch.	X					+
36	<i>Pleurochloris commutate</i> Pasch.	X					+
37	<i>Xanthonema exile</i> (Klebs) Silva	H					+
Bacillariophyta							
38	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	B	+		+		+
39	<i>Luticola mutica</i> Kütz.	B	+				
40	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.	B	+				+

Таблица 4

Жизненные формы альгофлоры пойменного луга

Участки	Формула	Примечание
№ 3	$H_5B_3Ch_2C_2P_1X_1$	Нитевидные зелёные водоросли и диатомовые светлолюбивые, солевыносливые.
№ 4	$Ch_6C_2X_1$	Одноклеточные и колониальные зелёные водоросли, толерантные к техногенной нагрузке.
№ 5	$Ch_6H_1X_1B_1$	Одноклеточные зелёные водоросли-убиквисты.
№ 6	$Ch_4C_2X_2H_1$	Зелёные водоросли-убиквисты
№ 7	$P_{10}X_5C_5Ch_3H_3B_2$	Нитевидные ЦБ, устойчивые к засухе; теневыносливые жёлтозелёные и зелёные водоросли.

На орошаемых азотной водой участках выживают только толерантные к техногенной нагрузке виды. На участке без полива сохраняется типичная для луговых экосистем альгофлора. На всех участках отсутствуют характерные для пойменных почв азотфиксирующие ЦБ – индикаторы азотного загрязнения почв.

В целом, следует отметить низкое видовое разнообразие микрофототрофов, отсутствие азотфиксирующих ЦБ. На поливаемых участках не выявлены характерные для пойменных почв десмидиевые водоросли.

Литература

Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Специфика поверхностных разрастаний микрофототрофов на почвах пойменных лугов в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров: Изд-во «Веси», 2014. С. 268–271.

Штина Э. А., Зенова Г. Н., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение, 1998. № 12. С. 1449–1461.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ЗАРЕЧНОГО ПАРКА г. КИРОВА

О. С. Пирогова¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, kaf_eco@vshu.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Заречный парк является природным, он расположен в пойме правого берега реки Вятки, напротив исторического центра г. Кирова. Его старое название Красный бор. Бор использовался в качестве резервного источника древесины для быстрого восстановления построек в случае пожара и был неприкосновенным для повседневной рубки. Использовался при крайней необходимости с разрешения властей, поэтому сохранился до наших дней. Площадь парка 120 га, рельеф ложбинно-гривистый, где прирусловые валы, заросшие древесно-кустарниковой растительностью, чередуются с озёрами и старицами древнего русла (Архивный мультимедийный проект). В настоящее время парк является местом массового отдыха горожан, поэтому изучение альгофлоры пойменных сообществ в условиях антропогенной нагрузки, представляет интерес. В качестве фоновой территории были взяты пойменные биогеоценозы р. Вятки на территории Государственного природного заповедника «Нургуш».

Цель исследования – изучить видовые особенности и количественные показатели почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ) биоценозов территории Заречного парка г. Кирова.

Образцы почвы отбирались в 2013 г. в течение вегетационного периода на участках с древесной растительностью и луговых биоценозах. Видовой состав альгофлоры определяли методом чашечных культур со стеклами обростания и микроскопированием свежевзятой почвы (Штина, Голлербах, 1976). Количественный учет проводился методом прямого микроскопирования на мазках (Домрачева, 2005).

В изученных биогеоценозах видовое разнообразие почвенных водорослей и ЦБ составило 103 вида, в том числе: Cyanobacteria – 32 вида (31%), Chlorophyta – 38 видов (37%), Xanthophyta – 13 видов (13%), Bacillariophyta – 18 видов (17%), Eustigmatophyta – 2 вида (2%).

Летом по видовому разнообразию преобладали представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria (табл.). В осенний период наблюдалось увеличение видового разнообразия ЦБ и диатомовых водорослей. Количественные показатели альгофлоры представлены на рисунке.

Видовой состав альгофлоры биогеоценозов Заречного парка г. Кирова

Тип биогео- цено-за	лето					осень				
	Cyanobacte- ria	Chloro- phyta	Bacillari- ophyta	Xanthophyta +Eu- stigmato- phyta	Все- го	Cyanobacte- ria	Chloro- phyta	Bacillari- ophyta	Xanthophyta +Eu- stigmato- phyta	Всего
1	16	21	6	5	48	21	15	8	3	47
2	13	19	9	7	48	15	15	12	5	47
3	12	20	7	10	49	17	18	10	7	52
4	11	23	8	11	53	15	18	9	8	50
5	9	20	9	8	46	12	20	10	6	48
6	7	14	5	4	30	10	10	7	3	30
7	18	11	8	7	44	20	10	11	4	45

Примечание: 1 – злаково-разнотравный луг; 2 – разнотравно-злаковый луг; 3 – липовый лес; 4 – осиновый лес; 5 – сосновый лес; 6 – заросли черемухи; 7 – ивовые заросли.

Сравнение двух луговых биогеоценозов Заречного парка с разным уровнем антропогенной нагрузки показало, что злаково-разнотравный луг, являющийся местом массового отдыха горожан, имеет более богатое видовое разнообразие и численность альгофлоры в сравнении с разнотравно-злаковым лугом, расположенном в удалении. Почвенные водоросли не способны конкурировать с высшими растениями и при уменьшении их проективного покрытия улучшается световой режим для микрофототрофов. По видовому разнообразию в луговых биотопах преобладали представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta. В Заречном парке отмечены более высокие показатели численности альгофлоры. Так, видовое разнообразие липового леса парка почти в два раза выше аналогичного биотопа заповедника (52 и 29 видов соответственно). Сезонная динамика численности альгофлоры биотопов Заречного парка приведена на рисунке.

Самые низкие показатели видового состава (30 видов) и численности альгофлоры ($55,82 \pm 9,15$ тыс.кл./г. почвы) отмечены в зарослях черёмухи. Это связано с сильным затенением почвы. Кроме того, черёмуха обладает сильным фитонцидным действием, что, возможно, оказывает влияние на альгофлору.

Особенностью соснового биогеоценоза парка являлось увеличение видового разнообразия видов рода *Chlamydomonas* в осенний период. Максимальная численность зелёных водорослей на данном участке приходилась на сентябрь, составляя $31,53 \pm 3,6$ тыс.кл./1 г. почвы, в то время как в других биогеоценозах на июль – август. Аналогичное наблюдение в динамике численности зелёных водорослей соснового биогеоценоза отмечено и в заповеднике.

Самые высокие показатели численности альгофлоры как в заповеднике, так и в Заречном парке, отмечены в ивовом биоценозе, расположенном на

песчаной почве с сильно разреженным растительным покровом. Доминантами сообщества являлись ЦБ, пик их численности приходился на сентябрь (282,83±7,1 тыс.кл./г. почвы).

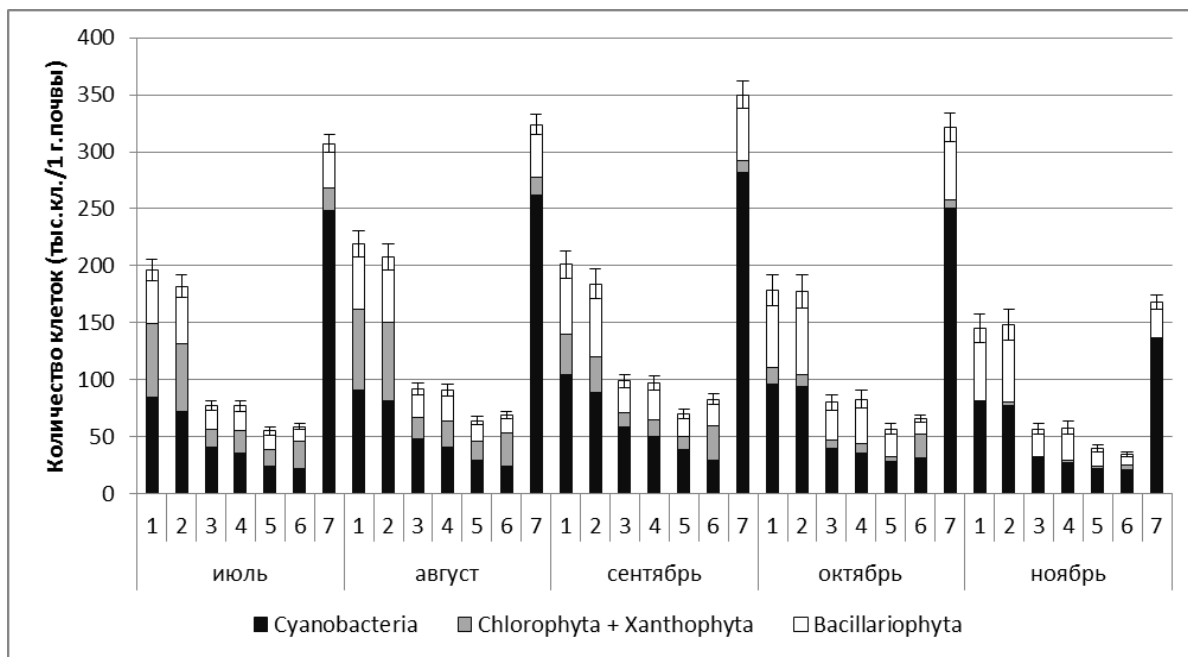


Рис. Численность почвенных водорослей и ЦБ Заречного парка г. Кирова
 Примечание: 1 – злаково-разнотравный луг; 2 – разнотравно-злаковый луг; 3 – липовый лес; 4 – осиновый лес; 5 – сосновый лес; 6 – заросли черемухи; 7 – ивовые заросли.

Коэффициент флористического сходства альгофлоры Сьеренсена-Чекановского биогеоценозов Заречного парка г. Кирова и заповедника «Нургуш» составил 79,6%, что указывает на высокое сходство сравниваемых альгофлор.

Таким образом, антропогенная нагрузка на биоценозы Заречного парка оказывает влияние на видовые и количественные показатели альгофлоры. Альгофлора Заречного парка г. Кирова сохраняет высокое сходство с альгофлорой заповедника «Нургуш».

Литература

- Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
- Домрачва Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
- Архивный мультимедийный проект «Экскурсия по городу Кирову». Режим доступа: <http://parki.gaspiko.ru/parki.html>.

ФОТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ САНАТОРИЯ «НИЖНЕ-ИВКИНО»

Л. В. Кондакова^{1,2}, Н. С. Быданцева¹

¹ *Вятский государственный университет, kaf_eco@vshu.kirov.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Лечебная грязь есть результат сложных многолетних процессов под влиянием факторов геологической, климатической, геохимической, биологической и др. природы. Материалом для образования лечебных грязей служат минеральные частицы, органические вещества, коллоидные частицы органического и неорганического состава, вода. Формирование грязей происходит под воздействием микроорганизмов. В результате биохимических процессов, протекающих с их участием, грязи лечебные обогащаются биогенными компонентами, многие из которых проявляют высокую терапевтическую активность.

Цель исследования – изучение видового состава фототрофных микроорганизмов, принимающих участие в формировании лечебной грязи санатория «Нижне-Ивкино».

Лечебные грязи санатория сульфидно-иловые озерно-ключевого типа, залегают в старице реки Ивкинка. По комплексу физико – химических показателей они относятся к низко минерализованным, слабо – и среднесульфидным. Грязи санатория «Нижне-Ивкино» обладают высоким терапевтическим эффектом. Иловые сульфидные грязи обладают бактерицидными и адсорбирующими свойствами, которые зависят от степени минерализации водоёма. В водных вытяжках сульфидной грязи установлено также наличие бактериофага, обладающего способностью разрушать и адсорбировать дизентерийную кишечную палочку, стафилококки и другую патогенную флору. Известно, что цианобактерии принимают активное участие в формировании лечебной грязи. Выделяя в окружающую среду органические кислоты, аминокислоты, жирные кислоты, растворимые полисахариды и биологически активные вещества (эфирные масла, эфиры, альдегиды, спирты, витамины, антибиотические вещества), цианобактерии являются источником углеводов и других энергетических материалов для гетеротрофных микроорганизмов (Горюнова и др., 1969; Андреюк и др., 1990).

Для исследования на альгофлору были взяты образцы природной и регенерированной лечебной грязи.

Выявление видового состава фототрофных микроорганизмов проводили методом постановки водных и чашечных культур (Штина, Голлербах, 1976). Водные культуры ставились на среде Громова №6 с азотом и без азота.

В лечебной грязи санатория выявлены цианобактерии и водоросли из отделов Chlorophyta, Bacillariophyta, всего 9 видов.

Первыми в культурах развиваются азотфиксирующие цианобактерии: *Nostoc paludosum* (рис. 1), *Trichromus variabilis* (рис. 2), позднее *Calothrix elenkinii* (рис. 4) и безгетоцистная цианобактерия *Pseudoanaebena catenata*.

Nostoc paludosum образует микроскопические слизистые колонии. Трихомы рыхло лежащие, бледносинезелёные. Клетки бочонкообразные, реже эллипсоидные; гетероцисты шаровидные. Споры эллипсоидные с гладкой бесцветной оболочкой. Распространён в водах, поверхностных слоях почв. В Кировской области широко распространён в почвах.

Trichromus variabilis имеет прямые или разнообразно изогнутые трихомы одинаковой ширины на всём протяжении. Гетероцисты интеркалярные, споры удалены от гетероцист, располагаются цепочками. Распространён в стоячих водах и на дне водоёмов, на влажной земле. В Кировской области встречается в почвах с избыточным увлажнением.

Из зеленых водорослей выявлены *Chlorella vulgaris*, *Pseudococcomyxa simplex*. Развиваются в культурах и диатомовые водоросли *Nitzschia palea*, *Navicula* sp.(рис. 3). При микроскопировании грязи отмечено присутствие большого количества панцирей диатомей из родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Achnantes* и др.

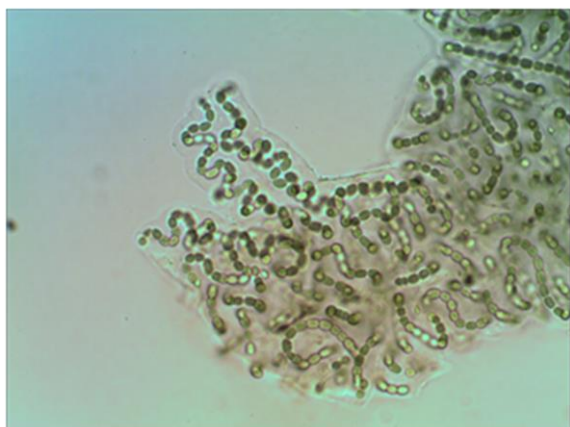


Рис. 1. *Nostoc paludosum*

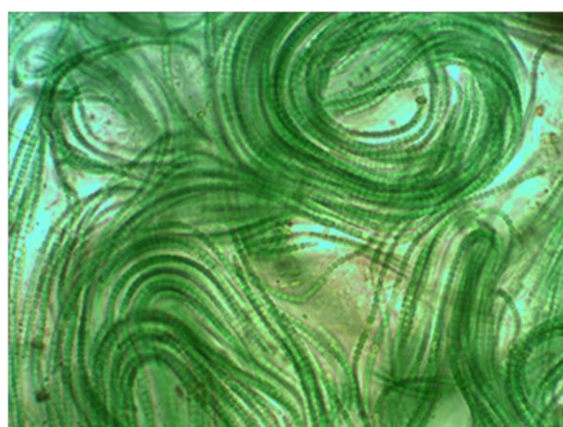


Рис. 2. *Trichromus variabilis*

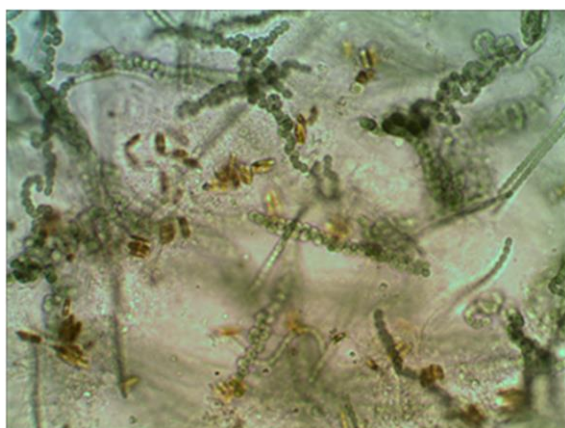


Рис. 3. *Nostoc paludosum*
Navicula sp.

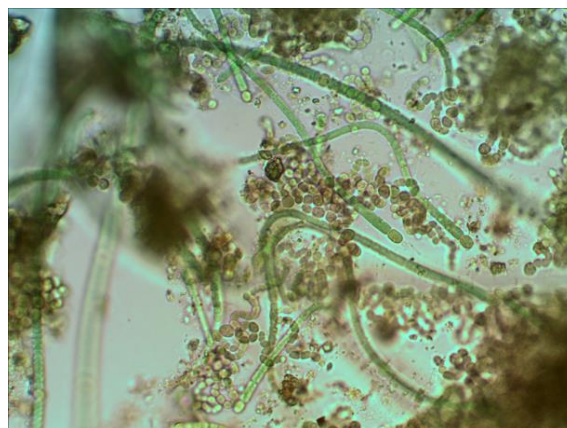


Рис. 4. *Calothrix elenkinii*

Таким образом, в формировании лечебной грязи санатория «Нижне-Ивкино» принимают участие фототрофные микроорганизмы, из которых преобладают азотфиксирующие цианобактерии *Nostoc paludosum*, *Trichromus variabilis*. Изучение свойств цианобактерий, выделенных из лечебной грязи, представляет научный и практический интерес для исследований в области экологической микробиологии.

Литература

Андреюк Е. И., Коптева Ж. П., Занина В. В. Цианобактерии. Киев. Наук. думка 1990. 200 с.

Горюнова С. В., Ржанова Г. Н., Орлеанский В. К. Синезеленые водоросли (биохимия, физиология, роль в природе). Наука 1969. 288 с.

Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука 1976. 143 с.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА ЛЕСОВОДОВ

О. А. Кытманова¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, kaf_eco@vshu.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Альгоиндикация является одним из методов экологической оценки состояния почвенной среды (Штина, Голлербах, 1976; Штина и др., 1998; Домрачева, 2005; Кондакова, Домрачева, 2007).

Дендрологический парк лесоводов Кировской области расположен в Нововятском районе г. Кирова и находится между Казанским трактом и берегом р. Вятки. Площадь парка 50,6 гектара. Парк представляет собой участки с естественной лесной растительностью (ельники) и участки с искусственными насаждениями, занимающие площадь в 25 гектаров. В парке представлена уникальная коллекция из 65 древесных и 46 кустарниковых видов растительности, 56 их них не произрастают в области. Основным фактором воздействия на почвенный покров парка является интенсивное вытаптывание, в результате которого происходит уплотнение почвы, изменение её физических и механических свойств, что оказывает влияние на микрофлору почв, в том числе на почвенные водоросли и цианобактерии. На видовой состав альгофлоры оказывает влияние и аэротехногенное загрязнение.

Цель исследования – изучение видового состава и количественных характеристик почвенных водорослей некоторых экотопов Дендрологического парка лесоводов Кировской области.

Пробы почв для анализа на альгофлору были отобраны летом и осенью 2015 г. Всего было отобрано 6 проб в различных экотопах Дендрологического парка: на тропинке в посадках *Sorbus aucuparia*, на аллеях с *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Larix sibirica*, *Betula pubescens*, на суходольном лугу. Видовой состав водорослей определяли методом чашечных культур со стеклами об-

растения и микроскопирования свежеснятой почвы (Штина, Голлербах, 1976). Доминирующие виды выявляли по данным прямого микроскопирования почвы, по интенсивности развития в культуре. Численность определяли методом прямого микроскопирования на мазках (Домрачева, 2005).

В Дендрологическом парке лесоводов выявленное видовое разнообразие альгофлоры представлено 37 видами, в том числе из отдела *Cyanobacteria* – 12 (32%), *Chlorophyta* – 14 (38%), *Xanthophyta* – 4 (11%), *Bacillariophyta* – 7 (19%) (табл. 1).

Таблица 1

**Число видов почвенных водорослей и цианобактерий
Дендрологического парка лесоводов**

Экотоп Отдел	Число видов					
	<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Tilia cordata</i>	<i>Larix sibirica</i>	<i>Betula pubescens</i>	Суходольный луг
<i>Cyanobacteria</i>	6	8	6	3	5	12
<i>Bacillariophyta</i>	2	4	3	2	1	3
<i>Xanthophyta</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Chlorophyta</i>	4	7	7	3	6	10
Итого:	13	22	19	10	13	28

Было отмечено, что видовое разнообразие водорослей, развивающихся под лиственными породами *Sorbus aucuparia*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Betula pubescens* богаче, чем под *Larix sibirica*. В пробах почв под лиственными породами отмечалось большое разнообразие цианобактерий и зеленых водорослей. Еще большее видовое разнообразие выявлено на участке без древесной растительности (суходольный луг) – 28 видов, что составляет 76% от выявленного видового разнообразия.

В летний период наблюдали наибольшее разнообразие видов из отдела *Chlorophyta*. Желтозелёные водоросли, наиболее чувствительные к загрязнению, встречались редко. Всего было выявлено 4 вида, из которых наиболее часто встречался *Botrydiopsis eriensis*.

Во всех пробах были обнаружены виды: *Leptolyngbya angustissima*, *Phormidium autumnale*, *Coccomyxa confluens*, *Hantzschia amphiohys*.

Доминирующие виды экотопов Дендрологического парка лесоводов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Виды - доминанты Дендрологического парка лесоводов

Экотоп	Виды-доминанты
<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Phormidium boryanum</i> , <i>Hantzschia amphiohys</i> , <i>Chlamydomonas globosa</i>
<i>Quercus robur</i>	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i> , <i>Hantzschia amphiohys</i>
<i>Tilia cordata</i>	<i>Phormidium boryanum</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i> , <i>Hantzschia amphiohys</i>
<i>Larix sibirica</i>	<i>Phormidium boryanum</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Coccomyxa confluens</i> , <i>Hantzschia amphiohys</i>

Продолжение таблицы 2

Экотоп	Виды-доминанты
<i>Betula pubescens</i>	<i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Hantzschia amphiohys</i> , <i>Chlamydomonas minutissima</i> , <i>Coccomyxa confluens</i>
суходольный луг	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i> , <i>Hantzschia amphiohys</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Botrydiopsis eriensis</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i>

В пробах почвы, взятых в ноябре после таяния выпавшего снега, были выявлены только представители отдела Bacillariophyta, обладающие холодоустойчивостью. Показатели численности водорослей представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Количественные показатели почвенных водорослей
Дендрологического парка лесоводов**

Экотоп	Количество клеток (тыс. кл. / г. почвы)
	<i>Bacillariophyta</i>
<i>Sorbus aucuparia</i>	8,5±2,5
<i>Quercus robur</i>	25,5±5,0
<i>Tilia cordata</i>	19,8±5,94
<i>Larix sibirica</i>	5,6±1,68
<i>Betula pubescens</i>	8,5±2,55
суходольный луг	28,3±5,3

Численность водорослей была невысокой, наибольшие количественные показатели были отмечены на суходольном лугу, наименьшие – в посадках *Larix sibirica*.

Таким образом, в парке лесоводов Кировской области отмечены различия видовой структуры альгофлоры в зависимости от экотопа. Слабое развитие жёлтозелёных водорослей указывает на загрязнение среды. В предзимний период в пробах почв при прямом микроскопировании были выявлены только диатомовые водоросли.

Литература

- Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
- Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
- Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Флора Вятского края. Часть 2. Водоросли. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 192 с.
- Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
- Штина Э. А., Зенова Г. М., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение, 1998 № 12. С. 1449–1461.
- Экскурсии по памятникам природы г. Кирова и области /Под ред. В. В. Ширяева, И. М. Зарубиной. Ч. 1. Киров: КОГУП «Кировская областная типография», 2006. 164 с.

ВЛИЯНИЕ ТИТРА ЦИАНОБАКТЕРИИ *FISHERELLA MUSCICOLA* НА РАЗВИТИЕ ПШЕНИЦЫ В ВОДОПРОВОДНОЙ И СНЕГОВОЙ ВОДЕ

К. А. Леонова¹, Л. И. Домрачева^{1,2}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, dli-alga@mail.ru

Почвенные цианобактерии (ЦБ) входят в состав микрофлоры любого типа почвы. Исследованиями российских альгологов доказано, что многие виды ЦБ можно использовать в качестве биоагентов, обладающих защитными, ростстимулирующими функциями по отношению к высшим растениям, а также использовать их в качестве тест-организмов и организмов-индикаторов (Кондакова, Домрачева, 2007).

В частности, ризогенный эффект определяется выделением в окружающую среду в качестве экзометаболитов ауксино- и гиббериллиноподобных веществ (Андреюк и др., 1990). Эффективность действия ростовых веществ ЦБ зависит от их возраста, титра, формы внесения ЦБ и отзывчивости испытуемых сельскохозяйственных и декоративных культур (Трефилова, 2008).

Защитные свойства ЦБ связаны с синтезом ими антибиотиков, деструкционной активностью бактерий-спутников и сорбционными свойствами этих организмов. При этом нами было установлено, что все эти свойства во многом определяются популяционной плотностью цианобактериальных культур.

Цель данной работы: изучить влияние титра ЦБ *Fisherella muscicola* на рост и развитие пшеницы сорта «Ирень» в водопроводной и снеговой воде.

В серии опытов использовали семена пшеницы сорта «Ирень» и альгологически чистую культуру ЦБ *F. muscicola*.

Для определения всхожести семян применяли рулонный метод, сущность которого заключается в том, что полоски фильтровальной бумаги 50×10 см смачивают дистиллированной водой, на одну полосу выкладывают семена на расстоянии 2 см друг от друга и закрывают второй, после чего свёртывают в рулон. Рулон помещают в ёмкость с тестируемым раствором.

Семена пшеницы предварительно обрабатывали суспензиями ЦБ с различными титрами: 10^{11} , 10^{10} , 10^9 и 10^8 кл./мл. Контролем служили семена без цианобактериальной обработки.

Для приготовления титров была отобрана исходная культура *Fish.muscicola*, с титром 10^{11} кл./мл. Для приготовления последующих титров проводили разведения дистиллированной водой, кратные десяти.

Семена перед проращиванием на 30 минут помещали в чашки Петри с суспензией ЦБ, а затем ставили рулонные культуры с водопроводной и снеговой водой.

На седьмые сутки определяли всхожесть и морфометрические показатели растений (длину проростков, корней и количество корней). Был получен следующий результат (таблица).

Влияние титра *Fisherella muscicola* на развитие пшеницы

Титр ЦБ	Всхожесть (%)		Длина проростка, см		Количество корней		Длина корней, см	
	Снег	Вода	Снег	Вода	Снег	Вода	Снег	Вода
Контроль	16	64	6,32	4,07	4,07	4,00	6,32	16,60
10 ⁸	44	80	9,03	4,90	5,00	3,60	9,03	18,60
10 ⁹	80	20	5,90	6,38	4,05	4,40	27,70	16,00
10 ¹⁰	68	65	5,70	7,90	4,05	5,00	14,42	32,30
10 ¹¹	0	0	0	0	0	0	0	0

Сравнивая всхожесть семян в снеговой и водопроводной воде, видно, что снеговая вода в значительной степени тормозит прорастание семян, что может быть обусловлено её загрязнением городскими поллютантами.

Анализ результатов по влиянию титра ЦБ на развитие пшеницы показывает, что титр в диапазоне от 10⁸ до 10¹⁰ кл./мл для снеговой воды является стимулирующим. Максимальная всхожесть выявлена при титре 10⁹ кл./мл.

На длину корней стимулирующее действие оказывают титры 10¹⁰ и 10⁹ кл./мл. Выявлен оптимальный титр ЦБ, равный 10¹⁰ кл./мл, который обеспечивает максимальную всхожесть семян пшеницы в водопроводной воде.

Тестирование снеговой воды с использованием семян пшеницы показало, что в декабре снег является токсичным для этого растения, что проявляется в очень малой всхожести (16 %), по сравнению со всхожестью семян в воде (64%). Опыт показывает, что всхожесть семян - наиболее объективный критерий. Цианобактериальная обработка семян, выращиваемых в снеговой воде, привела к резкому увеличению всхожести семян от 3 до 5 раз. Максимальная всхожесть наблюдалась при титре 10¹⁰ кл./мл. Результаты опыта показывают, что *F. muscicola* обладает защитным и ростстимулирующим действием по отношению к корневой системе, а также по отношению к наземной части.

Для водопроводной воды стимуляция всхожести проявилась только в варианте с титром 10⁸ кл./мл.

Таким образом, в зависимости от вида исследуемой воды, для повышения всхожести нужно выбирать суспензии ЦБ *F. muscicola* с титром от 10⁸ до 10¹⁰ кл./мл. Особенно эффективно применять ЦБ при проращивании семян в снеговой воде.

Показатели длины проростков, количества и длины корней оказались не столь информативными, как показатель всхожести.

Однако, суспензия с титром 10⁹ очень сильно стимулирует рост корня в длину в снеговой воде, а суспензия с титром 10¹⁰ обладает ярко выраженным стимулирующим эффектом на длину корней при выращивании в водопроводной воде (27,7 см и 32,3 см соответственно).

Маточная культура ЦБ, имеющая титр 10¹¹ кл./мл, тормозила всхожесть растений. Различие в эффективности действия ЦБ, имеющих различный титр, было выявлено ранее в опытах при использования ЦБ как тест-организмов.

Было показано, что оптимальным титром, обеспечивающим защитные свойства ЦБ, является титр 10^8 кл./мл для такой ЦБ, как *Nostoc paludosum* (Домрачева и др., 2011).

В опытах с *F. muscicola* оптимальный титр разный для выращивания пшеницы в снеговой и водопроводной воде.

Поэтому в дальнейшем, прежде чем использовать ЦБ *Fish. muscicola* в различных биотехнологических целях, необходимо проведение предварительных опытов с определением оптимальных титров клеток ЦБ для каждого конкретного случая.

Литература

Андреюк Е. И., Коптева Ж. П., Зонина В. В. Цианобактерии. Киев: Наука Думка, 1990. 200 с.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Ашихмина Т. Я. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязнённых средах. // Теоретическая и прикладная экология, 2008 № 2. С. 23–28.

Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Флора Вятского края. Часть 2. Водоросли (Видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов). Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 192 с.

Трефилова Л. В. Использование цианобактерий в агробиотехнологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2008. 25 с.

КОРРЕКТИРОВКА УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОКРИСТАЛЛОСКОПИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ НА ДЕГИДРОГЕНАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ДЛЯ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БИОТЕСТИРОВАНИИ

*А. И. Фокина¹, С. Ю. Огородникова^{1,3}, Ю. Н. Зыкова², Л. И. Домрачева^{2,3},
Г. И. Березин¹, Н. А. Кудряшов², Т. Н. Коткина¹, Е. И. Лялина¹*

¹ Вятский государственный университет,

² Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

³ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

annushka-fokina@mail.ru, orewek7@rambler.ru

Изучение особенностей протекания аналитических реакций является одним из перспективных направлений химико-экологических исследований. Большой интерес представляет исследование особенностей протекания реакций, используемых в биотестировании. Одной из таких реакций является микрокристаллоскопическая реакция, в которой аналитический эффект – это появление в клетках кристаллов формазана красного цвета из 2,3,5-трифенилтетразолия хлорида (ТТХ) под действием фермента дегидрогеназы. Успешность протекания данной аналитической реакции зависит от активности фермента в клетках организмов. При увеличении токсичности среды изменяется дегидрогеназная активность, что отражается на аналитическом эффекте реакции образования формазана, из этого следует, что данную микро-

кристаллоскопическую реакцию можно использовать для биотестирования. Методика биотестирования разрабатывается на базе лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ.

Целью работы было установить оптимальные параметры проведения реакции образования формазана в клетках почвенных цианобактерий для создания методики биотестирования.

В опыте использованы следующие культуры цианобактерий (ЦБ) *Nostoc linckia*, *N. paludosum*, *Fischerella muscicola*.

Работа включала ряд этапов:

- поиск культуры почвенных ЦБ, дегидрогеназная активность которых наиболее чувствительна к действию солей тяжелых металлов (ТМ) и фосфорорганических соединений;

- установление титра и возраста культуры, при которых доля клеток, в которых появляются фиксируемые визуально при микроскопировании кристаллы, составляет менее 50 % от контроля (результат интерпретируется как токсичность исследуемой среды);

- установка условий реализации методики (продолжительность, освещенность, температура);

- отработка методики на модельных растворах токсикантов;

- выявление роли природных комплексообразователей на результат биотестирования.

На первом этапе в качестве исследуемых культур использовали *N. linckia*, *N. paludosum*, *Fischerella muscicola* с титрами $2 \cdot 10^6$, $2 \cdot 10^7$, $4 \cdot 10^7$ и $2 \cdot 10^8$ кл./см³. Исследовали влияние сульфата меди (II) с концентрацией ионов меди Cu²⁺ равной 1 мг/дм³ (согласно ПДК в питьевой воде), фосфорорганических соединений (концентрации соответствуют сублетальному уровню): глифосат – 0,17 мг/дм³, метилфосфоновая кислота – 0,96 мг/дм³. Культуры ЦБ выдерживали в указанных растворах в течение суток, отмывали дистиллированной водой и оставляли в 0,075% растворе ТТХ до образования кристаллов формазана, отчетливо регистрируемых в клетках ЦБ в контрольном варианте при микроскопировании с иммерсией.

Установлено, что самой чувствительной культурой является *N. paludosum* с титром $2 \cdot 10^6$ и $2 \cdot 10^7$ кл./см³, однако удобнее работать с культурой с титром $2 \cdot 10^7$ кл./см³, так как использование ЦБ с меньшим титром приводит к тому, что не удается обнаружить кристаллы формазана в клетках даже при концентрациях токсиканта в растворах значительно ниже допустимого нормативного уровня и невозможности образования количества формазана, необходимого для реализации методики методом спектрофотометрии (содержание формазана в исследуемой биомассе ниже предела обнаружения даже в контрольном варианте).

Далее использовали культуру *N. paludosum* с титром $2 \cdot 10^7$ кл./см³ для исследования токсичности растворов сульфата меди (II) и гербицида «Базагран» (гербицид из класса тиadiaзинов) с концентрацией действующего вещества 0,1; 1 и 2 ПДК (ПДК для меди составляет 1 мг/дм³, гербицида – 0,01 мг/дм³) в

виде растворов индивидуальных веществ и аналогичных растворов, но с добавлением сильного биопротектора – восстановленного глутатиона (GSH) в концентрациях $2 \cdot 10^{-3}$; $2 \cdot 10^{-2}$; $0,04 \text{ мг/дм}^3$ соответственно. Культуру выдерживали сутки в растворах токсикантов, отмывали дистиллированной водой и заливали 0,1% раствором ТТХ. Суспензию ЦБ, залитую раствором ТТХ, помещали в камеру, где поддерживается постоянная температура $27 \text{ }^\circ\text{C}$ и освещенность 4500 лк. Каждые 20 минут с начала экспозиции методом микроскопирования в мазках контрольного варианта устанавливали степень образования кристаллов формазана. Кристаллы формазана начинали образовываться уже через 20 минут, однако представляли из себя едва заметные вкрапления в клетках культуры. Хорошо фиксируемые визуально кристаллы образуются к 40-й минуте. Формирование кристаллов в том виде, в котором они крупные, хорошо видны и в дальнейшем не происходит значительного увеличения их размеров, наблюдали к 60-й минуте. Освещенность в камере играет важную роль в протекании реакции, так как при обычном освещении (1500–2000 лк) реакция проходит не менее трех часов, а зачастую и более, что значительно снижает экспрессность методики.

Удалось установить, что раствор соли меди значительно токсичнее гербицида «Базагран», если сравнивать относительно ПДК. Однако не следует забывать, что ПДК гербицида в 100 раз меньше, чем у ионов меди (II) и по абсолютному значению концентрации можно предположить, что «Базагран» окажет влияние сильнее ионов меди.

При увеличении концентрации обоих токсикантов уменьшается жизнеспособность культуры (табл.). Примененная методика позволяет фиксировать токсичность растворов, в которых концентрация более значения ПДК, а для ионов меди и при 0,1 ПДК. Присутствие GSH положительно сказывается на жизнеспособности в случае с медью – повышает ее, а в вариантах с гербицидом, наоборот, наблюдается некоторое снижение показателя. Если сравнивать результаты, полученные методом прямого счета под микроскопом, и спектрофотометрическим определением количества, образующегося формазана, то следует отметить наличие зависимости между значениями жизнеспособности и количеством, образующегося в клетках формазана для вариантов с медью. С гербицидом выявлена такая зависимость в вариантах без GSH, с GSH зависимость отсутствует. Следует отметить одну очень важную для методики биотестирования особенность – по результатам спектрофотометрического определения для вариантов с солями меди не удастся выявить токсичность ни в одном из вариантов. Для вариантов с «Базаграном», наряду с отсутствием данных по жизнеспособности, не показывающих токсичность, все варианты оказываются токсичными.

**Влияние состава раствора на жизнеспособность культуры
почвенных цианобактерий**

Вариант	Жизнеспособность, %	Формазан, мкг/0,1 мг ЦБ
Контроль (вода)	91,00±3,50	26,26
Cu		
0,1 ПДК Cu	43,75±2,18	30,64
1 ПДК Cu	28,50±1,40	22,07
2 ПДК Cu	11,20±0,56	20,93
0,1 ПДК Cu+ GSH	53,90±2,70	39,20
1 ПДК Cu+ GSH	45,30±2,30	38,63
2 ПДК Cu+ GSH	40,80±2,10	23,59
Базагран		
0,1 ПДК базагран	71,16±3,55	12,08
1 ПДК базагран	67,27±3,36	11,61
2 ПДК базагран	33,76±1,69	10,94
0,1 ПДК базагран + GSH	67,05±3,35	10,75
1 ПДК базагран + GSH	56,03±2,80	14,84
2 ПДК базагран + GSH	34,33±22,60	12,08

Таким образом, в ходе проведенного исследования выявлено, что у культуры ЦБ *N. paludosum*, по сравнению с другими культурами, дегидрогеназная система наиболее чувствительна к действию солей ТМ и фосфорорганических соединений. Оптимальным титром для регистрации уровня токсичности исследуемых растворов является $2 \cdot 10^7$ кл./см³. Установлено, что жизнеспособность культуры, как результат протекания микрокристаллоскопической реакции образования формазана в клетках ЦБ под действием дегидрогеназ, адекватно отражает уровень токсичности исследуемого раствора при условии: экспозиции культуры с раствором токсиканта в течение суток при освещенности 3000 лк и комнатной температуре, а также дальнейшей экспозиции культуры с 0,1 % раствором ТТХ при 27 °С и освещенности 4500 лк в течение 40–60 минут. Недостатком методики является достаточно большое время экспозиции культуры ЦБ с растворами токсикантов, что в дальнейшем требует исследования и корректировки методики.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых № МК-3964.2015.5.

Литература

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязнённых средах // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 113–120.

СНИЖЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Д. В. Казакова, Е. С. Субботина, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nm-flora@rambler.ru

На качество окружающей среды города в значительной степени влияет система озеленения его территорий (Нехуженко, 2011). Однако деревья и кустарники сами нуждаются в определенных условиях. В частности, они будут плохо себя чувствовать на почвах повышенного уровня загрязнения.

Биоиндикация позволяет обнаружить и определить биологически и экологически значимые антропогенные нагрузки на основе реакций на них живых организмов (Биоиндикаторы и биотестсистемы ..., 2008).

Чувствительные фитоиндикаторы указывают на присутствие загрязняющего вещества в почве морфологическими реакциями, например, такими, как всхожесть, сила роста, морфометрические показатели. Часто в целях биоиндикации используются различные аномалии роста и развития растений (Мелехова и др., 2007).

Важным этапом в работе по определению фитотоксичности почвы является выбор тест-организма. Ранее были получены убедительные результаты при использовании пшеницы в качестве тест-культуры (Вараксина и др., 2004).

Использование цианобактерии (ЦБ) в этом опыте было обусловлено поиском дополнительных путей, снижающих вредную антропогенную нагрузку на почву. В наших предыдущих исследованиях ЦБ показали себя как антагонисты по отношению к фитопатогенам и адсорбентами тяжелых металлов (Домрачева и др., 2015).

Цель данного опыта – оценить фитотоксичность почв в различных зонах г. Кирово-Чепецка и г. Слободского по реакции тест-культуры – пшеницы (*Triticum aestivum*) сорта Ирень.

Для проведения опыта были отобраны почвенные образцы массой в 1 кг из промышленной, парковой, селитебной и транспортной зон г.г. Кирово-Чепецка и Слободского. Отобранные пробы высушивали до воздушно-сухого состояния. После этого почву в каждой пробе растирали и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Из полученной массы отбирали навески почвы по 40 г, помещая их в стерильные чашки Петри, увлажняя водой до 60% от полной влагоемкости. В качестве тест-культуры использовали семена пшеницы сорта Ирень с 98%-ной лабораторной всхожестью. В каждую чашку размещали по 50 зерновок пшеницы, равномерно распределяя их по площади.

Контролем служил промытый, просеянный и прокаленный речной песок с такой же влажностью.

Предварительно суспензию ЦБ гомогенизировали до однородного состояния в течении 3–4 минут на гомогенизаторе (HOMOGENIZER type MPW-302).

После проведения первой серии опытов по определению токсичности городских почв провели вторую серию опытов, в ходе которой для предполагаемого снижения её токсичности в почву и песок дополнительно вносили суспензию цианобактерии (ЦБ) *Microchaeta tenera* с титром $0,6 \cdot 10^8$ клеток/мл.

Степень токсичности исследуемых образцов почвы определяли по таким показателям состояния растений пшеницы, как всхожесть, количество больных растений, длина проростков и корней, количество корней.

Результаты опытов показали, что в образцах почвы, взятых в любой зоне г. Кирово-Чепецка, наблюдается снижение энергии прорастания, по сравнению с контролем (табл. 1). В то же время, снижение всхожести семян пшеницы в г. Слободской наблюдается только в двух зонах – парковой и промышленной.

Таблица 1

Всхожесть семян пшеницы и количество больных проростков в почве различных зон городов

Вариант	г. Кирово-Чепецк		г. Слободской	
	Всхожесть, %	Количество больных растений, шт.	Всхожесть, %	Количество больных растений, шт.
Контроль	82,0	0	82,0	0
Парковая зона	63,5	5,0±0,04	73,0	2,0±0,05
Транспортная зона	66,5	8,0±0,03	83,5	4,0±0,05
Промышленная зона	74,5	6,0±0,03	70,0	2,0±0,02
Селитебная зона	78,5	3,0±0,03	84,5	2,0±0,03

На токсичность почвы указывает и появление больных растений (наибольшее в транспортной зоне г. Кирово-Чепецка), которые полностью отсутствовали в контрольном варианте. Наличие больных растений выявлено в почвенных образцах в г. Слободской, хотя в меньшем количестве, чем в г. Кирово-Чепецке. Появление больных растений явно указывает на фитотоксичность почвы, обусловленную наличием в ней фитопатогенов.

Таким образом, пониженная всхожесть семян и появление больных растений свидетельствует об определенном уровне токсичности в исследуемых городских почвах. По полученным данным можно считать наиболее загрязненными, по сравнению с контролем, парковую и транспортную зоны г. Кирово-Чепецка, парковую и промышленную зоны г. Слободского.

В следующей серии опытов с цианобактериальной обработкой почвы наблюдаются некоторые изменения исследуемых показателей (табл. 2).

В опыте с цианобактериальной обработкой почвы всхожесть семян превышает контроль во всех зонах городов. Больные растения обнаружены почти во всех зонах, но в небольших количествах. Можно сделать вывод о том, что

с обработкой почвы культурой *M. tenera*, по сравнению с вариантом без обработки, наблюдается существенное снижение количества больных растений в исследуемых образцах. Доказательством ярко выраженного антагонистического действия *M. tenera* на фитопатогены служит резкое снижение численности заболевших растений в опыте с обработкой почв культурой ЦБ.

Таблица 2

Влияние цианобактериальной обработки на всхожесть семян пшеницы и количество больных растений в различных зонах городов

Вариант	Кирово-Чепецк		Слободской	
	Всхожесть, %	Количество больных растений, шт.	Всхожесть, %	Количество больных растений, шт.
Контроль	66,6	3,00±0,03	66,6	3,00±0,02
Парковая зона	84,0	1,33±0,01	70,6	1,00±0,02
Транспортная зона	72,6	1,00±0,01	77,3	2,33±0,02
Промышленная зона	68,6	0,67±0,01	77,3	2,00±0,02
Селитебная зона	88,0	2,00±0,03	79,3	2,33±0,02

По показателям всхожести семян можно судить о том, что почвы г. Кирово-Чепецка в большей степени угнетают рост и развитие высших растений, что, вероятно, является результатом сильного антропогенного влияния.

Спустя восемь дней с начала опыта в варианте с цианобактериальной обработкой почвы проводили измерения морфометрических показателей проростков пшеницы: количества корней, длины проростков и корней (рис. 1 и 2).

В почвах различных зон обоих городов четко прослеживается положительное влияние культуры *M. tenera* на морфометрические показатели растений, по сравнению с контролем. Ростстимулирующий эффект цианобактериальной обработки почв проявляется в интенсификации роста как надземной части, так и корневой системы проростков пшеницы. Доказательством антагонистического воздействия ЦБ *M. tenera* против фитопатогенов служит снижение количество больных растений в варианте с цианобактериальной обработкой.

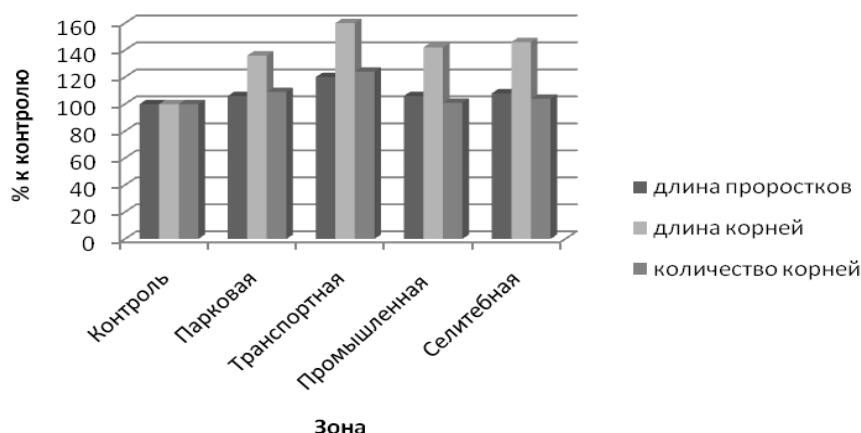


Рис. 1. Морфометрические показатели проростков пшеницы, (г. Кирово-Чепецк)

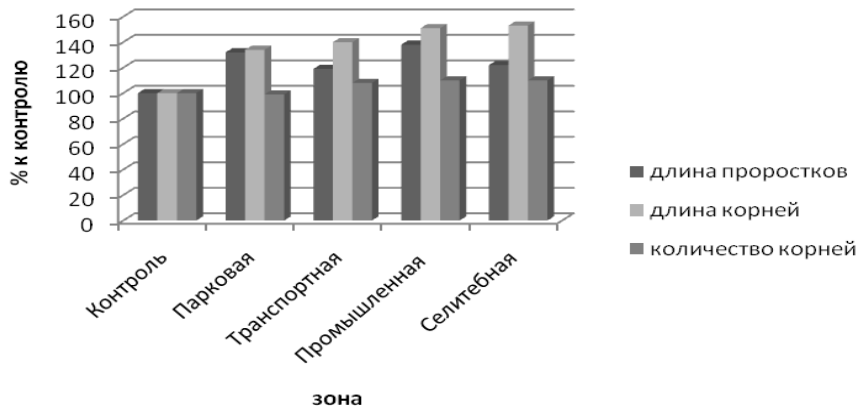


Рис. 2. Морфометрические показатели проростков пшеницы (г. Слободской)

Выводы. 1. Тестирование почвы с использованием растений пшеницы показало, что почвы г. Кирово-Чепецка более фитотоксичны, по сравнению с почвами г. Слободского, что проявляется в величине таких показателей, как всхожесть семян, длина корней, длина проростков и уровень заболеваемости растений.

2. В пределах различных зон городов Кирово-Чепецка и Слободской наблюдается дифференциация по степени фитотоксичности почвы в следующей последовательности: транспортная → промышленная → селитебная → парковая.

3. При внесении *M. tenera* во все исследуемые образцы почв наблюдалось повышение всхожести семян, что говорит о снижении фитотоксичности почв под действием ЦБ.

Литература

Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий / Под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.

Вараксина А. И., Ветлужских И. Л., Домрачева Л. И., Дабах Е. В., Ашихмина Т. Я. Разработка системы биотестирования для оценки фитотоксичности почвы по реакции пшеницы // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика: Матер. Всерос. науч. школы. Киров, 2004. С. 237–238.

Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Казакова Д. В., Субботина Е. С. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 2. С. 55–59.

Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

Нехуженко Н. А. Основы ландшафтного проектирования и ландшафтной архитектуры. Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Питер, 2011. 192 с.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC LINCKIA* НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Ю. В. Чупрова¹, Е. В. Коваль¹, С. Ю. Огородникова^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, undina2-10@yandex.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

В настоящее время актуальна проблема фосфатизации суши, в ходе которой происходит техногенное увеличение содержания фосфора в окружающей среде. К специфическим фосфорорганическим ксенобиотикам относится метилфосфоновая кислота (МФК), она устойчива к тепловому воздействию, гидролизу и фотолизу, что делает ее крайне стабильной в окружающей среде (Кононова и др., 2002). Доказано ее влияние на растительность и почвенную микрофлору (Огородникова и др., 2004, Ашихмина и др., 2007).

Перспективным направлением является поиск биологических методов реабилитации загрязненных метилфосфонатами территорий. Известно, что растительно-микробные ассоциации менее чувствительны к действию поллютантов, чем высшие растения (Молекулярные основы..., 2005). Показано, что ряд цианобактерий (ЦБ) устойчив к действию фосфорорганических токсикантов (Домрачева и др., 2008). Выявлено, что *Nostoc linckia* оказывает ростстимулирующий эффект на растения пшеницы и приводит к усилению фиторемедиационных способностей растения (Фокина и др., 2011).

Целью работы было изучить эффекты ЦБ *Nostoc linckia* на растения ячменя в условиях загрязнения МФК.

Семена ячменя сорта Новичок проращивали в чашках Петри на растворах МФК (0,001 и 0,005 моль/л), с добавлением ЦБ (1 мл на чашку Петри), а также в присутствии ЦБ и МФК (0,001 и 0,005 моль/л) в течение недели. ЦБ *N. linckia* были предоставлены музеем фототрофных микроорганизмов кафедры ботаники, физиологии растений и микробиологии ВГСХА. Возраст культуры 2 месяца. Титр – $1,4 \cdot 10^7$. Контроль – дистиллированная вода. Через 24 часа проводили оценку жизнеспособности семян по методу, основанному на способности дегидрогеназ живых клеток восстанавливать бесцветный раствор хлористого тетразола в формазан (ГОСТ 12039-82). На седьмые сутки оценивали всхожесть семян (ГОСТ 12038-84). Для оценки ростовых показателей отбирали по 30 растений каждого варианта и проводили измерение длины корней и листьев проростков.

Изучено влияние МФК, ЦБ и их совместное действие на жизнеспособность семян, которую оценивали по активности дегидрогеназ. Дегидрогеназа необходима, в первую очередь, для сохранения жизнеспособности семян и при запуске процессов, связанных с их прорастанием, когда повышается активность аэробных биоэнергетических процессов и происходит активация оксидаз. Во влажных семенах наблюдается активное потребление кислорода, который может вызывать окислительное повреждение тканей. Дегидрогеназы

участвуют в адаптационных механизмах растений, произрастающих в экстремальных условиях (Рогожин и др., 2012).

Достоверных изменений жизнеспособности семян под влиянием МФК и ЦБ выявлено не было (табл. 1). Данный показатель оценивался через 24 часа инкубации семян на растворах МФК и с ЦБ, что, вероятно, является недостаточным временем для проявления токсических эффектов.

Таблица 1

**Влияние метилфосфоновой кислоты и ЦБ *N. linckia*
на жизнеспособность и всхожесть семян ячменя**

Вариант опыта	Контроль (вода)		МФК (0,001 моль/л)		МФК (0,005 моль/л)	
	К (0)	К+ЦБ	МФК	МФК+ЦБ	МФК	МФК+ЦБ
Количество жизнеспособных семян, % к контролю	100	101	99	98	98	96
Количество проросших семян (всхожесть), % к контролю	100	115	121*	83	132*	107

Примечание: * – различия между контролем и опытом достоверны при $p \leq 0,05$.

Всхожесть – это способность семян образовывать нормально развитые проростки. Лабораторная всхожесть, в отличие от жизнеспособности, оценивалась на 7-е сутки. Было выявлено, что МФК оказывала стимулирующее действие на семена ячменя (табл. 1). Выявлена положительная тесная связь между дозой токсиканта и всхожестью семян ($r = 0,87$). Добавка ЦБ при проращивании также активировала всхожесть семян, но в меньшей степени. При совместном действии МФК и ЦБ всхожесть семян была близка к контролю.

Показателем, отражающим степень адаптации растений к условиям среды, служит линейный рост растений. При воздействии МФК, ЦБ и их совместном действии достоверных изменений длины побегов и корней не выявлено (табл. 2). Корни были более чувствительны к действию МФК (0,005 моль/л), что проявилось в снижении длины корней на 26% от уровня контроля. Добавка ЦБ приводила к незначительной стимуляции роста листьев и корней. ЦБ обработка семян ослабляла токсическое действие МФК высокой концентрации (0,05 моль/л), причем в большей степени это проявилось на линейном росте корней опытных растений.

Таблица 2

**Влияние метилфосфоновой кислоты и ЦБ *N. linckia*
на показатели линейного роста органов ячменя**

Вариант, концентрация МФК, моль/л	Длина, см	
	корней	листьев
1	2	3
К (0)	7,31±1,16	8,65±1,05
К + ЦБ	8,90±1,69	9,26±0,97

Продолжение таблицы 2

1	2	3
0,001	7,70±1,29	9,53±0,96
0,001 + ЦБ	7,23±1,80	8,96±0,97
0,005	5,41±1,30	7,90±0,94
0,005 + ЦБ	6,05±1,09	8,38±0,99

Таким образом, ЦБ обработка семян *N. linckia* не влияет на жизнеспособность, но оказывает положительное действие на всхожесть семян и линейный рост проростков ячменя. ЦБ обработка оказывает положительное действие на рост проростков ячменя в условиях действия МФК высокой концентрации (0,005 моль/л).

Литература

Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Огородникова С. Ю. Метилфосфоновая кислота как регулятор биологических процессов в экологических системах: действие на микроорганизмы, ферментативную активность и высшие растения // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 78–87.

ГОСТ 12039-82 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности.

ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23.

Кононова С. В., Несмеянова М. А. Фосфонаты и их деградация микроорганизмами // Биохимия. 2002. Т. 67. Вып. 2. С. 220–233.

Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В. В. Игнатова. М.: Наука, 2005. 262 с.

Огородникова С. Ю., Головки Т. К., Ашихмина Т. Я. Реакции растений на фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфоновою кислоту. Сыктывкар: 2004. 24 с.

Рогожин В. В., Куринюк Т. Т., Рогожина Т. В. Функции систем биологического окисления. Об участии оксидоредуктаз в механизмах покоя и прорастания зерновок у пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 1. С. 67.

Фокина А. И., Злобин С. С., Березин Г. И. Состояние цианобактерии *Nostoc linckia* в условиях загрязнения среды никелем и нефтепродуктами и перспективы её использования в качестве биосорбента // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 1. С. 69–75.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АЛЬГОГРУППИРОВОК НА ОТВАЛАХ ПЕЧОРСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Н. М. Зимонина

Вятский государственный университет

В результате длительной эксплуатации месторождений угля Печорского бассейна (Воркутинский промышленный район) обширные площади оказались занятыми породными отвалами. Образование на их поверхности устой-

чивого почвенно-растительного покрова – важное условие снижения их отрицательного влияния на окружающую среду тундры. Почвенные водоросли часто выступают в роли первопоселенцев и составляют начальный этап сукцессии растительности на угольных отвалах (Артамонова, 1992; Дорохова, 2005, Зимонина, 2010). Роль водорослей в восстановительных процессах проявляется прежде всего в показателях численности, биомассы и продукции.

Цель настоящего исследования – выявление количественных и функциональных параметров альгогруппировок угольных отвалов в суровых климатических условиях Севера.

Юньягинское месторождение каменного угля расположено за полярным кругом в северо-восточной части Печорского угольного бассейна и относится к подзоне южных гипоарктических тундр. Отсыпка грунта на территории закрытой шахты «Юнь-Яга» была прекращена в 1996 г. Отвальные массы представляют собой сложную смесь хорошо различимых по цвету пород (вскрышных и вмещающих). Для альгологического количественного анализа в августе 2004 г. были отобраны преобладающие на поверхности отвалов грунты: четвертичные суглинки (цвет – бурый до темно-бурого) и углистые аргиллиты (цвет – темно-серый до черного) в двух вариантах растительных сообществ: на участках пионерного зарастания и в сомкнутых разнотравно-злаковых сообществах лугового типа. Грунты отвалов бедны питательными элементами, в них выявлено повышенное содержание стронция, молибдена, никеля и меди (Дорохова, 2005). Количественный учет водорослей проводился методом прямого счёта С. Н. Виноградского в модификации Э. А. Штиной. (Голлербах, Штина, 1969). Продукция почвенных водорослей вычислялась путем суммирования достоверных суточных приростов биомассы в течение 10 сут. (Домрачева, 2005). Для расчёта времени и скорости обновления биомассы водорослей использованы формулы, предложенные Р. Р. Кабировым и Ф. Х. Хазиевым (1988). Для оценки сукцессионных изменений в соотношениях биомассы (Б) и продукции (П) использовались коэффициент Б/П (Штина, 1991).

Суглинистые субстраты. В альгогруппировках разных местообитаний численность и биомасса водорослей варьируют в широких пределах. Наибольшая численность клеток 1135 тыс. в 1 г грунта отмечена на суглинистом субстрате без высших растений, где основу численности (98 %) и биомассы (85%) составляют нитчатые синезелёные водоросли рода *Phormidium*. Для суглинистых субстратов характерно наиболее интенсивное, по сравнению с другими участками, развитие гетероцистных форм синезелёных водорослей. В основном это представители родов *Anabaena*, *Nostoc* на незадернованном суглинке их биомасса составила – 1,1 кг/га. На незадернованном суглинке в создании биомассы диатомовых на 62% участвуют мелкоклеточные формы (в основном, *Navicula mutica*). Они образуют до 0,5 кг/га органического вещества.

На задернованном суглинке по сравнению с незадернованным количественные показатели популяций водорослей были ниже (численность клеток

– более чем в 5 раз, а биомасса – в 2 раза). Характер изменений этих показателей определяют господствующие на суглинках синезелёные водоросли.

На задернованном суглинке под разнотравно-злаковой растительностью в структуре биомассы увеличивается доля одноклеточных зелёных водорослей, хотя по количеству клеток лидирующие позиции сохраняют синезелёные водоросли. Заращение суглинки высшими растениями сопровождается появлением крупноклеточной диатомеи *Hantzschia amphioxys* var. *subsalsa* Wisl. et Poretzky (средний объем клеток 1892 мкм³). Численность клеток на участке составила – 4,8 тыс. кл. в 1 г грунта, биомасса – 5,4 кг/га

Аргиллитовый щебень. В заселении углистых аргиллитов ведущую роль играют одноклеточные зелёные и диатомовые водоросли. На стадии пионерного заращения численность одноклеточных зелёных водорослей составила 54 тыс. в 1 г грунта, биомасса – 6,9 кг/га. В разнотравно-злаковых сообществах на задернованном щебне по сравнению с «голым» грунтом, биомасса зелёных водорослей увеличивается до 9,7 кг/га, на фоне снижения количества клеток до 41 тыс. в 1 г грунта, что может быть связано, как со сменой видового состава, так и преобладанием процессов роста над процессами размножения. Биомасса водорослей увеличилась с 7,82 кг/га на голом щебне до 14,8 под луговой ассоциацией.

Определение продукции водорослей позволяет наиболее полно оценить вклад почвенных водорослей в процессы почвообразования и их роль как продуцентов в функционировании экосистем. Ежедневные наблюдения в течение 10 сут. за динамикой биомассы водорослей позволили определить продукцию как сумму достоверных прибавок биомассы за исследуемый период.

Наращение и падение числа клеток происходили в течение 1–3 сут. При этом количество водорослей изменяется в 2–3 и более раз. Направленность изменений численности и биомассы, в основном, совпадают, но в 30 % случаев (от общего количества дней) подъём или падение численности не сопровождается соответствующими изменениями биомассы. Пульсационный характер колебаний численности показателей может быть обусловлен совокупным действием абиотических, биотических и внутриценотических факторов (Домрачева, 2005). Сложность механизмов регуляции развития водорослей нашла отражение в отсутствии чёткой синхронизации ритмов развития альгогруппировок разных экотопов на отвалах Юньягинского месторождения. Наибольшая продукция характерна для альгогруппировок незадернованных суглинка и щебня 32 и 26 кг/га соответственно, что в пересчёте на вегетационный сезон составляет вполне существенную цифру 288 и 234 кг/га. Присутствие высших растений снижает продукцию водорослевых сообществ до 14,4 кг/га на щебне и до 9,5 кг/га на суглинке.

В разных экотопах изменяются не только количественные, но и функциональные параметры альгогруппировок: время оборота биомассы, скорость обновления органического вещества водорослей, отношения биомассы к продукции (Б/П). Проведённые расчёты показали, что на незадернованных субстратах отвалов, по сравнению с задернованными, скорость оборота биомас-

сы водорослей выше, она колеблется в пределах 3–5 суток. Более высокая скорость обновления биомассы на незадернованном суглинке, по сравнению с незадернованным щебнем, позволяет за сходный временной промежуток (сутки) оборачиваться почти в два раза большей биомассе – 4 и 2 кг/га водорослевой биомассы, соответственно. Известно, что продукция почвенных водорослей обычно превышает биомассу в несколько раз (Штина, 1991). На породных отвалах Юньягинского месторождения значения отношения Б/П выше на задернованных грунтах (0,56–0,95) по сравнению с незадернованными субстратами (0,36–0,29). Сравнительный анализ функциональных характеристик (продукция, скорость и время оборота биомассы, коэффициентов Б/П) позволяет рассматривать водорослевые сообщества задернованных грунтов как более зрелые.

Таким образом, количественные и функциональные показатели альгогруппировок на породных отвалах Юньягинского угольного месторождения свидетельствуют об активном участии водорослей в создании органического вещества на всех этапах сукцессионного восстановления растительности.

Литература

Артамонова В. С. Эволюция сообществ фототрофных микроорганизмов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И.М.Гаджиев, В.М. Курачёв, Ф.К. Рагим-заде и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. С. 199–214.

Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.

Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.

Дорохова М. Ф. Физико-химические свойства почв восточной части месторождения под воздействием шахтного комплекса // Природная среда тундры в условиях открытой разработки угля (на примере Юньягинского месторождения) / Под ред. М. В. Гецен. Сыктывкар, 2005. С. 91–102.

Зимонина Н. М. Восстановительная сукцессия альгогруппировок на угольных отвалах Крайнего Севера // Ботан. журн. 2010. Т. 95. № 7 С. 956–969.

Кабиров Р. Р., Хазиев Ф. Х. Изменение количественных показателей альгосинузий пойменных почв при антропогенном загрязнении // Бот. журн. 1988. Т. 72. № 38. С. 1060–1065.

Штина Э. А. Роль водорослей в биогеоценозах суши // Альгология. 1991. Т. 1. № 1. С. 23–34.

СТРУКТУРА МИКРОБИОЦЕНОЗА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ОСТРОВА ОЛЬХОН (ПРИБАЙКАЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е. Н. Максимова¹, Т. П. Денисова¹, О. Г. Лопатовская¹, Е. Р. Хадеева²

¹ *Иркутский государственный университет,*

² *Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
evgen_max@list.ru, war_ker@mail.ru*

Остров Ольхон – самый крупный остров озера Байкал, длина его составляет примерно 72 км, ширина 15 км, площадь – 730 км². Он расположен на

юге Иркутской области и входит в состав Прибайкальского национального парка (ПНП).

Засоленные почвы на острове приурочены к береговой линии оз. Шара-Нур. Озеро располагается на высоте 750 м и имеет площадь 13,8 га. По классификации О. А. Алекина (1970) озеро относится к солоноватым водоемам, гидрокарбонатного типа. В настоящее время оз. Шара-Нур пересохло, что связано с периодом минимального количества осадков в период 2014–2015 гг. При высыхании таких озер происходит образование засоленных почв – солончаков, которые обладают неблагоприятными физическими и химическими свойствами. В результате процесса импัลверизации, соли переносятся на значительные расстояния и засоляют почвы.

Отбор почвенных образцов проводился в трансект-катене согласно общепринятым в почвоведении методам. Было заложено 6 почвенных разрезов. В данной работе представлены результаты анализа поверхностных горизонтов (0–10 см), как наиболее чувствительных к антропогенному воздействию.

Изучение микробиоценоза почв заключалось в выявлении автотрофной и гетеротрофной микрофлоры. Диагностика видового состава почвенных микроводорослей проводилась по общепринятым в почвенной альгологии методам с использованием отечественных и зарубежных определителей. Для выращивания водорослей применялась жидкая питательная среда Бристоль в модификации Голлербаха (Голлербах, Штина, 1969).

Исследование гетеротрофной микрофлоры включало определение микроскопических грибов, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, свободноживущих аэробных и анаэробных азотфиксирующих бактерий. С целью обнаружения различных групп микроорганизмов использовались селективные питательные среды (Нетрусов, 2005).

Определение электропроводности почвенного раствора и рН почв осуществлялось в полевых условиях с использованием прибора фирмы HANNA. Электропроводность почв, которая указывает на общее содержание минеральных веществ, изменялась в пределах от 0,1 до 10 ppt. Наибольшая электропроводность отмечалась на дне оз. Шара-Нур, что характерно для минеральных озер. Кислотность почв верхних горизонтов колебалась от слабокислого до сильнощелочного рН (6,2 до 9,9).

Такие результаты связаны со специфическими условиями почвообразовательного процесса на данной территории. В нем принимают участие сульфиды железа, благодаря чему рН становится более кислым. Легкорастворимые соли, в том числе сода, способствуют подщелачиванию почв и воды в озере, что придает им высокие значения (9,9). Содержание органического вещества варьирует в широких пределах от 2,33 до 39, 81%. Однако, следует отметить, что содержание гумуса выше 15% указывает на присутствие перегноя, сапропеля, либо органических остатков, разной степени разложения, что в свою очередь, не является гумусом. Таким образом, на дне озера и на границе уреза воды, содержание органики наибольшее. В данном случае, это связано с отложением именно донного ила – сапропеля (Лопатовская, 2006).

В разрезах № 3, 4, 5 содержание гумуса характерно для зональных почв (Байкаловедение, 2012). Наименьшее количество гумуса – 2,33% отмечается в разрезе № 4. Это соответствует содержанию гумуса в дерново-подзолистых и серых лесных почвах. По гранулометрическому составу поверхностные горизонты почв относятся к тяжелым суглинкам (образец из разреза № 1, заложенный на дне озера) и легким суглинкам (образцы из разрезов № 2–6, заложенные вверх по трансект-катене).

На данный момент в почвенных накопительных культурах отмечено 17 видов водорослей, относящихся к трем отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta и Chlorophyta. Отдел Cyanobacteria включает четыре вида прокариотических фотосинтезирующих, азотфиксирующих организмов. Из них *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Born. Et Flah.) Kom. et Anagn. отмечен для четырех образцов, при этом в массе развивается в образце разреза № 5 с щелочным pH=9,9 и низким содержанием гумуса. *Nostoc paludosum* Kütz. ex Born. et Flah. *F. paludosum* встречается в трех образцах. Доминирование этих видов в щелочных почвах свойственно данной группе организмов (Максимова, 2003). В целом альгоценоз образца из разреза № 5 отличается наибольшим видовым разнообразием (9 видов) и включает виды трех отделов. Отделы Bacillariophyta (2 вида) и Chlorophyta (10 видов) представлены эукариотическими водорослями. Наименьшее число (2) видов отмечено для образца разреза № 1, заложенного на дне пересохшего озера, с кислым значением pH=6,6. В нем развиваются зеленые одноклеточные водоросли *Mychonastes homoshaera* (Skuja) Kalina et Punč. и *Tetracystis sp.*, рост незначителен, а при длительном экспонировании культуры отмечается гибель клеток. Для образца из разреза № 4, отобранного из остепненного сосняка, отмечено преобладание в массе *Tetracystis rampae* Brown et Bold, такое доминирование зеленых водорослей свойственно лесным почвам.

При описании колоний микроорганизмов учитывали стандартные признаки. В проведенных исследованиях было выявлено 33 морфотипа колоний. В образце разреза № 5 зафиксировано наибольшее количество колоний, их численность составляет – 175, а наименьшее количество выросло в образце разреза № 3. Обращает на себя внимание тот факт, что при некотором совпадении обнаруженных морфотипов колоний, все-таки установлена специфичность выросших колоний для различных почвенных образцов. Так, для образца разреза № 1 характерны от 2-9 типов колоний. В образце разреза № 2 обнаружены колонии 10–13 типов, а в образце № 3 – 14–16 типов. Колонии 17–20, 21–26 и 27–32 типов выросли из образцов почвенных разрезов № 4, 5 и 6 соответственно.

В почве из разрезов № 1, 3, 5 и 6 преобладают Г⁻ бактерии, а в образцах № 2 и 4 – Г⁺. Спорообразующие бактерии обнаружены во всех почвенных образцах. Наибольшее их количество встречается в пробах почвы разреза № 5. Капсулообразующие бактерии обнаруживаются редко, наибольшее количество характерно для разрезов № 1 и № 4. Жгутиковые формы встречались в опытах с образцами почв из разреза № 2. Микроскопических грибов ни в од-

ном образце не обнаружено. Показана высокая активность нитрифицирующих бактерий во всех опытных вариантах. Денитрифицирующие микроорганизмы были обнаружены во всех анализируемых пробах, однако, различий с контролем не установлено.

Выявлены аэробные азотфиксирующие бактерии в достаточном количестве (по качественным показателям), что подтверждается присутствием капсулообразующих форм. Наибольшее их количество зафиксировано в образце разреза № 3, а наименьшее – разреза № 1. Присутствие анаэробных азотфиксирующих бактерий в большом количестве доказано активным газообразованием и интенсивным запахом масляной кислоты. Сопутствующий показатель – наличие спорообразующих бактерий, был более выражен в разрезе № 3.

Качественная и количественная структура микробиоценозов почв позволяет судить об адаптации организмов к экстремальным условиям среды и предполагает выделение устойчивых природных штаммов с целью дальнейшего их исследования в области биоприложений (Novoselova et al., 2014).

Анализ микробиологических процессов, происходящих в почве, дает представление о современном состоянии почв, тенденциях в почвообразовательном процессе, и в целом, характеризует экологическую обстановку в наземных экосистемах минеральных водоемов.

Литература

- Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометрическое изд-во, 1970. 200 с.
- Байкаловедение: в 2 кн. / Отв. ред. О. Т. Русинек, В. В. Тахтеев, Д. П. Гладкочуб, Т. В. Ходжер, Н. М. Буднев. Новосибирск: Наука, 2012. Кн. 1. 468 с.
- Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
- Лопатовская О. Г., Кондратьева Г. В., Людвиг Д. Педо-гало-геохимические особенности засоленных почв соленых озер острова Ольхон. Депонированная рукопись ВИНТИ № 195-B2006 27.02.2006.
- Максимова Е. Н. Видовое разнообразие и экология почвенных водорослей минеральных источников Байкальской Сибири: Дис. ... канд. биол. наук: Улан-Удэ, 2004. 213 с.
- Нетрусов А. И. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2005. 608 с.
- Novoselova J. P., Safronov A. P., Beketov I. V., Kurllyandskaya G. V., Samatov O. M., Khurshid H., Nemati Z., Srikanth H., Denisova T. P., Andrade R. Laser target evaporation Fe₂O₃ nanoparticles for water-based ferrofluids for biomedical applications. IEEE Transactions on Magnetics. 2014. T. 50. № 11. P. 697–1372.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ ИНДИКАТОРОВ САПРОБНОСТИ БАССЕЙНА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ЗАРАФШАН

К. С. Маманазарова

*Институт генофонда растительного и животного мира АН РУз,
karomat.3005@mail.ru*

Река Зарафшан находится на территории республик Таджикистан и Узбекистан. Длина реки Зарафшан составляет 781 км, площадь бассейна – 41860 км², из них 17710 км² находятся в горной части бассейна реки, а остальные предгорно-равнинной части.

По геоморфологическому характеру бассейн реки Зарафшан делится на 3 части: верхнее, среднее и нижнее течение (Шульц, Машрапов, 1969). Верхнее течение относится к горной области на территории Таджикистана. Среднее течение (193 км) относится к предгорной зоне Самаркандской области Республики Узбекистан. Нижнее течение (около 287 км) относится к равнинной зоне Навоийской и Бухарской областей.

Материалом для нашей работы послужили пробы собранные в 2009–2011 гг. в нижней части р. Зарафшан и в 2012–2013 гг. в каналах и в нижней части бассейна р. Зарафшан. Сбор альгологических проб проводили по общепринятым альгологическим методикам (Голлербах, Полянский, 1951). Индикаторные виды водорослей к сапробности выявляли по шкале R. Kolkwitz, M. Marsson (Kolkwitz, Marsson, 1909) с дополнениями Г. И. Долгова и Я. Я. Никитинского (Долгов, Никитинский, 1927). Индекс сапробности рассчитывали по методике R. Pantle, N. Buck (Pantle, Buck, 1955) в модификации V. Sladecsek (Sladecsek, 1973).

В результате альгологических исследований выявлено 298 видов и разновидностей, из которых 86 (76 видов и 10 внутри видовые таксоны (ввт.) определены как виды индикаторы сапробности или 26,8% от общего видового состава альгофлоры бассейна.

Виды-индикаторы сапробности относятся к 4 отделам, 8 классам, 11 порядкам, 20 семействам и 36 родам (табл. 1.). Из них ксеносапробы – 9, олигосапробы – 26, β-мезасапробы – 39 и α- мезасапробы – 12 (табл. 2.)

Таблица 1

Таксономический анализ индикторно-сапробных водорослей

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Ввт
<i>Cyanophyta</i>	2	2	6	6	17	3
<i>Bacillariophyta</i>	2	3	8	23	49	9
<i>Euglenophyta</i>	1	1	1	1	1	–
<i>Chlorophyta</i>	3	5	6	6	7	–
Всего:	7	9	19	34	74	12

Отдел Bacillariophyta доминирует с 58 видами и ввт. индикаторов сапробности, что составляет 67,44% из всех видов индикаторных водорослей сапробности нижнего течения бассейна реки Зарафшан.

Следующие места занимают *Cyanophyta* (20; 23,25%), *Chlorophyta* (7; 8,13%), *Euglenophyta* (1; 1,16%)

Отдел *Cyanophyta* включает в себя 20 видов и ввт. таксонов, относящихся к 2 классам, 2 порядкам, 6 семействам и 6 родам (табл. 2).

Семейство *Chroococcophyceae* включает в себя 7 видов и ввт. индикаторы сапробности или 70%, а *Hormogoniophyceae* с 3 видами или 30% от общего количества обнаруженных таксонов. Необходимо отметить, что род *Oscillatoria* Vauch. преобладает по количеству видов (5 или 25%).

Таблица 2

Анализ сапробности водорослей

Отделы водорослей	х		о		β		α		Количество сапробных видов и разновидностей
	вид	вид	Вариация	вид	вариация	вид	вариация		
<i>Cyanophyta</i>	–	7	–	5	2	5	1	20	
<i>Bacillariophyta</i>	9	13	3	24	3	5	1	58	
<i>Euglenophyta</i>	–	–	–	1	–	–	–	1	
<i>Chlorophyta</i>	–	3	–	4	–	–	–	7	
Итого, %	9	23	3	34	5	10	2	86	
	10,47	30,23		45,34		13,95		100%	

При таксономическом анализе отдела *Bacillariophyta* установлено 58 видов и ввт., которые относятся к 2 классам, 3 порядкам, 8 семействам и к 23 родам. Среди обнаруженных водорослей преобладают представители класса *Pinnatophyceae* с 53 видами и ввт., составляют 91,3% от общего количество отдела. Представители класса *Centropheae* в количестве 5 видов составляют всего 8,7%.

Среди порядков доминирует *Raphinales* с 5 семействами, 16 родами и 40 видами в отделе. По видовому отношению среди родов доминирует род *Symbella* Ag. (7) и *Navicula* Bory. (10). Остальные роды содержит по 1–3 вида и ввт.

Из водорослей, индикаторов сапробности, в отделе *Bacillariophyta* можно привести следующие: *Melosira varians* Ag., *Cyclotella kützingiana* Thwait., *Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hust., *Synedra pulchella* (Ralf.) Kütz., *Stauroneis anceps* Ehr., *Navicula gregaria* Donk., *N. pupula* Kütz., *N. pupula* var. *mutata* (Krasske) Hust., *N. rostellata* Kütz., *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* (Kütz.) Hust., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. *Pediastrum boryanum* (Turp.) Meneghini, *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod.

Из отдела *Euglenophyta* обнаружен единственный вид *Trachelomonas oblonga* Lemm. относящихся к классу *Euglenophyceae*, порядок *Euglenales*, к семействам *Euglenaceae* Klebs.

При систематическом анализе отдела *Chlorophyta* установлено 7 видов, относящихся к 3 классам, 5 порядкам, 6 семействам и 6 родам (табл. 1).

По количеству видов-индикаторов первое место занимает станция Каракуль (36). Среди них часто встречаются виды из отдела *Bacillariophyta* (25). Последующие места занимают станция Навои (31), Хатирчи (26), и Бухара (29). В каналах (Унгсохил, Чапкиргок, Калканата) найдено 45 видов и ввт.

По течению уменьшается количество ксено- и олигосапробных видов и повышается количество бета- и альфа-мезосапробных таксонов. Индекс сапробности (Si) меняется от 1,6 до 2. Нижнее течение реки Зарафшан относится к бета-мезосапробной зоне. Качество воды соответствует 3 – удовлетворительно чистая, по разряду – 3а достаточно чистая.

Литература

Голлербах М. М., Полянский В. И. Общая часть // Определитель пресноводных водорослей СССР: В 14-и т. М.: Сов. наука, 1951. Т. 1. 300 с.

Долгов Г. И., Никитинский Я. Я. Гидробиологические методы исследования // Санитарные методы исследования питьевых и сточных вод. М: Агар, 1927. 76 с.

Шульц В. Л., Машрапов Р. Ўрта Осиё гидрографияси. Тошкент: Ўқитувчи, 1969. 360 с.

Kolkwitz R., Marsson M. Oecologie der tierischen saprobien // Int. Rev. Hydrobiol, 1909. Vol. 11. P. 113.

Pantle R., Buck N. Die biolodische Überwachung der Gewässer und Darstellund der Ergebnisse // Gas-und Wasser-fash, 1955. Bd. 96. 18. 604 s.

Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergoeb. 1973. Bd. 7. P. 210–218.

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА «ВЭРВА» НА КСИЛОТРОФНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ *TRAMETES VERSICOLOR* И *GANODERMA LUCIDUM*

К. А. Широкова¹, И. Г. Широких^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, irgenal@mail.ru

Дереворазрушающие грибы (ксилотрофные базидиомицеты) широко известны как продуценты целого ряда биологически активных веществ (БАВ): полисахаридов, белков, липидов, органических кислот, ферментов, витаминов и др. Выделение этих веществ стало основой для разработки не только биологически активных профилактических добавок, но и лекарственных препаратов. Фармакологическое действие базидиомицетов отличается большим разнообразием. Они обладают противоопухолевой, антимикробной активностью, иммунокорректирующим действием и прочими ценными свойствами. У лечебно-оздоровительных препаратов на основе грибов, в отличие от препаратов химического синтеза, не выявлены нежелательные побочные эффекты и токсическое действие (Wasser, Akavia, 2008).

Сырьевой базой для современного производства лечебно-оздоровительных продуктов на основе грибов могут служить только хорошо изученные в фармакологическом отношении виды, к числу которых относятся *Trametes versicolor* и *Ganoderma lucidum* (Ильина, 2011). Проблема увеличения производства биомассы культивируемых грибов, имеющих биологическую активность, не теряет своей актуальности в силу повышенного спроса на этот продукт на фармацевтическом рынке.

При разработке способов культивирования ксилотрофных грибов необходимо учитывать проблемы утилизации отходов деревообрабатывающего комплекса, путем использования производственных отходов в приготовлении питательных субстратов для выращивания грибов. Биопрепарат «Вэрва» представляет собой натриевые соли суммы тритерпеновых кислот ланостанового ряда, полученных из древесной зелени пихты путём экстракции водными растворами оснований (Кучин и др., 2000). Биологические испытания показали высокую эффективность воздействия терпеновых кислот на сельскохозяйственные растения (Широких и др., 2008). Данных о влиянии «Вэрвы» на базидиальные грибы в доступной нам литературе не обнаружено.

Целью настоящей работы явилась оценка рострегулирующего действия биопрепарата «Вэрва» на мицелиальные культуры дереворазрушающих базидиальных грибов *Trametes versicolor* и *Ganoderma lucidum*.

Объектами исследования служили 1) штамм *Trametes versicolor* (L:Fr.) Pil (= *Coriolus versicolor* (Fr.) Quel.: штамм БИН 2263 из Коллекции Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН, г. Санкт-Петербург) 2) штамм *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst, полученный из коллекции Института биотехнологии провинции Цзилинь (г. Чанчунь, КНР).

Для получения мицелиальной биомассы грибы выращивали в жидкой среде, приготовленной путем разведения (1:3) неохмеленного пивного суслу плотностью 4°Бал. В соответствии со схемой опыта, на первом этапе исследований в среды для культивирования грибов добавляли биопрепарат «Вэрва» в концентрациях 0,5; 1,0 и 5,0%. Контролем служил вариант без добавления биопрепарата. После выявления ориентировочных концентраций устанавливали для каждого вида гриба оптимальные для накопления биомассы дозы в более узких диапазонах – от 2 до 4% для *T. versicolor* и от 0,01 до 0,1% для *G. lucidum*. Культивирование вели в течение 10–13 сут на качалке в колбах объемом 250 мл с 50 мл жидкой среды. Затем мицелиальную массу отделяли фильтрованием и высушивали при 60 °С. Данные обработаны стандартными статистическими методами.

В рекогносцировочных исследованиях был установлен дозозависимый эффект тритерпеновых кислот пихты, проявившийся в различной реакции дереворазрушающих трутовиков *T. versicolor* и *G. lucidum* на добавление в состав питательной среды биопрепарата «Вэрва». Так, в присутствии 0,5 и 1,0% биопрепарата мицелиальная масса гриба *T. versicolor* достоверно увеличивалась на 57,3 и 82,9% соответственно, а увеличение концентрации «Вэрвы» до 5% от объема среды привело к снижению на 11% накопления биомассы *T.*

versicolor по сравнению с контролем. Реакция *G. lucidum* на добавление «Вэрвы» во всем диапазоне первоначально исследованных концентраций оказалась резко отрицательной. Выход биомассы мицелия *G. lucidum* снизился по сравнению с контролем на 24,0; 53,6 и 78,0% в зависимости от концентрации биопрепарата (рис.).

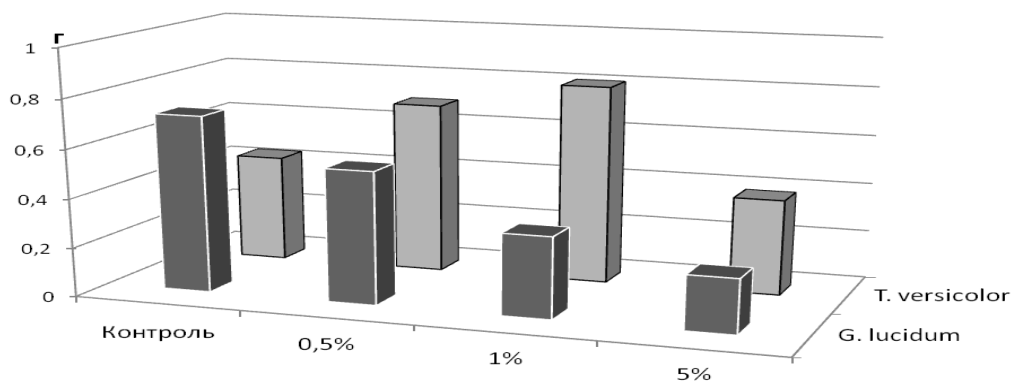


Рис. Накопление мицелиальной биомассы ксилотрофными трутовиками в жидкой среде с добавлением биопрепарата «Вэрва» в различных концентрациях

При дальнейшей оптимизации выхода мицелиальной биомассы гриба *T. versicolor* было показано, что увеличение дозы биопрепарата «Вэрва» до 2% от объема среды не сопровождается положительным эффектом. Если на 5-е сутки культивирования и отмечалось краткое стимулирующее (на 23% к контролю) действие этой дозы биопрепарата, то к 10-м и 13-м суткам оно полностью нивелировалось и даже изменялось на противоположное.

Изучение реакции гриба *G. lucidum* на внесение биопрепарата «Вэрва» в жидкую среду в концентрациях, пониженных по сравнению с первоначальными, выявило стимулирующее действие «Вэрвы» в дозе 0,05% от объема среды. Накопление мицелиальной биомассы к 13-м суткам в этом случае увеличилось по сравнению с контролем в 2,5 раза.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлены оптимальные дозы биопрепарата «Вэрва» для введения в жидкие среды для выращивания фармакологически ценных ксилотрофных трутовых грибов в мицелиальной культуре. Выявлена видоспецифическая реакция ксилотрофных трутовиков на биопрепарат «Вэрва», представляющий собой натриевые соли тритерпеновых кислот, извлеченных из древесной зелени пихты обыкновенной. Положительный отклик на внесение биопрепарата у гриба *T. versicolor*, распространенного в хвойных лесах умеренного климата, отмечали при использовании более высоких концентраций (0,5–1,0%), чем у гриба *G. lucidum* (0,05%), приуроченного к лиственным лесным породам.

Литература

Ильина Г. В. Эколого-географический потенциал природных изолятов ксилотрофных базидиомицетов: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук, Пенза. 2011. 48 с.

Кучин А. В., Карманова Л. Б., Хуршкайнен Т. В. Способ выделения биологически активной суммы кислот из древесной зелени пихты. Пат. 2161149 РФ. 2000.

Широких И. Г., Огородникова С. Ю., Широких А. А., Карпова Е. М., Хуршкайнен Т. В. Биологическая активность терпеноидов, полученных по инновационной технологии из древесной зелени ели (*Picea obovata* L.), пихты (*Abies sibirica* L.) и берёзы (*Betula pendula* R.) // Агрехимия. 2008. № 10. С. 10–17.

Wasser S. P., Akavia E. Regulatory issues of mushrooms as functional foods and dietary supplements: Safety and efficacy // Mushr. Functional Foods. 2008. P. 199–226.

СВОЙСТВА ИЗОЛЯТОВ СРЕПТОМИЦЕТОВ ИЗ РИЗОСФЕРЫ ТРАНСГЕННОГО ТАБАКА (*NICOTIANA TABACUM*)

Я. И. Назарова¹, И. Г. Широких^{1, 2, 3}

¹ НИИСХ Северо-Востока,

² Вятский государственный университет,

³ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, irgenal@mail.ru

В области генно-инженерного улучшения сельскохозяйственных культур усиливаются работы по повышению стрессоустойчивости растений, связанные со встройкой гетерологичных генов, отвечающих за синтез антиоксидантных ферментов. Одним из таких антиоксидантных генов является ген *Fe-SOD1*, придающий растению устойчивость к различным биотическим и абиотическим стрессам, которые сопровождаются повышением содержания супероксидных анион-радикалов, которые вызывают прямые повреждающие эффекты, а также могут быть источником образования других, в том числе и более токсичных, форм кислорода. Поэтому клетка нуждается в строгом контроле над продукцией и своевременном удалении данных радикалов. Антиоксидантный фермент супероксиддисмутаза (СОД, КФ 1.15.1.1) катализирует реакцию дисмутации супероксидных анион-радикалов до молекулярного кислорода и пероксида водорода, защищая тем самым клетки от окислительной деструкции. Трансгенные культуры с суперэкспрессией гена СОД демонстрировали большую, в сравнении с обычными растениями, устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов среды (Gao et al., 2003; Серенко и др., 2009; Баранова и др., 2011).

Наряду с положительными результатами, касающимися высокой эффективности применения технологий генетической инженерии в селекции сельскохозяйственных растений, в обществе (в основном среди экологов, политиков, активистов природоохранительных организаций и движений) нарастает озабоченность, связанная с потенциальной экологической опасностью широкого применения трансгенных культур (Вельков и др., 2003). В связи с этим разработка методов рациональных и научно обоснованных оценок агроэкологических рисков, связанных с использованием трансгенных культур, является весьма актуальной и практически необходимой задачей. В частности, в настоящее время в РФ обсуждаются вопросы проведения экспертизы биологической безопасности в отношении трансгенных растений, предназначенных для

выпуска в окружающую среду на территории нашей страны (Производство экспертизы..., 2015). В этом документе оценка возможного влияния генно-инженерно-модифицированных растений (ГИМР) на ризосферу включена в число важнейших данных о взаимодействии ГИМР с окружающей средой.

Цель нашей работы заключалась в сравнительной оценке ризосферной актинобиоты линии табака (*Nicotiana tabacum* L.) с гетерологичным геном *Fe-SOD1* и исходного сорта.

В работе использовали табак обыкновенный (*Nicotiana tabacum* L.) сорта Самсун и трансгенная линия Ttrf 2 с геном, кодирующим цитоплазматическую Fe-содержащую супероксиддисмутазу (Fe-SOD1) из *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh, любезно предоставленные А.А. Гулевичем и Е.Н. Барановой (ВНИИСБ, г. Москва).

Ранее было установлено, что трансгенная линия Ttrf 2 характеризовалась в условиях стресса неустойчивой во времени активностью супероксиддисмутазы (Широких и др., 2015). Нестабильное функционирование встроенного гена может не только являться причиной неудачи генно-инженерного вмешательства, но и индуцировать плеiotропные эффекты, которые, в свою очередь, могут повлечь изменения в структуре микробных комплексов трансгенных растений.

В результате проведенных исследований показано, что исходный сорт Самсун и линия табака Ttrf 2 по численности, разнообразию и видовой представленности стрептомицетов в ризосфере различались незначительно (табл.), что свидетельствует о сходстве таксономической структуры комплексов мигцелиальных прокариот исходного сорта и генетически модифицированной линии.

Фиторегуляторные свойства ризосферных изолятов стрептомицетов изменялись в зависимости от источника выделения тоже несущественно. Так, для выборки стрептомицетных изолятов с корней табака сорта Самсун биосинтез ауксинов в среде с 200 мг/л триптофана составил в среднем $10,23 \pm 0,78$ мкг/мл, а для выборки из ризосферы трансгенной линии Ttrf 2 в тех же условиях – $9,94 \pm 0,78$ мкг/мл. В то же время доля штаммов с широкой антифунгальной активностью снизилась от 47% в ризосфере исходного сорта до 32% в ризосфере трансгенной линии Ttrf 2.

На корнях подвергнутых трансгенезу растений табака поменялось доленое соотношение штаммов с высокой и низкой целлюлозолитической активностью. Так, если в ризосфере исходного сорта Самсун распределение исследованных изолятов по величине зон деструкции целлюлозы при лабораторном тестировании было близким к нормальному (рис.), то в ризосфере трансгенной линии Ttrf 2 среди исследованных изолятов преобладали (76%) штаммы с повышенной целлюлозолитической активностью (зоны деструкции более 30 мм).

**Численность, разнообразие и структура комплексов стрептомицетов
в ризосфере табака**

Гено-тип	Численность тыс. КОЕ/г	Виды секций и серий					Индекс Шеннона	
		Albus		Cinereus		Imperfectus		Helvolum Flavum Helvolum
		Albus	Albicoloratus	Achromogones	Chromogones			
Самсун	393,9±31,7	100/33,5	0	100/54,1	100/2,9	80/7,7	60/1,8	1,51±0,23
Trtf 2	310,4±52,6	100/30,3	20/0,2	100/56,0	100/4,9	100/7,3	60/1,3	1,54±0,07

Примечание. Частота встречаемости/доля участия (%).

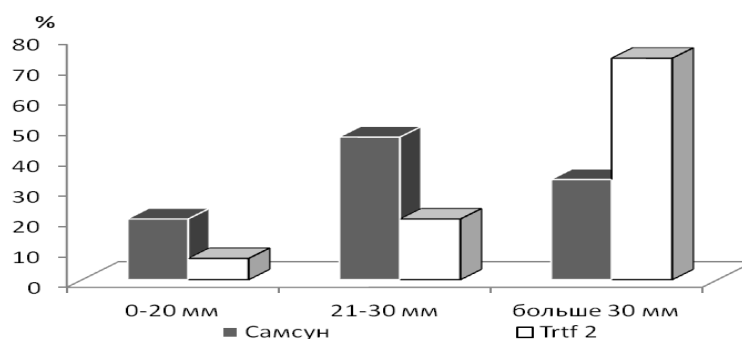


Рис. Доля представителей с различной целлюлозолитической активностью в ризосфере табака исходного сорта Самсун и трансгенной линии Trtf 2

Таким образом, при отсутствии отчетливых различий в таксономической структуре стрептомицетных комплексов, между исходным и генетически модифицированным генотипами табака, установлены различия в биосинтетической активности ассоциированных с их корнями микроорганизмов. Изменения функциональной структуры ризосферных комплексов, касающиеся продукции антифунгальных антибиотиков и целлюлаз, могут иметь своим следствием нарушение естественной супрессивности почвы и процессов трансформации растительного опада.

Литература

Баранова Е. Н., Гулевич А. А., Майсунян А. Н., Лаврова Н. В. Ультраструктурная организация клеток трансгенных растений томата с геном Fe-SOD при засолении питательной среды // Известия ТСХА. 2011. № 1. С. 90–96.

Вельков В. В., Соколов М. С., Медвинский А. Б. Проблемы государственного регулирования производства трансгенных растений // Вестник защиты растений. 2003. № 3. С. 7–16.

Производство экспертизы биологической безопасности в отношении генно-инженерно-модифицированных растений предназначенных для выпуска в окружающую среду на территории Российской Федерации. Методические указания. М.: Министерство сельского хозяйства РФ, 2015. 23 с.

Серенко Е. К., Овчинникова В. Н., Куренина Л. В., Баранова Е. Н., Гулевич А. А., Майсурия А. Н., Харченко П. Н. Получение трансгенных растений томата с геном Fe-зависимой супероксиддисмутазы // Доклады РАСХН. V. 4. P. 12–14.

Широких И. Г., Огородникова С. Ю., Баранова Е. Н., Назарова Я. И., Гулевич А. А. Трансформанты табака с геном Fe-SOD1 как модель для изучения формирования алюмоустойчивости // Агрехимия. 2015. № 2. С. 79–85.

Gao X., Ren Z., Zhao Y., Zhang H. Overexpression of SOD increases salt tolerance of *Arabidopsis* // Plant Physiol. 2003.V. 133 P. 1873–1881.

НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА, МЕДИ И ЦИНКА МИКОРИЗООБРАЗУЮЩИМИ БАЗИДИОМИЦЕТАМИ В ПАРКАХ г. КИРОВА

Д. В. Попыванов^{1,2}, А. А. Широких^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Зональный научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого*

Сообщества грибов – одна из главных составляющих экосистем нашей планеты. Грибы осуществляют широкий спектр биосферных функций, важнейшей из которых является разложение органического вещества. Грибам в экосистемах отводится роль посредников между живым и косным веществом биосферы. Они контролируют первичную и вторичную продуктивность, регенерацию биофильных элементов путем разложения растительных и животных остатков и перевода элементов из геологического в биологический круговорот.

Особенностью биологии базидиальных грибов является накопление плодовыми телами различных химических элементов, в том числе и тяжёлых металлов (ТМ), в концентрациях значительно более высоких, чем в окружающей среде.

В исследованиях загрязнения городских экосистем основное внимание обычно уделяется мониторингу элементов-загрязнителей в природных средах и объектах – воде, воздухе, почве, растениях, тогда как закономерности накопления элементов-загрязнителей таким компонентом биоты, как базидиальные грибы, – практически не изучено. Между тем эти данные необходимы для оценки роли грибов в миграции поллютантов в биогеохимических циклах и звеньях пищевой цепи урбаногенных территорий и для выяснения возможности использования отдельных видов макромицетов в мониторинге окружающей среды (Широких, Широких, 2010).

Цель нашей работы – исследование аккумуляции ТМ (меди, цинка и свинца) плодовыми телами базидиальных макромицетов, образующих микоризу, в парках города Кирова.

Исследования проводили в г. Кирове – развитом индустриальном центре, ведущими отраслями которого являются электроэнергетика, машиностроение

и металлообработка. Наряду с автотранспортом, они оказывают существенное влияние на загрязнение почв города ТМ.

О способности грибов к биоабсорбции изучаемых элементов судили по коэффициенту накопления, рассчитываемому как отношение концентраций элемента в биомассе гриба и в слое почвы 0–5 см.

Полученные данные обрабатывали стандартными методами статистического анализа, с использованием пакета программ Excel.

Анализ распределения видов по экотопам показал, что наибольшее число видов произрастало в парке Победы и Александровском саду. Основная масса древесных растений в парках – березы, липы, лиственницы, дубы, клены. В наших исследованиях микоризообразующие грибы занимают 20% от числа видов других эколого-трофических групп (сапротрофы – 38%, ксилотрофы – 42%). Чаще других были отмечен вид *Hebeloma crustuliniforme* (у сквера «Искож» и парка им. Кирова).

Анализ суммарного накопления ТМ (Cu, Zn, Pb) плодовыми телами макромицетов показал, что концентрации в базидиомах грибов различаются в широких пределах (от 179,57 до 302,15 мкг/г), среднее содержание подвижных форм ТМ в почвах составило по Cu 0,25 мкг/г, по Zn – 10,54 мкг/г, по Pb – 1,02 мкг/г.

Уровень накопления отдельных элементов в грибах определялся, в первую очередь, природой самого химического элемента. Медь (до 47,15 мкг/г) и цинк (до 253,79 мкг/г) накапливались в больших количествах, чем свинец (до 1,21 мкг/г) (табл.).

Таблица

Валовое содержание металлов в плодовых телах ксилотрофных базидиомицетов и почве в среднем

Образец биомассы гриба	Содержание элементов, мкг/г в.-с. массы						В сумме в пло-вом теле
	Cu	Cu K _n	Pb	Pb K _n	Zn	Zn K _n	
<i>Hebeloma crustuliniforme</i>	19,48/ 0,14	78,43	<0,03/ 10,98	0	196,91/ 14,50	13,58	216,39
<i>H. crustuliniforme</i>	47,15/ <0,03	47,15	1,21/<0,03	1,21	253,79/ 6,08	41,74	302,15
<i>Triholoma terreum</i>	23,65/ <0,03	23,65	<0,03/ <0,03	0	253,57/ 9,09	27,90	277,23
<i>Scleroderma verrucosum</i>	<0,03/ <0,03	0	<0,03/ <0,03	0	179,57/ 9,09	19,75	179,57
<i>Cortinarius torvus</i>	13,88/ <0,03	13,88	0,92/1,41	0,65	236,71/ 16,43	14,41	251,51
<i>Hebeloma mesophaeum</i>	6,67/ 0,03	6,67	0,03/1,41	0,02	193,39/ 16,43	11,77	200,09

Примечание. В числителе указано валовое содержание ТМ в плодовых телах, в знаменателе — содержание подвижных форм в почве. K_n – коэффициент накопления.

Концентрация химических элементов зависела также от биологических особенностей видов. Так, максимальная концентрация меди, свинца и цинка характеризовала плодовые тела *H. crustuliniforme* – 47,15, 1,21 и 253,79 мкг/г соответственно. В плодовых телах вида *Scleroderma verrucosum* медь и свинец не накапливались, а количество цинка составило 179,57 мкг/г. По результатам проведенных нами исследований установлено, что по суммарному количеству изучаемых элементов микоризообразователи находятся на 1 месте за счет хорошей способности к аккумуляции Zn, за ними следует экологотрофическая группа подстилочных сапротрофов и ксилотрофов.

Максимальные коэффициенты накопления меди отмечены для микоризных грибов *H. crustuliniforme* (78,43 и 47,15) и *Tricholoma terreum* (23,65).

Коэффициенты накопления плодовыми телами свинца, даже при высоких концентрациях этого элемента в почвах, были по сравнению с биофильными элементами Cu и Zn, достаточно низкими и мало изменялись в зависимости от вида гриба.

На основании проведенных исследований можно заключить, что накопление ТМ в грибах определяется химической природой самого элемента, биологическими особенностями грибов, условиями их произрастания. Максимальный уровень накопления отмечен для цинка и меди, гораздо меньший – для свинца. Концентрация меди и цинка в грибах всех исследованных видов превышает концентрацию этих элементов в окружающей среде (почве) от 6 до 78 раз. Уровень суммарного накопления меди, цинка и свинца в плодовых телах грибов, как правило, отражает степень загрязнения ТМ окружающей среды в конкретном экотопе. К числу видов — концентраторов ТМ в городской среде могут быть отнесены виды *H. crustuliniforme* и *Tricholoma terreum*. Существование в экотопах микоризообразующих грибов свидетельствует о том, что наличие в почвах тяжелых металлов не влияет на формирование микоризы с различными породами деревьев.

Литература

Глазычев В. Л. Социоэкологическая интерпретация городской среды. М.: Наука, 1984. 180 с.

Широких А. А., Широких И. Г. Накопление тяжелых металлов ксилотрофными базидиальными грибами в городских экосистемах // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. Вып. 4. С. 359–366.

БИОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ИЗОЛЯТОВ СТРЕПТОМИЦЕТОВ ИЗ БУРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЭГЕЙСКОГО МОРЯ

С. С. Рычкова¹, И. Г. Широких^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, irgenal@mail.ru

Актиномицеты – спорообразующие, грамположительные бактерии, способные к формированию ветвящегося мицелия, типичные представители почвенной микробиоты. Они относятся к группе актинобактерий и характеризуются способностью к синтезу большого количества разнообразных вторичных метаболитов (антибиотики, витамины, экзогидролазы, фитогормоны и т.д.), которые находят все более широкое применение в различных отраслях современной экономики. Таксономическая и функциональная структура актиномицетных комплексов является специфичной для тех или иных почв определённого генезиса (Звягинцев, Зенова, 2001).

Восточное побережье Эгейского моря отличается типично средиземноморским климатом с характерными для него жарким сухим летом и теплой дождливой зимой. Под пологом хвойно-широколиственных, а также хвойных лесов здесь распространены бурые земные почвы, весьма разнообразные по составу. Общей их особенностью является богатый зольными элементами опад с высоким содержанием кальция, магния и др. Бурые лесные почвы содержат 5–10% гумуса, имеют бурую окраску, обусловленную накоплением во всех горизонтах глинистых минералов и оксидов железа, обычно слабокислые, обладают хорошей структурой. В гористой местности большая часть верхнего плодородного слоя бурозема в результате интенсивного поверхностного стока и чрезмерной эрозии может быть смыта, и тогда на поверхность выходит щебнистый горизонт.

Специфические условия почвообразования и характерный тип растительности, с преобладанием эндемичного подвида сосны калабрийской или турецкой (*Pinus brutia* var. *pendulifolia*), обусловили особенности и местной почвенной актинобиоты.

Цель настоящей работы заключалась в выделении из бурой лесной почвы данного географического района культур актиномицетов с последующей идентификацией и изучением их биосинтетических свойств.

В работе были использованы образцы подстилки (слой 0–2 см) и бурой лесной почвы (слой 2–10 см), отобранные в апреле 2015 г. в лесном массиве *Pinus brutia* вблизи п. Ичмелер (Турция). Культуры актиномицетов рода *Streptomyces* выделяли с использованием селективного приема (прогревание почвы при 100⁰ С в течение 1 час) на средах с пропионатом натрия и КГА. Культуры идентифицировали по (Гаузе и др., 1983). Целлюлозолитическую активность определяли на среде Гетчинсона с карбометилцеллюлозой (КМЦ) (Teather, Wood, 1982), антагонистическую – методом агаровых блочков (Его-

ров, 1979). Фиторегуляторную активность изолятов оценивали по способности продуцировать ауксины (Libbert, Rich, 1969).

В результате выполненных исследований было получено 30 изолятов рода *Streptomyces*, относящихся к 10 видам из 5 серий и 3 секций (табл.).

Таблица

Видовой состав изолятов стрептомицетов из бурой лесной почвы

Секция	Серия	Штаммы (количество антибиотиков по (Гаузе и др., 1983))
Helvolo – Flavus	Helvolus	<i>S. globisporus</i> 1Т – 8; 3Т – 3.1; 3Т – 2; 1Т – 3; 1Т – 4 (4)
		<i>S. felleus</i> 3Т – 1; 3Т – 13; 3Т – 7; 3Т – 2.1; 3Т – 8; 1Т – 5; 3Т – 11; 3Т – 12; 1Т – 6 (2)
Cinereus	Chromogenes	<i>S. xanthocidicus</i> 1Т – 11 (1)
		<i>S. noboritoensis</i> 1Т – 14 (2)
	Achromogenes	<i>S. wedmorensis</i> 1Т – 12; 1Т – 2.1; 1Т – 2 (2)
		<i>S. hudrogenans</i> 1Т – 10 (2)
	<i>S. clavuligerus</i> 3Т – 5.1 (3)	
Albus	Albocoloratus	<i>S. niveoruber</i> 3Т – 5 (1)
	Albus	<i>S. sindenensis</i> 3Т – 10; 1Т – 1.1; 3Т – 9; 1Т – 7; 1Т – 1 (2)
		<i>S. candidus</i> 2Т – 1; 1Т – 4.1; 3Т – 3 (2)

В бурой лесной почве под кроной сосны калабрийской видовое разнообразие актиномицетов относительно невелико. В подстилке выявлены лишь представители вида *S. candidus* из серии Albus Albus. В верхнем почвенном горизонте преобладают виды секции Helvolo-Flavus Helvolus (48% изолятов), особенно часто встречается вид *S. felleus*, из штаммов которого получены антибиотики пикромидин и проактиномицин А (Гаузе и др., 1983). К типичным среди выделенных культур можно отнести также вид *S. globisporus* – продуцент актиноксантина и ряда неидентифицированных антибиотиков.

Благодаря продукции антибиотиков актиномицеты выступают в роли регуляторов микробных сообществ, ограничивая на корнях растений численность фитопатогенов и обуславливая естественные супрессивные свойства почв. Проверка антагонистических свойств изолятов из бурой лесной почвы показала, что широким спектром (против 3–4-х тест культур грибов и бактерий) характеризуется около 17% культур стрептомицетов, среди них штаммы, отнесенные к видам *S. wedmorensis*, *S. globisporus*, *S. felleus*. Штаммы этих видов были активны против грибных фитопатогенов *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Acremonium* sp., *Bipolaris sorokiniana*. Отдельные штаммы были активны против фитопатогенной бактерии *Erwinia herbicola*. В то же время, ни одна из исследованных культур стрептомицетов не ингибировала рост тест-бактерий *Pseudomonas putida*, *Escherichia coli*, *E. rhapontici*.

Экологические функции актиномицетов в почве связаны также с разложением растительных полимеров, значительная доля которых представлена целлюлозой. Среди исследованных природных изолятов доля представителей с высокой целлюлозолитической активностью (зона деградации КМЦ более 25 мм в реакции с Конго красным на среде с КМЦ) составила в среднем 17,2%. Более половины штаммов (58,1%) проявили умеренную активность

(зоны деструкции КМЦ от 15 до 25 мм) в разложении целлюлозы, а представленность штаммов с низкой целлюлозолитической активностью (менее 15 мм) варьировала в почве в широких пределах, изменяясь, в зависимости от места отбора образца, более чем в 6 раз. Среди целлюлозолитически активных отмечены культуры, принадлежащие к видам *S. candidus*, *S. felleus*, *S. noboritoensis*.

Благодаря способности продуцировать фитогормоны, актиномицеты участвуют в регуляции роста и развития растений. Способностью продуцировать соединения с фиторегуляторной активностью часто обладают ризосферные стрептомицеты и эндофиты. Определение способности выделенных из бурой лесной почвы культур к синтезу ИУК показало, что среди них встречаются стрептомицеты, накапливающие в среде с триптофаном до 19,7 мкг/мл ИУК (*S. sindenensis* 3Т – 9). Но у большинства (60%) природных изолятов продукция ауксинов изменялась в пределах от 10 до 15 мкг/мл. Активный синтез ауксинов установлен у штаммов, принадлежащих к видам *S. wedmorensis*, *S. globisporus*, *S. felleus*.

В результате выполненных исследований установлен видовой состав доминирующих стрептомицетов бурой лесной почвы восточного побережья Эгейского моря, отобраны штаммы с высокой целлюлозолитической и антибиотической активностью, а также способные к синтезу регуляторов роста растений. Для ряда культур установлено сочетание сразу нескольких проявлений биосинтетической активности: например, синтез целлюлаз и антибиотиков штаммом *S. felleus* 3Т – 12, или продукция ауксинов и антибиотиков штаммом 1Т – 12. Всего, в результате первичного скрининга в коллекцию биотехнологически перспективных культур передано 12 изолятов стрептомицетов для дальнейшего изучения их полезных свойств.

Литература

- Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова Л. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. Роды *Sreptomycetes*, *Streptoverticillium*, *Chainia*. М.: Наука, 1983. 248 с.
- Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках М.: Высшая школа, 1979. 485 с.
- Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М. Экология актиномицетов. М.: ГЕОС, 2001. 257 с.
- Libbert E., Rich H. Interaction between plants and epiphytic bacteria regarding their auxin metabolism // *Phisiol. Plant*. 1969. V.22. P. 51–58.
- Teather R. M., Wood P. J. Use of congo-red polysaccharide interaction in erumeration and characterization of cellulolytic bacteria the bovine rumen // *Appl. Environ Microbiol*. 1982. V. 43. P. 777–780.

ИНДИКАЦИОННАЯ РОЛЬ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ ВОЗРАСТАЮЩИМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ МЕДИ

*Д. В. Казакова¹, К. А. Леонова¹, Е. С. Субботина¹,
Л. И. Домрачева^{1,2}, Е. А. Горностаева³*

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, dli-alga@mail.ru*

³ *Вятский государственный университет, g_lentochka@mail.ru*

В почвах агроэкосистем, которые находятся вблизи городов или в зоне действия химических и металлургических предприятий, происходит постоянное накопление различных поллютантов, среди которых существенную роль играют тяжелые металлы (ТМ). Анализ изменений (их направленность), происходящих в почве под влиянием ТМ, необходим для прогнозирования качества получаемой биопродукции, а также может служить основой для его регулирования (Карпова, 2006). В первую очередь, на любые воздействия на почву реагирует микробиота. В биоиндикационных исследованиях по характеру ответных реакций различных групп микроорганизмов судят о наличии почвенного гомеостаза или степени его нарушения. Среди организмов – индикаторов, реагирующих на загрязнение почвы различными поллютантами, большую роль играют микроскопические грибы. Индикационная роль микромицетов обусловлена тем, что в их популяциях встречаются формы с бесцветным и окрашенным мицелием. Увеличение доли окрашенных (меланизированных) грибов указывает на возрастание антропогенной нагрузки на почву, независимо от характера загрязняющих веществ. Однозначная реакция микромицетов в сторону меланизации микробных комплексов проявляется при действии таких поллютантов, как тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты, пестициды, продукты распада химического оружия и др. (Марфенина, 2005; Домрачева, 2011). В частности, для почв Кировской области (как городских, так и для сельскохозяйственных) актуальна проблема их загрязнения ТМ.

В рамках полевого опыта с выращиванием различных сельскохозяйственных культур было смодулировано загрязнение почвы ионами меди в возрастающих концентрациях: 3, 150 и 300 мг/кг, что соответствует 1, 50 и 100 ПДК.

Цель данной работы – изучить влияние возрастающих концентраций меди на развитие почвенных микромицетов под различными сельскохозяйственными культурами.

Опыт был проведен на опытном поле ВГСХА, в трехкратной повторности, на дерново-подзолистой, средне-суглинистой почве. С фоновым содержанием меди 0,22 мг/кг. Площадь учетной делянки 0,24 м². Водные растворы токсиканта в виде соли CuSO₄·5H₂O вносили в почву после посадки семян, поливая 10–15 см верхнего горизонта.

Отбор почвенных образцов для количественного учета микромицетов был отобран в конце вегетационного сезона, в сентябре, после уборки урожая.

При прямом количественном учете грибов под микроскопом учитывали фрагменты мицелия (обозначенные в таблице как пропагулы) с одновременной дифференциацией их на бесцветные и окрашенные формы. Результаты количественного анализа показали, что общей закономерности развития грибных комплексов под разными культурами и в почве с различным содержанием ионов меди не наблюдается (табл.1). При этом в подавляющем большинстве вариантов разница между показателями их численности не велика.

Таблица 1

Влияние возрастающих концентраций ионов меди на численность почвенных микромицетов под различными сельскохозяйственными культурами (тыс. пропагул/г)

Вариант	Пшеница	Горчица	Горох
Контроль	2200±400	790±100	1980±570
Cu ²⁺ +3 мг/кг	1400±200	2490±100	2005±450
Cu ²⁺ +150 мг/кг	2000±500	1660±80	1700±132
Cu ²⁺ +300 мг/кг	1600±400	2720±600	2040±300

Под пшеницей эти показатели лежат в пределах 1600–2200 тыс. пропагул/г; под горохом 1700–2040 тыс. пропагул/г и в почве под горчицей минимальное количество грибов – 790 тыс. пропагул/г (контроль). Под этой же культурой при загрязнении почвы их численность возрастает от 2 до 3 раз. Вероятно, различия численности грибов в разных вариантах связаны с различным количеством корневого и листового опада, который и является для них питательным субстратом. Чем больше масса попадающего в почву свежего органического вещества, тем активнее происходит размножение грибов. Исходя из полученных результатов, объем доступного для грибов органического вещества во всех вариантах, кроме контрольного варианта под горчицей, примерно одинаково.

Таблица 2

Влияние возрастающих концентраций меди на структуру грибных популяций в почве под различными сельскохозяйственными культурами (%)

Вариант	Пшеница		Горчица		Горох	
	Мицелий					
	бесцветный	окрашенный	бесцветный	окрашенный	бесцветный	окрашенный
Контроль	65,2	34,8	54,4	45,6	72,2	27,8
Cu ²⁺ +3 мг/кг	39,5	60,5	43,0	57,0	33,7	66,3
Cu ²⁺ +150 мг/кг	13,0	87,0	25,9	74,1	33,5	66,5
Cu ²⁺ +300 мг/кг	26,0	74,0	20,9	79,1	31,4	68,6

В то же время, анализ структуры грибных популяций показывает, что по мере увеличения концентрации меди в почве происходит неуклонное возрастание

тание доли меланизированных грибов с максимумом в вариантах под пшеницей (87,0%) и под горчицей (79,1%) с дозой меди 300 мг/кг, тогда как в контроле под всеми культурами подобные грибы составляли от 27,8 до 45,6%.

Несмотря на то, что под всеми изучаемыми культурами возрастающие концентрации меди стимулируют размножение темноокрашенных грибов, характер зависимости между дозой меди и структурными показателями микромицетов различен (рис). Выявлена практическая прямолинейная зависимость между концентрацией ионов меди и содержанием пигментированного мицелия под горчицей ($r=0,9124$).

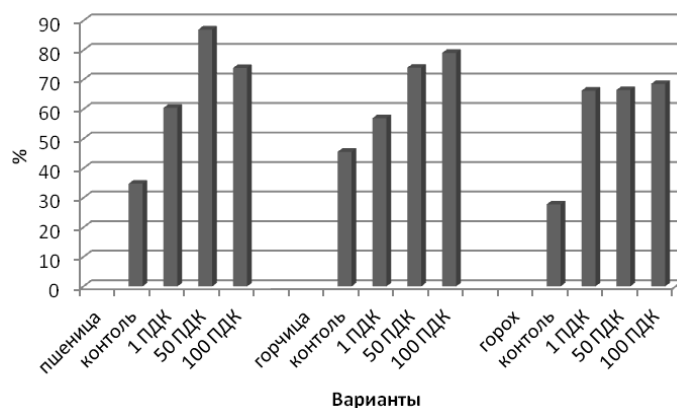


Рис. Влияние возрастающих концентраций меди на развитие в почве грибов с меланизированным мицелием

В почве под горохом медь стимулирует размножение темно-окрашенных грибов в одинаковой степени при любой её концентрации ($r=0,5684$).

В почве под пшеницей возрастающая концентрация меди также приводит к возрастанию в структуре популяций грибов с меланизированным мицелием.

Таким образом, для диагностики состояния почвы под различными сельскохозяйственными культурами при ее загрязнении ионами меди в возрастающих концентрациях, объективным показателем является соотношение в структуре популяций микромицетов форм с бесцветным и окрашенным мицелием.

Литература

Домрачева Л. И. Использование микромицетов для индикации состояния почвы // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 111–113.

Карпова Е. А. Оценка реального вклада основных антропогенных источников поступления тяжелых металлов в агроэкосистемы Московского региона // Проблемы биохимии и геохимической экологии. 2006. № 2. С. 79–86.

Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

АНАМОРФНЫЕ ГРИБЫ В ОТВАЛАХ ЗАКОНСЕРВИРОВАННОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Л. П. Шумилова

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Shumilova.85@mail.ru

В процессе извлечения золота из рудного сырья золотодобывающими предприятиями образуется большое количество отходов переработки, которые складываются в хвостохранилищах. Это приводит к деградации и загрязнению экосистем, на восстановление которых требуется время.

Старейшее в Амурской области Токурское золоторудное месторождение было открыто в 1939 г., с 1965 г. отходы производства в виде фабричных хвостов складировались в хвостохранилище вплоть до 1996 г, когда добыча золота была приостановлена. На сегодняшний день, после 20 лет консервации, данное хвостохранилище представляет собой техногенное образование с зачаточными признаками процесса самовосстановления экосистемы. Поскольку почвенные микромицеты играют существенную роль в почвообразовательном процессе, представляет интерес выяснить сформировалась ли пионерная микобиота и насколько она отличается от природных сообществ. Цель исследования – изучить разнообразие микроскопических грибов в хвостах законсервированного хвостохранилища, провести анализ микромицетных комплексов в нарушенных и ненарушенных экосистемах.

Образцы для исследования отбирали в июле 2015 г. на территории законсервированного хвостохранилища Токурского золоторудного месторождения в Селемджинском районе Амурской области, непосредственно на самих отвалах. Естественные почвы района исследования – горные буротаежные, занимают обширную территорию севера Амурской области и формируются в условиях многолетней мерзлоты под листовенничным лесом. Выделение и идентификацию микроскопических грибов проводили по общепринятым методикам (Методы..., 1991; Егорова, 1986; Мельник, 2000; Domsch, Gams, 2007). Названия видов приводили в соответствии с базой данных www.speciesfungorum.org. Для характеристики структуры комплексов грибов использовали пространственную частоту встречаемости (Мирчинк и др., 1981).

Суровые климатические условия севера обуславливают невысокие значения общей численности микромицетов. В горных буротаежных почвах с кислой реакцией среды численность почвенных микромицетов достигает 60 тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы. В техногенных грунтах хвостохранилища численность микромицетов ниже в 5 раз и в среднем составляет 12 тыс. КОЕ/г, что связано с сильнощелочной реакцией среды (рН 9,26).

В ходе работы всего было выделено 38 видов микромицетов из 17 родов, без учета стерильных форм. Отдел *Zygomycota* немногочислен, представлен 2 видами из 2 родов: *Cunninghamella* sp. и *Mucor hiemalis*. Остальные относятся к анаморфным грибам аскомицетного аффинитета, представлены 6 по-

рядками: Capnodiales, Hypocreales, Incertae sedis, Pleosporales, Xylariales и самый многочисленный – Eurotiales. Наиболее богатый видами род *Penicillium* – 13 видов, что составляет почти половину от выделенных видов. Род *Trichoderma* представлен 5 видами, *Gibberella* – 3, *Aspergillus* и *Cladosporium* по 2 вида. Остальные роды представлены одним видом.

Микобиота горных буротаежных почв насчитывает 27 видов из 12 родов. Широко распространены грибы родов *Penicillium* (48 % от общего числа видов) и *Trichoderma* (15 %). Встречались многочисленные стерильные изоляты, большую часть которых отнесли к светлоокрашенным стерильным формам. Комплекс микромицетов представлен большинством частых и редких видов, доминируют 2 вида – *Lecanicillium lecanii* и *Talaromyces funiculosus*.

Из отходов переработки золоторудного сырья выделено 17 видов из 9 родов. Доминирующий вид – *Cladosporium cladosporioides*, остальная подавляющая часть грибов относится к редким видам. Постоянно встречаются представители родов *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Gibberella* и *Trichoderma*. Частота встречаемости рода *Penicillium*, типичного для природных почв, значительно сократилась, встречаются всего 3 вида – *P. canescens*, *P. corylophilum* и *P. simplicissimum*. Для природных и техногенно нарушенных территорий выявлено только 6 общих видов грибов (таблица).

Таблица

Выделенные виды микроскопических грибов

Природные горные буротаежные почвы	Отвалы Токурского хвостохранилища
<i>Alternaria alternata</i> ((Fr.) Keissl.), <i>Beauveria bassiana</i> ((Bals.-Criv.) Vuill.), <i>Discosia</i> sp., <i>Cunninghamella</i> sp., <i>Mucor hiemalis</i> (Wehmer), <i>Penicillium citreonigrum</i> (Dierckx), <i>P. dierckxii</i> (Biourge), <i>P. herquei</i> (Bainier et Sartory), <i>P. implicatum</i> (Biourge), <i>P. sclerotiorum</i> (J.F.H. Beyma), <i>P. spinulosum</i> (Thom), <i>P. thomii</i> (Maire), <i>P. turbatum</i> (Westling), <i>P. velutinum</i> (J.F.H. Beyma), <i>P. waksmanii</i> (K.M. Zaleski), <i>P. sp.</i> , <i>Phoma</i> sp., <i>Pseudogymnoascus pannorum</i> ((Link) Minnis et D.L. Lindner), <i>Talaromyces funiculosus</i> ((Thom) Samson, N. Yilmas, Frisvad et Seifert), <i>Trichoderma aureoviride</i> (Rifai), <i>Tr. koningii</i> (<i>koningii</i> K.M. Zaleski), светлоокрашенный стерильный мицелий	<i>Aspergillus fumigatus</i> (Fresen.), <i>A. ochraceus</i> (Wilh.), <i>Cladosporium herbarum</i> ((Pers.) Link), <i>Fusarium</i> sp., <i>Gibberella baccata</i> ((Wallr.) Sacc.), <i>G. fujikuroi</i> ((Sawada) Wollenw.), <i>G. zea</i> ((Schwein.) Petch), <i>Myrothecium roridum</i> (Tode), <i>Haematonectria haematococca</i> ((Berk. et Broome) Samuels et Rossman), <i>Penicillium corylophilum</i> (Dierckx), <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai), темноокрашенный стерильный мицелий
Общие выделенные виды	
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries), <i>Lecanicillium lecanii</i> ((Zimm.) Zare et W. Gams), <i>Penicillium canescens</i> (Sopp), <i>P. simplicissimum</i> ((Oudem.) Thom), <i>Trichoderma viride</i> (Pers.), <i>Tr. virens</i> ((J.H. Mill., Giddens et A.A. Foster) Arx)	

В техногенных отвалах наблюдается меньшее видовое разнообразие, структура микромицетного комплекса упрощена за счет отсутствия типичных видов. Превалируют темноокрашенные и условно патогенные виды, часто выделяется микромицеты, известные как потенциальные возбудители болез-

ней растений. Индекс сходства Сёренсена между сообществами техногенной и природной территорий невелик – 0,27.

Таким образом, всего было выделено 38 видов из 17 родов, 27 видов из горных буротаежных почв и 17 с техногенных отвалов законсервированного хвостохранилища, 6 видов были отмечены для двух сообществ как общие. В отвалах хвостохранилища отмечена низкая численность почвенных грибов и за счет выпадения типичных видов уменьшение видового разнообразия. Сходство сообществ с зональными горными буротаежными почвами минимально. В структуре микромицетного комплекса техногенной территории преобладают темноокрашенные, фитопатогенные и условно патогенные грибы, устойчивые виды к любому типу техногенного воздействия. Наблюдаемые различия в структуре микромицетных комплексов природных и техногенных территорий свидетельствуют о нахождении микромицетов в неблагоприятных условиях существования.

Литература

Доклад об охране окружающей среды и экологической ситуации в области за 2010 год. Благовещенск, 2010. 198 с.

Егорова Л. Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.

Мельник В. А. Определитель грибов России. Класс *Hyphomycetes*. Темноокрашенные гифомицеты (сем. *Dematiaceae*). СПб.: Наука, 2000. 371 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд. МГУ, 1991. 304 с.

Мирчинк Т. М., Степанова Л. Н., Марфенина О. Е., Озерская С. М. Характеристика типа комплексов грибов микромицетов некоторых почв Советского Союза // Вестник МГУ. 1981. № 1. С. 35–39.

Domsch K. H., Gams W. Compendium of soil fungi. INW-Verlag, 2007. 672 с.

База данных современных видовых названий микроскопических грибов. Режим доступа: www.speciesfungorum.org.

МИКРОМИЦЕТЫ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

А. Г. Сергеева¹, Л. П. Шумилова¹, И. М. Котельникова²

¹ *Институт геологии и природопользования ДВО РАН,*

² *Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН*

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) внесены в списки приоритетных экотоксикантов Европейского сообщества и Агентства по охране окружающей среды США. Они являются токсичными, мутагенными и канцерогенными для живых организмов, ПАУ характеризуются высокой устойчивостью к деградации в окружающей среде (Майстренко, Клюев, 2009).

Одним из главных факторов деградации ПАУ в окружающей среде является жизнедеятельность микроорганизмов. Многие виды бактерий родов

Pseudomonas, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Sphingomonas*, *Rhodococcus*, *Mycobacterium* и др. способны к деградации ПАУ (Fernandez-Luqueno et al., 2011). Деструкция ПАУ почвенными микромицетами менее исследована.

Ранее нами выполнено исследование по оценке степени загрязнения почв г. Благовещенска ПАУ (Котельникова, Сергеева, 2013). Обнаружено, что городские почвы являются загрязненными по показателям суммарного содержания ПАУ и содержанию бенз(а)пирена. Медиана содержания ПАУ в почвах города составляла 0,70–0,89 мг/кг почвы, что превышало аналогичный показатель для фоновой территории в 20–27 раз. При этом в 48% проб концентрация бенз(а)пирена достигала 2–5 ПДК.

Также изучали состав и структуру микромицетных комплексов в разных функциональных зонах города, в зависимости от степени загрязнения почв тяжелыми металлами (Шумилова и др., 2014). В результате исследования из городских почв выделено 85 видов микроскопических грибов из 38 родов. Более половины от всех выделенных видов являлись представителями рода *Penicillium*, среди которых *P. canescens* отмечен как доминирующий вид.

Целью настоящего исследования было изучение видового разнообразия микромицетов в городских почвах, загрязненных ПАУ.

Выделение микромицетов проводили из тех учетных точек, почвы в которых характеризовались высоким суммарным содержанием ПАУ и бенз(а)пирена. Ранее при исследовании содержания ПАУ в почвах в течение года (в начале и в конце теплого сезона) нами было обнаружено, что в 12 из 27 учетных точек к концу летнего периода произошло увеличение суммарного содержания ПАУ и концентрации бенз(а)пирена, в 8 точках – снижение (Котельникова, Сергеева, 2013). Поэтому для изучения видового разнообразия микромицетов образцы почв отбирали в 5 учетных точках, которые находились в промышленной и транспортной зонах города. Суммарная концентрация ПАУ в почвах этих точек составляла от 0,83 мг/кг до 4,15 мг/кг, при этом в образцах почвы в точках 1, 2 происходило накопление ПАУ к концу летнего периода, в точках 3, 4 – уменьшение количества ПАУ, в точке 5 концентрация ПАУ не изменялась в течение теплого сезона.

Для выделения микромицетов использовали традиционную среду Чапека и среду Чапек с добавлением бенз(а)пирена. Идентификацию грибов выполняли по определителям (Егорова, 1986; Domsch, Gams, 2007), название видов приводили в соответствии с базой данных www.speciesfungorum.org.

Из пяти исследуемых почвенных образцов выделили 37 видов микроскопических грибов из 16 родов. Отдел *Zygomycota* невелик, представлен 3 видами из 3 родов: *Absidia spinosa*, *Gongronella butleri* и *Mortierella alpina*. Остальные принадлежат отделу *Ascomycota*, подавляющая часть которых анаморфные грибы. Более 50% от общего числа выделенных видов представители рода *Penicillium*. Повсеместно встречаются *P. corylophilum*, *P. ochrochloron*, *P. miczynskii* (табл.).

Род *Trichoderma* также характеризуется большим видовым разнообразием и включает 4 вида: *Trichoderma aureoviride*, *Tr. atroviride*, *Tr. koningii*,

Tr. longibrachiatum (табл.). Все виды этого рода выделены из почвенных образцов только тех точек, в которых зафиксировано снижение содержания ПАУ. У грибов рода *Trichoderma* наблюдали высокую скорость роста на средах с фенантроном, бенз(к)флуорантеном и бенз(а)пиреном как единственным источником углерода (Сергеева и др., 2012). Данная группа микромицетов является перспективной в применении для деградации ПАУ.

Видовое разнообразие грибов по точкам ограничивалось 7–15 видами. Полученные данные свидетельствуют о невысоком видовом разнообразии исследуемых почв. Низким видовым разнообразием отличаются системы, испытывающие техногенную нагрузку.

Таблица

Микроскопические грибы, выделенные из городских почв, загрязненных ПАУ

Вид микромицета	Среда для выделения микромицетов		Точки отбора				
	Чапек + бенз(а)пирен	Чапек	Накопление ПАУ		Деградация ПАУ		Сумма ПАУ без изменений
			1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Absidia spinosa</i> Lendn.	+		+				
<i>Acrostalagmus luteoalbus</i> (Link) Zare, W. Gams et Schroers	+						+
<i>Alternaria tenuissima</i> (Kunze) Wiltshire	+		+				
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen.		⊕			⊕		⊕
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary et Löwenthal) G. Arnaud	+			+			
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries		⊕		⊕			⊕
<i>Gibberella gordonii</i> C. Booth	+		+				
<i>Gongronella butleri</i> (Lendn.) Peyronelet DalVesco	+			+	+		
<i>Metarhizium carneum</i> (Duché et Heim) Kepler, Rehner et Humber	+	⊕	+⊕		+		
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel	+						+
<i>Penicillium canescens</i> Sopp	+		+				
<i>P. brevicompactum</i> Dierckx		⊕	⊕				
<i>P. corylophilum</i> Dierckx	+		+	+		+	+

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P. ochrochloron</i> Biourge	+	⊕	+	⊕	⊕	⊕	
<i>P. miczynskii</i> K. M. Zaleski	+		+	+	+	+	
<i>P. simplicissimum</i> (Oudem.) Thom	+				+		
<i>P. sp. 1</i>	+		+				
<i>P. sp. 2</i>	+		+				
<i>P. sp. 3</i>	+		+				
<i>P. sp. 4</i>	+		+				
<i>P. sp. 5</i>	+				+		
<i>P. sp. 6</i>	+					+	
<i>P. sp. 7</i>	+				+		
<i>P. sp. 8</i>	+						+
<i>P. sp. 9</i>	+				+		
<i>P. sp. 10</i>		⊕			⊕		
<i>P. sp. 11</i>		⊕					⊕
<i>P. sp. 12</i>	+			+			
<i>P. sp. 13</i>	+						+
<i>P. sp. 14</i>	+			+			
<i>Pseudogymnoas cuspanorum</i> (Link) Minnis et D.L. Lindner	+		+		+		
<i>Purpureocillium lilacinum</i> (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones et Samson	+	⊕					⊕
<i>Talaromyces ruber</i> (Stoll) N. Yilmaz, Houbraken, Frisvad et Samson		⊕	⊕				⊕
<i>Trichoderma aureoviride</i> Rafai	+	⊕			⊕	+	
<i>Tr. koningii</i> Oudem.	+				+		
<i>Tr. longibrachiatum</i> Rifai	+				+	+	
<i>Tr. atroviride</i> P. Karst.	+				+	+	

В исследуемых точках отмечено большое количество темноокрашенных (*Alternaria tenuissima*, *Cladosporium cladosporioides*) и условно патогенных видов (*Aspergillus fumigatus*, *Aureobasidium pullulans*, *Pseudogymnoas cuspanorum*), выявлены устойчивые к загрязнению виды – *Mortierella alpina*, *Purpureocillium lilacinum*.

Следует отметить, что на среде Чапека выделено 10 видов грибов, на среде Чапек+бенз(а)пирен выделен 31 вид, наблюдается стимулирование роста микромицетов этим видом ПАУ. Использование бенз(а)пирена в качестве источника питания грибами свидетельствует о способности микромицетов к деструкции высокомолекулярных ПАУ и их вкладе в снижение концентрации ПАУ и бенз(а)пирена в почве.

На среде с бенз(а)пиреном возрастает не только видовое разнообразие, но и общая численность микромицетов. Если на традиционной среде Чапека численность не превышала 15 тыс. КОЕ, то на среде с бенз(а)пиреном она достигала 70 тыс. КОЕ/г сухой почвы.

Таким образом, из почв города Благовещенска, загрязненных ПАУ, выделено 37 видов микроскопических грибов из 16 родов. Преобладали представители рода *Penicillium*. Небольшие значения общей численности и минимальный видовой состав характерны для почв, испытывающих техногенную нагрузку. На среде Чапека с добавлением бенз(а)пирена происходит стимулирование роста грибов, что свидетельствует об адаптации микромицетов к загрязнению ПАУ. Только в точках, где наблюдалась деградация ПАУ выделены представители рода *Trichoderma*, которые оказывают большое влияние на деградацию, как легких, так и тяжелых видов ПАУ.

Литература

Егорова Л. Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.

Котельникова И. М., Сергеева А. Г. Оценка загрязнения почв г. Благовещенска полициклическими ароматическими углеводородами// Проблемы экологии Верхнего Приамурья: Сб. науч. тр. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2013. № 15. С. 8–17.

Майстренко В. Н., Ключев Н. А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. 323 с.

Сергеева А. Г., Куимова Н. Г., Котельникова И. М. Оценка загрязнения депонирующих сред г. Благовещенска полициклическими ароматическими углеводородами // Экологические проблемы недропользования: Материалы V Межд. научн. конф. СПб., 2012. С. 265–268.

Шумилова Л. П., Куимова Н. Г., Терехова В. А., Александрова А. В. Разнообразие и структура комплексов микроскопических грибов в почвах города Благовещенска// Микология и фитопатология. 2014. Т. 48. Вып. 4. С. 238–245.

Fernandez-Luaueno F., Valenzuela-Encinas C., Marsch R. et al. Microbial communities to mitigate contamination of PAHs in soil – possibilities and challenges: a review // Environ. Sci. Pollut. Res. 2011. V. 18. P. 12–30.

Domsch K. H., Gams W. Compendium of soil fungi. ИНВ-Verlag, 2007. 672 с.

База данных современных видовых названий микроскопических грибов. Режим доступа: www.speciesfungorum.org.

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА НУР

С. А. Емелев, А. В. Помелов, А. В. Новоселов
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
emeleffsergej@yandex.ru

В системе агротехнических мероприятий, направленных на повышение плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур, использование удобрений занимает одно из важнейших мест. Научно обоснованное применение органических и минеральных удобрений, отвечающее местным,

зональным особенностям, значительно увеличивает урожай всех культур и улучшает их качество (Фирсов, Соловьев, Трифонова, 2006).

За последнее время во всем мире, в том числе и в России неизмеримо вырос интерес к проблемам микробиологии в сельском хозяйстве. Удалось значительно расширить и углубить наши представления о роли микроорганизмов в жизни растений и сформулировать приоритетные практические задачи по сокращению объемов применения азотных и фосфорных удобрений при выращивании растений, замене пестицидов на микробиологические препараты, защите растений от стресса, в том числе и создаваемого загрязнением почв тяжелыми металлами и радионуклидами (Тихонович, Кожемяков, Чеботарь, 2005).

Российские ученые в последние годы создали биопрепараты (Тихонович, Кожемяков, Чеботарь и др., 2005), применение которых обеспечивает повышение урожайности бобовых и небобовых культур (Завалин, 2005). Биопрепараты положительно влияют на всхожесть семян и образование корней растений, снижая развитие корневых гнилей. Инокулянты стимулируют увеличение биомассы растений по фазам вегетации, при этом характер их действия определяется видом используемого препарата, а также штаммом микроорганизмов и сортовыми особенностями растений (цит. по Завалин, 2011).

В настоящее время имеется широкий ассортимент химических и биологических препаратов, позволяющий подобрать их для каждой культуры. Особое внимание привлекают микробиопрепараты полифункционального действия. Основой биологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов и продукты их метаболизма (Новикова, 2005). В РФ созданы биопрепараты на основе ассоциативных бактерий, способных активно заселять ризосферу растений и связывать молекулярный азот при инокуляции семян или корней (Завалин, 2005).

В биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области в настоящее время выпускаются микробиологические препараты: Ризоагрин Б, Флавобактерин, Псевдобактерин-2, ж и микробиологическое фосфорное удобрение в жидкой форме.

Ризоагрин Б создан на основе штамма, относящегося к виду *Agrobacterium radiobacter*, штамм 204. Зарегистрирован как бактериальное удобрение для обработки семян, в том числе и ярового ячменя. Штаммы, используемые для производства Ризоагрина Б, способны формировать азотфиксирующие ассоциации между растениями и бактериями и проявляют антагонистические свойства против ряда фитопатогенных микроорганизмов, снижают пораженность растений болезнями.

Флавобактерин создан на основе высокоэффективного штамма ассоциативных азотфиксаторов относящегося к роду *Flavobacterium sp.* Входящие в состав препарата бактерии продуцируют высокоактивный антибиотик «флавоцин» с широким спектром действия против фитопатогенных грибов и бактерий (Завалин, 2005).

Псевдобактерин-2,ж – бактериальный препарат на основе бактерии *Pseudomonas aureofaciens* BS 1393. Это эффективное биологическое средство защиты растений от грибных и бактериальных заболеваний. Псевдобактерин-2,ж обладает ростостимулирующими свойствами, способствует развитию мощной корневой системы, повышает устойчивость к полеганию и в конечном итоге обеспечивает увеличение урожая (www.biotechagro.ru).

Микробиологическое фосфорное удобрение (бактериальное фосфорное удобрение) – препарат на основе почвенных микроорганизмов, обогащающих почву усвояемыми соединениями фосфора. Он повышает энергию и скорость прорастания семян, адаптирует растения к неблагоприятным факторам окружающей среды, активизирует полезную микрофлору почвы, ускоряет развитие корневой системы.

Среди микроорганизмов, выделяющих в окружающую среду широкий спектр биологически активных веществ, цианобактериям принадлежит особое место (Андреюк и др., 1990). Скрининг почвенных цианобактерий из коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры ботаники, физиологии растений и микробиологии Вятской ГСХА показал, что ярко выраженным фунгицидным действием по отношению к разным видам фузариумов обладают три штамма: *Nostoc paludosum* № 18, *N. linckia* № 271, *Microchaeta tenera* № 265 (цит. по Домрачева и др., 2013).

В данных опытах использовали препарат на основе цианобактерий из музея кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии *Fischerella muscicola*, *N. poluolosum*, *N. linckia*, *M. tenera*.

Цель исследования – изучить влияние микробиологических препаратов различного биотического состава на начальном этапе развития ярового ячменя.

Лабораторные исследования проводились на яровом ячмене сорта Нур урожая 2015 года. Семена обрабатывали в день посева в соответствии с вариантами опыта, приведенными в таблице 1. Контрольными вариантами являлись сухие и обработанные водой из расчета 10 л/т семена.

Концентрация препаратов взята из расчета 1 л/ т при наиболее распространенных значениях титра препаратов поступающих в продажу:

- Ризоагрин Б (титр $2-3 \cdot 10^9$ кл./мл).
- Псевдобактерин-2,ж (титр $2 \cdot 10^9$ кл./мл).
- Флавобактерин (титр $2-4 \cdot 10^9$ кл./мл).
- Микробиологическое фосфорное удобрение (титр $2-3 \cdot 10^9$ кл./мл).
- Цианобактериальный препарат,ж (титр $5 \cdot 10^9$ кл./мл).

Энергия прорастания – число нормально проросших семян за определенный срок (более короткий срок, чем при определении всхожести). Она отражает быстроту и дружность, с которой прорастают семена. Лабораторная всхожесть – это число нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа, выраженное в процентах. Определяют ее путем проращивания семян в лабораторных условиях, установленных ГОСТом для каждой культуры. Энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сельскохозяйственных культур определяют по ГОСТ 12038-84. На 4 сутки провели учет энергии

прорастания, а на 8 сутки – всхожести. Всхожесть семян ячменя определяли в рулонах из фильтровальной бумаги, в темноте при постоянной температуре в двух кратной повторности (цит. по Ступин, 2014). На четвертый и восьмой день после закладки на анализ проводилось измерение длины проростков и корней.

Наибольшая энергия прорастания семян (на 4 день) отмечена под влиянием псевдобактерин-2,ж – 95,0% (табл. 1). Все остальные препараты оказали слабое ингибирующее действие на данный показатель.

Таблица 1

Энергия прорастания и всхожесть семян ярового ячменя сорта Нур, %

Вариант	Энергия прорастания	Отклонение от		Всхожесть семян	Отклонение от	
		К с.с.	К с.з.		К с.с.	К с.з.
Контроль семена сухие (К с.с.)	92,5	0,0	0,8	93,3	0,0	1,7
Контроль, обработка водой 10л/т (К с.з.)	91,7	-0,8	0,0	91,7	-1,7	0,0
Ризоагрин Б	90,0	-2,5	-1,7	90,8	-2,5	-0,8
Псевдобактерин-2,ж	95,0	2,5	3,3	95,8	2,5	4,2
Флавобактерин	90,0	-2,5	-1,7	92,5	-0,8	0,8
Микробиологическое фосфорное удобрение	89,2	-3,3	-2,5	93,3	0,0	1,7
Цианобактериальный препарат,ж	90,8	-1,7	-0,8	91,7	-1,7	0,0
НСР _{0,95}		7,2			7,1	

На всхожесть семян ярового ячменя сорта Нур незначительно повысилась к показателю энергии прорастания семян. Наибольшее увеличение его отмечено под действием микробиологического фосфорного удобрения на 4,1%. Это является очень важным на этапе сертификации семян – согласно ГОСТ 52325-2005 всхожесть семян зерновых культур для посева должна быть не ниже 92,0%. И большинство препаратов либо его превысили, либо вплотную приблизились к данному значению.

В целом на всхожесть семян ярового ячменя сорта Нур биопрепараты оказали аналогичное влияние, как и на показатель энергии прорастания семян.

Лабораторные исследования показали, что ризоагрин Б, флавобактерин, и микробиологическое фосфорное удобрение привели к достоверному уменьшению длины проростков, и при этом отмечена меньшая длина корней на 4 день в данных вариантах (табл. 2). Цианобактериальный препарат существенно увеличивает длину корней ячменя Нур (на 15,2%) по сравнению с контролем (К с.с.) при равной длине проростков.

На 8 день культивирования проростков ячменя во влажной камере в рулонах наиболее положительное влияние на длину проростков и корней оказала обработка препаратом Псевдобактерин-2,ж (81,9 и 180,1 мм, соответственно). Достоверно меньше длина проростков и корней получена применением Флавобактерина (69,8 и 156,4 мм соответственно). Максимальное развитие корней системы на 8 день отмечено при воздействии цианобактериальным препаратом (184,8 мм).

Таблица 2

Развитие проростков ярового ячменя сорта Нур, мм

Вариант	На 4 день		На 8 день		Прирост	
	проростки	корни	проростки	корни	проростки	корни
Контроль семена сухие (К с.с.)	10,9±1,1	59,3±3,0	78,8±2,6	175,0±4,7	67,9	115,7
Контроль, обработка водой 10л/т (К с.з.)	11,1±0,8	56,6±2,6	79,3±2,8	173,7±4,3	68,3	117,1
Ризоагрин Б	8,3±0,6*	53,8±3,1	73,3±3,3	172,3±6,8	65,0	118,5
Псевдобактерин-2,ж	10,7±0,7	65,9±2,7	81,9±2,8	180,1±5,4	71,2	114,2
Флавобактерин	7,3±0,4**	52,0±1,9*	69,8±2,7*	156,4±6,4*	62,5	104,4
Микробиологическое фосфорное удобрение	8,1±0,4*	55,9±2,2	74,0±3,7	173,2±5,2	65,9	117,3
Цианобактериальный препарат, ж	10,0±0,4	68,3±2,3*	75,0±3,6	184,8±5,3	65,0	116,6

Примечание: различия достоверны при уровне вероятности: * – $P > 0,95$; ** – $P > 0,99$.

Наибольший прирост проростков (71,2 мм) наблюдается в варианте псевдобактерин-2,ж, а корней – обработка препаратом ризоагрин Б (118,5 мм).

Таким образом, применение биопрепаратов приводит к стимуляции прорастания. Что особенно важно, когда семена сформировались в неблагоприятных условиях.

На яровом ячмене сорта Нур лучше отдавать предпочтение препаратам Псевдобактерин-2,ж и цианобактериальный препарат,ж, так как они способствуют формированию лучшей корневой системы, а, соответственно, и большего урожая.

Литература

- Биофунгицид Псевдобактерин-2,ж / www.biotechagro.ru.
 Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Фокина А. И. Фузариоз: биологический контроль, сорбционные возможности. LAP LAMBERT Academic Publishing. Германия, 2013. 182 с.
 Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: Изд-во ВНИИА, 2005. 302 с.
 Завалин, А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9 – 11.
 Ступин А. С. Основы семеноведения. СПб: Лань, 2014. 384 с.
 Тихонович И. А., Кожемяков А. П., Чеботарь В. К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). М.: Россельхозакадемия, 2005. 154 с.
 Фирсов И. П., Соловьев А. М., Трифонова М. Ф. Технология растениеводства. М.: КолосС, 2006. 472 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОБНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛИФАТИЧЕСКИХ И МОНОАРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С КАРБОКСИЛЬНОЙ ГРУППОЙ

Т. Н. Кувичкина, А. Н. Решетилов

*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина,
kuv@ibpm.pushchino.ru*

Взаимодействие некоторых ксенобиотиков (в частности, алифатических и моноароматических соединений с карбоксильной группой) с аэробными микроорганизмами приводит к изменению их дыхательной активности, обусловленной, в том числе, окислением соединения оксидоредуктазами микроорганизма с потреблением молекулярного кислорода. Это свойство аэробных микроорганизмов может быть использовано в аналитических целях. Биосенсорный, а именно, амперометрический подход, используемый нами, основан на регистрации потреблённого кислорода микроорганизмами, окисляющими субстрат. Целью работы являлось создание амперометрических биосенсоров для определения низкомолекулярных алифатических полиаминополикарбоксильных кислот (этилендиаминтетраацетата, ЭДТА и диэтилентриаминпентаацетата, ДТПА) и моноароматических соединений с карбоксильной группой (натриевой соли 2,2-ди-(пара-хлорбензол)уксусной кислоты, динатриевой соли бензол-1,2-дикарбоновой (орто-фталевой) кислоты) растворимых в воде. Оценка содержания соединения при использовании микроорганизма, не является высокоспецифической, однако может быть применена для решения ряда аналитических задач.

Микроорганизмы выращивали при глубинном культивировании в периодических условиях в колбах на качалке. Выращенную биомассу отделяли центрифугированием, ресуспендировали в буфере. Аликвоту суспензии помещали на носитель (иммобилизация методом физической адсорбции), подсушивали. Полученный биорецептор сопрягали с кислородным электродом типа Кларка. Регистрируемым параметром являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с). Она связана пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потреблённого кислорода.

Бактериальный штамм *Chelativorans oligotrophicus* ВКМ В-2395Т, выделенный из очистных сооружений г. Пущино, использован в качестве биорецептора как для определения ЭДТА, так и для ДТПА. Предел определения ЭДТА составлял 0,125 мМ, операционная стабильность была 4 недели [1, 7]. Предел определения ДТПА составлял 0,500 мМ; операционная стабильность была 3 суток [5, 6]. Разработан биосенсор на основе актинобактерий *Rhodococcus wratislaviensis* ВКМ Ас-2631Д для определения натриевой соли 2,2-ди-(пара-хлорбензол)уксусной кислоты. Предел определения составлял 1,0 мМ. Стабильность наблюдалась в течение 2 суток [4]. Добавление натриевой соли бензол-1,2-дикарбоновой (орто-фталевой) кислоты к иммобилизо-

ванным клеткам бактериального штамма *Gluconobacter oxydans* 9.4 вызывало изменение его дыхательной активности. Предел определения составлял 0,25 мМ. В течение 6 суток регистрируемый сигнал оставался стабильным [2, 3]. Продолжительность анализа во всех рассмотренных случаях была 10 мин.

При учёте свойств ферментных систем микроорганизмов, подобраны пары «микроорганизм-вещество». Их взаимодействие может быть полезно как для оценки содержания изучаемых соединений в водной среде, так и для изучения свойств микроорганизмов.

Литература

1. Кувичкина Т. Н., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В., Троценко Ю. А., Решетилов А. Н. Деградация ЭДТА и комплексов ЭДТА с металлами иммобилизованными клетками бактерий *Chelativorans oligotrophicus* LPM-4 // Прикладная биохимия и микробиология. 2012. Т. 48. № 6. С. 626–630.

2. Кувичкина Т. Н., Будина Д. В., Олькова А. С., Плотникова Е. Г., Макаренко А. А., Решетилов А. Н. Биосенсор для определения динатриевой соли ортофталата в водной среде // Бюллетень изобретений полезных моделей. 10.11.2015. № 31. Патент РФ на полезную модель № 156546. Заявка № 2015125211/04. Зарегистрирован 26.06.2015.

3. Кувичкина Т. Н., Будина Д. В., Решетилов А. Н. Окислительная деградация ортофталата иммобилизованными клетками *Rhodococcus* и *Gluconobacter* // Международный научный институт «Educatio» г. Новосибирск 2015. Ч. 4. № 5 (12). С. 38–41.

4. Кувичкина Т. Н., Макаренко А. А., Ишкина К. Ф., Решетилов А. Н. Амперометрический подход к определению хлорароматического соединения 2,2-ди-(пара-хлорбензол)ацетата натрия в водной среде // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. г. Киров 2–3 декабря 2014 г. Книга 2. 2014. С. 250–253

5. Кувичкина Т. Н., Решетилов А. Н., Капарулина Е. Н., Доронина Н. Н. Биосенсор для определения диэтилентриаминпентауксусной кислоты и ее комплексов с ионами металлов // Бюллетень изобретений полезных моделей. 2014. № 18. Патент РФ на полезную модель № 142414. Заявка № 2014108274. Зарегистрировано 22.05.2014.

6. Кувичкина Т. Н., Сафонов А. В., Капаруллина Е. Н., Решетилов А. Н. Деградация диэтилентриаминпентаацетата и его комплексов с металлами иммобилизованными клетками бактерий *Chelativorans oligotrophicus* ВКМ В-2395 // Национальная ассоциация ученых (НАУ) г. Екатеринбург. 2015. Ч. 2. № 5 (10). С. 134–137.

7. Решетилов А. Н., Кувичкина Т. Н., Капарулина Е. Н., Доронина Н. Н. Биосенсор для определения этилендиаминтетрауксусной кислоты и ее комплексов с ионами металлов // Бюллетень изобретений полезных моделей. 2011. № 16. С. 1133–1134. Патент РФ на полезную модель № 105292. Заявка № 2010152768. Зарегистрировано 10.06.2011.

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ

Л. Н. Анищенко

*Брянский государственный университет имени акад. И. Г. Петровского,
eco_egf@mail.ru*

Программа экомониторинга на опасных техногенных объектах включает подсистему биомониторинговых изысканий, сопровождаемых экоаналитиче-

скими работами во всех средах обитания. Биоиндикация как метод биомониторинговых работ позволяет проводить исследования различного направления: как натуральных, так и камеральных, что актуально для почвы как депонирующей и уязвимой по отношению к внешним воздействиям среды. Объект по утилизации химического оружия (ОУХО), расположенный в Почепском районе Брянской области, начал осуществлять производственный процесс в 2010 г. и в 2015 г – практически полностью закончил. Биомониторинг почвенной среды в дальнейшем позволит разработать и отследить эффективность биоремедиационных мероприятий в санитарно-защитной зоне объекта и за её пределами.

Почвенные образцы отбирались в лесных и луговых ценозах реперных точек ОУХО: первого круга – точках 2, 5, второго – точке 19, 27, 29, 34, 50, 68, 74, третьего – точке 121. Основные типы почв на пробных площадках следующие: точка 2 – среднедерново-слабоподзолистая со следами оглеения песчаная на двучленных отложениях; 19, 27, 29, 50 – слабодерново-слабоподзолистая супесчаная на покровной супеси с прослойками опесчаненной морены; 5 – слабодерново-слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях; 74 – среднедерново-слабоподзолистая на покровной супеси с прослойками опесчаненной морены; 68 – торфяно-перегнойно-глеевая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки; 34 – перегнойно-глеевая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки; 121 – темноцветная глееватая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки.

Пробоотбор проводили согласно общепринятым методам (ГОСТ 17.4.3.01-83; ГОСТ 17.4.4.02-84). Отобрано 197 проб почвы. Определение целлюлозолитической активности почвы производили аппликационным методом. Численность бактерий рассчитывали (кл/г сухой почвы) методом прямого счёта на фиксированных мазках, число колониеобразующих единиц (КОЕ) определяли с учётом среднего числа колоний на чашках Петри, объёма посеянного образца и кратности разведения. Микоиндикационные исследования проводили с использованием стёкол обрастания, устанавливали длину бесцветного и пигментированного мицелия с применением окуляр-микрометра методом трансект на микропрепаратах (Кузнецов, 1989; Методы почвенной микробиологии ..., 1991; Практикум по микробиологии, 2005).

Микроорганизмы – это база для оценки процессов самоочищения и разработки рекультивационных мероприятий для почв. Наличие в почве разнообразных групп микроорганизмов, которые отличаются по биологической и биохимической специфичности, имеет огромное значение в процессах, происходящих в почве (Звягинцев и др., 2005). Значительное влияние на распространение в почве тех или иных групп микроорганизмов оказывают корневые выделения растений. Согласно имеющимся данным корневые выделения составляют около 20% от общего количества продуктов фотосинтеза растений.

В таблице представлены результаты определения общей характеристики почвенной микробиоты (бактериальной).

**Разнообразие бактериальной биоты в пробах почв реперных участков
(2014–2015 гг.)**

Репер- пер- ная точ- ка*	рН сре- ды	2014 г.		2015 г.	
		Численность бактерий (кл/г сухой почвы) / КОЕ	Целлюлозоразру- шающая актив- ность микроорга- низмов (в %)	Численность бактерий (кл/г сухой почвы) / КОЕ	Целлюлозораз- рушающая ак- тивность микро- организмов (в %)
2	6,3	299,7 × 10 ⁶ / 198,0 × 10 ⁵	87,0	302,4 × 10 ⁶ / 193,0 × 10 ⁵	91,0
27	6,7	433,0 × 10 ⁶ / 188,0 × 10 ⁵	90,5	364,0 × 10 ⁶ / 175,0 × 10 ⁵	97,50
5	6,2	588,0 × 10 ⁶ / 194,0 × 10 ⁵	95,7	403,0 × 10 ⁶ / 167,5 × 10 ⁵	98,0
74	6,5	264,0 × 10 ⁶ / 185,0 × 10 ⁵	97,8	233,0 × 10 ⁶ / 191,0 × 10 ⁵	96,0
29	6,3	303,0 × 10 ⁶ / 201,0 × 10 ⁵	97,4	299,0 × 10 ⁶ / 222,0 × 10 ⁵	98,0
19	6,2	278,0 × 10 ⁶ / 182,0 × 10 ⁵	97,9	255,0 × 10 ⁶ / 142,0 × 10 ⁵	93,4
50	6,7	1234,0 × 10 ⁶ / 180,0 × 10 ⁵	94,0	–	–
68	5,8	235,0 × 10 ⁶ / 179,0 × 10 ⁵	96,0	212,2 × 10 ⁶ / 198,0 × 10 ⁵	95,0
34	5,9	222,0 × 10 ⁶ / 175,0 × 10 ⁵	90,0	241,0 × 10 ⁶ / 172,0 × 10 ⁵	94,0
121	5,7	211,4 × 10 ⁶ / 71,2 × 10 ⁵	83,0	242,2 × 10 ⁶ / 108,4 × 10 ⁵	88,0

Примечание. * На пробных площадках реперных точек типы почвы описаны ранее.

Общая численность бактерий в почве зависит от типа почвы и растительности. Общее число микроорганизмов и КОЕ выше в почвах лесных экосистем по сравнению с луговыми. Общая численность микроорганизмов и КОЕ соответствует условным нормам (Практикум по микробиологии ..., 2005).

Целлюлозоразрушающая активность бактериальной биоты высокая (Звягинцев и др., 2005), что свидетельствует о благоприятном состоянии и высоком потенциале почв к самоочищению. Значительная скорость процесса разложения целлюлозы способствует поступлению органических компонентов для воспроизводства гумуса. В условиях ОУХО наблюдается повышение уровня целлюлозолитической активности, что связано с отсутствием загрязнения почв поллютантами. Верхний слой почвы реперных участков в большинстве случаев обладал более высокой целлюлозолитической активностью по сравнению с нижележащими слоями. В целом по результатам аппликационного метода определения целлюлозоразрушающей активности почвенных бактерий не выявлено влияние ОУХО на состояние почвенной бактериобиоты.

Анализ соотношения бесцветного и пигментированного мицелия микобиоты почв (2013–2015 гг.) показал, что бесцветный непигментированный мицелий преобладает по длине и общему процентному соотношению с пигментированным мицелием. Преобладание бесцветного мицелия (98,5–99%) отмечено в пробах почв с участков 68, 34, 74, 29, 1, 5, что свидетельствует о благополучии почв. В почвенных образцах реперного участка 6 отмечено максимальное процентное содержание (5,30) пигментированного мицелия. Различия по длине пигментированного и непигментированного мицелия статистически достоверны, что свидетельствует об отсутствии изменения общих свойств почв; уменьшение длины пигментированного мицелия за 2014–2015 гг. статистически недостоверно.

Таким образом, индикационные показатели бактериальной и грибной микрофлоры почв в районе ОУХО свидетельствуют об интенсивном идущих микробиологических процессах, об отсутствии влияния техногенного объекта на почвенные микроорганизмы.

Литература

ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору проб.

Звягинцев Д. Г. Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.

Кузнецов М. С. Методы изучения микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 132 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. О. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 291с.

Практикум по микробиологии / Под ред. А. И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

СЕЛЕКЦИЯ УСТОЙЧИВЫХ К БЕЛОМУ ФОСФОРУ МИКРООРГАНИЗМОВ

*А. З. Миндубаев¹, А. Д. Волошина¹, Е. В. Горбачук², Н. В. Кулик¹,
Ш. З. Валидов², Д. Г. Яхваров¹*

¹ *Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова
КазНЦ РАН,*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет,
mindubaev@iopc.ru, mindubaev-az@yandex.ru*

Белый фосфор (P₄) является одним из самых опасных загрязнителей окружающей среды. Хроническое отравление этим веществом приводит к глубокой инвалидности. Тем не менее, P₄ широко применяется в промышленности, являясь одним из наиболее востребованных соединений при производстве фосфорных удобрений, лекарств, полимеров и ряда других практически значимых веществ и материалов, поэтому, не исключается попадание белого фосфора в окружающую среду. Данная публикация является продолжением цикла работ нашего коллектива (Миндубаев и др., 2014). Посевы производи-

лись в модифицированную среду Придхем-Готлиба. Классическая среда Придхем-Готлиба не содержит источники углерода: в качестве таковых выступают нефтепродукты. Наша модификация включает глюкозу, но не содержит источники фосфора (в качестве такового выступает белый фосфор). Белый фосфор перед внесением в субстрат был диспергирован в воде при помощи ультразвукового диспергатора “Сапфир” (рабочая частота 35 кГц, 30 мин) при температуре 50°C в инертной атмосфере (азот) до образования однородной эмульсии со средним диаметром сферических частиц менее 0.1 мм. Далее эмульсия белого фосфора вносилась в субстраты пипеткой при перемешивании: ее объем соответствовал рассчитанной конечной концентрации белого фосфора в субстрате. Нами наблюдалось включение белого фосфора в природный круговорот этого элемента и адаптация микроорганизмов к возрастающим концентрациям белого фосфора в средах, вплоть до его содержания 1% по массе (что соответствует превышению ПДК в сточных водах в 5000 раз! (Barber, 1996)). Это открывает перспективы для практического применения метода биодеградации для ликвидации загрязнений белым фосфором. В дальнейшем, нами впервые наблюдался рост устойчивости микроорганизмов. Так, если исходная культура черного аспергилла росла при концентрации белого фосфора в среде до 0,5% по массе, а стрептомицетов – до 0,2% (Миндубаев и др., 2015 а), то после седьмого пересева те же самые культуры росли при концентрации P_4 в среде до 1%! Для дальнейшей, более углубленной работы с выделенным устойчивым к белому фосфору штаммом гриба, была необходима его идентификация с привлечением методов генетического анализа. Ставилась цель определить видовую принадлежность плесневого гриба, по морфологическим признакам предварительно отнесенного к виду черный аспергилл (*Aspergillus niger*), а также зарегистрировать полученный нами новый штамм (к тому же один из первых, устойчивых к белому фосфору) в международной базе нуклеотидных последовательностей GenBank (Миндубаев и др., 2015 б).

Посев *A. niger* AM1, *Trichoderma asperellum* F-1087 и *Streptomyces* sp. A8 производили модифицированную среду Придхем-Готлиба (Миндубаев и др., 2015 а, Миндубаев и др., 2015 б). В качестве источника фосфора в среде был использован белый фосфор в концентрации 0,01 и 0,05% по массе. Через 60 дней биомассу микромицетов и актиномицетов пересевали на концентрации белого фосфора 0,05, 0,1 и 0,2%. После следующих 60 дней штаммы пересевали на более высокие концентрации P_4 0,5, и 1%. Был произведен посев *S. sp.* A8 из среды с фосфатом и *S. sp.* A8 из среды с содержанием белого фосфора 0,5% (при которой не наблюдался рост микроорганизмов) на среду Сабуро, с целью сравнения устойчивости этих двух линий микроорганизма.

Генетический анализ проводился следующим образом. Образцы ДНК из культуры гриба *A. niger* AM1 выделялись по методике, описанной в (Sambrook, Russell, 2001). Далее проводилась полимеразная цепная реакция (ПЦР) полученных фрагментов ДНК.

Третий пересев *Streptomyces* sp. впервые продемонстрировал рост устойчивости микроорганизмов к белому фосфору в процессе селекции. Наблюдался рост стрептомицета в среде, содержащей 0,5% белого фосфора! В предыдущих посевах *S. sp.* рос на концентрациях не более 0,2%, хотя в среде с 0,5% сохранял жизнеспособность, что продемонстрировал посев на среду Сабуро. Рост начался после длительной задержки. На 22 сутки стрептомицет представлял собой субстратный мицелий. В среде с 0,2% белого фосфора рост происходил значительно быстрее – уже на 13 сутки колонии имели воздушный мицелий, т.е. микроорганизм готовился к спороношению. На 27 сутки после шестого посева *A. niger* наблюдается начало роста гриба в среде с 1% белого фосфора. В предыдущих посевах аспергилл рос при концентрации белого фосфора не более 0,5%. То есть, *A. niger*, как и стрептомицет, после нескольких пересевов выработал значительно большую устойчивость по сравнению с изначальной. *T. asperellum* F-1087 в среде с 1% белого фосфора тоже начала расти на 27 сутки. На 44 сутки аспергилл и триходерма уже сформировали значительный по объему субстратный мицелий в среде с 0,5% белого фосфора. В среде с 1% белого фосфора грибы на 44 сутки тоже сформировали субстратный мицелий, но заметно меньшего размера. *S. sp.* в среде с 0,5% белого фосфора на 44 сутки к спороношению еще не приступил.

Четвертый пересев стрептомицетов продемонстрировал дальнейший рост устойчивости. На четвертые сутки рост стрептомицетов наблюдался в среде с 1% белого фосфора! Колонии еще мелкие и имеют белый цвет, т.е. еще не приступили к спороношению. А в среде с 0,5% белого фосфора колонии стрептомицета уже имели более крупный размер и темную окраску, т.е. уже приступили к размножению. Следовательно, устойчивость стрептомицетов заметно возросла по сравнению даже с предыдущим посевом. Грибы развиваются заметно медленнее, тем не менее, в средах с более низким содержанием P_4 рост более интенсивный. На одиннадцатые сутки наблюдается спороношение у стрептомицетов в среде с 1% белого фосфора.

Пересев на среду Сабуро показал следующее. Актиномицет *S. sp.* А8, пересевавшийся ранее в среды с белым фосфором, сохранил жизнеспособность при концентрации белого фосфора в среде 0,5%, и стал интенсивно расти в среде Сабуро. Следует отметить отсутствие роста *S. sp.* А8, пересевавшегося в среду с фосфатом. Вероятно, этот микроорганизм, изначально выделенный из ОСВ с белым фосфором, частично утратил устойчивость после длительного культивирования без P_4 , и погиб в среде с 0,5% белого фосфора. То есть устойчивость к белому фосфору, так же как известные признаки устойчивости к другим ксенобиотикам, является приобретенной и может усиливаться или ослабевать в зависимости от условий культивирования микроорганизмов.

Итак, наилучшую выработку устойчивости к белому фосфору проявили именно стрептомицеты. Через пять последовательных посевов их устойчивость возросла пятикратно. Грибы растут и адаптируются медленнее (у аспергилла после восьми посевов устойчивость выросла вдвое), однако их устой-

чивость изначально была выше, чем у актиномицетов, особенно у триходермы (Миндубаев и др., 2015 б).

Для генетической идентификации микромицета, устойчиво метаболизирующего белый фосфор и по морфологическим признакам отнесенного к виду *A. niger*, была определена нуклеотидная последовательность его регионов ITS1 и ITS2 (Internal Transcribed Spacer, между 18S и 25S рибосомальными генами, включающий 5,8S ген): транскрибируемые спейсеры между генами 18S – 5,8S, и 5,8S – 28S генами рРНК, соответственно. Сравнение полученной последовательности с последовательностями базы данных GenBank с помощью системы BLAST (Altschul et al., 1990), выявила 99% гомологию с ITS1 и ITS2 регионами описанных штаммов *Aspergillus niger* NJA-1 (Acc. KJ365316.1) и KAML02 (KC119204.1), что позволяет идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм *Aspergillus niger*. Ему мы присвоили номер *A. niger* AM1 (Миндубаев и др., 2015 б). Нуклеотидная последовательность штамма направлена в базу данных GenBank, где ей присвоен номер KT805426.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-08-31091 мол_а).

Литература

Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Алимова Ф. К., Ахосийенагбе С. К., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Панкова А. В., Болормаа Ч., Сапармырадов К. А., Яхваров Д. Г. Белый фосфор как новый объект биологической деструкции // Бутлеровские сообщения. 2014. Т. 40. № 12. С. 1–26.

Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Алимова Ф. К., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Сапармырадов К. А., Хаяров Х. Р., Яхваров Д. Г. Включение белого фосфора в природный круговорот веществ. Культивирование устойчивой микрофлоры // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 41. № 3. С. 54–81.

Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Валидов Ш. З., Кулик Н. В., Алимова Ф. К., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Белостоцкий Д. Е., Сапармырадов К. А., Тухбатова Р. И., Яхваров Д. Г. Адаптация микроорганизмов к белому фосфору, как результат направленной селекции. Генетическая идентификация устойчивого аспергилла и метаболическое профилирование стрептомицета А8 // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 44. № 12. С. 1–28.

Altschul S. F., Gish W., Miller W., Myers E. W., Lipman D. J. Basic local alignment search tool // J. Mol. Biol. 1990. Vol. 215. No. 3. P. 403–410.

Barber J. C. Processes for the disposal and recovery of phosphy water // Патент US5549878, заявлен: 24 мая 1995, выдан: 27 августа 1996.

Sambrook J., Russell D. W. Molecular Cloning: A Laboratory Manual, Volume 1, 2, 3 // Cold Spring Harbour Laboratory Press, Cold Spring Harbour, New York. 2001. P. 2001–2344.

ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ ПОЧВЕННОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА НА ПРИСУТСТВИЕ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Т. В. Кузнецова, А. М. Петров, И. В. Князев

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, kuznetsovatatyana@mail.ru

Определение уровня допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почве необходимо для решения вопроса о целесообразности проведения специальных работ по рекультивации почвы.

Целью работы являлось изучение влияния остаточного содержания нефтепродуктов (НП) в рекультивируемых почвах на численность ряда физиологических групп почвенных микроорганизмов.

В процессе выполнения микробиологических исследований определяли общую численность микроорганизмов (ОМЧ), численность спорообразующих и углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ), азотфиксаторов и нитрификаторов, актиномицетов и микромицетов при различных уровнях загрязнения почв углеводородами нефти.

Использовались образцы светло-серых лесных (ССЛ), серых лесных (СЛ), темно-серых лесных (ТСЛ) чистых и загрязненных сернистой нефтью почв. Остаточное содержание НП в опытных образцах варьировало в интервале от 0,7 до 6,4 г/кг. Влажность почвенных образцов ходе лабораторных экспериментов составляла 60% от полной влагоемкости.

Нефтесодержащая *светло-серая лесная почва* характеризовалась повышенным содержанием всех анализируемых групп микроорганизмов. Присутствие поллютанта в почве привело к резкому увеличению численности сапрофитной (в 4–9 раз), углеводородокисляющей (в 9–17 раз) микрофлоры, целлюлозоразрушающих микроорганизмов (11–20 раз). Азотфиксаторы не обнаружены, как в контрольных, так и в опытных образцах светло-серой лесной почвы.

Ответная реакция микробного пула *серой лесной почвы* на нефтепродукты была менее выражена. Зарегистрировано закономерное 9–15 и 3–6-кратное увеличение численности УОМ, ОМЧ, активное развитие нитрификаторов при концентрации НП в почве до 4,2 г/кг. Численность остальных групп микроорганизмов в опытных пробах незначительно отличалась от контроля (актиномицеты, спорообразующие целлюлозоразрушающие микроорганизмы, азотфиксаторы) или была несколько ниже при максимальной испытанной концентрации поллютанта (микромицеты).

В более легкой *темно-серой лесной легкосуглинистой почве* наблюдалась прямая зависимость между концентрацией НП в почве и содержанием УОМ. Численность спорообразующих и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, сапрофитной микрофлоры в загрязненных почвах была выше, чем в контрольных образцах и практически не зависела от остаточного содержания НП. Ко-

личество актиномицетов, микромицетов, нитрификаторов в нефтезагрязненных почвах незначительно отличалось от их содержания в чистой почве.

Рассматривая полученные результаты с учетом «Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве», можно сделать вывод, что при всех исследованных концентрациях остаточного содержания нефтепродуктов в почве не наблюдается ингибирующее действие поллютанта.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО СТЕПЕНИ ИХ МИКРОБНОГО ОБСЕМЕНЕНИЯ

Н. И. Хотько, А. А. Трезуб, Н. Н. Маркелова

ГосНИИЭНП, info@sarecoinst.org

Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, cardio-penza@yandex.ru

В настоящее время широкое распространение получили методы изучения изменений состояния окружающей природной среды (ОС) с помощью биоиндикаторов. Нами при оценке экологического состояния различных объектов были выбраны микроорганизмы, которые, как известно, являются очень чувствительными индикаторами, позволяющими обнаружить в экосистемах скопления различных загрязнений, проследить скорость и прогнозировать происходящие в ОС изменения. При изучении причинно-следственных связей микрофлоры ОС и заболеваемости людей особое внимание было обращено на внутрибольничные инфекции (ВБИ) в крупных многопрофильных лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ). Выявлена зависимость заболеваемости от микробной обсемененности санитарного транспорта, воздуха приёмных отделений, палат – преимущественно многопрофильных стационаров. Было отмечено, что появление массы студентов и учащихся медицинских колледжей в больничных палатах со своей микрофлорой, особенно без соблюдения противоэпидемических мер, не только не способствует выздоровлению пациентов клиник, но, наоборот, вызывает рост гнойно-септических заболеваний, обычно в отделениях хирургического профиля и т.д. (Dmitriev et al., 2009).

Особый интерес при микробиологическом мониторинге вызывала этиологическая структура микрофлоры, в первую очередь условно-патогенная. Углублённый анализ позволил высказать причины ВБИ: одна из важных – формирование госпитальных штаммов условно-патогенных агентов под влиянием различных факторов, но в первую очередь вследствие широкого применения антибиотиков. Определялась антибиотикорезистентность и антибиотикочувствительность микроорганизмов с целью перехода от эмпирической системы лечения к этиологической. Нами изучению этой проблемы были посвящены исследования, осуществлённые в 2002–2012 гг., по которым опубликован цикл статей. Несомненно, заболеваемость как внутри, так и внебольничными инфекциями связана также с увеличением контингентов риска, т.е.

лиц с пониженной сопротивляемостью. Одной из причин является наличие крупных больничных комплексов, где вследствие большого количества ослабленных лиц (больных), а также многочисленного персонала могут создаваться предпосылки для циркуляции и селекции возбудителей. Научно-технический прогресс, связанный с применением сложной аппаратуры (для наркоза, гемодиализа, вентиляции лёгких), остро ставит проблему ее стерилизации. Но большие организационные изменения, равно как и изменения подхода к решению проблемы нозокомиальных заболеваний в клинических больницах, создание новых природных и полусинтетических антибиотиков ведение порой только эмпирической работы, несколько переместили центр внимания к указанной проблеме (Khotko et al., 2002). Исследования проводились согласно принятой межрегиональной программе «Экология и здоровье человека» (2000 г.) под эгидой Российской академии естествознания. По их результатам предполагается выход фундаментальной работы коллектива специалистов, которая осветит проблему ВБИ в саратовских и пензенских многопрофильных стационарах и даст соответствующие рекомендации этим учреждениям. В настоящей статье мы рассматриваем проблему микробной контаминации с позиций экологической эпидемиологии.

Известно, что в условиях интенсивной хозяйственной деятельности большую актуальность приобретает совершенствование комплексной системы нормативного обеспечения эколого-эпидемиологического надзора, направленного на достижение безопасного для человека качества ОС, внедрение современных стандартизованных методов и средств микробиологического мониторинга и инфекционного контроля, контроля её технологических изменений, на адекватную бактериологическую оценку новых технологий очистки и обеззараживания воды, воздуха, почвы и профилактики возникновения заболеваний среди населения.

Неблагоприятное воздействие антропогенных факторов на состояние среды обитания сопровождается нарушением сложившихся микробиоценозов, создавая гибель одних популяций микроорганизмов и доминирование других, изменяя потенциал патогенности бактерий. Как показывает практика Саратовской и Пензенской областей, и в ряде регионов России наблюдается снижение информативности индикаторных показателей, не способных объективно отражать состояние биологического загрязнения объектов ОС и уровень их эпидемической опасности.

В связи с этим на основе многолетних исследований нами предложена и испытывается система критериев эколого-гигиенической и эпидемической оценки микробного загрязнения (в том числе неферментирующих грамотрицательных микроорганизмов) антропогенно измененной окружающей среды, способствующей повышению надёжности санитарного надзора за условиями жизни населения и разработке эффективных мероприятий по их оптимизации.

При проведении исследований принципиальное подтверждение получило подтверждение, что многомерность ниш применительно к парам конкурирующих ассоциантов (строгих аэробов и факультативно анаэробных микро-

бов), включающих помимо пищевой ниши (трофониши), дыхательную функцию, подвижность, концентрацию конкурентов, пространственное их распределение, обеспечивает развития микробиологических ценозов.

В основу современного микробиологического контроля оценки качества и опасности ОС с позиций экологической эпидемиологии при целевых и массовых исследованиях положены эффективные методические приёмы определения неферментирующих грамотрицательных микроорганизмов (ГОМ), базирующихся на ограничении минерального состава среды и введении единственного источника углеродного и азотного питания.

Отработана рациональная схема идентификации не ферментирующих ГОМ, построенная на принципе сходства и различия ключевых признаков и применения новых питательных сред для воспроизводства основных тестов. Данная схема выделяет приоритетные показатели родовой и видовой характеристики микроорганизмов при диагностике возбудителей острых кишечных заболеваний и гнойно-септических процессов в биологическом материале и объектах окружающей среды.

Выявленная закономерность угнетения роста и развития лактозоположительных кишечных палочек в воде водоёмов при комплексном воздействии химического загрязнения и природных факторов предопределяет снижение их информативности как индикаторов биологического загрязнения водоисточников и исключает объективную оценку реального эпидемического состояния среды.

Суммарное воздействие в воде органических веществ в концентрации на уровне и выше предельно допустимых концентраций (фенол, поверхностно-активные вещества, нефтепродукты), обеспечивает ассиметрическое формирование не ферментирующих микроорганизмов родов *Pseudomonas* и *Acinetobacter* и приводит к снижению концентрации фенола и других продуктов в воде водоёмов.

Учитывая указанное обстоятельство, например, критерием неблагополучия экологического состояния водопроводных сооружений может служить определённый количественный уровень выявления акинетобактеров, который и является сигнальным для осуществления экстренных профилактических и санитарно-технических мероприятий на объектах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Изучение существующих технологических процессов очистки природных вод на различных водопроводах даёт нам возможность считать, что главным деструктором при биологическом окислении загрязнений является ассоциация не ферментирующих микроорганизмов при их определении соотношений, обеспечивающая снижение содержания в воде (на 80 -100%) летучих галоформных соединений, нефтепродуктов и поверхностно-активных веществ.

Наблюдения, осуществляемые на объектах ЛПУ, позволили обосновать критерии экологического (эпидемического) неблагополучия среды лечебных стационаров, включающие выявление циркулирующих штаммов бактерий,

обладающих патогенными свойствами и набором маркёров множественной устойчивости к антибиотикам и дезинфектантам, и указывающие на наличие риска возникновения внутрибольничных инфекций и необходимость проведения соответствующих мероприятий.

Литература

Dmitriev A., Khotko N., Markelova N. Outbreak of vancomycin-, ampicillin- and fminoglycoside-resistant *Enterococcus faecum* in an adult oncol unite Antimicrob Agents Chemother 2009. T. 38. P. 1363–1368.

Khotko N., Dmitriev A. P Mitroshin A. Sensitivity of gram-negative bacteria, pathogens posleoperacionnyht wound infections to antimkrobnym drugs // Proceedings of the IX International Congress on immunorehabilitation and rehabilitation medicine-Antalya. Turkey, 2003.

РАЗЛОЖЕНИЕ БЕНЗОАТА АКТИНОБАКТЕРИЯМИ: СПЕЦИФИЧНОСТЬ ДИОКСИГЕНАЗ И ОЦЕНКА ГЕННОГО АППАРАТА

*И. П. Соляникова¹, О. В. Борзова^{1,2}, Е. В. Емельянова¹, Е. С. Шумкова^{1,3},
Е. С. Корсакова⁴, Е. Г. Плотникова⁴, Л. А. Головлева^{1,2}*

¹ *Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина
РАН,*

² *Пуцинский государственный естественно-научный институт,*

³ *Институт биохимии им. А. Н. Баха, ФИЦ Биотехнологии РАН,*

⁴ *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН,*

*innas@IBPM.pushchino.ru, oksana.borzova@inbox.ru,
Ekaterinash80@mail.ru, peg_el@mail.ru*

Бензойная кислота и её соли являются широко используемыми в промышленности консервантами, что может приводить к их накоплению в окружающей среде. Считается, что бензоат натрия (БН) в низких концентрациях не обладает токсическим воздействием на организмы млекопитающих, но некоторые исследователи не исключают его негативного воздействия. БН является интермедиатом в биodeградативных путях различных поллютантов (например, бифенила, стирола). Биodeградация БН может происходить различными путями как в аэробных, так и в анаэробных условиях.

Бензоат 1,2-диоксигеназа (БДО) катализирует первый этап аэробной деградации БН бактериями. БДО содержит оксигеназный и редуктазный компоненты. Оксигеназа представлена двумя типами субъединиц, α и β , первая из которых отвечает за субстратную специфичность фермента. Определена нуклеотидная последовательность генов, кодирующих БДО у микроорганизмов, относящихся к разным таксономическим группам, и оценена степень их родства. Данные по уровню гомологии нуклеотидных последовательностей БДО у штаммов рода *Rhodococcus* и ряда грамотрицательных бактерий указывают на дивергенцию этих генов на ранних этапах эволюции (Haddad et al., 2001).

Ключевыми интермедиатами при аэробном разложении БН могут быть пирокатехин (ПК), протокатехоат (ПКК) или гентизат (Field, Sierra-Alvarez, 2008). Согласно литературным данным, в большинстве случаев аэробное разложение бензоата происходит с образованием ПК в качестве ключевого интермедиата. Последующее его превращение может проходить по двум путям, одинаково широко распространенным у микроорганизмов: А) путь *орто*-расщепления ПК с пирокатехин 1,2-диоксигеназой (ПК 1,2-ДО) в качестве ключевого фермента; Б) путь *мета*-расщепления ПК с пирокатехин 2,3-диоксигеназой (ПК 2,3-ДО) в качестве ключевого фермента (Gao et al., 2010).

Целью нашей работы было исследование особенностей деструкции бензоата в аэробных условиях актинобактериями.

В работе было использовано 11 штаммов, представляющих 4 рода актинобактерий:

- 1) *Rhodococcus opacus* 1CP, *Rhodococcus opacus* 6a, *Rhodococcus rhodochrous* 89, *Rhodococcus ruber* P25, *Rhodococcus wratislaviensis* P1 и G10, *Rhodococcus* sp. VT-1, *Rhodococcus* sp. VT-2;
- 2) *Gordonia polyisoprenivorans* 135;
- 3) *Microbacterium oxydans* B51;
- 4) *Arthrobacter agilis* Lush13.

Штаммы *R. ruber* P25, *R. wratislaviensis* P1 и G10 и *M. oxydans* B51 (г. Березники, Пермский край) выделены из почв, загрязненных (галоген)ароматическими соединениями (территория ОАО «Галоген», г. Пермь) (Плотникова с соавт., 2006), остальные – на территории Серпуховского района Московской обл.

Проведено сравнение ряда генов, отвечающих за разложение бензоата у штаммов *R. opacus* 1CP, *R. opacus* 6a, *R. ruber* P25, *R. wratislaviensis* P1 и *R. wratislaviensis* G10, выделенных из почв территориально удалённых регионов: гены, кодирующие α - и β -субъединицу БДО; гены, кодирующие обе субъединицы протокатехоат 3,4-диоксигеназы (ПКК 3,4-ДО) и ПК 1,2-ДО.

У штаммов *R. opacus* 1CP, *R. opacus* 6a, *R. ruber* P25 и *R. wratislaviensis* G10 сходство генов, кодирующих α -субъединицу БДО, с соответствующим геном штамма *Rhodococcus jostii* RHA1 составило от 88 до 97%. В случае штамма *M. oxydans* B51 специфичной амплификации не наблюдалось (Solyanikova et al., 2015).

С использованием специфичных праймеров к генам, кодирующим обе субъединицы ПКК 3,4-ДО штамма *R. opacus* 1CP, с ДНК-матрицы штамма *R. wratislaviensis* G10 были амплифицированы фрагменты генов *pcaG* и *pcaH* (кодируют α - и β -субъединицы ПКК 3,4-ДО) длиной около 500 п.н. Ген *pcaG* был на 99 и 98% сходен с генами α -субъединицы протокатехоат 3,4-диоксигеназ *R. opacus* 1CP (gb|AF003947.1|) и *R. opacus* PD630 (gb|CP003949.1|), соответственно. Ген *pcaH* был на 99% сходен с генами β -субъединицы протокатехоат 3,4-диоксигеназ *R. opacus* PD630 и *R. opacus* 1CP.

С использованием праймеров, специфичных к четырем генам, кодирующим изофункциональные ПК 1,2-ДО штамма *R. opacus* 1CP, с ДНК-матрицы штамма *R. wratislaviensis* G10 были амплифицированы фрагменты двух генов, длиной около 720 и 780 п.н. Первый был сходен на 98 и 94% с геном *catA2*, кодирующим ПК 1,2-ДО у *R. opacus* 1CP (gb|FM877593.1|) и *R. jostii RHA1* (gb|CP000431.1|), соответственно. Другой ген, *catA*, кодирующий изофункциональную ПК 1,2-ДО, был сходен с гомологичными генами *R. opacus* 1CP (gb|X99622.2|) и *R. jostii RHA1* (gb|CP000431.1|) на 99 и 96%, соответственно. Полученные результаты указывают на то, что и штамм *R. opacus* 1CP – деструктор хлорфенолов, и штамм *R. wratislaviensis* G10 – деструктор хлорбифенилов несут в своем геноме гены разложения ароматических соединений, характеризующиеся высокой степенью сходства. Это указывает на их общее происхождение и вызывает вопрос о путях распространения генов среди бактерий.

Анализ активности БДО в интактных клетках изучаемых штаммов показал, что наблюдаемые между ферментами различия были существенными. В целом наибольшее потребление кислорода клетками всех штаммов происходило в присутствии незамещенного бензоата. Добавление замещенных бензоатов, таких как 4-ХБК и 2,5-ДХБК, не влияло на уровень потребления кислорода клетками большинства штаммов, при этом БДО всех культур не были активны с 2,4- и 3,5-ДХБК. Ряд проверенных соединений оказывал ингибирующее влияние на клетки, выращенные на бензоате, - добавление 5-хлорсалицилата (5-ХСал) к клеточным суспензиям вызывало ингибирование дыхания от 10 до 81% от уровня потребления кислорода клетками. Наблюдалось ингибирующее влияние 2,4-ДХБК на дыхательную активность клеток штамма *R. opacus* 1CP. У культуры *R. wratislaviensis* G10 происходил переход от активного дыхания (142% от уровня с бензоатом) до ингибирования (50% от уровня с бензоатом) при повышении концентрации 2,4-ДХБК в два раза. Некоторое замедление дыхания наблюдалось при добавлении фенола к клеточной суспензии штамма *R. wratislaviensis* P1.

Широкой субстратной специфичностью характеризовались БДО культур *R. opacus* ба, *R. ruber* P25, *R. wratislaviensis* G10 и P1, *M. oxydans* B51: клетки, выращенные на бензоате, начинали активно дышать при добавлении к ним монохлорбензоатов, гидроксibenзоатов и фенолов. Только 4 из всех проверенных соединений при внесении не вызывали активации дыхания клеток штамма *R. opacus* ба. У штамма *R. wratislaviensis* P1 потребление кислорода в присутствии 4-хлорфенола достигало 68% от уровня в присутствии бензоата. Клетки штамма *R. wratislaviensis* G10 при росте на бензоате окисляли не только бензоат, но также 3,4-дигидроксibenзоат (3,4-ДГБК = протокатехоат) и с достаточно высокой скоростью фенол и монохлорфенолы.

БДО штамма *R. opacus* 1CP характеризовалась чрезвычайно узкой субстратной специфичностью – из 35 проверенных потенциальных субстратов, представленных хлор-, метил-, гидроксibenзоатами и салицилатами, клетки были активны только с несколькими соединениями –

2-хлорбензоатом, 3-хлорбензоатом, *para*-гидроксibenзоатом (*n*ГБК), 2-хлорфенолом, 3-хлорфенолом, 4-хлорфенолом. Для всех остальных субстратов уровень активности не превышал 4% от активности с БН.

По сравнению с *R. opacus* 1CP, для БДО культуры *R. wratislaviensis* G10 характерна более широкая субстратная специфичность – повышение потребления кислорода на 6-30% наблюдалось при добавлении к клеточной суспензии 20 из 35 замещенных бензоатов.

В таблице 1 приведены результаты определения в бесклеточных экстрактах штаммов, выращенных на БН, активностей ключевых ферментов, участвующих в различных путях превращения ароматических соединений – пирокатехин 1,2-диоксигеназы, пирокатехин 2,3-диоксигеназы, гентизат диоксигеназы, протокатехоат 2,3-, 3,4- и 4,5-диоксигеназ, *n*ГБК-гидроксилазы и салицилат-гидроксилазы.

Таблица 1

Активности ферментов периферийного метаболизма у актинобактерий, выращенных на бензоате натрия

Культура	Удельная активность, ед/мг белка								
	ПК 1,2-ДО	Муконатциклоизомераза	ПК 2,3-ДО	ПКК 2,3-ДО	ПКК 3,4-ДО	ПКК 4,5-ДО	Гентизат диоксигеназа	<i>n</i> ГБК-гидроксилаза	Салицилат гидроксилаза
<i>R. opacus</i> 1CP	0,498	0,009	0	0	0,211	0	0	0	0
<i>R. opacus</i> 6a	0,347	0,027	0	0	0,298	0	0	0	0
<i>R. rhodochrous</i> 89	1,690	0,005	0	0	0	0	0,014	0	0
<i>G. polyisoprenivorans</i> 135	0,850	0,027	0	0	0	0	0	0	Не опред
<i>R. ruber</i> P25	0,866	0,012	0	0	0,042	0	0	0	0
<i>R. wratislaviensis</i> P1	0,090	0,047	0	0	0,173	0	0	0	Не опред
<i>R. wratislaviensis</i> G10	0,069	0,007	0,003	0	0,133	0	0	0	0
<i>M. oxydans</i> B51	2,297	0,035	0	0	0	0	0,178	0	0
<i>A. agilis</i> Lush13	1,900	0,025	0	0	0,002	0	0,008	0	0

Для дальнейшего изучения ферментов разложения БН были выбраны штаммы *R. opacus* 1CP и *R. wratislaviensis* G10, которые характеризовались высокими значениями активностей ПК 1,2-ДО и ПКК 3,4-ДО и высокой гомологией генов, кодирующих БДО. Для этих культур были построены кривые роста и определены ростовые параметры: время удвоения клеток (t_d) и максимальная удельная скорость роста (μ_{max}) на БН. Показано, что критическим

значением концентрации ростового субстрата является 500 мг/л для *R. opacus* 1СР и 2 г/л для *R. wratislaviensis* G10, так как с повышением концентрации БН происходит резкое ухудшение ростовых параметров данных культур.

Было изучено влияние ростового субстрата на индукцию в клетках *R. opacus* 1СР и *R. wratislaviensis* G10 ферментов разложения БН (табл. 2). Максимальная удельная активность ПК 1,2-ДО и ПКК 3,4-ДО наблюдалась при росте на БН. При росте на протокатехоате активность ПКК 3,4-ДО составила 43 и 73% от максимальной для *R. wratislaviensis* G10 и *R. opacus* 1СР, соответственно, активность ПК 1,2-ДО – 4 и 5% для *R. wratislaviensis* G10 и *R. opacus* 1СР. При росте на богатой среде Лурия-Бертани (LB) наблюдались очень низкие значения активности изучаемых ферментов (от 0 до 8%). При культивировании клеток обоих штаммов на пирокатехине роста не наблюдалось, однако в бесклеточных экстрактах активность ПК 1,2-ДО составляла 21 и 22% от активности этих ферментов в экстракте клеток, выращенных на БН, для *R. wratislaviensis* G10 и *R. opacus* 1СР, соответственно, а активность ПКК 3,4-ДО отсутствовала.

Таблица 2

Влияние источника углерода на рост культур (ОП₅₉₅) и активность диоксигеназ (%). Данные спектрофотометрического анализа

Штамм	Субстрат	ОП ₅₉₅ (на 3 сут.)	ПК 1,2-ДО	ПКК 3,4-ДО
<i>R. wratislaviensis</i> G10	LB	0,676	3	0
	Бензоат	0,520	100	100
	ПК	0,159	21	0
	ПКК	0,465	4	43
<i>R. opacus</i> 1СР	LB	0,544	5	8
	Бензоат	0,391	100	100
	ПК	0,199	22	0
	ПКК	0,401	5	73

Диоксигеназы (ПК 1,2-ДО и ПКК 3,4-ДО), присутствующие в клетках *R. opacus* 1СР и *R. wratislaviensis* G10, выращенных на БН, были выделены, очищены и охарактеризованы. Гомологичные ферменты мало различались между собой по сродству к соответствующим субстратам.

Температурный оптимум ПКК 3,4-ДО штамма *R. wratislaviensis* G10 составил 50°C, а ПКК 3,4-ДО штамма *R. opacus* 1СР – 40 °С. pH оптимум ПКК 3,4-ДО штамма *R. wratislaviensis* G10 – 9,25 ед., а штамма *R. opacus* 1СР – 9,0 ед. ПКК 3,4-ДО из обоих штаммов не были термостабильными.

Таким образом, проведённое исследование позволило сравнить диоксигеназы актинобактерий, разлагающих БН. Определены максимальная удельная скорость роста и время удвоения биомассы бактерий при росте на БН. Показано, что все изученные штаммы реализовали *орто*-путь расщепления пирокатехина, образующегося из бензоата. Активности трех диоксигеназ обнаружены в клетках, выращенных на БН: БДО, ПК 1,2-ДО и ПКК 3,4-ДО. Не обнаружено ферментов пути *мета*-расщепления ароматических интермедиа-тов. С использованием большого (до 35) числа замещенных бензоатов и фе-

нолов изучена субстратная специфичность бензоат диоксигеназ актинобактерий. Установлено, что она варьировала от узкой у штаммов *R. opacus* 1CP и *G. polyisoprenivorans* 135 до широкой у *R. ruber* P25 и *M. oxydans* B51. У штаммов *R. opacus* 1CP и *R. wratislaviensis* G10 при росте на бензоате индуцировались пирокатехин 1,2-диоксигеназы и протокатехоат 3,4-диоксигеназы, близкие между собой по молекулярной массе, субъединичному составу, температурному и рН-оптимумам и субстратной специфичности. Обнаруженная гомология между участками генов, кодирующих ряд диоксигеназ, позволяет сделать вывод о существовании общих предшественников этих генов у штаммов, выделенных из территориально-удаленных загрязненных почв.

Работа поддержана Российским Научным Фондом (грант № 14-14-00368).

Литература

Плотникова Е. Г., Рыбкина Д. О., Ананьина Л. Н., Ястребова О. В., Демаков В. А. Характеристика микроорганизмов, выделенных из техногенных почв Прикамья // Экология. 2006. № 4. С. 261–268.

Field J. A., Sierra-Alvarez R. Microbial transformation of chlorinated benzoates // Rev. Environm. Sci. Biotechnol. 2008. №7. P. 191–210.

Haddad S., Eby D. M., Neidle E. L. Cloning and expression of the benzoate dioxygenase genes from *Rhodococcus* sp. strain 19070 // Appl. Environm. Microbiol. 2001. V. 67. No. 6. P. 2507–2514.

Gao J., Ellis L. B. M., Wackett L. P. The University of Minnesota Biocatalysis/Biodegradation Database: improving public access // Nucleic Acids Research. 2010. V. 38. D488-D491 [Электронный ресурс] // URL: http://eawag-bbd.ethz.ch/benz2/benz2_map.html (дата обращения 09.03.2016).

Solyanikova I. P., Emelyanova E. V., Borzova O. V., Golovleva L. A. Benzoate degradation by *Rhodococcus opacus* 1CP after a dormancy: characterization of dioxygenases involved in the process // J. Environm. Sci. Health. 2016. Part B. V. 51. No 3. P. 182–191.

ВЫДЕЛЕНИЕ АЛКОГОЛЬОКСИДАЗЫ ИЗ КЛЕТОК МЕТИЛОТРОФНЫХ ДРОЖЖЕЙ *H. POLYMORPHA* NCYC 495 LN И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Д. Ю. Зайцева, М. Г. Зайцев

*Тулский государственный университет,
dashka-zayats@yandex.ru, m.g.zaytcev@gmail.ru*

При производстве алкогольных напитков, осуществлении контроля процесса брожения и различных биотехнологических процессов возникает необходимость экспресс-анализа содержания этилового спирта. В настоящее время разработаны различные аналитические методы для определения этанола и других алифатических спиртов. Они включают в себя химические методы, например колориметрические, рефрактометрические, которые недостаточно селективны, а наиболее перспективные – хроматографические – отличаются

высокой стоимостью используемого оборудования и нуждаются в высококвалифицированных специалистах.

При разработке экспрессных методов биоанализа наиболее перспективным является применение высоко селективных и чувствительных ферментных биосенсоров. В качестве биоматериала для иммобилизации при разработке алкобиосенсоров используют фермент алкогольоксидазу (АО), катализирующий реакцию окисления спиртов.

В настоящее время коммерческий препарат алкогольоксидазы отличается высокой стоимостью и существует серьезная проблема увеличения стоимости биосенсорных анализаторов на основе иммобилизованного коммерческого фермента. В связи с этим актуальной задачей является разработка методики выделения и очистки фермента алкогольоксидазы из клеток метилотрофных дрожжей для последующего использования в биосенсорных системах.

Для выращивания дрожжей *Hansenula polymorpha* NCYC 495 In использовали питательную среду для культивирования дрожжевых микроорганизмов. Клетки выращивали в шейкере-инкубаторе (180 об/мин) при 28 °С в колбах Эрленмейера с 200 мл среды. Инокулят вносили в количестве 5% по объему среды. На финальном этапе выращивания проводили процедуру индукции алкогольоксидазы микроорганизмов. Осажденную биомассу переносили в колбу с 200 мл питательной среды и добавляли метанол до концентрации 1% об. Колбу помещали в шейкер-инкубатор на 24 ч (T=28 °С, 180 об/мин). Полученную биомассу осаждали центрифугированием при 8000 g в течение 15 мин. Дрожжевые клетки помещали в морозильную камеру (T= -20 °С), чтобы увеличить время хранения.

Для выделения АО из дрожжевых клеток проводили ультразвуковое разрушение, которое является наиболее эффективным и мягким методом разрушения. Клетки ресуспендировали в 10 мл калий натрий фосфатного буферного раствора pH 7,6 и разрушали на УЗ диспергаторе при температуре 2–6 °С: 6 циклов по 20 секунд с интервалом 15 секунд., клеточный дебрис осаждали на (12000 об./мин., 30 мин, 4 °С). Супернатант использовали для дальнейшей очистки.

Для отделения сторонних белков от АО использовали метод ступенчатого высаливания. Процедуру проводили в 3 этапа следующим способом: в супернатант вносили сухой $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до концентрации 30% от насыщения. После растворения соли экстракт выдерживали 5 мин при комнатной температуре. Осадок отделяли центрифугированием (8000 g, 10 мин.). Затем в супернатант вновь вносили $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до 70% от насыщения, растворяли и осадок отделяли центрифугированием. На последнем этапе вносили $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до 100% от насыщения и проводили аналогичные процедуры. На каждом этапе осадения определяли содержание белка и удельную ферментативную активность алкогольоксидазы. Осадки с максимальной алкогольоксидазной активностью отбирали для последующей финальной очистки от сопутствующих белков методом ионообменной хроматографии.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что основная масса алкогольоксидазы осаждается на этапе высаливания при концентрации сульфата аммония 70% от насыщения. Белковый препарат, взятый на этой стадии после дополнительной очистки, может быть использован в дальнейшей работе.

Очистку ферментного препарата осуществляли на хроматографической установке Biologic LP с анионообменным носителем ДЭАЭ-сефарозой. На рисунке представлен типичный вид хроматограммы при проведении разделения белковой смеси с использованием полуавтоматизированной системы. На диаграмме отображены показания двух встроенных датчиков: кондуктометрический и УФ- датчик.

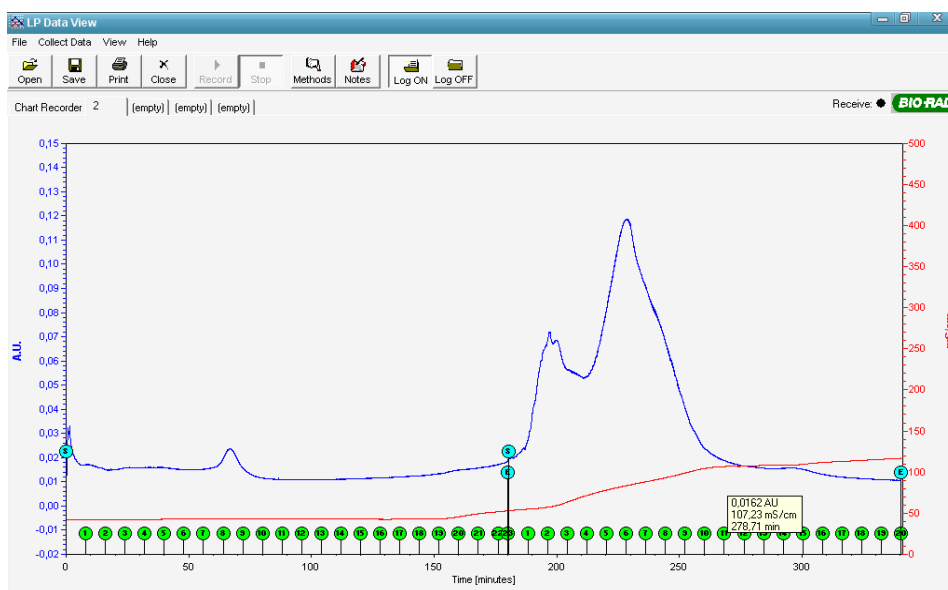


Рис. Зависимость показаний УФ- и кондуктометрических датчиков от ионной силы раствора в процессе разделения белковой смеси при проведении анионообменной хроматографии. Ферментный препарат из *Hansenula polymorpha* NCYC 495 In

На полученной хроматограмме можно отметить два пика показаний УФ-датчика, что соответствует фракциям с значительным содержанием белка. Для определения участка хроматограммы, соответствующего десорбции АО, определяли содержание и удельную активность АО в отобранных фракциях (табл.).

Таблица

Содержание и удельная активность белка в белковых фракциях из препарата *Hansenula polymorpha* NCYC 495 In

Образец	Содержание белка, мг	Активность белка, Е/мг
1 пик (200 мин)	0	0
2 пик (230 мин)	0,3	30,9

В первой белковой фракции АО-активность отсутствует. Целевой фермент АО содержится во второй белковой фракции со временем выхода 230 минут.

В ходе проведения данной работы выделен фермент алкогольоксидаза из дрожжей *Hansenula polymorpha* NCYC 495 In и очищен с использованием ионообменной хроматографии с анионообменным носителем ДЭАЭ-сефарозой. Активность ферментного препарата составила 30,9 Е/мг.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», соглашение № 14.574.21.0062

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОВОДЯЩЕГО ГИДРОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЙТРАЛЬНОГО КРАСНОГО В КАЧЕСТВЕ ИММОБИЛИЗУЮЩЕЙ МАТРИЦЫ ПРИ СОЗДАНИИ БИОСЕНСОРА

Л. С. Скворцова, С. С. Каманин, В. А. Арляпов
Тулский государственный университет, chem@tsu.tula.ru

Печатные (screen-printed) электроды зарекомендовали себя в качестве перспективных датчиков в составе биосенсоров благодаря своей компактности, низкой себестоимости, многофункциональности и возможности модификации.

Они получили широкое распространение для решения ряда практических задач, в том числе промышленного масштаба, например, в глюкометрах – биосенсорах амперометрического и оптического типа для определения содержания глюкозы в крови (Баника, 2014).

Большое внимание при создании биосенсоров уделяется применению электроактивных соединений – медиаторов электронного транспорта. Фиксация адсорбцией не всегда обеспечивает достаточную стабильность сенсоров и приводит к постепенному уменьшению аналитического сигнала из-за вымывания медиатора с течением времени (Баталова, 2008). Кроме того, данный метод не применим при использовании водорастворимых медиаторов. В этом случае закрепление медиатора на поверхности электрода можно обеспечить ковалентным связыванием его с иммобилизующей матрицей, в результате чего образуется электропроводящий гидрогель.

Целью данной работы является разработка биосенсора на основе фермента глюкозооксидазы, иммобилизованного в проводящий гидрогель на основе бычьего сывороточного альбумина (БСА), ковалентно связанного с медиатором нейтральным красным (НК). Проводящий гидрогель получали ковалентной сшивкой НК с БСА по аминок группам с использованием бифункционального реагента – глутарового альдегида (рис.).

Параллельно протекает процесс сшивки молекул БСА между собой с образованием сетчатой структуры. Рабочий потенциал биосенсора определяли

на основе вольтамперных зависимостей модифицированного электрода в присутствии глюкозы. Он составил $-0,4$ В.

В таблице 1 представлены основные аналитические и метрологические характеристики биосенсора на основе разработанного модифицированного печатного электрода.

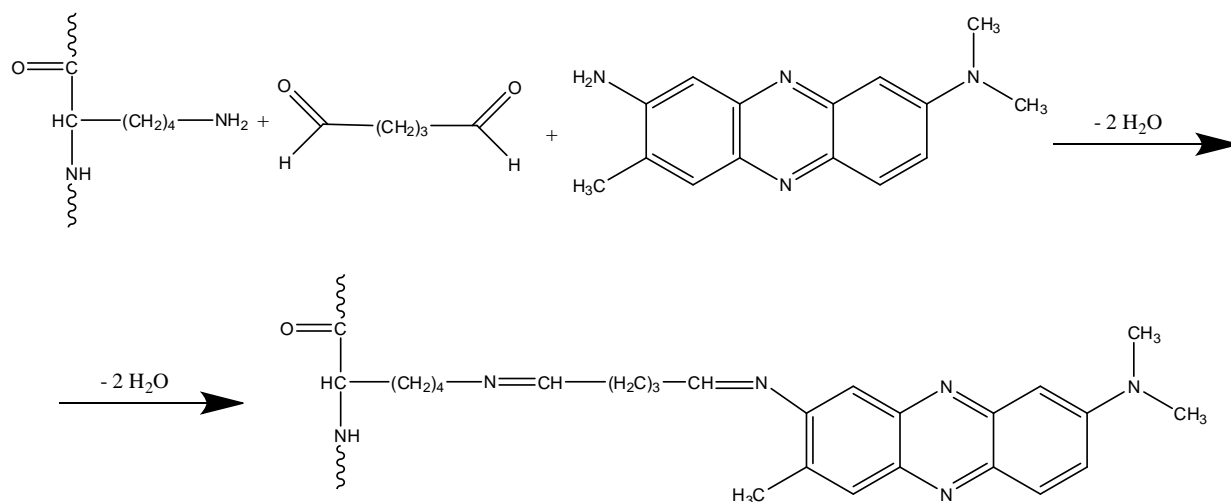


Рис. Схема ковалентной сшивки медиатора нейтрального красного с бычьим сывороточным альбумином

Таблица 1

Основные характеристики биосенсора на основе разработанного модифицированного печатного электрода

Относительное стандартное отклонение, %	1,6
Коэффициент чувствительности, $\text{мкА} \cdot \text{дм}^3 / \text{моль}$	250 ± 30
Нижняя граница определяемых концентраций, $\text{мкмоль} / \text{дм}^3$	600
Верхняя граница определяемых концентраций, $\text{ммоль} / \text{дм}^3$	$2,7 \pm 0,6$
Предел обнаружения, $\text{мкмоль} / \text{дм}^3$	200
Долговременная стабильность, сутки	12

Было проведено сравнение характеристик разработанного биосенсора на основе модифицированного печатного электрода с аналогами на основе электрополимеризованного нейтрального красного (табл. 2).

Как видно из таблицы, разработанный биосенсор превосходит аналоги на основе электрополимеризованного НК по значению коэффициента чувствительности, что может объясняться большей доступностью медиатора электронного транспорта для биологического материала, так как в случае иммобилизации медиатора ковалентной сшивкой НК равномерно распределен по всему объему модифицирующей смеси, в то время как электрополимеризация НК концентрирует его на поверхности электрода, что не позволяет ему передавать электроны от удаленных молекул фермента. Низкая верхняя граница диапазона определяемых концентраций разработанного биосенсора объясняется небольшим количеством биоматериала, находящимся на поверхности электрода, а то, что предел обнаружения разработанного биосенсора выше,

чем у его аналогов, вызвано большим стандартным отклонением серии холостых опытов.

Таблица 2

Характеристики полученного печатного электрода и его сравнение с литературными аналогами

Электрод	Коэффициент чувствительности, мкА·дм ³ /моль	Верхняя граница определяемых содержаний глюкозы, ммоль/дм ³	Предел обнаружения, мкмоль/дм ³
ГО + гидрогель БСА с НК, поперечно-сшитый ГА. (разработанный электрод) (Barsan et al., 2007)	250±30	2,7±0,6	200
ГО, иммобилизованная в гидрогель БСА+ГА, полимеризованный НК, покрытые пленкой Nafion (Ghica, Brett, 2006)	5,28±0,1	5,1±0,4	36±3,2
ГО, иммобилизованная в гидрогель БСА+ГА, полимеризованный НК, покрытые пленкой Nafion (Pauliukaite et al., 2007)	3,5	4,07	35
ГО, иммобилизованная в гидрогель БСА+ГА, полимеризованный НК	206±3	–	–

Апробацию модифицированного печатного электрода проводили на образцах вин. Значения концентраций глюкозы, полученные с помощью биосенсорного и референтного метода (спектрофотометрия) совпадают с учетом доверительных интервалов, из чего следует, что разработанный ферментный сенсор может быть использован для определения содержания глюкозы на предприятиях пищевой промышленности и в биотехнологическом производстве.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук, договор № 14.Z56.16.5425-МК.

Литература

- Баника Ф. Г. Химические и биологические сенсоры: основы и применения: пер. с англ. / Под ред. Ф. Г. Баника М.: Техносфера, 2014. 880 с.
- Баталова Т. А. Ферментные электроды. Благовещенск: Изд-во Амурской государственной медицинской академии, 2008. 16 с.
- Barsan M., Klincar J., Batic M., Brett C. M. A. Design and application of a flow cell for carbon-film based electrochemical enzyme biosensors // Talanta, 1983-11. 2007.
- Ghica M., Brett C.M.A. Development of Novel Glucose and Pyruvate Biosensors at Poly (Neutral Red) Modified Carbon Film Electrode // Departamento de Quimica, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 3004-535. 2006.

Pauliukaite R., Chica M., Barsan M., Brett C. M. A. Characterisation of poly(neutral red) modified carbon film electrodes application as a redox mediator for biosensors // J. Solid State Electrochem, 899-11. 2007.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БИОСЕНСОРОВ

Е. И. Шишкарева, А. С. Зайцева, В. А. Арляпов
Тулский государственный университет,
juri-kuraj@yandex.ru, Anyuta_Zaytseva@mail.ru, v.a.arlyapov@gmail.com

Перспективным является разработка электрохимических биосенсоров, с помощью которых можно с высокой чувствительностью определять различные соединения. Для достижения высоких характеристик биосенсора во многих случаях используют наноматериалы, например углеродные нанотрубки (УНТ). Одностенные углеродные нанотрубки (УНТ), в отличие от других производных графита, обладают баллистической проводимостью, что позволяет получать более высокий аналитический сигнал при введении аналита. Кроме того, при правильной ориентации фермента и нанотрубок возможен прямой перенос электронов между электродом и активным центром фермента.

В данной работе исследовалась возможность использования углеродных нанотрубок для обеспечения прямого переноса в амперометрических биосенсорах. В качестве биоматериала использовали коммерческий препарат фермента глюкозооксидазы (ГО), выделенного из *Aspergillus niger* (Sigma-Aldrich, США), мембранную фракцию бактерий *Gluconobacter oxydans* ВКМ В-1280, целые клетки бактерий *G. oxydans* и дрожжи *Debaryomyces hansenii* ВКМ У-2482.

Амперометрические измерения проводили по двухэлектродной системе. В качестве рабочего электрода использовали угольно-пастовый электрод с иммобилизованным биоматериалом, а в качестве электрода сравнения хлоридсеребряный электрод. В качестве аналитического сигнала фиксировали изменение силы тока во времени при постоянном потенциале. Потенциал подбирали в диапазоне от 0 мВ до 1000 мВ с шагом 50 мВ и фиксировали наличие или отсутствие ответа сенсора. В результате анализа установлено, что прямой перенос достигается только при использовании фермента глюкозооксидазы при 400 мВ. Для остальных датчиков модификация УНТ не приводила к каким-либо изменениям, следовательно, прямой перенос не достигался. Было высказано предположение, что за счет высокой проводимости, нанотрубки будут способствовать увеличению аналитического сигнала при разработке медиаторных БПК биосенсоров. Для выявления влияния УНТ на характеристики сенсора формировали контрольный угольно-пастовый электрод с медиатором ферроценом и дрожжами *D. hansenii*, а поверхность исследуемого электрода покрывали суспензией нанотрубок (опытный электрод).

После проводили иммобилизацию дрожжами обоих электродов. Все измерения проводились при потенциале 250 мВ.

Для всех сформированных электродов были найдены основные аналитические и метрологические характеристики ферментного и микробных биосенсоров с использованием модельных растворов на основе глюкозы и глюкозо-глютоматной смеси, соответственно для определения глюкозы и БПК (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики разработанных биосенсоров

Биоматериал/ электрод	Аналит	Нижняя граница	Предел обнаружения	Рабочий диапазон
<i>D. hansenii</i> / ферро-цен+УНТ	БПК	2,3 (мг/дм ³)	0,8 (мг/дм ³)	2,3–14 (мг/дм ³)
<i>D. hansenii</i> / ферроцен	БПК	3,0 (мг/дм ³)	1,0 (мг/дм ³)	3,0–25 (мг/дм ³)
ГО/ УНТ	Глюкоза	0,5 (ммоль/дм ³)	0,2 (ммоль/ дм ³)	0,5–40 (ммоль/ дм ³)

Оценка субстратной специфичности клеток *D. hansenii*, иммобилизованных на поверхность электрода, модифицированного и не модифицированного углеродными нанотрубками была проведена по 15 различным субстратам, относящимся к различным классам органических соединений. В качестве субстратов были выбраны органические вещества, наиболее часто встречающиеся в стоках различных производств. Попадание таких веществ в водоемы приводит к существенному снижению уровня растворенного кислорода (рис.).

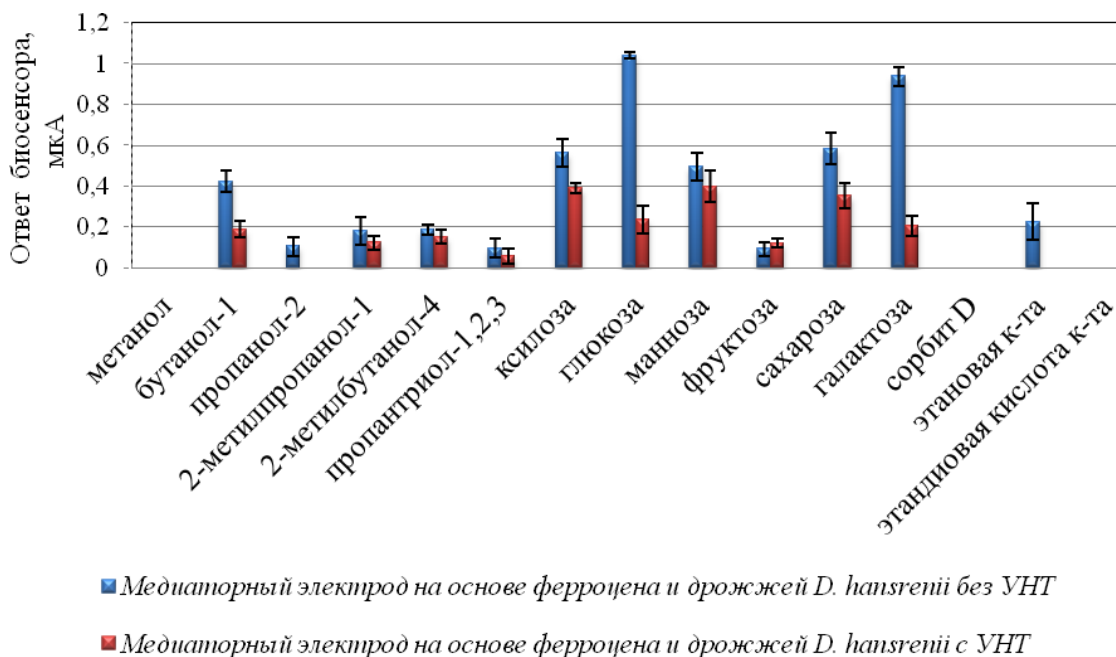


Рис. Субстратная специфичность рецепторного элемента на основе дрожжей *D. hansenii*

Модификация рабочих электродов УНТ негативно влияет на субстратную специфичность дрожжей, что вероятно связано с токсичностью наноматериала на ферментные системы клеток.

Далее была проведена сравнительная характеристика разработанных сенсоров с известными аналогами, результаты которой представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика полученных электродов с разработанными аналогами

Аналит	Глюкоза		БПК		
	ГО/ УНТ УП	ГО/ БСА, УНТ, СУ (Данилейко, 2012)	<i>D. hansenii</i> / УНТ-ФЦ	<i>D. hansenii</i> / ФЦ	<i>E. coli</i> /мПВС, пНК, СУ (Liu, 2012)
Линейный диапазон	0,5–40 ммоль/ дм ³	0–8 ммоль/ дм ³	2,3–14 мг/дм ³	3,0–25 мг/дм ³	9,3–422 мг/дм ³
Предел обнаружения	0,2 ммоль/ дм ³	0,03 ммоль/ дм ³	0,8 мг/дм ³	1 мг/дм ³	5,436 мг/дм ³
Экспрессность	3–5 мин	1–5 мин	5–7мин	4–6 мин	8–20 мин

УП – угольно-пастовый электрод; ФЦ – ферроцен; БСА – бычий сывороточный альбумин; мПВС – модифицированный поливиниловый спирт; пНК – полинейтральный красный; СУ – стеклоуглеродный электрод.

По результатам полученных данных можно сделать вывод, что разработанные электроды не уступают известным моделям, а по некоторым характеристикам даже превосходят некоторые из них, таким образом использование нанотрубок в биосенсорном анализе достаточно перспективно и позволяет увеличить чувствительность анализа.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук, договор № 14.Z56.16.5425-МК и гранта РФФИ № 16-48-710959 р_а.

Литература

Данилейко Л. В., Щувайло О. Н., Архипова В. Н., Солдаткин А. П., Дзядевич С. В. Разработка амперометрического ферментного биосенсора на основе углеродного волокна и иммобилизованной глюкозооксидазы // Биополімери і клітина. 2012. Т. 19. № 1.

Arlyapov V. A., Yudina N. Yu., Asulyan L. D., Alferov S. V., Alferov V. A., Reshetilov A. N. BOD biosensor based on the yeast *Debaryomyces hansenii* immobilized in poly(vinyl alcohol) modified by N-vinylpyrrolidone // Enzyme and Microbial Technology. 2013. P. 257–262.

Ling Liu, Shengsen Zhang et al. A Co-Immobilized Mediator and Microorganism Mediated Method Combined Pretreatment by TiO₂ Nanotubes Used for BOD Measurement. *Talanta*, 2012. P. 314–19.

СЕКЦИЯ 3 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

БИОМОРФОЛОГИЯ НАЗЕМНОЙ ФОРМЫ ГОРЦА ЗЕМНОВОДНОГО

Н. П. Савиных, А. Н. Полубоярцева
Вятский государственный университет,
Институт биологии и биотехнологии,
savva_09@mail.ru, alena.list2013@mail.ru

Биоморфология и особенности индивидуального развития изучены у многих наземных трав. Водные и прибрежно-водные растения, а также растения из условий переменного увлажнения с этих позиций исследованы недостаточно. Познание механизмов морфологических адаптаций, особенностей ростовых процессов, в том числе – специфики биоморфологии и анализ структурной организации цветковых растений позволяет определить возможные пути и способы перехода наземных растений в водоемы и последующего выхода их на сушу. В связи с этим познанием биоморфологии горца земноводного – *Polygonum amphibium* (сем. Гречишные – *Polygonaceae*) с широким спектром условий обитания по степени увлажнения представляет особый интерес.

P. amphibium – это травянистое растение, существующее в природе в виде двух экобиоморф – водной и наземной. Ранее (Савиных, Шарова, 2015) мы охарактеризовали особенности биоморфологии водной формы. Данное сообщение посвящено анализу побеговых систем наземной формы *P. amphibium* с позиций модульной организации (Савиных, Мальцева, 2008) и структурно – функциональной зональности побегов (Борисова, Попова, 1990). Растения этой экобиоморфы встречаются по берегам обсыхающих водоёмов, в составе травостоя влажных обильно подтопляемых канареечниковых и двукисточниковых пойменных лугов, по берегам рек, в условиях прибрежий.

У этих растений длина стебля достигает до 70 см. В густом травостое он прямостоячий, поддерживается побегами других растений, на открытых влажных местах – полегающий по мере нарастания; вдоль дорог по мезофильным лугам центральной поймы реки Вятки мы наблюдали распростертую стелющуюся форму этого растения. Листья с черешками до 1 см или почти сидячие, продолговато-ланцетные, длиной до 5–16 см и шириной 1–4 см с острой верхушкой; с обеих сторон они покрыты жесткими волосками; рас­трубы удлинённые, наверху обрубленные. Наземная форма почти никогда не цветет (Губанов, 2003; Григорьев, 1936).

Для уточнения отдельных особенностей биоморфологии просмотрены образцы гербарной коллекции кафедры биологии и методики обучения био-

логии Вятского государственного университета, гербария Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина РАН.

Наименьшей структурной единицей побеговой системы *P. amphibium*, как и других цветковых растений, является элементарный модуль. В зависимости от длины междоузлия, типа листа, пазушных почек и их производных, положения в побеговой системе, элементарные модули горца земноводного имеют разное строение (рис. 1). Междоузлия у всех вариантов элементарных модулей длинные. Различаются эти структуры по длительности жизни листьев (они могут быть отмершими, пожелтевшими или зелеными), но все листья срединной формации. Пазушные структуры представлены почками, вегетативными побегами или соцветиями. От узлов всех метамеров, находящихся во время половодья в воде и соприкасающихся с субстратом на влажной почве, отходят придаточные стеблеродные корни. Часто из их пазушных почек летом образуются побеги обогащения. Они обычно вегетативные, с неполным циклом развития. Иногда на верхушке формируется соцветие. Венчает монокарпический побег длинный гипоподий с терминальным соцветием.



Рис. 1. Элементарные модули *P. amphibium*: 1 – длинное междоузлие без листьев с придаточными корнями и почками, 2 – длинное междоузлие, узел с отмершим или пожелтевшим листом, придаточными корнями и почками, 3 – длинное междоузлие, узел с зеленым ассимилирующим листом срединной формации, придаточными корнями и почками, 4 – длинное междоузлие, узел с зеленым ассимилирующим листом и почками, 5 – длинное междоузлие, узел с листом срединной формации и вегетативным побегом; (остальные условные обозначения те же, что на рис. 2; пазушные почки у структур с 1 по 3 не указаны)

Элементарные модули образуют универсальный модуль. Эти одноосные побеги у наземной формы *P. amphibium*, как и у водной, представлены озимыми моноциклическими монокарпическими побегами и побегами с неполным циклом развития. Все они развиваются не из почек возобновления, как у наземных трав, а из почек обогащения (без периода покоя). Наземные условия обитания накладывают определенный отпечаток на структурно-функциональную зональность побегов этих растений. В их составе не выделяется нижняя зона торможения и зона возобновления. Базальные части этих побегов структурно и функционально соответствуют средней зоне торможения. Как и у некоторых гелофитов *Caltha palustris* L., *Rorippa amphibia* (L.) Bess) и других (Савиных и др., 2015), они в результате рассеянного ветвления

дополнительно выполняют функцию возобновления. Укореняясь при ранней морфологической дезинтеграции, верхушки боковых побегов служат специализированными диаспорами для возобновления растений на следующий год.

Поэтому в строении монокарпического побега наземной формы *P. amphibium* на открытых участках выделяются не все структурно-функциональные зоны, типичные для наземных трав с приподнимающимися или ортотропными побегами (рис. 1). *Средняя торможения* – полегающий и прямостоячий вегетативный участок побега из метамеров с длинными междоузлиями, отмершими, пожелтевшими или ассимилирующими листьями срединной формации и почками. *Зона обогащения* у растений с приподнимающимися побегами выражена слабо, наиболее представлена у особей со стелющимися и укореняющимися побегами. Эти зоны структурно и функционально соответствуют зоне обогащения водной формы. Далее следует *соцветие*.

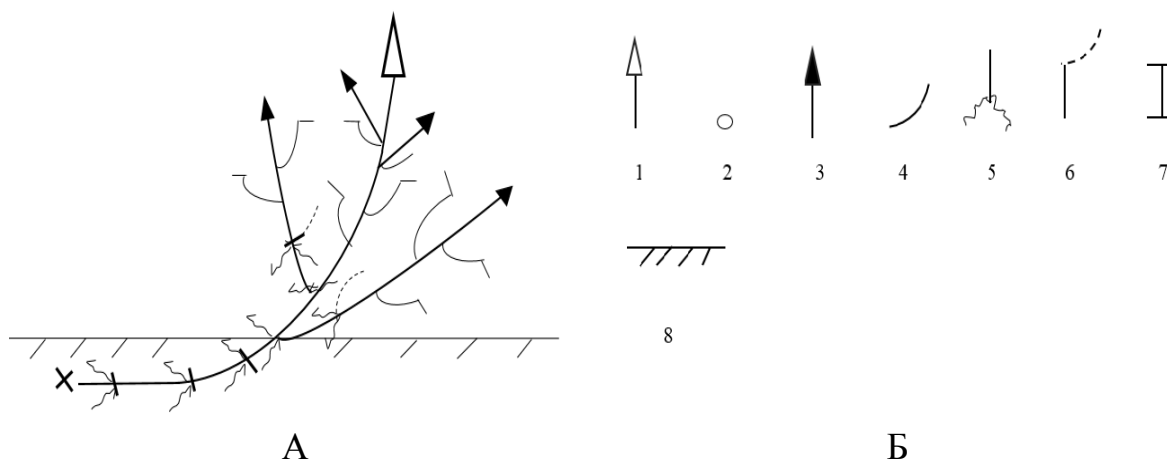


Рис. 2. Особенности строения побеговых систем *P. amphibium*:
 А – монокарпический побег; Б – условные обозначения: 1 – соцветие,
 2 – почка, 3 – вегетативный побег, 4 – зеленый лист, 5 – придаточные
 Стеблеродные корни, 6 – отмерший лист, 7 – однолетняя часть,
 8 – уровень почвы

У моноциклических монокарпических полегающих боковых побегов выделяются такие же структурно-функциональные зоны. Прямостоячие побеги, по всей видимости, будут полегать под собственной тяжестью по мере их моноподиального нарастания и приобретут типичное описанному выше строение. По своему габитусу и способу побегообразования растения этой экобиоморфы подобны ацентрическим биоморфам. Они представлены структурами, аналогичными лишь верхним участкам побегов водной формы, которые развиваются в двух средах – водной и воздушной. Возможно, в данном случае – при вторичном выходе на сушу – у растений выпадают по типу базальной аббревиации начальные стадии развития монокарпического побега (почки возобновления и геофильного промежуточного побега), свойственные наземным геофитам и укореняющимся гигрогелофитам.

В условиях густых травостоев побеги *P. amphibium* одноосные, вегетативные, ортотропные. При возможном зацветании они подобны монокарпическим побегам наземных трав со всеми, за исключением зоны обогащения, структурно-функциональными зонами. Такую морфологическую поливариантность универсальных модулей *P. amphibium* можно рассматривать как адаптацию в виде образования только тех элементарных модулей, которые соответствуют условиям биотопа.

Таким образом, *P. amphibium* – это поликарпик; травянистое вегетативно-подвижное летне-зеленое растение; в зависимости от условий среды существует в виде криптофита (гидрогеофита и геофита) или гемикриптофита; встречается в виде явнополицентрической – по расположению центров воздействия в грунте – и ацентрической – по расположению растения на поверхности воды (водная экобиоморфа) или только ацентрической (наземная экобиоморфа) биоморф.

Побеговые системы наземной и водной экобиоморф *P. amphibium* формируются из единых элементарных модулей. Часть универсальных модулей сходны. Различия объясняются лабильностью растений и их способностью сохранять в генотипе возможность всего набора элементарных модулей и формировать в соответствующих условиях лишь те, которые обеспечат существование растения в конкретных условиях среды. Это можно рассматривать как один из способов самоподдержания растительного организма в виде способности его сохранять свое существование и выполнение основных биологических функций, особенно воспроизведение (семенное или вегетативное), в меняющихся условиях среды.

Исследование поддержано РФФИ (проекты № 13-04-01057, 16-04-01073).

Литература

Борисова И. В., Попова Т. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. журнал. 1990. Т.75. № 10. С. 1420–1425.

Григорьев Ю. С. Горец земноводный – *Polygonum amphibium*L. // Флора СССР. Т. 5. М. – Л.: Изд-во «Академия наук СССР», 1936. С. 645.

Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 томах. М.: Т-во научных изданий КМК, 2003. Т. 2. 666 с.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». Вып. 9. Тверь, 2008. С. 227–234.

Савиных Н. П., Шабалкина С. В., Журавлева И. А. Структурное разнообразие прибрежно-водных растений: Анализ и рефлексия // Современные проблемы популяционной экологии, геоботаники, систематики и флористики. Материалы Международ. научн. конф., посвященной 110-летию А. А. Уранова (г. Кострома, 31 октября – 3 ноября 2011 г. Кострома. 2011. С. 69–76.

Савиных Н. П., Шабалкина С. В., Лелекова Е. В. Биоморфологические адаптации гелофитов // Сиб. эколог. журнал. 2015. Т. 22. № 5. С. 671–681.

Савиных Н. П., Шарова А. Н. Экология и побегообразование горца земноводного // Экология родного края: проблемы и пути решения. Материалы Всерос. научн. практ. конф. (г. Киров, 22–24 апреля 2015 г.). Киров, 2015. С. 41–45.

БИОМОРФОЛОГИЯ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ ПИОНА УКЛОНЯЮЩЕГОСЯ (*PAEONIA ANOMALA* L.) В СВЯЗИ С ЕГО ОХРАНОЙ

Н. П. Савиных, Н. С. Русских

Вятский государственный университет, savva_09@mail.ru

Сохранение видового разнообразия – одна из актуальных проблем современной ботаники. Для ее решения необходимо не только сохранение в природе и ботанических садах редких растений, но и изучение биоморфологии и структуры ценопопуляций отдельных видов для последующей разработки программы их сохранения.

Данное сообщение посвящено особенностям структурной организации зрелых генеративных особей пиона уклоняющегося (*Paeonia anomala* L.).

P. anomala встречается в лесной зоне Европейской России, в Западной и Восточной Сибири, в горах Казахстана и Средней Азии. Произрастает единично или небольшими зарослями на опушках смешанных лесов, лесных полянах, в оврагах, на каменистых россыпях, прибрежных луговых склонах, в горном лесном поясе и редколесьях (Шипчинский, 1937, Красная книга Республики Башкортостан, 2001).

P. anomala внесен в Красную книгу Кировской области (Красная книга..., 2014) со статусом II категория. Это уязвимый вид с сокращающейся численностью у западной границы ареала внесен также в Красную книгу Среднего Урала и Ханты-Мансийского автономного округа (Васина, 2003).

После предварительного изучения онтогенетических состояний и выявления в природе их особенностей у *P. anomala* выкопан куст этого растения на опушке смешанного леса в 500 м в юго-восточном направлении от д. Андриёнки Афанасьевского района Кировской области.

Основная единица побеговой системы *P. anomala*, как и у других многолетних трав сезонного климата (Серебряков, 1952), является монокарпический побег – однажды цветущий, дифференцированный на структурно-функциональные зоны (Борисова, Попова, 1990). Растение *P. anomala* имело 4 таких побега (рис. 1), средняя высота которых 67 см (от 55 до 70 см). Они прямостоячие с выпукло-ребристыми стеблями диаметром до 1 см, в основании розово-пурпурные, с кожистыми чешуевидными листьями (в среднем 0,7–4 см длиной). Ассимилирующие листья с коротким черешком и большой, до 30 см длиной и почти такой же шириной, дважды тройчато-перисторассеченной листовой пластинкой. Доли листьев ланцетные, длиннозаостренные, цельнокрайние, до 2,5 см шириной. На побеге таких листьев от 7 до 10. Листья выше по побегу меньших размеров, они с тройчато-рассеченными листовыми пластинками. Темно-зеленая верхняя сторона их имеет едва заметные волоски вдоль жилок, нижняя сторона листьев желтовато-зеленая, голая. Побеги заканчиваются одним бутоном, который не всегда развивается в цветок. Цветки обоеполые с пурпурно-розовыми лепестками.

Подземные органы *P. anomala* представлены корневищами и клубневидно-утолщенными корнями. Корневище (рис. 2) многократно разветвленное, симподиально нарастающее из резидов монокарпических побегов последовательных порядков ветвления с придаточными корнями. Диаметр его у основания исходной оси составляет в среднем 5 см, длина – 40 см. Корневище темно-коричневое с желтовато-бурыми придаточными корнями. От большого содержания эфирных масел подземные органы растения издают сильный специфический запах.

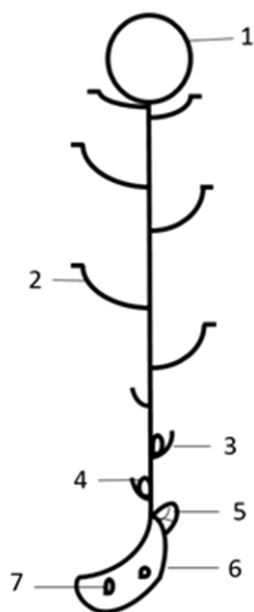


Рис. 1. Монокарпический побег:
1 – цветок, 2 – ассимилирующий лист, 3 – чешуевидный лист, 4 – почка обогащения, 5 – почка возобновления, 6 – корневище, 7 – спящая почка



Рис. 2. Корневище с почками и побегами

Придаточные корни *P. Anomala* двух типов: мясистые запасующие и тонкие поглощающие. У запасующих светло-желтых в изломе, продольно-морщинистых корней базальные участки разрастаются в клубневидные утолщения или шишки. Верхушки этих корней из-за продольной морщинистости обеспечивают ежегодное погружение резидов в почву и вследствие этого защиту почек возобновления в период покоя. В результате втягивающей деятельности корней подземные органы растения находятся примерно на 45 см глубже поверхности почвы. Придаточные корни простираются параллельно ее поверхности.

Корневище рассмотренного растения состоит из резидов исходной оси и 4 крупных боковых осей с разной степенью сложности, продолжением которых являются монокарпические побеги и почки в их основании.

Поэтому у монокарпического побега *P. anomala* выделены следующие структурно-функциональные зоны: зона возобновления – базальный участок побега – будущий резидсимподиального корневища; средняя зона торможения – надземный участок побега с ассимилирующими листьями; терминальный цветок. Отличается монокарпический побег этого растения дифференциацией зоны возобновления на три участка в зависимости от типа почек по периоду покоя их и отсутствием зоны обогащения.

На одном и том же растении пиона всегда находятся разновозрастные и разные по функции почки, обеспечивающие одновременное возобновление растений. Почки возобновления пиона с поверхности прикрыты чешуевидными листьями (до 7 штук). В пазухах их содержатся до 6 различных по длительности периода покоя и положению на побеге почек.

1. Спящие почки – мелкие, находятся в пазухах нижних покровных чешуй, у будущего побега возобновления они располагаются в базальной части. Эти почки пробуждаются при поранении корневища, делении растения, удалении активных почек, после прекращения нарастания оси.

2. Почки обогащения – формируются в пазухах самых верхних покровных чешуй; они развиваются при повреждении верхушек побегов.

3. Почки возобновления – закладываются в пазухах средних покровных чешуй. Из них в дальнейшем разовьются побеги замещения. В зависимости от состава эти почки бывают вегетативно-генеративными или смешанными (в них полностью, включая цветок, заложен будущий монокарпический побег уже осенью) и вегетативными (состоят только из зачатков листьев, оси и конуса нарастания; из них в будущем году развивается побег с неполным циклом развития).

На выкопанном корневище обнаружено 47 почек. Из них 7 смешанных (рис. 3) и 2 вегетативные (рис. 4, 5) почки возобновления, остальные почки вегетативные спящие. В разряд спящих могут переходить почки обогащения при сохранении несущей их части в составе резиды.

Каждая особь *P. anomala* в определенное время проходит фенологические фазы развития. Они во многом определяются фазами в развитии монокарпических побегов. По И. Г. Серебрякову (1959) это – фазы почки, вегетативного ассимилирующего побега, бутонизации, цветения и плодоношения. В дальнейшем до отмирания резиды побег находится в фазе вторичной деятельности (Серебрякова, 1971). Фаза почки начинается с заложения её в пазухе кроющего листа и продолжается до начала ее разворачивания не менее 2 лет. Фаза вегетативного ассимилирующего побега продолжается в период от начала отрастания побегов до появления бутонов (несколько недель). Фаза бутонизации, цветения и плодоношения связана с переходом зачатков генеративных органов от относительного покоя к их росту и развитию. Время появления бутона на отрастающем весной генеративном побеге пиона зависит, в первую очередь, от срока закладки зачатков цветков с осени. Зацветает *P. anomala* в мае – июне. Плодоношение – после опадения венчика и набухания завязи. Плоды созревают в тот момент, когда семена начинают отделять-

ся в массовом количестве от материнской особи (обсеменение). Отмирает надземная часть побега после окончания плодоношения и отделения плодов. Засыхают надземные части постепенно. В дальнейшем функционирует в составе особи лишь базальный участок монокарпического побега. Поэтому, не смотря на непродолжительный период надземной жизни, полный онтогенез монокарпического побега *P. anomala* достаточно долог. Морфологическая целостность особи сохраняется в течение длительного времени. Конкретные данные можно получить лишь при детальном анализе многих изъятых из состава сообщества особей, что не позволяет сделать в условиях Кировской области охранный статус этого растения.

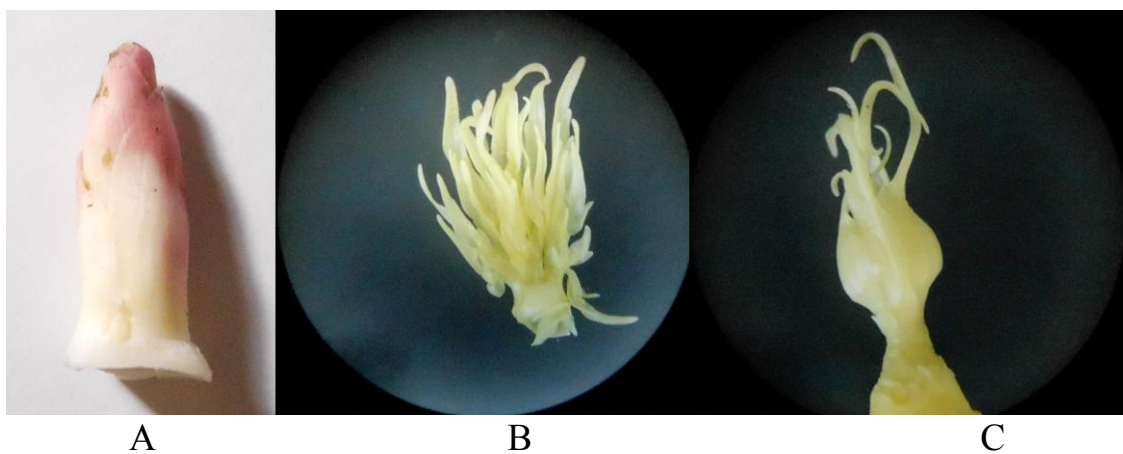


Рис. 3. Смешанная почка: А – внешний вид, В – зачатки листьев, С – зачаток цветка



Рис. 4. Вегетативная почка



Рис. 5. Почечная чешуя с пазушной почкой

Анализ полученных данных позволяет составить прогноз развития подобных особей зрелого онтогенетического состояния. Поскольку растение имело в текущий год 4 монокарпических побега и 7 смешанных почек возобновления, можно предположить, что при благоприятных условиях на следующий год могло бы сформироваться 7 побегов замещения. Возможно, что у каждого монокарпического побега сформировались бы по две веге-

тативно-генеративные почки. В итоге к осени следующего года в составе особи могло быть до 14 смешанных почек возобновления. Два вегетативных побега с неполным циклом развития также могли дополнить число монокарпических побегов растения. Поэтому число монокарпических побегов особи изменялось бы по годам в следующей последовательности: 4–7–14 и более.

Установленная особенность развития особей позволит предложить новый способ оценки состояния особей – по числу монокарпических побегов и числу почек возобновления в их составе, что можно установить при незначительной подкопке осенью. Это не принесет вреда растению, поскольку оно находится в это время в состоянии глубокого покоя. Если число почек возобновления особи равно или больше числа монокарпических побегов текущего года, растение находится в стабильном состоянии; если меньше – оно стареет или находится в состоянии временного снижения репродуктивной функции. Дальнейший мониторинг состояния таких растений позволит оценить их реальную жизнеспособность и наметить способы охраны их ценопопуляций.

Литература

Борисова И. В., Попова Г. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. журн. 1990. Т. 75. № 10. С. 420–426.

Васина А. Л. Пион уклоняющийся, марьин корень *Raeonia anomala* L. Семейство пионовые – *Raeoniaceae* // Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа: Животные, растения, грибы. Екатеринбург: Парус, 2003. 159 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров. ООО «Кировская областная типография». 2014. 178 с.

Красная книга Республики Башкортостан: Редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений. Уфа. 2001. Т. 1. 280 с.

Серебряков И. Г. Период покоя у некоторых травянистых и древесных растений Подмосковья. Моск. гор. пед. ин-т им. В. П. Потемкина. 1959. Т. 100. Вып. 5.

Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М., 1952. 392 с.

Серебрякова Т. И. Морфогенез растений и эволюция жизненных форм злаков. М., 1971. 360 с.

Шипчинский Н. В. Флора СССР. М.: Изд-во Академии наук СССР. 1937. Т. 7. 33 с.

ПОЛОВАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ КОШАЧЬЕЙ ЛАПКИ ДВУДОМНОЙ (*ANTENNARIA DIOICA* (L.) GAERTN.)

Н. В. Илюшечкина

Марийский государственный университет, nellybiol@list.ru

Целью наших исследований было изучение половой и пространственной структуры особей и ценопопуляций кошачьей лапки двудомной (*Antennaria dioica* (L.) Gaertn.). *Antennaria dioica* относится к типу явнополицентрических

биоморф, взрослые особи которых имеют несколько чётко выраженных центров (рамет), соединённых между собой коммуникациями. Они одновременно выступают как центры разрастания особей и характеризуются относительной автономностью, так как обладают собственной корневой системой, т. е. могут самостоятельно существовать и давать новые центры при естественном или искусственном отделении.

В таких куртинах отчетливо видна старая (центральная) часть этой куртины и молодые дочерние особи (периферическая часть куртины). Длина плагиотропных побегов одной раметы может изменяться от 3,0 до 24,7 см (Любарский, Полуянова, 1984); количество укоренившихся дочерних побегов от 1 до 14. Порядок ветвления в таких куртинах может достигать 10 и более (Илюшечкина, 2009). Численность рамет, составляющих такую куртину, варьирует от 10 до 362. Максимальная доля приходится на раметы прегенеративного и постгенеративного периодов онтогенеза. Доля генеративных рамет незначительна и составляет от 1 до 11. Генеративные раметы могут полностью отсутствовать в структуре таких полицентрических особей (Илюшечкина, 2009).

Работа проводилась в июле 2013–2014 гг. в окрестностях д. Коркатово Моркинского района на Малом Карман-Курыке и в 2013 г. в окрестностях д. Широкундыш Килемарского района.

В исследуемых местообитаниях были заложены площадки размером 2×2 метра, на которых были закартированы и изучены куртины и раметы в пределах куртин. На каждой площадке подсчитывали число женских, мужских особей и рамет прегенеративного и постгенеративного периода. Всего было проанализировано 6959 особей кошачьей лапки двудомной. Из них женских рамет 383, мужских 806 и прегенеративного и постгенеративного периода 5770.

Ценопопуляция как система характеризуется определенной пространственной структурой. Исследование взаимного размещения элементов ценопопуляции, их строения и динамики во времени составляет основную задачу при изучении пространственной структуры (Ценопопуляции растений, 1977).

Характер горизонтального распределения растений зависит от особенностей генеративного и вегетативного размножения, а также от характера среды обитания. Распределение особей в популяции может быть случайным, равномерным (регулярным) или групповым – контагиозным (Злобин, 2009).

Куртина – это скопление вегетативно-подвижных особей, имеющих несколько центров закрепления. Было изучено 74 куртины. Все они между собой различаются по площади и численности рамет прегенеративного, генеративного и постгенеративного периода. В изучаемых ценопопуляциях на трансектах встречались и единичные особи.

Протяженность куртин изменялась от 2 до 125 см. В ценопопуляции Малый Карман-Курык (2013 г.) протяженность куртин составляла от 2 до

125 см; в 2014 г. от 4 до 100 см; протяженность куртин в д. Широкундыш (2013 г.) составляла от 3 до 73 см.

При изучении пространственной структуры был установлен групповой или куртинный тип распределения растений, когда особи образуют скопления, обособленные друг от друга. Групповое распределение прежде всего связано с тенденцией опадания семян вблизи материнских растений при любых способах их распространения, а также наблюдается при наличии вегетативного размножения (Злобин, 2009).

Плотность является важным параметром, характеризующим как биологические особенности вида, так и устойчивость популяции в данном местообитании. Наибольшая плотность куртин составляет (4,62 шт/м²) в 2013 г. на Малом Карман-Курыке. Плотность куртин в 2013 г. в д. Широкундыш и в 2014 г. на Малом Карман-Курыке не различается ($P=0,13$).

Анализ пространственной структуры особей кошачьей лапки двудомной показал следующее. Плотность рамет в пределах куртины самая большая в 2013 г. на Малом Карман-Курыке (92,25 шт/м²). Наименьшая плотность рамет составляет (0,5 шт/м²) в 2013 г. в д. Широкундыш. Плотности рамет в пределах куртины различаются ($P=10^{-6}$). Таким образом, у одного и того же вида растения в разных его популяциях плотность может быть существенно различной. Она может изменяться в широких пределах – от нескольких штук до нескольких сотен и даже тысяч рамет на квадратный метр. Высокая плотность рамет в изучаемых ценопопуляциях Республики Марий Эл (от 0,5 до 92,25 шт/м²) объясняется расположением изучаемых местообитаний в центральной части ареала вида.

При сравнении площади и плотности куртин в пределах площадки (коэффициента ранговой корреляции Спирмена) было установлено следующее. Во всех изученных местообитаниях площадь куртины и численность рамет внутри куртины положительно скоррелированы: в ценопопуляции Малый Карман-Курык (2014 г.) на 1 площадке ($r=0,86$; $P<0,005$), в ценопопуляции Малый Карман-Курык (2014 г.) на 2 площадке ($r=0,96$; $P<0,01$), в ценопопуляции на 1 площадке в д. Широкундыш (2013 г.) ($r=0,83$; $P<0,05$), в ценопопуляции на 2 площадке в д. Широкундыш (2013 г.) ($r=0,94$; $P<0,005$).

Как показали наши исследования, популяции вида существенно различаются по половой структуре, как между собой, так и внутри одной популяции между площадками и по годам.

В ценопопуляции на Малом Карман-Курыке в 2013 г. анализ числа мужских и женских рамет в пределах площадок показал, что число мужских рамет (64,64%) в 2 раза превышает число женских рамет (35,35%). Число мужских (65,98%) и женских рамет (34,01%) на площадках различается ($P=2\times 10^{-6}$). В 2013 г. в ценопопуляции Моркинского района на Малом Карман-Курыке частота мужских рамет составляет (65,44%), женских рамет составляет (34,56%) ($P>0,975$).

В ЦП на Малом Карман-Курьке в 2014 г. на 1 площадке женских рамет (88,46%) намного больше, чем мужских (11,54%) ($P > 0,05$). На 2 площадке число мужских рамет (96,22%) больше, чем женских (3,78%) ($P < 0,001$).

В ценопопуляции *A. dioica* в Моркинском районе на Малом Карман-Курьке в 2014 г. соотношение мужских и женских рамет сильно различается. Частота мужских рамет составляет (71,58%), женских рамет (28,42%) ($P < 0,001$).

В д. Широкундыш в 2013 г. на 1 площадке нет ни женских, ни мужских рамет. Все раметы были не цветущие и отнесены нами к раметам прегенеративного и постгенеративного периода, и поэтому при анализе половой структуры нами не учитывались. В ценопопуляции д. Широкундыш (2013 г.) преобладают мужские раметы частота которых составляла 75%, частота женских рамет равна (25%) ($P = 0,14$).

Исследование половой и пространственной структуры ценопопуляций *A. dioica* показало следующее. Численность рамет, составляющих куртину, варьирует от 2 до 1607 рамет. Встречаются единичные раметы. На исследуемых площадках преобладают раметы прегенеративного и постгенеративного периода, что характерно для такого вегетативно-подвижного вида, как *A. dioica*. Размещение куртин этого вида в изученных местообитаниях носит групповой характер. Плотность рамет *A. dioica* между изученными местообитаниями статистически значимо различается, а плотность куртин – не различается. В изученных ценопопуляциях *A. dioica* преобладают мужские раметы, частота которых изменяется от 65,44 до 75%. Женские раметы в изучаемых ценопопуляциях составляют незначительную часть, от 25 до 34,56%. Это подтверждает исследования по Республике Марий Эл (Кашин, и др. 2012), где приводятся данные, что более 2/3 цветущих растений составляют мужские раметы.

Литература

Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография. Сумы: Университетская книга, 2009. 263 с.

Илющечкина Н. В. Структура полицентрических особей *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. // Известия СПбГАУ. Вып. 17. 2009. С. 47–53.

Илющечкина Н. В. Структура полицентрических особей и ценопопуляций *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. в сосняках Республики Марий Эл // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Материалы Всерос. конф. (Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011 г.). Т. 2: Структура и динамика растительных сообществ. СПб., 2011. С. 362–365.

Кашин А. С., Кочанова И. С., Лисицкая Н. М., Березуцкий М. А. Распространение гаметофитного апомиксиса у представителей семейства *Asteraceae* во флорах Нижнего Поволжья и Северо-Западного Кавказа // Поволж. экол. журн. 2012. № 1. С. 22–32.

Любарский Е. Л., Полуянова В. И. Структура ценопопуляций вегетативно-подвижных растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1984. 138 с.

Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношение) / А. А. Уранов, Л. Б. Заугольнова, О. В. Смирнова. М.: Наука, 1977. 131 с.

ЭКОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РОМАШКИ ДУШИСТОЙ (*CHAMOMILLA SUAVEOLENS* (PURSH) RYDB.) НА ТЕРРИТОРИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Н. В. Илюшечкина

Марийский государственный университет, nellybiol@list.ru

Ромашка душистая (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.) – восточноазиатско-североамериканский вид, сорняк, произрастающий по всей европейской части территории бывшего СССР, Южной Сибири, некоторым районам Закавказья. Ареал этого вида постоянно расширяется, так как распространение его идет очень интенсивно. На территории европейской части бывшего СССР и Сибири ромашка является обычным сорно-рудеральным растением: образует сплошные заросли близ жилья, на мусорных местах, по обочинам дорог и железнодорожных путей (Атлас..., 1980).

Ромашка душистая – одно-двулетний летнезелёный травянистый стержневой моноподиально нарастающий монокарпик с удлинённым прямостоячим побегом (Безделев, Безделева, 2006; Жукова, Илюшечкина, 2014; Илюшечкина, Жукова, 2015).

В некоторых районах Сибири ромашка душистая является трудно искоренимым сорняком полевых культур, встречается в посевах озимых и яровых зерновых, пропашных культур и многолетних трав, в огородах, садах. В качестве меры борьбы с ромашкой предлагается проводить послыйную обработку почвы на паровых полях, тщательную зяблевую обработку почвы, включающую послеуборочное лушение и вспашку, весеннюю предпосевную культивацию, междурядную обработку на занятых полях с целью очищения почвы от семян; химические способы борьбы мало эффективны, так как этот вид весьма устойчив к гербицидам (Атлас..., 1980; Ульянова, 2005; Виноградова, и др., 2009). В Республике Марий Эл этот вид ромашки распространён по всей территории довольно часто (Абрамов, 1995; Илюшечкина, и др., 2015).

Для общей характеристики растительных сообществ во всех районах работы выбирались фитоценозы, в которые входили ценопопуляции изучаемого вида. При изучении обилия и распространения *Chamomilla suaveolens* использовались шкалы Браун-Бланке, рулеткой измерялись площади ценопопуляций (м²). Во всех исследуемых фитоценозах проведены геоботанические описания.

Исследования проводились в конце июня 2014 г. в Республике Марий Эл в 6 местообитаниях. Сбор материала проводился в окрестностях д. Коркатово, Моркинского района на лугу вдоль ул. Новая (ЦП 1), около озера (ЦП 2), в п. Морки около озера (ЦП 3), на лугу по ул. Гагагина (ЦП 4), у обочины дороги вдоль ул. Гагарина в г. Козьмодемьянске, Горномарийского района (ЦП 5, ЦП 6).

В пределах исследуемого фитоценоза на трансектах закладывались учетные площадки. В каждой ценопопуляции было заложено по 10 учетных площадок размером 1 м². Всего было исследовано 3646 особей ромашки души-

стой: в первой ценопопуляции – 1075, во второй – 750, в третьей – 493, в четвертой – 360, в пятой – 591, в шестой – 395.

Выявлено, что во всех ценопопуляциях преобладали генеративные яровые цветущие особи, кроме ценопопуляции 4, где преобладали генеративные озимые цветущие особи.

В д. Коркатово было выделено 94 местообитания ромашки душистой. Площадь местообитаний изменялась от 1 м² до 1100 м². Покрытие изменялось от 1% до 50–75% от всей площади ценопопуляции. В п. Морки было выделено 18 местообитаний ромашки душистой. Площадь местообитаний изменялась от 1 м² до 10 м². Покрытие – от 1% до 50–75% от всей площади ценопопуляции. В г. Козьмодемьянске было выделено 13 местообитаний ромашки душистой. Площадь местообитаний изменялась от 1 м² до 2 м². Покрытие – от 1% до 5–25% от всей площади ценопопуляции.

Экологическая характеристика была проанализирована в шести ценопопуляциях (ЦП) ромашки душистой на разнотравных лугах. Ценопопуляции различались по богатству почв азотом, по кислотности почв и по видовому богатству.

Самым богатым местообитанием по видовому составу явился луг вдоль улицы Новая в окрестностях д. Коркатово и у обочины дороги вдоль улицы Гагарина в окрестностях г. Козьмодемьянска, Горномарийского района, а самым бедным – разнотравный луг в д. Коркатово около озера.

Анализ экологического ареала для *Chamomilla suaveolens* (Цыганов, 1983) показал (табл.), что по термоклиматической шкале ромашка душистая занимает участки от субарктического до средиземноморского климата, по шкале континентальности климата – от субматерикового до ультраконтинентального климата. По омброклиматической шкале аридности-гумидности *Ch. suaveolens* занимает участок субаридного климата. По криоклиматической шкале *Ch. suaveolens* толерантен к умеренным и мягким зимам. *Ch. suaveolens* произрастает по шкале увлажнения почв – от лугово-степного до сыро-лесолугового увлажнения; на небогатых, довольно богатых и богатых почвах; от слабокислых до слабощелочных почв; на бедных и избыточно богатых азотом почвах; на открытых и полуоткрытых пространствах.

Для анализа местообитаний *Ch. suaveolens* использовали следующие экологические шкалы: термоклиматическая (Тм), континентальности климата (Кп), омброклиматическая аридности-гумидности (Ом), криоклиматическая (Ср), увлажнения (Нд), солевого режима (Тр), кислотности (Rc), богатства почв азотом (Nt), освещенности (Lc), переменного увлажнения почв (fH).

По шкале увлажнения ЦП 1, ЦП 4 произрастают при сухо-лесолуговом увлажнении, ЦП 2, ЦП 3, ЦП 5, ЦП 6 при влажно-лесолуговом режиме (табл.).

По шкале солевого режима ценопопуляции (ЦП 1, ЦП 2, ЦП 4, ЦП 5, ЦП 6) произрастают на довольно богатых почвах и одна ценопопуляция (ЦП 3) на богатой почве. По шкале кислотности ценопопуляции (ЦП 2, ЦП 3) ромашки душистой произрастают на кислых почвах, четыре ценопопуляции (ЦП 1, ЦП

4, ЦП 5, ЦП 6) на слабокислых почвах. По шкале освещенности ценопопуляции (ЦП 1, ЦП 2, ЦП 3, ЦП 4, ЦП 5) ромашки душистой произрастают на пространствах от открытых до полуоткрытых, ценопопуляция (ЦП 6) на полуоткрытом пространстве.

По шкале богатства почв азотом ценопопуляции (ЦП 1, ЦП 2, ЦП 3) произрастают на бедных азотом почвах, три ценопопуляции (ЦП 4, ЦП 5, ЦП 6) произрастают на достаточно обеспеченных азотом почвах. По шкале переменности увлажнения почв ценопопуляции (ЦП 1, ЦП 2, ЦП 3, ЦП 4, ЦП 5, ЦП 6) ромашки душистой произрастают на почвах от слабопеременного до умеренно переменного увлажнения.

Анализ изученных ценопопуляций позволил рассчитать экологическое пространство вида. По изученным шкалам, границы экологического пространства ценопопуляций *Ch. suaveolens* не выходят за пределы экологического ареала, кроме шкал континентальности климата, солевого режима почв и кислотности почв.

Таблица

**Характеристика экологического ареала ромашки душистой
в ценопопуляциях по шкалам Д. Н. Цыганова**

Экологические шкалы	1	2	3	4	5	6
Терморезим климата	0,0–17,0	3,0–13,0	64,71	5,0–11,0	100,00	0,65
Континентальность климата	0,0–15,0	6,0–15,0	66,67	3,0–13,0	72,73	0,67
Влажность климата	0,0–15,0	2,0–12,0	73,33	5,0–11,0	100,00	0,73
Морозность климата	0,0–15,0	3,0–13,0	73,33	3,0–11,0	100,00	0,73
Увлажнение почв	0,0–23,0	10,0–15,0	26,09	10,0–15,0	85,71	0,26
Солевой режим почв	0,0–19,0	4,0–9,0	31,58	4,0–11,0	75,00	0,32
Кислотность почв	0,0–13,0	5,0–11,0	53,85	1,0–9,0	55,56	0,54
Богатство почв азотом	0,0–11,0	6,0–11,0	54,55	6,0–9,0	80,00	0,55
Режим затенения	0,0–9,0	1,0–4,0	44,44	1,0–4,0	100,00	0,44

Примечание: 1 – диапазон шкалы; 2 – видовая амплитуда экологического ареала; 3 – доля экологического ареала вида от всей шкалы факторов; 4 – амплитуда экологического пространства изученных ЦП; 5 – доля экологического пространства для изученных ЦП от экологического ареала вида (%); 6 – экологическая валентность (%).

Рассматриваемый вид относится к мезобионтной группе видов и имеет широкий диапазон толерантности равный 0,54. По значению экологической валентности *C. suaveolens* относится к эвривалентной фракции.

Литература

Абрамов Н. В. Конспект флоры Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: МарГУ, 1995. 192 с.

Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М.: 1980. С. 112–113, 293.

Безделев А. Б., Безделева Т. А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 296 с.

Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Чёрная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2009. 494 с.

Жукова О. В., Илюшечкина Н. В. Онтогенез *Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. № 2 (34). 2014. С. 126–130.

Илюшечкина Н. В. Васильева В. М., Васильева Т. Ю., Никандрова Н. А. Распространение ромашки душистой (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.) на территории населенных пунктов Моркинского района Республики Марий Эл // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения XVII: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Йошкар-Ола, 2015. С. 53–54.

Илюшечкина Н. В., Жукова О. В. Онтогенез и биоморфологические особенности *Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb. // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения XVII: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Йошкар-Ола, 2015. С. 62–65.

Ульянова Т. Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств. Барнаул: Изд-во «АзБука», 2005. 297 с.

ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯ *LISTERA OVATA* НА ЗОЛОТВАЛЕ ВЕРХНЕТАГИЛЬСКОЙ ГРЭС

Е. И. Филимонова

Уральский федеральный университет, Elena.Filimonova@urfu.ru

Все виды семейства Orchidaceae, произрастающие на территории Урала, требуют региональной охраны (Мамаев, и др., 2004). Некоторые из них способны заселять техногенно нарушенные территории региона (Филимонова, и др., 2014). Особенности формирования популяций орхидных на промышленных отвалах мало изучены и поэтому актуальны для определения способов их охраны.

В работе представлены результаты мониторинга локальной ценопопуляции тайника овального (*Listera ovata* (L.) R. Br.), произрастающей в период 2009–2015 гг. на золотвале Верхнетагильской ГРЭС (г. Верхний Тагил, Свердловской обл.). Золотвал расположен в горной котловине на восточном склоне Уральских гор (таежная зона, подзона южной тайги). *L. ovata* – редкий (III категория) вид, внесен в Красные книги Свердловской, Челябинской, Тюменской, Курганской, и других областей, Ханты-Мансийского автономного округа, Республики Башкортостан (Красная книга, 2008).

Для характеристики ценопопуляции проведены следующие работы: геоботаническое описание местообитания по общепринятой методике; подсчет численности особей в период 2009–2015 гг. (без учета проростков, которые ведут подземный образ жизни); обмер особей (длина стебля от поверхности субстрата до листьев, длина и ширина листьев, число жилок, высота особи, длина соцветия, количество цветков); определение возрастных состояний по шкале М. Б. Фардеевой и Г. Р. Исламовой (2004).

L. ovata – многолетнее растение среднего и крупного размера, наземная часть колеблется в пределах 25–70 см. По биоморфе – короткокорневищный поликарпик, корневище короткое, утолщенное, с многочисленными корнями, расположено неглубоко (до 2,5–3 см) параллельно поверхности земли. На стебле два округлых сидячих листа, расположенных почти супротивно, с дуговидным рисунком жилок. Размножается преимущественно семенами. Мезофит, факультативный кальцефил, предпочитает карбонатные почвы, редко встречается на кислых (Мамаев, 2004; Фардеева, Исламова, 2004). Опушечно-лесной вид, предпочитает полутеневые условия произрастания. Ареал – европейско-западноазиатский, охватывает умеренный пояс Евразии, в широтном распространении – бореально-неморальный вид. На Урале распространен от горных районов Приполярного Урала до лесостепной зоны Южного Урала.

Кроме произрастания на территории золоотвала, вид замечен в молодом сосново-березовом лесу на гидроотвале глин после золотодобычи (Филимонова, и др., 2014). Встречается на промышленных отвалах Кузбасского угольного бассейна: в сырых мелколиственных и сосново-березовых лесах на Кедровском разрезе, в старовозрастных посадках на полях рекультивации Шахты Волкова и Моховского разреза (Стрельникова, Монаков, 2010).

Первые особи *L. ovata* на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС были отмечены в 1994 г. в 25-летнем смешанном лесном массиве, формирующемся на рекультивированном участке с нанесением на золу полос из глинистого грунта, в пределах которого в настоящее время произрастает несколько малочисленных групп этого вида.

Исследуемая ценопопуляция произрастает в лесном фитоценозе, формирующемся в течение 30–35 лет на участке «чистой» золы у северной дамбы золоотвала. Сомкнутость древесного яруса – 0,6–0,7, доминируют мелколиственные породы: *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L. и *Betula pubescens* Ehrh., *Salix caprea* L., из хвойных встречаются *Pinus sylvestris* L., единично *Picea obovata* Ledeb. и *Abies sibirica* Ledeb. Проективное покрытие кустарникового яруса составляет 15–20%, местами до 30%, в его составе *Salix myrsinifolia* Salisb., *S. cinerea* L., *S. pentandra* L., реже встречается *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klásková, *Rosa acicularis* Lindl., подрост *Sorbus aucuparia* L., *Viburnum opulus* L., *Padus avium* Mill. Общее проективное покрытие травянистого яруса составляет 30–35%, на площадке с произрастанием орхидных – 20–25%. Из трав преобладают низкорослые виды с обилием по Друде: сор₁ – *Festuca rubra* L., сп – *Amoria repens* (L.) C. Presl, *Vicia cracca* L., *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth, сол-сп – *Pyrola media* Sw., *Orthilia secunda* (L.) House, *Fragaria vesca* L. Всего на учетной площади (100 м²) произрастает 33 вида, из них травянистых растений 22 вида. Видовая насыщенность на 0,25 м² составляет в среднем 5,2 вида (от 2 до 10). В наших наблюдениях совместно с *Listera ovata* произрастают *Platanthera bifolia* (L.) Rich. и *Malaxis monophillos* (L.) Sw. Моховой покров не развит, отдельные пятна приурочены к основаниям стволов деревьев. В результате накопления растительного опада на поверхности золы образовалась подстилка мощностью 2–3 см.

Зольный субстрат по механическому составу – супесь, характеризуется слабощелочной реакцией среды, достаточной обеспеченностью подвижными фосфатами, низкой – калием, азота – следы, обладает хорошей скважностью (Экологические основы..., 2011).

В первый год наблюдений (2009 г.) ценопопуляция *Listera ovata* представляла локальное скопление (48 особей) на площади около 120 м², плотность особей составляла 0,4 шт/м². В 2010 г. количество особей в первоначальном месте произрастания уменьшилось более чем в 3 раза, но общее количество особей ценопопуляции увеличилось до 59, за счет расселения вида в стороны от первичного локуса. Площадь произрастания вида за время наблюдений увеличилась до размеров 800–900 м². При наибольшей численности ценопопуляции в 2011 году (74 особи), плотность особей уменьшилась до 0,12 шт/м². В дальнейшем отмечено устойчивое снижение числа особей, предположительно из-за негативного антропогенного воздействия вытаптывания (лес часто посещается грибниками). Плотность популяции снизилась до 0,03 шт/м² (2013). Особи *Listera ovata* произрастали отдельными экземплярами или небольшими группами (до 23 шт.) вблизи стволов деревьев или под кустарниками. В 2015 г. обнаружено только 2 виргинильные особи, но не исключена дальнейшая миграция вида по лесному участку с формированием новых локусов.

Прослежена динамика (2009–2013 гг.) онтогенетической структуры ценопопуляции *Listera ovata* (рис.). Популяция характеризуется как нормальная, неполночленная (отсутствуют сенильные особи) с левосторонним типом возрастного спектра. По некоторым исследованиям онтогенетическая структура естественных популяций *Listera ovata*, имеет правосторонний тип с преобладанием взрослых вегетативных и в большей степени генеративных особей или бимодальный с равными долями особей вегетативных и генеративных групп (Фардеева, Исламова, 2004; Горчаковский, Игошева, 2003).

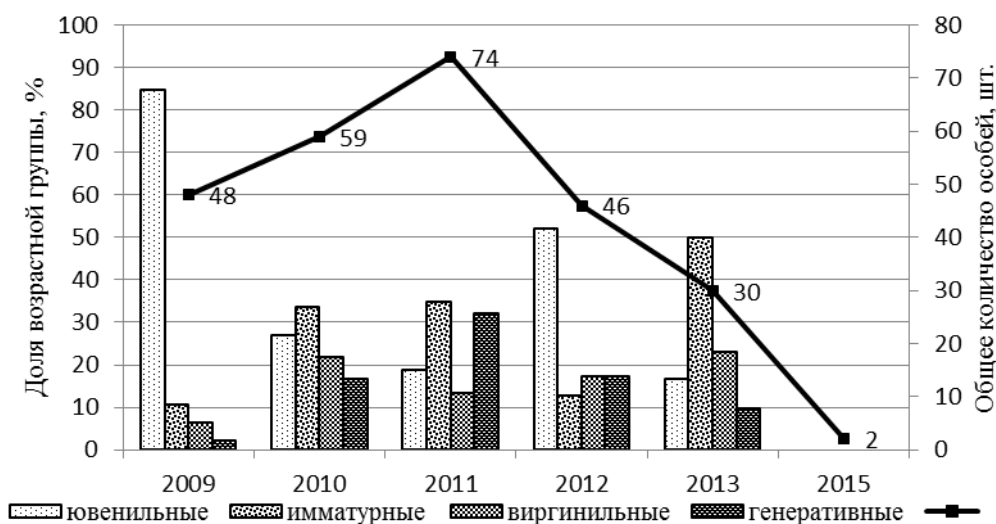


Рис. Динамика возрастной структуры ценопопуляции *Listera ovata*

В естественных условиях онтогенез *Listera ovata* в основном, соответствует общему типу онтогенеза наземных орхидей: от прорастания семени до первого цветения проходит 12–15 лет, в благоприятных условиях меньше – 8–10. Продолжительность ювенильного возрастного состояния составляет 1–2, реже 3 года, имматурного 2–3 года, молодого виргинильного – до 2 лет, средневозрастного виргинильного – 3–4 года, молодого генеративного – 4–6 лет, средневозрастного генеративного 6–10 лет, полный онтогенез протекает за 25–30 лет (Фардеева, Исламова, 2004). В условиях золоотвала в ценопопуляции отмечены высокая смертность особей, задержка растений на ювенильной стадии и короткий период прохождения виргинильного и генеративного состояний (за 1–2 года).

Морфометрический анализ показал, что особи *Listera ovata* имеют по 2 развитых широколанцетных листа, но встречаются единичные особи с 1 листом, нижний лист по длине и ширине листовой пластинки, количеству жилок отличается от верхнего незначительно. По сравнению с морфометрическими характеристиками растений из естественных местообитаний особи, произрастающие на золоотвале, имеют меньшие размерные показатели листьев у всех возрастных групп. Например, у ювенильных особей по данным многолетних промеров длина нижнего листа составляет в среднем 3,4 см ($C_v=34\%$), ширина – 1,7 см ($C_v=36\%$), длина и ширина верхнего листа соответственно – 3,3 см ($C_v=36\%$) и 1,6 см ($C_v=37,5\%$). Приведенные усредненные показатели имеют высокие коэффициенты вариации, вследствие разновозрастности особей ювенильной группы, в состав которой входят растения 1-го, 2-го, 3-го года надземной жизни. При более глубоком анализе возрастные когорты ювенильной возрастной группы достоверно различались ($p<0,001$) между собой по основным размерным признакам листьев, но были схожи по высоте особи, измеряемой от поверхности субстрата до листьев. Особи старших возрастных состояний по морфологическим показателям более однородны и, в целом, достигали размеров особей с естественных местообитаний по высоте, количеству цветков.

Результаты исследования показали, что ценопопуляция *L. ovata* при возникновении в 30-летнем лесном фитоценозе на участке чистой золы золоотвала Верхнетагильской ГРЭС (Средний Урал), по оценке численности является малочисленной, характеризуется как инвазионно-нормальная, неполночленная (отсутствуют сенильные особи), имеет левосторонний тип онтогенетического спектра. Анализ динамики онтогенетической и морфологической структуры ценопопуляции выявил низкую жизненность особей (по морфометрическим показателям не достигают размеров особей естественных местообитаний), задержку растений на ювенильной стадии, короткий период прохождения виргинильного и генеративного состояний (за 1–2 года). Негативные тенденции в развитии ценопопуляции возможны в результате недостаточной обеспеченности зольного субстрата основными элементами питания, климатических особенностей в вегетационный период, вытаптывания и нарушения субстрата.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания УрФУ № 2014/236, код проекта 2485.

Литература

Горчаковский П. Г., Игошева Н. И. Мониторинг популяций орхидных в уникальном месте их скопления на Среднем Урале. // Экология, 2003. № 6. С. 403–409.

Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: Баско, 2008. 256 с.

Мамаев С. А., Князев М. С., Куликов П. В., Филиппов Е. Г. Орхидные Урала: систематика, биология, охрана. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 124 с.

Фардеева М. Б., Исламова Г. Р. Онтогенез тайника яйцевидного (*Listera ovata* (L.) R. Br.) // Онтогенетический атлас растений: научное издание. Т. IV. Йошкар-Ола: МарГУ, 2004. С. 121–125.

Стрельникова Т. О., Манаков Ю. А. Редкие и исчезающие виды растений Кемеровской области в условиях техногенного ландшафта // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий: сборник научных трудов Кемеровского отделения РБО. Кемерово: «Ирбис», 2010. Вып. 6. С. 174–175.

Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Глазырина М. А. Орхидные в техногенных системах Урала. // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 11. С. 68–75.

Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель / Т. С. Чибрик, Н. В. Лукина, Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. 268 с.

ЭКОЛОГИЯ *INULA SALICINA* (СЕМ. COMPOSITAE)

С. В. Шабалкина, Ф. С. Суворова

Вятский государственный университет, botany@vshu.kirov.ru

Inula salicina L. – девясил иволистный – евро-азиатский вид, распространённый в большей части Европы, Западной и Восточной Сибири, Средней Азии, на Кавказе, Дальнем Востоке, в Иране, Турции, Японии и Китае. На территории бывшего СССР произрастает в степных, лесостепных и южной части лесных районов (Горшкова, 1959). В Кировской области с высокой встречаемостью отмечен в центральных, юго-восточных и южных районах (Определитель растений..., 1975).

Сырьё из этого растения широко применяется в народной медицине, считается перспективным источником получения высокоэффективных лекарственных препаратов (Азарова, 2014). Поэтому описание экологических предпочтений *I. salicina* позволит выявить местообитания с оптимальными условиями и рекомендовать места сбора для заготовки органов без существенного влияния на численность популяций.

Экологические потребности *I. salicina* оценили по разным шкалам, разработанным для территорий Европы (Ellenberg, 1974; Landolt, 1977) и бывшего СССР (Раменский, 1956; Цыганов, 1983).

Н. Ellenberg (1974) относит *I. salicina* к растениям умеренно-тёплого или тёплого слабоокеанического или слабо субконтинентального (K=5) климата,

которое встречается на равнинах, поднимаясь до высокогорий (Т=6). Особи произрастают на открытых или слабозатенённых участках (L=8), имеющих свежие и влажные (F=6), бедные или очень бедные минеральным азотом (N=2) почвы с нейтральным или щелочным pH (R=9).

Согласно Е. Landolt (1977) растения встречаются в нижнегорном и предгорном поясе, по солнечным местам поднимаются в вышерасположенные пояса (Т=4), способны переносить небольшие колебания температуры и высокой влажности (K=3). Анализ почвенных шкал показал, что ценопопуляции *I. salicina* расположены на тонкозернистых, глинистых или торфянистых почвах, насыщенных водой (D=5), избегают как сухих, так и влажных местообитаний (F=3). Особи произрастают на слабощелочных (R=4) почвах, бедных элементами минерального питания (N=2), но богатых гумусом (H=4), не конкурентноспособны на богатых и очень богатых кислых почвах.

В соответствии со шкалами Л. Г. Раменского (1956) установлено, что в умеренном обилии растения встречаются в лугово-степных и сухолуговых местообитаниях, на довольно богатых почвах с умеренно-и сильно переменным увлажнением (табл. 1). Выпас скота не сказывается или оказывает слабое влияние. Единичные особи могут переносить условия степей и сырых лугов, небогатые и средне солончаковатые почвы (табл. 1).

Используя амплитудные шкалы Д. Н. Цыганова, высчитали балл условно оптимального типа экологического режима как среднее из минимума и максимума амплитуды толерантности вида. *I. salicina* обитает на материках (Kn=9), в субаридных (Om=7) условиях климата, суббореальной и неморальной зонах (Tm=8,5) с довольно суровыми и умеренными зимами (Cr=6,5). Растения предпочитают световой режим полуоткрытых (Lc=3) сухо- и влажно-лесолуговых (Hd=12) пространств, богатые гумусом (Tr=9), но бедные азотом (Nt=4), нейтральные или слабощелочные (Rc=10) почвы, с умеренно или сильно переменным увлажнением (fH=8).

Таблица 1

**Амплитуды экологических шкал для *Inula salicina*
(по Л. Г. Раменскому, 1956)**

Название шкалы	Обилие*			
	с	п	р	s
Увлажнение	52–60	51–61	49–68	45–77
Богатства и засоления почвы	–	10–13	10–20	8–20
Пастбищной дигрессии	1–3	1–5	1–7	1–4
Переменности увлажнения	–	10–14	8–15	–
Аллювиальности	–	–	–4	–

*Обилие – с – обильно (2,5–8 %), п – умеренно (0,3–2,5 %), р – мало (0,1–0,2 %), s – единично, знак « – » – отсутствие данных.

Мы соотнесли основные экологические характеристики *I. salicina* по всем упомянутым шкалам (табл. 2).

**Экологическая характеристика *Inula salicina*
по основным факторам среды**

Экологические факторы	Характеристика растений и их местообитаний			
	Н. Ellenberg	Е. Landolt	Л. Г. Раменский	Д. Н. Цыганов*
Свет	полусветовое или полностью световое растение	предпочитают полное освещение, перенесут небольшое затенение	–	световая, субсветовая, кустарниковая, разреженнолесная и светлолесная свиты
Увлажнение почвы	свежие или влажные	от умеренно сухих до сырых	среднестепное, лугово-степное, сухолуговое, влажнолуговое	средне-, свежее и влажностепное, все вариации лесолуговой
Кислотность почвы	нейтральные или щелочные	слабощелочные	–	от слабокислых до щелочных
Богатство почвы элементами минерального питания (особенно азотом)	бедные или очень бедные	бедные	небогатые, богатые, слабо- и средне солончаковатые	от безазотных до достаточно обеспеченных азотом
Содержание гумуса	–	богатые		от небогатых до средnezасолённых
Переменность увлажнения почвы	–	–	умеренно- и сильно-переменное	умеренно- и сильно-переменное

* по Л. Г. Раменскому и Д. Н. Цыганову указаны амплитуды режимов

Таким образом, проведённый анализ диапазонов значений экологических факторов по европейским и отечественным шкалам не показал существенных различий по большинству из них, за исключением некоторых параметров почв (табл. 2). Несмотря на описываемое разнообразие местообитаний – сосновые и лиственные леса, опушки, кустарники, лесные, лесостепные, степные и солонцеватые луга, разнотравно- и типчаково-ковыльные степи, меловые обнажения, берега рек (Горшкова, 1956), полученные данные свидетельствуют о приуроченности к влажным лугам в зоне смешанных лесов.

Индекс толерантности, определённый в совокупности к 10-ти факторам по данным шкал Д. Н. Цыганова (1983), равен 0,58, что характеризует вид гемизврибионтным. *I. salicina* обладает высокой валентностью (занимает более 2/3 шкалы) по отношению к криоклиматическому фактору ($C_r=0,80$) и континентальности климата ($K_n=0,87$), низкой – по отношению к переменности увлажнения почв ($f_n=0,27$). Вид является мезовалентным по остальным факторам – термоклиматическому ($T_m=0,59$) и омброклиматическому ($O_m=0,60$); освещённости-затенения ($L_c=0,56$); увлажнению ($H_d=0,48$), солевому режиму

(Tr=0,47), обеспеченности азотом (Nt=0,64) и кислотности (Rc=0,54) почв. Климатический индекс толерантности (в совокупности Tm, Kn, Om, Cr) составляет 0,71. Это свидетельствует о достаточно широких адаптационных возможностях растений к различным вариациям климатопа в экосистемах умеренного климата по сравнению к изменениям эдафотопа (почвенный индекс толерантности равен 0,48).

Таким образом, особи *I. salicina* обладают высокой возможностью использования экологически разнообразных местообитаний, наиболее чутко реагируя на переменность увлажнения почвы.

Исследование поддержано РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Азарова А. В. Фармакогностическое изучение девясила иволистного. Автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Курск, 2014. 20 с.

Горшкова С. Г. Род 1496. Девясил – *Inula* L. // Флора СССР. Т. XXV / Под ред. Б. К. Шишкина. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 433–477.

Определитель растений Кировской области: в 2-х частях. Ч. 2. Киров, 1975. 304 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Ellenberg H. Zeigewerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Göttingen: Goltze, 1974. 216 s.

Landolt E. Ökologische Zeigewerte der Schweizer Flora / Veröff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. 1977. N. 64. S. 1–208.

ЭКОЛОГИЯ *SCUTELLARIA GALERICULATA* (СЕМ. LABIATAE)

Д. Г. Щенакова, С. В. Шабалкина

Вятский государственный университет, botany@vshu.kirov.ru

Одно из ведущих направлений современной экологии – описание статуса видов по отношению к конкретным абиотическим факторам (Экологические шкалы..., 2010). Реализовать это позволяет разработка экологических шкал. В настоящее время известны шкалы более 20 авторов для различных по площади регионов (Экологические шкалы..., 2010). Экологические потребности *Scutellaria galericulata* L. – шлемника обыкновенного – оценены по шкалам: оптимальным Н. Ellenberg (1974) и Е. Landolt (1977), амплитудно-оптимальной Л. Г. Раменского (1956) и амплитудной Д. Н. Цыганова (1983).

Анализ шкалы освещённости. В равнинных областях Западной и Средней Европы Н. Ellenberg относит *S. galericulata* к полусветовым растениям (L=7), в горных – Е. Landolt – к полутеневым, произрастающим при относительной освещённости не менее 10 %, изредка – на полном солнечном свете (L=3). В Европейской части бывшего СССР (по: Цыганов, 1983) особи распространены в местообитаниях от открытых до полутенистых лесов (рис.).

Анализ климатических шкал. Согласно температурным шкалам Н. Ellenberg и Е. Landolt *S. galericulata* предпочитает условия тёплого или

умеренно-тёплого климата, встречается преимущественно на равнинах, в нижнегорном и предгорном поясах, поднимаясь в высокогорья по солнечным местам. По термоклиматической шкале Д. Н. Цыганова особи способны существовать в режимах от субарктического до средиземноморского (рис.).

Анализ почвенных шкал. Позиции вида по шкалам увлажнения почв разных авторов имеют незначительные отличия. По данным Н. Ellenberg особи произрастают на сырых, плохо аэрируемых почвах (F=9), по Е. Landolt – на сильно увлажняемых почвах, избегая сухих и умеренно увлажнённых местобитаний. Д. Н. Цыганов отмечает диапазон существования растений на территориях от сухо-лесолуговых до прибрежно-водных. Обильно (с проективным покрытием 2,5–8%) они встречаются на болотно-луговых по увлажнению почвах (Раменский, 1956).

По шкале трофности Е. Landolt *S. galericulata* предпочитает богатые гумусом почвы, тогда как отечественные ученые отмечают широкий диапазон экологических условий – от бедных до богатых гумусом почв. По данным шкал всех авторов особи могут произрастать на почвах от бедных до богатых по содержанию минерального азота.

В соответствии со шкалой кислотности Н. Ellenberg растения обитают в основном на нейтральных, реже на кислых и щелочных почвах, тогда как Е. Landolt отмечает их приуроченность к слабокислым почвам, Д. Н. Цыганов – встречаемость на почвах в диапазоне от кислых до слабощелочных.

Согласно шкале переменной увлажненности почв Д. Н. Цыганова особи встречаются в условиях от относительно устойчивого до сильно переменного увлажнения, по Л. Г. Раменскому частота встречаемости их выше в местообитаниях с умеренно переменным увлажнением.

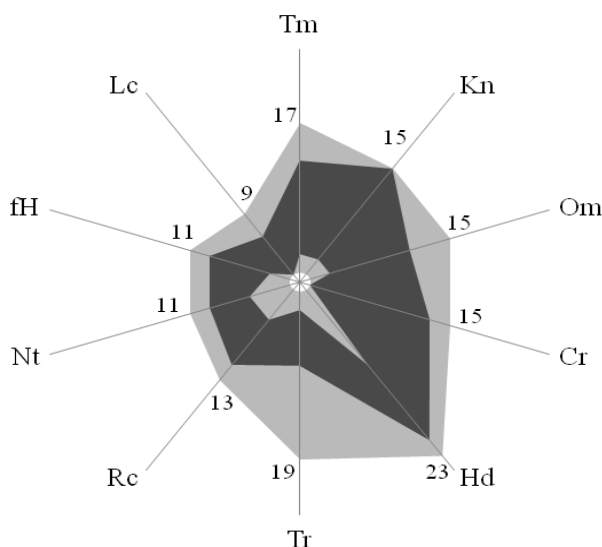


Рис. Диапазон шкал и амплитуда экологического ареала *S. galericulata*

(по: Цыганов, 1983): Tm – термоклиматическая; Kn – континентальности климата; Om – омброклиматическая аридности-гумидности; Cr – криоклиматическая; Hd – увлажнения почвы; Tr – солевого режима почвы; Rc – кислотности почвы; Nt – богатства почвы азотом; fH – переменной увлажненности почвы; Lc – освещённости-затенения; светло-серый цвет – диапазон шкал; темно-серый цвет – амплитуда экологического ареала; цифры – конечные ступени шкал

Используя данные Д. Н. Цыганова, высчитали балл условно оптимального типа экологического режима как среднее из минимума и максимума амплитуды толерантности вида. Таким образом, *S. galericulata* предпочитает субаридные ($O_m=7$) условия материков ($K_n=9$) с суммарной радиацией 30–50 ккал/см² · год ($T_m=8$), умеренные зимы со средней температурой самого холодного месяца от -8° до -16°C ($C_r=7$), световой режим полуоткрытых ($L_c=3,5$) мокро-лесолуговых ($H_d=16$) пространств, небогатые и довольно богатые ($T_r=6$) достаточно обеспеченные азотом ($N_t=7$), слабокислые и нейтральные ($R_c=8$) почвы со слабо и умеренно переменным увлажнением ($fH=6$).

Потенциальная экологическая валентность, определённая по методике Л. А. Жуковой (2004) на основе градации шкал Д. Н. Цыганова, изменяется у *S. galericulata* от 0,37 до 0,87. Это позволяет характеризовать вид эвривалентным по криоклиматической шкале ($C_r=0,87$), шкалам континентальности климата ($K_n=0,87$) и освещённости-затенения ($L_c=0,67$); гемиевривалентным – по термоклиматической ($T_m=0,65$) и омброклиматической ($O_m=0,60$) шкалам, шкале переменности увлажнения почвы ($fH=0,64$); мезовалентным – по шкалам увлажнения ($H_d=0,48$) и кислотности ($R_c=0,54$) почвы; гемистеновалентным – по шкалам солевого режима ($T_r=0,37$) и обеспеченности азотом ($N_t=0,45$) почв. Краткая запись, характеризующая экологические валентности по отношению к набору факторов сред для *S. galericulata*, выглядит следующим образом:

$$\text{ЭВ}_{C_r, K_n, L_c} \Gamma \text{ЭВ}_{T_m, O_m, fH} \text{МВ}_{H_d, R_c} \Gamma \text{СВ}_{T_r, N_t}$$

Индекс толерантности составляет 0,61, что характеризует вид гемиеврибионтным в совокупности к 10-ти факторам, т.е. особи способны произрастать в различных местообитаниях с достаточно изменчивыми условиями. Лимитируют его распространение, по-видимому, очень бедные безазотные или засоленные почвы. Поэтому основными местообитаниями являются берега водоёмов и водотоков, болота, сырые луга, заболоченные леса и кустарники.

По эколого-ценотической классификации вид относится к водно-болотной группе (Ханина, <http://www.jcbi.ru/eco1/index.shtml>), согласно В. Г. Папченкову (2001) – к гигрофитам – растениям сырых местообитаний, «занимающих средние уровни береговой зоны затопления, заходящие довольно часто в воду у низких топких берегов». Последнее несколько расходится с данными Л. Г. Раменского и Д. Н. Цыганова.

Таким образом, условия произрастания *S. galericulata* на всём протяжении циркумбореального ареала по данным шкал разных авторов сходны. Некоторое расхождение значений обусловлено их разной градацией. Обработанные материалы позволяют охарактеризовать вид как мезотерм, криофит, субариодофит, мезо-эвтроф, гемисциофит.

Исследование поддержано РФФИ (проект № 16-04-01073)

Литература

Жукова Л. А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность: в 2 кн. Кн. 1. М.: Наука, 2004. С. 256–270.

Папченков В. Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ, 2010. 368 с.

Ellenberg H. Zeigewerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Göttingen: Goltze, 1974. 216 s.

Landolt E. Ökologische Zeigewerte der Schweizer Flora / Veröff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. 1977. N. 64. S. 1–208.

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЯХ *ELEOCHARIS PALUSTRIS* (L.) ROEM.&SCHULT.

Е. А. Михайлова, Н. П. Савиных

Вятский государственный университет,

Институт биологии и биотехнологии,

biomikhaylova@gmail.com, savva_09@mail.ru

Eleocharis palustris – ситняг болотный – многолетнее травянистое растение, относящееся к семейству Осоковые (*Cyperaceae*). *E. palustris* распространён в диапазоне от арктических до умеренных широт. На территории России встречается во всех областях европейской части за исключением юга (Предкавказье, Дагестан), а также в Западной и Восточной Сибири, во всех районах Дальнего Востока. Ареал вида – циркумбореальный. (Цвелев, 2000).

Этот прибрежно-болотный вид, растущий по берегам водоемов, на болотах и болотистых лугах, в болотистых лесах, у дорог, также предпочитает мелководья водохранилищ, каналы, кюветы. Он может быть встречен как в воде, так и у воды (Лисицына, Папченков, 2000). Цветет *E. palustris* в июне-августе, плодоносит – с июля по сентябрь (Киселева и др., 2010). В Кировской области встречается часто, во всех районах области, по берегам водоемов, на болотистых лугах, в канавах. (Тарасова, 2007).

В ходе исследования мы проанализировали экологические предпочтения *E. palustris* с использованием экологических шкал Г. Элленберга (1974), Е. Ландольдта (1977), Д. Н. Цыганова (1983). Шкалы Г. Элленберга позволяют оценить такие характеристики места произрастания, как особенности почвы (увлажнение, богатство азотом, кислотность), климата (термоклиматическая шкала, шкала континентальности), а также освещенность. Шкала увлажненности почвы включает 12 классов, остальные – 9. Для *E. palustris* значение по шкале освещенности («Light») – 8, по шкале увлажнения почвы («Moisture») – 10, для остальных шкал значения не установлены. Таким образом, согласно

данным Г. Эленберга, *E. palustris* – светолюбивое растение, предпочитающее временно затопляемые местообитания (пересыхающие водоемы).

Более полные данные об экологии исследуемого вида предоставляют экологические шкалы Е. Ландольта, отражающие приспособленность растения к действию восьми основных абиотических факторов. В каждой из шкал выделяют пять классов. *E. palustris* соответствуют следующие из них:

1. «Moisture» (увлажнение) – 5 класс (растения произрастают на почвах, пропитанных водой, избегают среднеувлажненных местообитаний);

2. «Reaction» (реакция среды) – 4 класс (особи встречаются на щелочных почвах);

3. «Nutrient» (богатство почвы) – 2 класс (растения присутствуют на почвах от среднебедных до среднебогатых);

4. «Humus» (богатство гумусом) – 4 класс (*E. palustris* растет на почвах, богатых гумусом, но корни растения достигают минеральных слоев почвы);

5. Dispersion (механический состав) – 5 класс (этот вид ситняка болотного предпочитает тонкодисперсные, плохо аэрируемые почвы с малым диаметром частиц);

6. Light (освещенность) – 4 класс (это – полусветовое растение, выдерживающее некоторое затенение);

7. Temperature (температура) – 3 класс (особи встречаются в среднем диапазоне температур);

8. Continentality (континентальность климата) – 3 класс (растение присутствует в умеренно континентальном климате).

Таким образом, данные Е. Ландольта дополняют данные Г. Эленберга. Согласно этих шкал, *E. palustris* также характеризуется как светолюбивое гигрофильное растение, но раскрывает отношение особей к почвенным и климатическим факторам.

Точечные шкалы, разработанные Г. Эленбергом и Е. Ландольтом, позволяют оценить принадлежность растения к той или иной экологической группе, однако они не дают оценки диапазона толерантности вида к действию фактора, поэтому для более точных экологических предпочтений целесообразнее использовать амплитудные шкалы. Мы проанализировали диапазоны значений экологических шкал Д. Н. Цыганова (1983) и выявили принадлежность *E. palustris* к различным экологическим свитам. На основании значений шкал оценили потенциальную экологическую валентность (PEV) как меру приспособленности популяций конкретного вида к изменению только одного фактора среды по методике Л. А. Жуковой (2010). Потенциальная экологическая валентность рассчитывается как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в ступенях. Результаты представлены в таблице. Диапазон экологической валентности вида – на рисунке. Согласно представлений Л. А. Жуковой с соавторами (Экологические шкалы..., 2010), стеновалентными считаются виды, занимающие менее 1/3 ступеней шкалы, эвривалентными – более 2/3, остальные – мезовалентные.

Согласно значениям потенциальной экологической валентности, ситняг болотный можно охарактеризовать как гемистенобионтный вид (РЕV до 0,45) по отношению к переменности увлажнения, мезобионтный (РЕV от 0,46 до 0,56) – по отношению к климатическим факторам (омброклиматическая, криоклиматическая шкалы), гемиэвривалентный (РЕV от 0,57 до 0,67) – по отношению к увлажнению, богатству почвы азотом и освещенности. По отношению к континентальности климата, кислотности почвы и солевому режиму *E. palustris* – эврибионтный вид (РЕV более 0,67). Пределы толерантности *E. palustris* можно кратко отразить в формуле:

$$E. palustris \text{ Э}_{\text{Kn, Tr, Rc}} \text{ М}_{\text{Om, Cr, Hd, Nt, Lc}} \text{ С}_{\text{fH}}$$

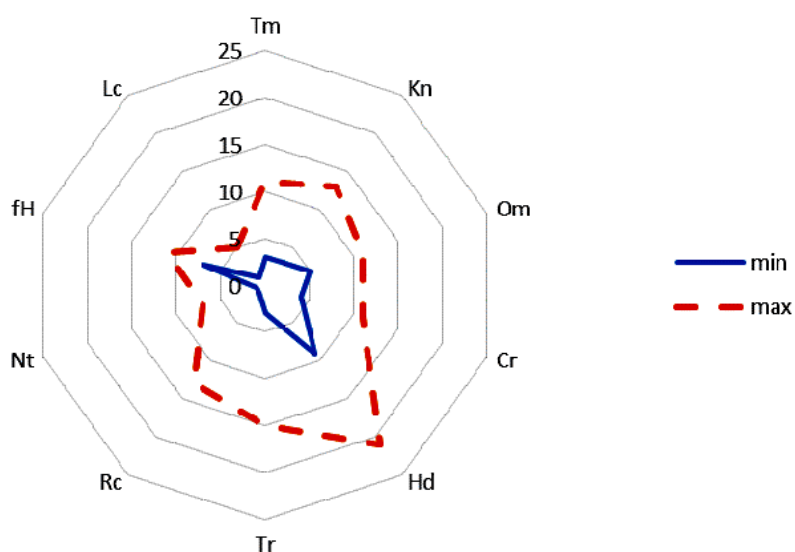


Рис. Значения амплитуды экологического ареала *E. palustris* по шкалам Д. Н. Цыганова (1983)

Таблица

Оценка *E. palustris* по значениям экологических шкал Д. Н. Цыганова

Название шкалы	Обозначение шкалы	Число ступеней	Мин. знач.	Макс. знач.	РЕV	Спектр экологических свит
1	2	3	4	5	6	7
Термоклиматическая	Tm	17	3	11	0,53	Субарктическая – субсредиземноморская
Континентальности климата	Kn	15	3	13	0,73	Океаническая 2-ая – континентальная 1-ая
Омброклиматическая	Om	15	5	11	0,47	Мезоаридная 2-ая – мезогумидная
Криоклиматическая	Cr	15	4	11	0,53	Перкриотермная 2-ая – акриотермная
Увлажнение	Hd	23	9	21	0,57	Влажностепная – прибрежноводная
Солевого режима	Tr	19	3	15	0,68	Гликосемиолиготрофная – галомезотрофная
Кислотности почвы	Rc	13	1	13	1	Гиперацидофильная 1-ая – алкалофильная

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Богатства почвы азотом	Nt	11	1	7	0,64	Анитрофильная – субнитрофильная 2-ая
Переменности увлажнения	fH	11	7	11	0,45	Субконтрастотфильная 1-ая – контрастотфильная 3-я
Освещенности – затенения	Lc	9	1	5	0,56	Внелесная (световая) – светлелесная

Полученные значения РЕV позволили определить индекс толерантности вида (It) как отношение суммы потенциальных экологических валентностей вида к числу шкал с учетом того, что вклад каждой шкалы равен единице (по методике Л. А. Жуковой, 2010). Общий индекс толерантности для *E. palustris* равен 0,62. It по отношению к климатическим факторам ниже, чем по отношению к почвенным (0,57 и 0,67 соответственно).

Таким образом, *E. palustris* – гемиэврибионтный вид, широко распространенный на территории России. По отношению к свету он является гелиофитом, по отношению к увлажнению – гигрофитом. Ситняг в целом не требователен к условиям среды. Важным фактором, ограничивающим распространение *E. palustris*, является переменное увлажнение. Учет экологических предпочтений необходим при его культивировании как декоративного растения в естественной среде и условиях аквариума.

Исследование поддержано РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

- Лисицына Л. И., Папченков В. Г. Флора водоемов России: определитель сосудистых растений. М.: Наука, 2000. 237 с.
- Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
- Флора средней полосы России: Атлас-определитель / К. В. Киселева, С. Р. Майоров, В. С. Новиков Под ред. В. С. Новикова. М.: ЗАО «Фитон+», 2010. 544 с.
- Цвелёв Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб: СПГХФА, 2000. 781 с.
- Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 196 с.
- Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова и др. Под общ. ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола, 2010. 368 с.
- Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen: Goltze. 1974. 97 s.
- Landolt E. Okologische Zeigerwerts zur Sweizer Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. N. 64. S. 1–208.

ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФИТОЦЕНОЗА ЕЛОВОГО ЛЕСА НА ПОСТОЯННОЙ ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В пос. МИРНЫЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Домнина^{1,3}, Т. С. Едигарева^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *МБОУ СОШ № 40 г. Кирова,*

³ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

На современном этапе развития производительных сил общества антропогенное воздействие на окружающую среду по степени влияния становится все более сильным, приводя к нарушению экологического равновесия не только на локальном уровне, но и в более широких проявлениях: в масштабах регионов, целых стран, а по некоторым показателям – и всей планеты в целом (Пчельникова, 2012). Своевременная оценка устойчивости лесных экосистем имеет огромное значение.

На территории Оричевского района Кировской области расположен объект уничтожения химического оружия (ОУХО). Уничтожение химического оружия на объекте проводится с 2006 г. В 2004 г. заложено 145 площадок для описания и последующего мониторинга растительности в районе ОУХО. Пять из них (№ 13, № 17, № 36, № 55, № 59) – это участки елового леса.

Геоботанические описания растительности на участках мониторинга еловых лесов проводили с использованием стандартных методик (Ипатов, 1998, Шенников, 1968) в период наиболее активного роста и развития растений (середина июля). Практически на всех участках растительность описывали в течение 12 лет.

Геоботанические описания обрабатывали с использованием программы EcoScaleWin (Зубкова и др., 2008). Автор-разработчик программы – Т.И. Грохлина (кандидат физико-математических наук, ИМПБ РАН). Эта программа позволяет получить сводную информацию об экологических условиях изучаемого участка с использованием экологических шкал Д.Н. Цыганова (Цыганов, 1983). Каждый фактор среды в диапазоне условий существования растений разделен на несколько градаций (например, по фактору увлажненности почв от пустынного типа увлажнения до водного). Для каждого растения в балловом выражении определяется диапазон условий существования вида. Таким образом, эта программа позволяет сравнивать экологические ниши видов и по списку видов получать балловую характеристику экотопа по факторам среды, представленным в шкалах (Зубкова, 2012).

Мы анализировали значение балла оценки местообитания за весь период наблюдений по шести шкалам (увлажнения почвы, солевого режима почв, богатства почв азотом, кислотности почв, переменности увлажнения, освещенности-затенения). Если значение балла изменялось значительно, мы уточняли

значения левой и правой границ интервалов пересечения (это границы перекрытия экологических амплитуд большинством видом растений).

С целью обнаружения сходства полученных результатов при оценке балла местообитания, проводили анализ динамики стенобионтных видов на постоянной пробной площади. Так как шкалы Д.Н. Цыганова являются диапазоновыми, это позволило нам разделить все виды на две группы: стенобионты и эврибионты. Стенобионтные виды по определенному фактору среды наиболее отзывчиво реагируют на изменение фактора. Растения древесного яруса более устойчивы к влиянию условий окружающей среды, поэтому учитывали только травяно-кустарничковый ярус. К стенобионтным видам мы отнесли виды растений, с шириной диапазона не более 5 баллов в любой части шкалы (Зубкова, 2012).

Рассмотрим динамику экологических режимов фитоценозов елового леса на постоянной пробной площади № 13 с 2004 по 2015 гг.

В первые пять лет этот участок по типу увлажнения (Hd) относился к влажно-лесолуговому. В 2009 г. произошло смещение левой границы интервала в сторону менее увлажненных мест обитания. Тип режима до 2011 г. был сухо-лесолуговой/влажно-лесолуговой. С 2011 г. значения увлажненности оставались неизменными. Тип увлажнения – влажно-лесолуговой.

По фактору богатства почв азотом (Nt) в 2004 г. значение левой границы интервала пересечения видов составляло 1 балл (безазотные почвы). В 2009 г. произошло смещение левой границы в сторону более богатых мест обитания. Таким образом, произошло увеличение богатства почв от очень бедных азотом почв (3,25 балл, 2004 г.) в сторону бедных почв азотом (4 балла, 2015 г.).

Условия по шкале переменности увлажнения (fH) (режим относительно устойчивого увлажнения/слабо переменного увлажнения), шкале солевого режима почв (Tr) (режим бедных почв/небогатых почв) и шкале кислотности почв (Rc) (режим сильно кислых почв) не изменились. По фактору освещенности-затенения (Lc) значительных изменений за весь период исследований также не произошло. Тип режима в течение 12 лет – режим полуоткрытых пространств/светлых лесов.

Анализ данных, полученных в результате компьютерной обработки, показал, что из 18 видов травяно-кустарничкового яруса 15 видов являются стенобионтными. Наличие большого количества стенобионтных видов растений в еловом лесу обусловлено экологическими условиями. В еловом лесу высокая влажность воздуха, так как большая часть осадков задерживается кронами деревьев. Почвы под еловыми лесами холоднее, чем под другими типами лесов. Под действием древесного опада и химического состава пород, почвы имеют кислую реакцию среды (Чертовской, 1978).

В течение всего периода исследования на участке произрастало три стенобионтных вида: ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.) (стенобионт по шкалам Nt, Rc, fH), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) (стенобионт по шкале Nt), черника миртолистная (*Vaccinium myrtillus* L.) (стено-

бионт по шкале fH). Остальные виды встречались периодически. Один год отсутствовали такие растения, как хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.) (стенобионт по шкалам Nt, fH) и марьянник лесной (*Melampyrum sylvaticum* L.) (стенобионт по шкале Nt). Два года на участке отсутствовала костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.) (стенобионт по шкалам Nt, fH). Исследования показали увеличение числа стенобионтных видов относительно первого года исследования (с 7 видов в 2004 г. до 9 видов в 2015 г.).

В 2011 г. проводилась вырубка лесополосы между лесной и железной дорогами. Участок был перенесен вглубь леса. Возможно, по этой причине с участка исчезла линнея северная (*Linnaea borealis* L.) – стенобионт по нескольким экологическим шкалам (Tr, Nt, fH).

Таким образом, анализ геоботанических описаний участка мониторинга № 13 по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin показал, что наиболее существенные изменения на участке произошли по фактору богатства почв азотом в сторону его увеличения. Доля стенобионтных видов растений в течении всего периода исследований оставалась относительно постоянной. Растительный покров развивался без значительных антропогенных воздействий.

Литература

Ипатов В. С. Описание фитоценоза // Методические рекомендации. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 93 с.

Зубкова Е. В. Долговременная динамика видов лесных растений с различной шириной экологических ниш на постоянной пробной площади в сосняке с дубом и липой в воронежском заповеднике // Общие проблемы экологии. 2012. С. 49–55.

Зубкова Е. В. и др. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы ECOSCALEWIN. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.

Пчельникова Т. И. К вопросу об особенностях современной экологической ситуации // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. Тамбов, 2012. Т. 17. № 1. С. 460–461.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: 1983. 198 с.

Чертовской В. Г. Еловые леса европейской части СССР. М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1978. 176 с.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

**ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФИТОЦЕНОЗА
УЧАСТКА МАТЕРИКОВОГО НИЗИННОГО ЛУГА
НА ПОСТОЯННОЙ ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ В РАЙОНЕ
ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ
В пос. МИРНЫЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е. А. Домнина^{1,2}, Е. А. Кулёмина¹

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Исследование динамики изменения состава и структуры растительного покрова является одним из актуальных направлений в современной экологии. Луговые сообщества, являющиеся кормовой базой для сельскохозяйственного производства, как правило, широко представлены в современных ландшафтах. Изучение состава и состояния луговой растительности служит основой для рационального использования сенокосных и пастбищных угодий и предотвращения их от деградации (Качалов, 2006). Принимая во внимание вышесказанное, представляется актуальным изучение растительности лугов, оценка их состояния.

На территории Оричевского района Кировской области расположен объект уничтожения химического оружия (ОУХО). На 35 постоянных пробных площадях с 2004 г. ведется мониторинг растительности, в том числе на одиннадцати из них – мониторинг луговой растительности.

Геоботаническое описание растительности на участках мониторинга проводили с использованием стандартных методик (Келлер, Сукачев, 1932) в период наиболее активного роста и развития растений (середина июля). Практически на всех участках растительность описывали в течение 11–12 лет.

Геоботанические описания обрабатывали с использованием программы EcoScaleWin (Зубкова и др., 2008). Автор-разработчик программы – Т. И. Грохлина (кандидат физико-математических наук, ИМПБ РАН). Эта программа позволяет получить сводную информацию об экологических условиях изучаемого участка с использованием экологических шкал Л.Г. Раменского (Раменский, 1956). Каждый фактор среды в диапазоне условий существования растений разделен на несколько градаций (например, по фактору увлажненности почв от пустынного типа увлажнения до водного). Для каждого растения в балловом выражении определяется диапазон условий существования вида. Таким образом, эта программа позволяет получать балловую характеристику экотопа по факторам среды, представленным в шкалах, по списку видов (Зубкова, 2012).

Мы анализировали значение балла оценки местообитания за весь период наблюдений по пяти шкалам (увлажнения почвы, активного богатства и засоленности почв, переменной увлажненности, аллювиальности и пастбищной деградации).

Рассмотрим динамику экологических режимов фитоценоза участка материкового низинного луга на постоянной пробной площади № 35 с 2005 по 2015 гг. (табл.).

Таблица

Экологическая оценка местообитания участка мониторинга № 35

Экологические шкалы	Год										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Шкала увлажнения (FE)	80	81,5	81	81,5	77,5	80,5	75,5	76,5	72	72	73
Шкала активного богатства и засоленности почвы (NS)	12,5	11,5	9,5	12	10,5	12,5	11,5	9	10,5	9,5	12
Шкала переменности увлажнения (VF)	10,5	10,5	10	9	9	9,5	11	9	8,5	8,5	9,5
Шкала аллювиальности (A)	5,5	5,5	2	2,5	2,5	2	1,5	2	1,5	2	2,5
Шкала пастбищной дигрессии (PD)	4	3,5	3,5	4	4	3,5	3,5	3,5	4	3,5	4,5

Оценка местообитания участка по типу увлажнения в первые пять лет имела значение 75,5–81,5 баллов. В соответствии с этим участок относился к типу увлажнения – сырлуговое. В последующие годы значения градаций по шкале изменились от 72,0 до 76,5, что стало соответствовать влажнолуговому типу. При сырлуговом увлажнении луговые травы страдают от избытка влаги (Раменский, 1956), изменение местообитания стало более благоприятным для растительности.

По фактору богатства и засоленности почвы значение оценки обитания находилось в пределах одной ступени шкалы (9,0–12,5) за все время исследования и характеризовало почвы на участке мониторинга как богатые.

Значение оценки местообитания (8,5 – 10,5) по шкале переменности увлажнения за весь период изучения луговой растительности на участке так же относилось к одной ступени – умеренно переменное увлажнение.

Оценка местообитания по шкале аллювиальности с 2005 по 2006 гг. имела значение 5,5 – умеренно аллювиальное (0,5–2,0 см наилка). В последующие годы эти значения находились в пределах 1,5–2,5 – по градации шкалы аллювиальность очень слабая (0,1–0,3 см наилка).

По шкале пастбищной дигрессии значения от 3,5 до 4,5 свидетельствовали, что отмечается слабое влияние выпаса, сенокосная стадия. Вероятно, ранее участок использовался под сенокос.

Таким образом, анализ геоботанических описаний участка мониторинга № 35 по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin показал, что наиболее существенные изменения на участке произошли по фактору

увлажнения почвы в сторону уменьшения избытка влаги и по фактору аллювиальности. На основании этих данных можно сделать вывод, что растительный покров в пределах изучаемой территории развивался без значительных антропогенных воздействий.

Литература

Зубкова Е. В. Долговременная динамика видов лесных растений с различной шириной экологических ниш на постоянной пробной площади в сосняке с дубом и липой в Воронежском заповеднике // Общие проблемы экологии. 2012. С. 49–55.

Зубкова Е. В. и др. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы ECOSCALEWIN. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.

Качалов И. Ю. Ландшафтно-экологические закономерности фиторазнообразия лугов в бассейне нижнего течения р. Вятка. Режим доступа: http://z3950.ksu.ru/referat/120406_1.pdf.

Келлер Б. А. и др. Программы для геоботанических исследований. Л., 1932. 250 с.

Раменский Л. Г. и др. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. С. 46–73.

ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В РАЙОНЕ КИЛЬМЕЗСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЯДОХИМИКАТОВ

Е. С. Шуклецова¹, Е. А. Домнина^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, jlehko@mail.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

Пестициды – основное средство борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений. Однако, неправильное обращение с пестицидами может вызвать гибель урожая, отравление людей и животных. (Захаренко, 1990).

В Кировской области запрещенные к использованию пестициды в 70-х годах прошлого века были захоронены в Кильмезском могильнике ядохимикатов. Мониторинг этой территории проводится сотрудниками лаборатории биомониторинга ВятГУ с 2006 г.

Цель работы: оценка местообитания луговых растений на участках мониторинга в районе Кильмезского захоронения ядохимикатов.

Описания растительности проводились в соответствии с общепринятыми методиками (Ипатов, 1998; Шенников, 1964) в период наиболее активного роста и развития растений (середина июля).

Геоботанические описания обрабатывали с использованием программы EcoScaleWin (Зубкова и др., 2008). Автор-разработчик программы – Т. И. Грохлина (кандидат физико-математических наук, ИМПБ РАН). Эта программа позволяет получить сводную информацию об экологических условиях изучаемого участка с использованием экологических шкал Л.Г. Раменского (Раменский, 1956). Каждый фактор среды в диапазоне условий существования растений разделен на несколько градаций (например, по

фактору увлажненности почв от пустынного типа увлажнения до водного). Для каждого растения в балловом выражении определяется диапазон условий существования. Таким образом, эта программа позволяет получать балловую характеристику экотопа по факторам среды, представленным в шкалах, по списку видов (Зубкова, 2012).

Рассмотрим экологическую оценку местообитания участка мониторинга 1К, расположенного непосредственно на поверхности захоронения.

Анализ таблицы 1 показывает, что в течение всех лет наблюдения участок относился к влажнолуговому типу; небогатым (мезотрофным) слабо аллювиальным почвам (0,1 – 0,3 см наилка). По шкале переменности увлажнения произошло изменение от умеренно переменного к средне обеспеченному увлажнению.

Таблица 1

Экологическая оценка местообитания участка мониторинга 1К

Экологические шкалы	Год								
	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Шкала увлажнения (FE)	74	77	79	65	77	65	64	65	76
Шкала активного богатства и засоленности почвы (NS)	9	9,5	11,5	9	8,5	9	9	11,5	9,5
Шкала переменности увлажнения (VF)	9	9	8,5	9,5	6,5	8	9	9	7,5
Шкала аллювиальности (А)	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2,5	2	2	2,5

Оценка местообитания участка 3К, расположенного вниз по склону на удалении 1 км от захоронения ядохимикатов, показывает (табл. 2), что произошла смена типа увлажнения с сухолугового до влажнолугового. По шкале переменности увлажнения в течение периода наблюдения участок характеризовался умеренно переменным увлажнением. По шкале богатства почв наблюдается снижение плодородности с довольно богатых почв до небогатых (мезотрофных) почв. Изменения в оценке местообитания А составляют 0,5, что находится в пределах слабо аллювиальных почв (0,1–0,3 см наилка).

Таблица 2

Экологическая оценка местообитания участка мониторинга 3К

Экологические шкалы	Год								
	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Шкала увлажнения (FE)	65	64	63,5	65	68	64,5	67	68	70
Шкала активного богатства и засоленности почвы (NS)	12,5	9,5	9,5	10,5	9	9	11,5	10,5	9
Шкала переменности увлажнения (VF)	9,5	9	6,5	9	8,5	8,5	8,5	9	9,5
Шкала аллювиальности (А)	2	2,5	2,5	2	2	2,5	2	2	2

Сравнение участков мониторинга 1К и 3К показывает, что они имеют сходные условия местообитания.

Анализ геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin показал, что в течение периода наблюдения значительного изменения местообитаний не происходило, следовательно, влияние захоронения ядохимикатов на луговые растения изучаемой территории отсутствует.

Литература

Захаренко В. А. Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.

Зубкова Е. В. Долговременная динамика видов лесных растений с различной шириной экологических ниш на постоянной пробной площади в сосняке с дубом и липой в Воронежском заповеднике // Общие проблемы экологии. 2012. С. 49–55.

Зубкова Е. В. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы ECOSCALEWIN. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.

Ипатов В. С. Описание фитоценоза: методические рекомендации. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 93 с.

Раменский, Л. Г. и др. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. С. 46–73.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ РАСТЕНИЙ ВОКРУГ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

М. Ю. Ишмуратова, А. Е. Конкабаева, С. У. Тлеуменова
Карагандинский государственный университет им. Е. А. Букетова

Растительность можно считать первым индикатором экологической дестабилизации экосистем (Концепция экологической безопасности, 1996). По современному состоянию растительных сообществ, их флористическому и ценотическому разнообразию можно судить о скорости и направленности антропогенных и антропогенно-стимулированных процессов, динамике других компонентов экосистемы (почвы, грунтовых и поверхностных вод).

Цель настоящего исследования – сравнить структуру популяций растений в окрестностях промышленных городов Темиртау, Балхаш, Жезказган и на прилегающих незагрязненных территориях.

Полевые исследования проводили маршрутно-рекогносцировочными и полустационарными методами (Щербаков, Майоров, 2006). Определение растений проводили по «Флоре Казахстана» (1956–1966). Для каждого растительного сообщества устанавливали полный флористический состав, биоморфы (Серебряков, 1964).

Полевые исследования показали, что вокруг промышленных городов Темиртау, Балхаш, Жезказган происходит смена естественных разнотравно-пыльняных и злаково-разнотравных сообществ на разнотравно-сорно-

полынные, сорно-попынно-разнотравные и сорно-рудеральные (Ишмуратова и др., 2016).

Проведенный анализ соотношения биоморф показал значительные изменения и в соотношении деревьев, кустарников, полукустарничков, травянистых многолетников и малолетников. Непосредственно на территории городов и в их окрестностях исчезают деревья и кустарники, следом полукустарники, полукустарнички и травянистые многолетники, в частности, дерновинные и корневищные растения, представленные ковылями, типчаком, житняком, мортуком.

По мере удаления от промышленных центров происходит восстановление элементов растительного покрова (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика жизненных форм растений
(в % от общего проективного покрытия)**

Жизненные формы	Техногенно-ненарушенные территории	Окр. г. Балхаш	Окр. г. Жезказган	Окр. г. Темиртау
Деревья	1–3	0	0	0
Кустарники	10–12	3–5	0	0
Полукустарнички	50–55	5–8	3–5	3–5
Дерновинные многолетники	25–30	10–15	10–12	0–5
Корневищные многолетники	20–25	12–14	12–15	0
Однолетники	5–10	80–85	60–75	85–100

Так, на отдаленных от промышленных городов (от 40 км и более) территориях отмечено доминирование полукустарничков и многолетних травянистых растений и обязательное присутствие древесных форм. Доля однолетних растений не превышает 10%, причем они большей частью приурочены к весеннему циклу развития – эфемеры.

В окрестностях промышленных городов (3–5 км) наблюдается выпадение древесных форм, резкое снижение численности полукустарничков и многолетних травянистых растений. Одновременно повышается доля однолетних травянистых сорных растений, которые растут на протяжении полного вегетационного периода.

Происходит изменение общего проективного покрытия (ОПП) в различных местах обитания. Так, в окрестностях промышленных центров ОПП растительности не велико и составляет от 10–15 до 40–50%, в то время как в местах естественного обитания (на ненарушенных территориях) ОПП – от 40 до 85% (рис.).

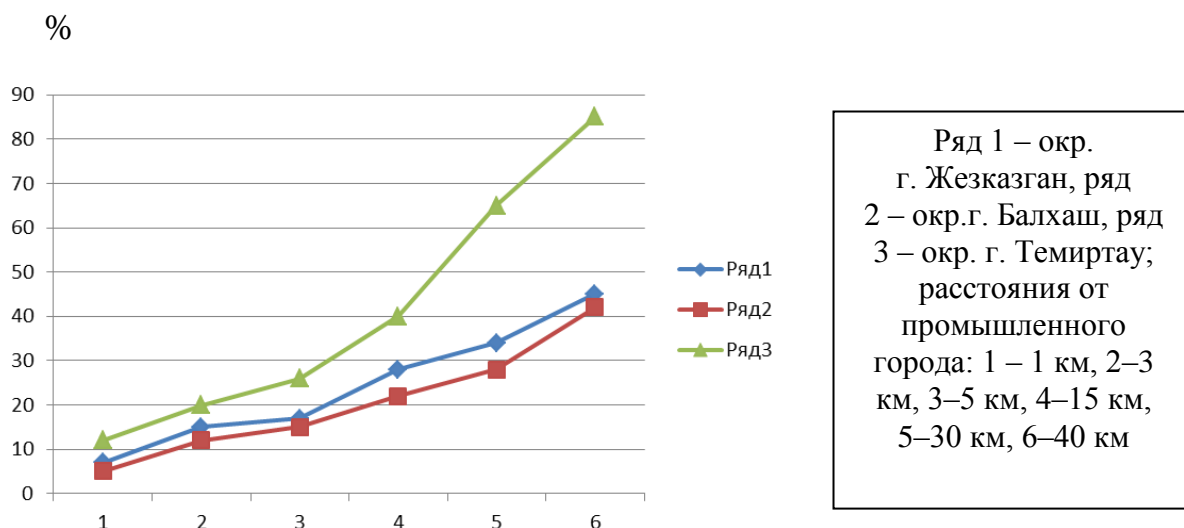


Рис. Изменение ООП в зависимости от расстояния от промышленных городов Карагандинской области

Таким образом, вокруг промышленных городов происходит выпадение многолетних длительно-вегетирующих элементов, увеличивается доля рудеральных травянистых однолетних элементов.

Работа выполнена в рамках грантового проекта Комитета науки МОН РК «Оценка накопления тяжелых металлов в почве, воде, растениях и животных Центрального Казахстана и выявление токсичности растительных пищевых поллютантов при кратковременном и длительном воздействии на экспериментальных животных» (2015–2017 гг.).

Литература

Ишмуратова М. Ю., Тлеукенова С. У., Конкабаева А. Е. Изучение популяций растений в условиях промышленного загрязнения в окрестностях городов Карагандинской области // Приволжский научный вестник. 2016. № 2 (54). С. 22–26.

Концепция экологической безопасности РК. Казахстанская правда. 1996. от 1 июня; Концепция экологической безопасности РК на 2004–2015 гг.

Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника, Т. 3. М.-Л.: Наука, 1964. С. 146–205.

Флора Казахстана. Т. 1. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956. 354 с.

Флора Казахстана. Т. 2. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1958. 290 с.

Флора Казахстана. Т. 3. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. 458 с.

Флора Казахстана. Т. 4. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. 545 с.

Флора Казахстана. Т. 5. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. 515 с.

Флора Казахстана. Т.6. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1963. 465 с.

Флора Казахстана. Т. 7. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1964. 498 с.

Флора Казахстана. Т. 8. Алма-Ата: Наука, 1965. 448 с.

Флора Казахстана. Т. 9. Алма-Ата: Наука, 1966. 425 с.

Щербаков А. В., Майоров А. В. Полевое изучение флоры и гербаризация растений. М.: Изд-во МГУ, 2006. 84 с.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ *LYCOPUS EUROPAEUS L.*

К. Д. Коносова, С. В. Шабалкина

Вятский государственный университет, botany@vshu.kirov.ru

Значимость анатомических признаков растений, благодаря их относительной консервативности, для разных разделов ботаники отмечают многие ученые. В связи с совершенствованием микроскопической техники изучение анатомии органов растений стало одним из доступных и признанных методов выявления адаптационных возможностей к различным условиям среды. Несмотря на значительное число работ, посвященных анатомии растений отдельных таксонов и разных экологических групп, по большинству представителей встречается ограниченная информация.

Одним из таких объектов является зюзник европейский – *Lycopus europaeus L.* – евразиатский вид, гигрофит (Папченков, 2001). Вид является гемизврибионтным ($I_r=0,61$), т. е. особи обладают высокой возможностью использования разнообразных местообитаний, наиболее требовательно относясь к солевому режиму и переменности увлажнения почв. Поэтому растения встречаются по берегам водотоков и озер, канавам, сырым лугам; у ключей, во влажных и заболоченных лесах, на травянистых болотах, среди кустарников, в тростниковых и осоковых зарослях, на вырубках (Губанова и др., 2004).

L. europaeus – поликарпическое столонообразующее вегетативно подвижное летне-зеленое травянистое растение с ранней полной морфологической дезинтеграцией; малолетник вегетативного происхождения с монокарпическими дициклическими удлиненными побегами, геофит. По степени воздействия на среду обитания биоморфа особи изменяется от моноцентрической до явнополицентрической (Чазова, Шабалкина, 2015). Почка закладывается на геофильном участке материнского побега в области дуги. Позднее трогается в рост с формированием stolона (рис. 1 А). В его трех-четырёх дистальных метамерах откладываются питательные вещества, что приводит к их утолщению (рис. 1 Б). В результате морфологической дезинтеграции связь с монокарпическим побегом текущего года теряется. С конца сентября текущего года до конца мая следующего растение перезимовывает в виде утолщенного фрагмента геофильного побега с открытой апикальной почкой, в которой заложены часть вегетативных метамеров и апекс (рис. 1 Б).

Для подтверждения морфологических данных о подземных органах провели их анатомическое изучение. В 2013 г. на берегу озера Пайбулатовское Кикнурского района Кировской области собрали целостные особи генеративного онтогенетического состояния. В лаборатории провели серию последовательных срезов фиксированного материала. Временные микропрепараты изучали под бинокулярным микроскопом Motic VA 300 со встроенной цифровой камерой, измерения линейных размеров проводили при помощи программного обеспечения, разработанного научным сотрудником лаборатории биомо-

ниторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН, канд. техн. наук
Г. Я. Кантором.

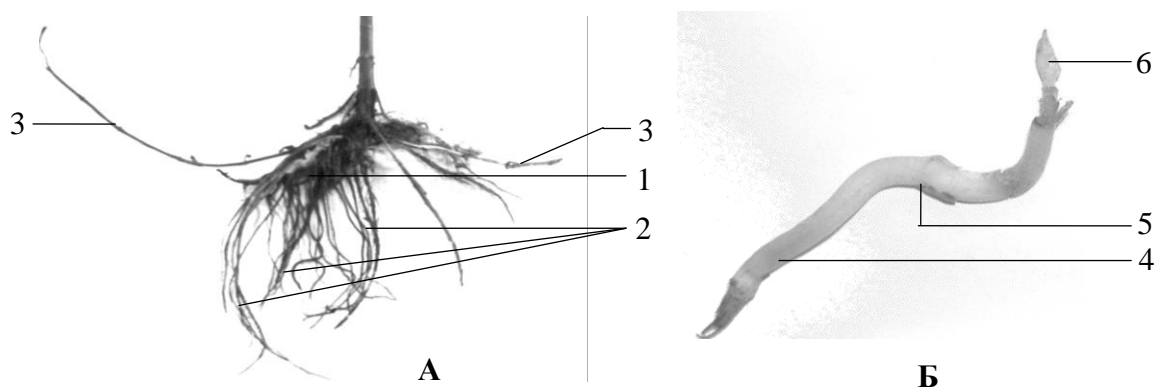


Рис. 1. Внешний вид подземных органов *Lycopus europaeus*:
А – система придаточных корней и молодые столоны (16.07.2013 г.);
Б – утолщенный дистальный участок столона (29.09.2014 г.); 1 – геофильный
участок материнского побега; 2 – придаточные корни; 3 – столоны;
4 – междоузлие; 5 – узел с листьями низовой формации; 6 – верхушечная
почка

Придаточные корни сохраняют первичное строение (рис. 2). На поперечном срезе выделяются первичная кора и центральный цилиндр. Ризодерма, по-видимому, функционирует очень короткое время, имеет небольшое число трихобластов, быстро слущивается. Первичная кора, толщина которой варьирует от 330 до 470 мкм ($367,0 \pm 48,32$ мкм), сложена однорядными экзодермой и эндодермой, многорядной мезодермой. Клетки экзодермы примыкают плотно, имеют толстые клеточные оболочки; средняя толщина слоя составляет $26,6 \pm 5,4$ мкм. Мезодерма, толщиной $330,1 \pm 41,07$ мкм, образована рыхло-расположенными округлыми и овальными клетками, размеры которых увеличиваются к стеле. Первые 2–4 ряда клеток мезодермы рядом с экзодермой сомкнуты плотно, центростремительно увеличиваются и размеры межклетников.

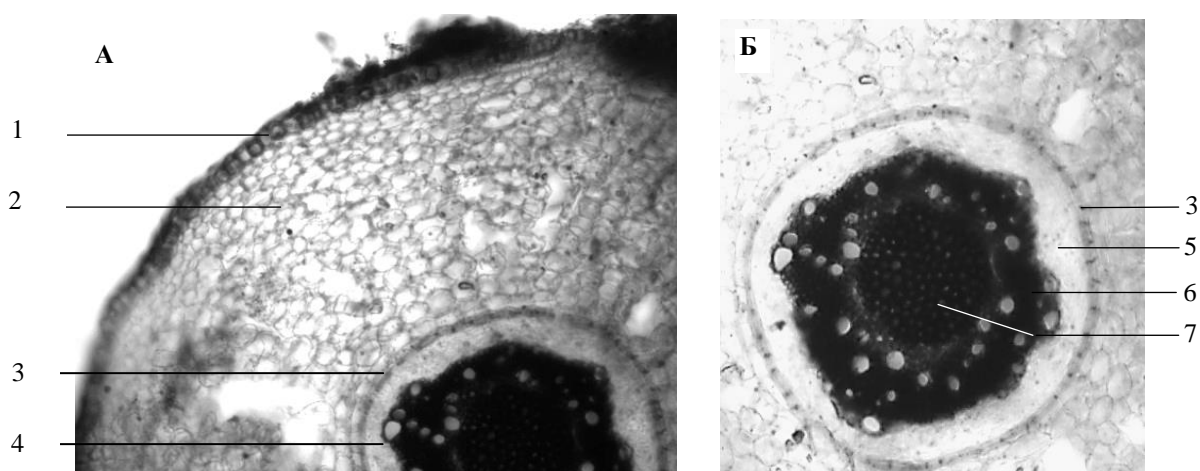


Рис. 2. Строение придаточного корня на поперечном срезе (увел. 10×10):
А – фрагмент; Б – центральный цилиндр; 1 – экзодерма; 2 – мезодерма;
3 – эндодерма; 4 – центральный цилиндр; 5 – флоэма; 6 – ксилема;
7 – склеренхима

Эндодерма сложена прямоугольными клетками с выраженными точками Каспари. Толщина ее в 2–3 раза меньше таковой экзодермы и составляет в среднем $10,0 \pm 0,47$ мкм.

В центральном цилиндре, ограниченном однорядным перициклом, расположены проводящие ткани и склеренхима. В кольце ксилемы дифференцированы сосуды, трахеиды, волокна либриформа и древесная паренхима. Флоэма, значительно уступающая по размеру ксилеме, образует отдельные участки с проводящими элементами и одиночными лубяными волокнами. Кроме того, в некоторых корнях происходит дифференциация клеток перицикла с образованием феллогена. Это свидетельствует о возможном формировании корней с вторичным строением. Последнее, вероятно, происходит редко из-за высокой влажности и преобладания процессов гниения в местообитаниях особей.

Анатомическое строение столонов подобно стеблю травянистых двудольных растений. Сравнив между собой дистальных участков молодых столонов и осеннего сбора, выявили следующие особенности. На поперечном срезе выделяются эпидерма, первичная кора и центральный цилиндр. Однослойная эпидерма состоит из плотно расположенных клеток. Толщина ее с возрастом увеличивается (табл.). У молодых столонов первичная кора представлена паренхимой, первые два-три наружных ряда которой сложены некрупными плотно сомкнутыми тонкостенными клетками, центростремительно сменяются крупноклеточной паренхимой с выраженными межклетниками. Ограничивает ее эндодерма из плотно сомкнутых паренхимных клеток (рис. 3).

Таблица

**Значения некоторых биометрических показателей
столонов у *Lycopus europaeus***

Признак	Размеры, мкм	
	молодого столона	участок столона осеннего сбора
Толщина эпидермы	$14,5 \pm 3,69$	$24,0 \pm 4,59$
Толщина первичной коры	$256,5 \pm 57,35$	$289,0 \pm 35,10$
Радиус центрального цилиндра	$496,0 \pm 63,10$	$1715,0 \pm 387,16$
Размер клеток первичной коры	$30,0 \pm 4,71$	$69,5 \pm 19,50$
Размер клеток центрального цилиндра	$43,5 \pm 6,54$	$141,0 \pm 27,67$

В центральном цилиндре между четырьмя крупными полными сосудисто-волокнистыми открытыми коллатеральными проводящими пучками, находящимися в гранях, образуются мелкие добавочные пучки (рис. 3). Сосудов немного, преобладают волокна либриформа. У молодых столонов округлые клетки сердцевинной паренхимы увеличиваются в размерах центростремительно. У структур, служащих для перенесения неблагоприятных условий, размер стелы возрастает в 3–4 раза (табл.); развивается центральная воздухоносная полость (рис. 3 Б); в клетках сердцевины накапливаются зерна крахмала. Формирование центральной полости обусловлено необходимостью за-

паса воздуха для сохранения жизнеспособности клеток дистальных участков (диаспор), находящихся во время неблагоприятного сезона в почве на глубине 20 см и ниже.

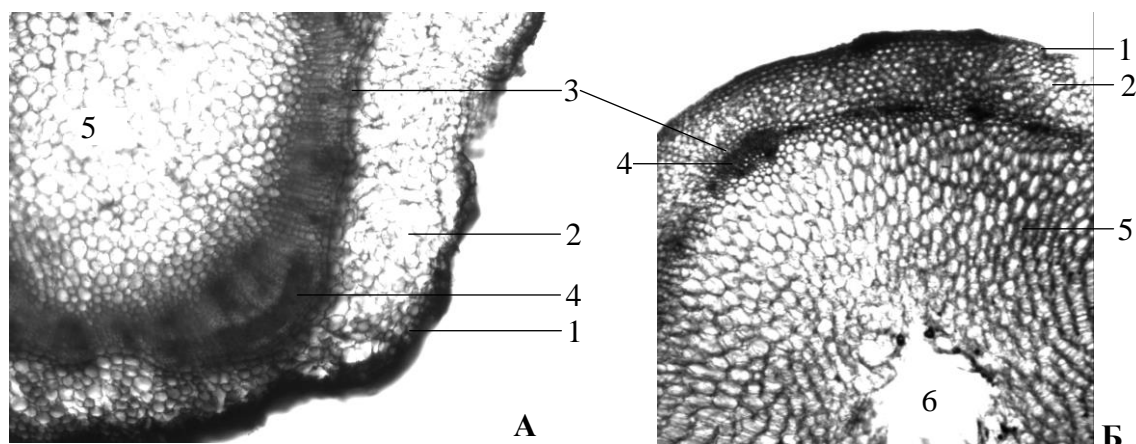


Рис. 3. Строение столонов на поперечном срезе: А – молодой столон (увел. 10×10; 16.07.2013 г.); Б – дистальный участок осенью (увел. 4×10; 29.09.2014 г.); 1 – эпидерма; 2 – паренхима первичной коры; 3 – эндодерма; 4 – проводящий пучок; 5 – сердцевинная паренхима; 6 – центральная воздухоносная полость

Таким образом, анатомическому строению подземных органов *L. europaeus* свойственны следующие особенности: 1) сохранение у корней первичного строения без ризодермы; 2) наличие системы воздухоносных межклетников и центральной полости; 3) малое число сосудов и механических элементов; 4) отсутствие вторичных покровных тканей. Эти признаки свидетельствуют об адаптации *L. europaeus* к произрастанию в условиях повышенной влажности.

Исследование поддержано РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Папченков В. Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2004. Т. 3. 520 с.

Чазова И. В., Шабалкина С. В. Сезонное развитие *Lycopodium europaeus* L. // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2015. С. 145–147.

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭПИДЕРМЫ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ИВ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В. Н. Дрожжина

*Воронежский государственный педагогический университет,
o.drozzhin@gmail.com*

Исследования изменения параметров эпидермы 9 видов ив проводились в зоне воздействия Новолипецкого металлургического комбината. Объектами исследования ивы выбраны из-за расположения комбината вблизи поймы реки Воронеж. Для анализа выбраны *Salix acutifolia* Willd., *S. alba* L., *S. caprea* L., *S. cinerea* L., *S. myrsinifolia* Salisb., *S. pentandra* L., *S. purpurea* L., *S. triandra* L., *S. viminalis* L. – это наиболее часто встречаемые виды, всего во флоре Липецкой области насчитывается 18 видов (включая культурные). Пробные площади (ПП) для сбора материала закладывались согласно розе ветров в непосредственной близости от комбината, на расстоянии 1, 3, 10 км и контрольная площадь в условно чистой зоне на расстоянии 35 км в Колодецком заказнике.

Анализ морфометрических параметров и анатомических показателей проводился по общепринятым ботаническим методикам. В зоне сильного загрязнения отмечено уменьшение морфометрических параметров листовых пластинок у большинства видов ив. У некоторых представителей изменяется форма листовых пластинок. Оценить эти изменения можно на видах с более или менее широкой листовой пластинкой – это *S. caprea* и *S. cinerea*. Листья часто приобретают обратно треугольные очертания, изменяется форма верхушки листа. На листьях ланцетной формы можно наблюдать искривление главной жилки и недоразвитие одной из сторон листовой пластинки. Наиболее значимым показателем состояния растений является показатель ассимиляционной поверхности побега, который достоверно уменьшается в зоне загрязнения у всех исследуемых видов (Хмелев, Хватова, 2000). Более подробно остановимся на изменениях, которые затрагивают покровные ткани.

Покровные ткани листа подвергаются непосредственному воздействию промышленных токсикантов. В зоне воздействия металлургических комбинатов на поверхности листьев образуется целый слой пылевидных частиц. Процент «забитых устьиц» составляет до 50–60%. Со временем это приводит к деформации и постепенному разрушению устьиц. Обычно формирование некроза листовой пластинки начинается именно в районе устьица. Количественные показатели основных клеток эпидермы и устьиц в условиях загрязнения изменяются по-разному, в зависимости от группы, к которой относится растение. Мы выделили три группы видов по количеству и размерам составляющих эпидермы. Первая группа видов характеризуется средним числом устьиц и крупными или средними размерами основных эпидермальных клеток. К этой группе относятся *S. pentandra* и *S. myrsinifolia*. В загрязненной зоне размеры устьиц сокращаются на 4–6 мкм, количество увеличивается до

33%. Параметры основных клеток эпидермы также уменьшаются, а их число увеличивается (на верхней и нижней эпидерме примерно на 30%). Вторая группа видов характеризуется большим количеством устьиц и мелкоклеточной эпидермой. В эту группу можно объединить *S. acutifolia*, *S. alba*, *S. caprea*, *S. purpurea*. В целом данная группа характеризуется увеличением количества компонентов эпидермы с уменьшением их параметров. Так, количество устьиц у некоторых видов увеличивается на 100%, длина устьиц сокращается на 3–6 мкм. В меньшей степени изменение параметров затрагивает эпидерму *S. alba* и *S. caprea*, вероятно из-за большой степени опушения данных представителей. Третья группа видов отличается чрезвычайно большим количеством устьиц – до 1000 шт./мм². Это *S. cinerea*, *S. triandra* и *S. viminalis*. В зоне антропогенной нагрузки количество устьиц может как уменьшаться, так и увеличиваться. Данные представлены в таблице. Для наглядности приводятся параметры с 1ПП (вблизи комбината) и 5ПП (контроль).

Таблица

Характеристика эпидермы листьев ив

№ П.П.	Количество устьиц, шт./мм ²		Длина устьиц, мкм		Количество эпидермальных клеток, шт./мм ²	
	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя
<i>S. acutifolia</i>						
1	–	513,2±6,35*	–	16,7±0,21*	2130±27,8*	2577±30,9*
5	–	400,1±6,22	–	22,8±0,24	1713±23,1	1978±21,2
<i>S. alba</i>						
1	149,0±3,21	270,3±3,01*	20,9±0,11	17,4±0,25	2049±20,4*	2536±20,2
5	128,1±3,29	350,0±4,22	22,0±0,18	17,9±0,19	2502±22,3	2578±24,1
<i>S. caprea</i>						
1	–	326,3±3,91*	–	21,3±0,91	1267±15,3*	1325±16,3
5	–	408,3±3,93	–	23,0±1,32	1124±10,3	1251±17,9
<i>S. cinerea</i>						
1	–	894,5±8,62*	–	11,1±0,19*	4640±57,1*	5540±74,9
5	–	987,5±10,21	–	12,9±0,11	2703±34,9	4123±59,4
<i>S. myrsinifolia</i>						
1	–	252,7±5,68	–	25,5±0,29	1196±21,2*	1159±18,9*
5	–	208,6±4,31	–	24,3±0,30	970±18,5	907±18,5
<i>S. pentandra</i>						
1	112,3±1,90*	311,0±3,62*	23,7±0,37	19,4±0,34*	1567±13,2*	1878±14,2*
5	98,5±2,72	233,0±4,31	24,7±0,31	24,1±0,31	1346±12,4	1548±12,2
<i>S. purpurea</i>						
1	139,95±,55*	861,0±8,82*	18,2±0,17*	14,2±0,14*	3741±30,1	5187±37,7*
5	203,2±5,22	460,9±10,20	20,0±0,17	17,0±0,15	3508±41,2	3710±40,2
<i>S. triandra</i>						
1	–	292,9±4,37*	–	14,3±0,18*	20264±7,4*	4301±39,0*
5	–	540,2±10,64	–	18,7±0,18	34573±6,2	3512±31,3
<i>S. viminalis</i>						
1	–	575,7±10,57*	–	14,1±0,20*	2814±47,4*	4301±39,0*
5	–	511,3±9,72	–	16,3±0,22	3457±36,2	3512±31,3

*– Достоверно по отношению к контролю

Кроме количественных показателей, изменяются и качественные показатели эпидермальных клеток. *S. alba*, *S. cinerea*, *S. pentandra*, *S. triandra* имеют кутикулярные складки, расположенные чаще всего на верхней эпидерме. В зоне загрязнения эпидермальный «рисунок» нарушается, складки разглаживаются. Складки кутикулы выполняют защитную функцию и в определенной степени способны противостоять закрыванию устьиц при потере растениями тургора (Паутов, 1990). Складки могут располагаться как на основных клетках эпидермы, так и на побочных клетках рядом с устьицами, ориентированы они перпендикулярно устьичной щели.

Оценка толщины покровных тканей дала следующие результаты. Толщина покровных тканей и отдельно толщина кутикулы является наиболее лабильным показателем. Коэффициент вариации как в контроле, так и в опыте равен 20%. Наиболее стабильные признаки – толщина мезофилла и толщина листовой пластинки. В условиях сильного загрязнения наблюдается уменьшение толщины листовой пластинки, следовательно, уменьшается и протяженность всех тканей, поэтому удобней оценивать процентное содержание тканей на поперечном срезе. Значительное увеличение доли покровных тканей показывают 2 вида. Это: *S. Cinerea* и *S. caprea*, доля губчатого мезофилла сокращается, а столчатого остается неизменной. Значительное утолщение эпидермы происходит за счет слизевых клеток. Увеличивается количество слизевых клеток в эпидерме, а также размеры слизевого мешка. Подобные структуры играют определенную роль в поглощении света, возможно, в условиях сильной запыленности они компенсируют недостаток света. Для остальных видов можно отметить лишь тенденцию к уменьшению доли покровных тканей вблизи источника загрязнения, и некоторому увеличению на расстоянии 3 км от источника выбросов. Причем у большинства видов соотношение тканей в листе значительно изменяется только в километровой зоне, неустойчивые виды и сильно угнетенные особи могут показывать изменения и на расстоянии трех километров. Изменения параметров касаются в первую очередь верхней эпидермы, поскольку именно она контактирует с загрязнителями.

Большинство видов в условиях загрязнения характеризуются мелкоклеточностью, что выражается в уменьшении размеров устьиц, основных эпидермальных клеток и соответственно в увеличении их числа. Однако существующие исключения могут свидетельствовать о разных путях адаптации растений к стрессовым условиям. С другой стороны, это говорит о необходимости комплексной оценки и использования разных показателей для мониторинга состояния растений. Растения с крупноклеточной эпидермой, небольшим количеством устьиц и голыми листьями поражаются сильнее химическими токсикантами, чем растения с густым опушением, мелкими и многочисленными устьицами и клетками эпидермы (что обычно коррелирует с плотным сложением тканей мезофилла). К неустойчивым видам ив можно отнести *S. triandra*; среднеустойчивыми видами можно назвать *S. cinerea*, *S. pentandra*, *S. purpurea*; устойчивые виды – это *S. alba*, *S. caprea*, *S. viminalis*.

Литература

Паутов А. А. Некоторые особенности строения эпидермы листа у тополей // Современные проблемы экологической анатомии растений: II Всесоюз. совещ. по эколог. анатомии раст. 10–16 сентября 1990. Владивосток 1990. С. 124–126.

Хмелев К. Ф., Хватовав В. Н. Анатомическая структура листовой пластинки *Salix purpurea* L. и *Salix cinerea* L. в зоне промышленного загрязнения // Вестник ВГУ. Воронеж, 2000. № 2. С. 157–161.

ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ООПТ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

Л. В. Годунова, О. Н. Пересторонина
Вятский государственный университет,
l.godunova94@yandex.ru, botany@vshu.kirov.ru

В последние годы проблемы охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, сохранения биоразнообразия и экологического равновесия приобрели особую значимость. Биоразнообразие сообществ зависит не только от степени антропогенной нагрузки, но и особенностей/отсутствия антропогенной деятельности, что в большой степени проявляется на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Особое опасение вызывает состояние интразональных сообществ, особенно остепненных сосновых лесов в зоне темнохвойной тайги.

ООПТ «Медведский бор» – уникальное реликтовое сообщество ксеро-термической эпохи послеледникового времени, расположенное на материковых песчаных дюнах. В настоящее время Медведский бор – это сосновый лес с присутствием во флоре и фауне степных и неморальных элементов, площадью 6 921,05 га (55 кварталов), и цепью озер карстового происхождения (Соловьев, 1986). Флора Медведского бора насчитывает 574 вида сосудистых растений из 96 семейств (Тарасова, 2001), из которых 16 внесены в Красную книгу Кировской области (2014) и 21 вид внесен в Приложение к ней, как виды, нуждающиеся в контроле за состоянием популяций. По данным А. Д. Фокина (1929), в бору насчитывалось более 30 видов степных растений: *Stipa pennata* L., *Festuca polesica* L., *Gypsophila paniculata* L. и др. Данная территория в течение длительного времени (с 1962 года), имеет охранный режим, с отменой хозяйственной деятельности. Это привело к хорошему возобновлению ели, березы, которые под пологом леса создали достаточно сильное затенение. Отдельные виды степняков исчезли с территории бора. Но, тем не менее, видовой состав охраняемых степных и неморальных видов еще сохраняется в «окнах», по обочинам лесных дорог и по краю леса. Проблема смены сосновых лесов еловыми является актуальной в настоящее время (Савиных и др., 2015).

Эколого-фитоценотическая характеристика растительных сообществ позволит провести оценку современного состояния лесов ООПТ «Медведский бор» и их динамику.

Для выполнения поставленных задач были обработаны 88 геоботанических описания с 2001 по 2015 год и выявлено 50 типов лесных сообществ. Мы принимаем границы стенобионтных видов, определенных Е. В. Зубковой (2012), по отношению к таким факторам как: освещенности-затенению (Lc), богатству почв азотом (Nt) и их увлажнению (Hd) по шкалам Д. Н. Цыганова. В работе была использована программа EcoScaleWin (Зубкова и др., 2008).

Для оценки изменения структуры сообщества на пробных площадках было проанализировано изменение крайней левой границы диапазонов стенобионтных видов по таким факторам как: увлажнение почв, освещенность-затенение и богатство почв азотом (рис. 1). Стенобионтные виды наиболее сильно будут реагировать на изменение определенного фактора среды (Зубкова, 2012).

По факторам увлажненности почв (рис. 2А) и освещенности-затенению (рис. 2Б) исследование показало менее существенное смещение среднего значения левой границы стенобионтных видов, по сравнению с фактором богатства почв азотом (рис. 2В).

Было определено количество стенобионтных видов разных жизненных форм (деревьев, кустарников, кустарничков, трав) для понимания их динамики (Серебряков, 1962).

По фактору увлажненности почв (рис. 2А) доля стенобионтных видов среди деревьев и кустарничков снижается; среди кустарничков практически постоянна, а среди трав доля стенобионтов увеличивается.

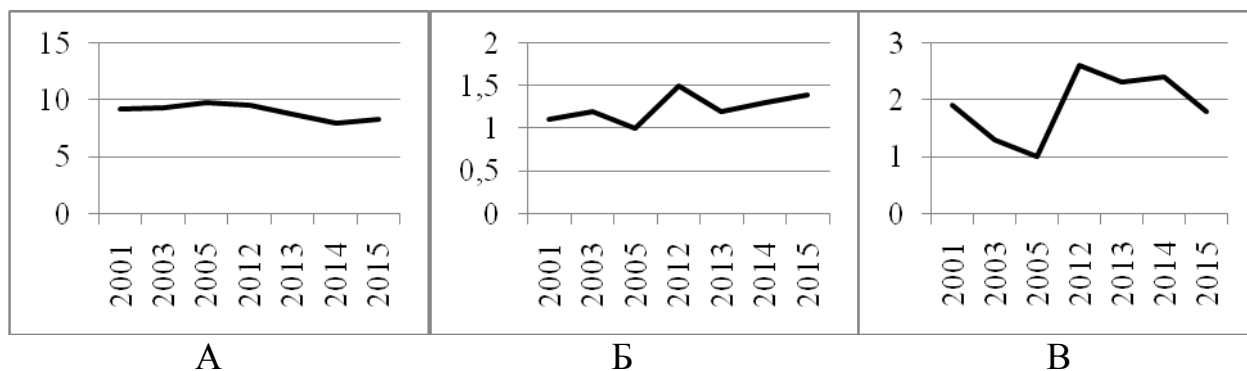


Рис. 1. Левая граница стенобионтных видов растений на пробных площадках ООПТ «Медведский бор» по факторам: А – увлажнение почв (Hd), Б – освещённость-затенение (Lc), В – богатство почв азотом (Nt); по горизонтальной оси – годы исследования, по вертикальной – баллы по шкалам Д. Н. Цыганова

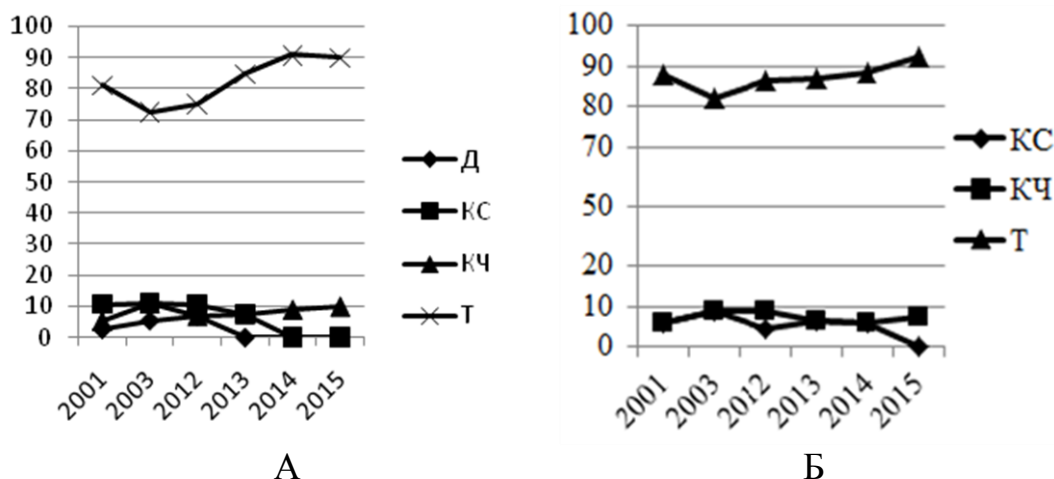


Рис. 2. Доля стенобионтных видов разных жизненных форм по фактору увлажнения почв (2А), по фактору богатства почв азотом (2Б); по горизонтальной оси – годы наблюдений, по вертикальной – процент видов определенной жизненной формы; Д – деревья, КС – кустарники, КЧ – кустарнички, Т – травы

По фактору богатства почв азотом (рис. 2Б) стенобионтных видов среди деревьев не отмечено; доля стенобионтов среди кустарников, кустарничков и трав распределяется соответственно фактору увлажненности почв.

По фактору освещенности-затенения (рис. 3) стенобионтных видов среди деревьев и кустарников нет; доля стенобионтов трав и кустарничков колеблется, что можно объяснить изменениями освещенности, происходящими на пробных площадках.

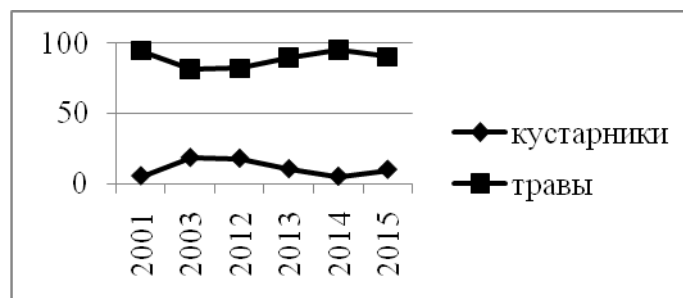


Рис. 3. Доля стенобионтных видов разных жизненных форм по фактору освещенности-затенения; по горизонтальной оси – годы наблюдений, по вертикальной – процент видов определенной жизненной формы

Исследование геоботанических описаний, проведенных с 2001 по 2015 гг., показало, что наиболее чувствительны к меняющимся условиям травянистые растения и кустарники. Выявлено, что в результате деятельности биоценоза в течение времени богатство почв азотом увеличилось и, как следствие произошло замещение растений более бедных мест обитания – степняков – на растения более богатых мест обитания. Для сохранения степных и неморальных элементов в Медведском бору необходимо исключать подрост

ели и березы из состава древостоя и создать фитоценоз с достаточной освещенностью.

Литература

Зубкова Е. В. Долговременная динамика видов лесных растений с различной шириной экологических ниш на постоянной пробной площади в сосняке с дубом и липой в Воронежском заповеднике // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 5-1. 49 с.

Зубкова Е. В., Ханина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: Учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. 96 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров, 2014. 336 с.

Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Видякин А. И., Гальвас А. Г. Основы устойчивого сохранения остепненных боров в пределах особо охраняемых природных территорий // Вестник Костромского государственного ун-та им. Н. А. Некрасова. Т. 20. № 7. 2014. С. 62–65.

Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высш. шк., 1962. 378 с.

Соловьев А. Н. Сокровища вятской природы. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отделение, 1986. С. 55–64.

Тарасова Е. М. Государственный памятник природы Медведский бор // О состоянии окружающей природной среды в Кировской области в 2000 г.: Региональный доклад. Киров, 2001. С. 131–143.

Фокин А. Д. Краткий очерк растительности Вятского края // Вятский край. Вятка, 1929. С. 86–105.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ СЕВЕРА

С. В. Любова, А. А. Шаманин

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
s.lyubova@narfu.ru*

Агроэкосистема – биотическое сообщество, искусственно созданное и систематически регулируемое человеком с целью получения растениеводческой продукции. Характерная особенность любой агроэкосистемы – низкая экологическая устойчивость, из-за упрощенной структуры и ограниченности видового состава, что существенно отличает ее от естественных экосистем. Разнообразие живых организмов в агроэкосистеме сокращено для получения максимально высокой продуктивности, для создания оптимальных условий. На естественном лугу биологическое разнообразие значительно выше, но биологическая продуктивность во много раз уступает культурному сообществу. Виды и сообщества сельскохозяйственных культур в агроэкосистемах сформировались в результате действия искусственного, а не естественного отбора. В результате происходит резкое сужение генетического разнообразия сельскохозяйственных культур по устойчивости к неблагоприятным условиям.

В природных экосистемах органическое вещество биоты в системе биологического круговорота трансформируется в углекислый газ, воду и элементы минерального питания. Агроэкосистемы в отличие от естественных биоценозов открыты, из них вещество и энергия изымаются с урожаем, а также в результате деградации почв. Важное отличие агроэкосистемы от природных экосистем состоит в том, что для постоянного устойчивого функционирования необходим приток дополнительной энергии, привносимой извне человеком, которая поступает в качестве агротехнических приемов: боронование, внесение удобрений, посев и т.д.

Устойчивая экосистема характеризуется сложной, полидоминантной структурой, включающей максимально возможное в конкретных условиях число видов и популяций, максимальной биомассой при низкой продуктивности, и относительным равновесием между приходом и расходом энергии, большая часть которой обеспечивает поддержание процессов жизнедеятельности биоценоза. Агроэкосистемы весьма неустойчивые сообщества, они не способны к самовосстановлению и саморегулированию, для их поддержания необходима постоянная деятельность людей.

Для естественных пойменных лугов, характеризующихся богатством видового состава травостоя, хорошо приспособленных к местным условиям обитания, применяется режим использования, который обеспечивал высокую урожайность и самовозобновление травостоя, сохранял и улучшал его флористический состав. Система использования меняется в зависимости от природно-климатических и почвенных условий, видового состава, и включает следующие приемы: внесение минеральных удобрений, режимы скашивания.

Антропогенное воздействие на фитоценозы весьма значительно, но при снижении напряженности, или полное отсутствие такого приводит постепенным деградационным процессам, фитоценоз возвращается в состояние близкое к природному (Любова, Шаманин, 2015).

Из всех агротехнических приемов по силе влияния на почвенный и растительный покров доминируют удобрения, они – решающий фактор долголетия и продуктивности сенокосов. Внесение в почву удобрений приводит к разносторонним изменениям в растительном сообществе: увеличивает площадь ассимиляционной поверхности, обеспечивает непрерывное кущение и укоренение травостоя. Виды, дозы и сроки внесения удобрений зависят от условий среды и ботанического состава травостоя. Применение азотных удобрений в ранние сроки развития злаковых трав обеспечивает повышение урожая, при этом мало изменяется количество азотистых веществ в сене. Темпы роста корней у злаков в начальный период вегетации более высокие, чем у бобовых, и поэтому они лучше реагируют на внесение удобрений ранней весной. Если фосфорно-калийные удобрения способствуют сохранению в травостое бобовых и разнообразных видов разнотравья, то при использовании азота одного или на фоне РК доля злаковых в урожае возрастает, сокращается участие бобовых. Одностороннее, хотя и обильное азотное удобрение приводит к преобладанию в травостое низовых злаков и засорению его разнотравь-

ем. Там где в травостоях доля бобовых высокая, 30% и выше по массе, норму внесения азота снижают или не вносят азот, учитывая и другие сложившиеся факторы. Минеральные удобрения влияют на рост и развитие луговой растительности: фосфорные и калийные удобрения способствуют некоторому ускорению развития растений, прохождения фаз развития растения по календарным срокам, азотные удобрения ускоряя рост растений несколько задерживают развитие.

Доза азота 60 кг действующего вещества на 1 га (кг д.в./га) под укос обеспечивает оптимальную прибавку урожая и не дает отрицательных результатов в химическом составе получаемого корма, при обеспечении водой. Действие удобрений зависит от возрастного состава популяций, оно меньше, если в травостое преобладают стареющие растения и мало молодых (Бабенко, 2006).

Величины прибавок урожайности сена от внесения минеральных удобрений значительно различаются в зависимости от типа луга: на суходольных лугах более высокие прибавки от NPK, PK и N; вносимые отдельно P и K малоэффективны. На долинных и пойменных лугах целесообразно, прежде всего, вносить NPK и N, на осушенных торфяниках и низинных лугах от всех удобрений получают значительные прибавки сена и особенно на фоне NPK, PK и K (Луговодство и пастбищное хозяйство, 1990).

Минеральные удобрения оказывают различное влияние на естественные травостои. Под их действием происходит изменение: ботанического состава травостоев, структуры травостоя растений, количества побегов на единице площади, химического состава растений.

Цель исследований – установить влияние антропогенного воздействия на формирование агроэкосистем пойменных лугов р. Северная Двина в Архангельской области. Объект исследований – естественный луг в пойме реки Северная Двина. Пойменные ландшафты наиболее молоды и чрезвычайно легко ранимы, их лабильность обуславливается изменчивым режимом половодья и эрозийно-аккумулятивной деятельностью реки, характером почв и растительности. Хозяйственная оценка луговых травостоев поймы показывает, что благоприятные условия для развития луговой растительности создаются в центральной части на среднем уровне.

Почвы исследуемого участка центральной поймы среднего уровня дерново-луговые среднесуглинистые на аллювиальных отложениях. Дернина плотная, верхний слой почвы пронизан корневой системой. Мощность гумусового горизонта 20 см, содержание гумуса 2,5%, обеспеченность подвижными формами фосфора и калия повышенная, обменная кислотность – среднекислая.

Видовой состав исследуемого луга распределяется на три основные хозяйственно-ценные группы:

– злаковые травы: ежа сборная *Dactylis glomerata*, луговик дернистый *Deschampsia cespitosa*, овсяница луговая *Festuca pratensis*;

– бобовые травы: чина луговая *Lathyrus pratensis* L., горошек мышиный *Viciacracca*, клевер луговой *Trifolium pratense*, астрагал луговой *Astragalus danicus* L.;

– разнотравье: купырь лесной *Anthriscus sylvestris* L., сныть обыкновенная *Aegopodium podagraria* L., лютик едкий *Ranunculus acris* L., манжетка обыкновенная *Alchemilla vulgaris*, одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale*, незабудка мелкоцветковая *Myosotis arvensis*, герань лесная *Geranium pratense*, таволга вязолистная *Aegopodium podagraria* L., пикульник красивый *Galeopsis speciosa*.

Наиболее полное развитие в фитоценозе пойменного луга имеют рыхлокустовые растения, выдерживающие умеренную и слабую аллювиальность. В составе травостоя доминируют виды растений отличной и хорошей хозяйственной ценности (поедаемости): *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, субдоминанты – бобовые: *Lathyrus pratensis*, *Vicia cracca*, *Trifolium pratense*.

Бобово-злаково-разнотравный нормально увлажненный луг, используется как сенокос, скашивание проводится один раз за вегетационный период в последней декаде июня – первой декаде июля. На исследуемом лугу более 5 лет не вносились удобрения, поэтому доля разнотравья около 40%, среди которого преобладает крупное разнотравье *Anthriscus sylvestris* L., *Aegopodium podagraria* L., *Filipendula ulmaria* L. Присутствие крупного разнотравья положительно влияет на величину биомассы, но с точки зрения хозяйственной ценности хорошо оценивается только как сырье для заготовки силоса. При заготовке сена из зеленой массы данного кормового угодья возникают проблемы, т.к. крупное разнотравье имеет более продолжительный период сушки, чем злаковые и бобовые травы, следовательно, качество сена снижается.

Влияние удобрений на урожайность и видовой состав травостоя изучалось методом полевого опыта. Площадь делянки 16 м², форма квадратная, повторность четырехкратная. В период возобновления вегетации (начало мая) внеслись азотные удобрения в дозе 30 и 60 кг д.в./га, в качестве удобрения использовалась аммиачная селитра. В фазу колошения – начала цветения злаковых трав *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, проводилась уборка урожая с делянок сплошным методом. Определялась урожайность зеленой масса (биомассы), сена и доля участия трав различных хозяйственно-ботанических групп в формировании урожайности.

Урожайность зеленой массы при внесении удобрений достоверно увеличилась, существенная прибавка урожая отмечена при внесении 60 кг д.в./га азота (табл.). Однако после высушивания травы урожайность сена в сравнении с контролем (без удобрений) не изменилась или была ниже в вариантах с внесением удобрений. Причина этого явления объясняется увеличением доли разнотравья, которое имеет более высокую влажность, чем злаковые и бобовые травы. Увеличение доли разнотравья на исследуемом пойменном лугу подтверждает, что одностороннее внесение азотных удобрений, не способствует существенному изменению видового состава. Сравнение доли хозяйственно-ботанических групп в зеленой массе и в сене неодинаково, при вы-

сушивании доля разнотравья существенно снижается, что доказывает дифференциацию влажности растительного материала разных групп.

Таблица

Влияние внесения азотных удобрений на урожайность и соотношение хозяйственно-ботанических групп трав пойменного луга

Вариант опыта	Урожайность, т/га		Доля хозяйственно-ботанических групп трав, %					
	зеленой массы	сена	в зеленой массе			в сене		
			злаковые	бобовые	разнотравье	злаковые	бобовые	разнотравье
Без удобрений	16,43	7,10	42,0	17,8	40,3	48,9	20,4	30,7
С удобрением N ₃₀	16,95	6,13	38,5	24,5	37,0	45,6	24,8	29,6
С удобрением N ₆₀	17,81	7,09	32,0	25,8	42,3	36,2	29,7	34,0
Наименьшая существующая разница	0,23	0,35	2,1					

Влияние антропогенного фактора на урожайность и видовой состав пойменного луга значительно, однако для того чтобы изменения были экономически целесообразными, необходимо чтобы воздействие человека носило системный характер и не нарушало связи в агроэкосистемах.

Литература

Бабенко С. Е. Адаптивная технология использования пойменных фитоценозов (рекомендации). Матигоры.: ХОСЖиР, 2006. 11 с.

Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство / Под ред. И.В. Ларина. Л.: Агропромиздат, 1990. С. 215.

Любова С. В., Шаманин А. А. Изменения в фитоценозах пойменных лугов под воздействием антропогенного фактора // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. 2015. Вып. 18. Архангельск. С. 71–73.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В СОСНЯКЕ ЛИШАЙНИКОВОМ И ЕЛЬНИКЕ ЗЕЛЕНОМОШНОГО ПОСЛЕ ВЕТРОВАЛА

М. А. Кузнецов, И. Н. Кутявин, А. В. Манов, А. Ф. Осипов
 Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
kuznetsov_ma@ib.komisc.ru, manov@ib.komisc.ru,
kytyavin@ib.komisc.ru, osipov@ib.komisc.ru

Ветровалы, вызывающие катастрофические, но обратимые сукцессии в лесных сообществах, изменяют строение и состав древостоев, интенсивность процессов накопления, отмирания и разложения растительного органического вещества (ОВ), образуя специфические элементы микрорельефа (Алесенков и др., 2013; Waldron et. al., 2013). В 2009–2010 гг. на европейской части России отмечены крупные ветровалы, вызвавшие гибель миллионов гектаров лесных

насаждений (Крылов и др., 2012). Следовательно, вопрос отклика лесных экосистем, подвергшихся воздействию экзогенных факторов, остается актуальным. Особый научный интерес представляет оценка ростовых процессов древесных растений до и после ветровала.

Цель работы – оценить запасы органического вещества и влияние ветровала на прирост стволовой древесины деревьев и подроста постветровальных сообществ южнотаежного ельника зеленомошного и среднетаежного сосняка лишайникового.

Исследования проведены на ветровалах ельника зеленомошного подзоны южной ($59^{\circ}31'45.9''$ с.ш., $49^{\circ}21'19.8''$ в.д.) и сосняка лишайникового подзоны средней ($61^{\circ}46'52.0''$ с.ш., $57^{\circ}02'22.0''$ в.д.) тайги, на которых произошел ветровал в 2009 и 2004 гг. соответственно. До ветровала древостой ельника составом 6Е4Б, характеризовался IV классом бонитета и запасом древесины $230 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$. Чистый по составу древостой сосняка до ветровала имел плотность 408 экз. га^{-1} , и запас древесины $163 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$. После ветровала 4-хлетней давности в ельнике развивается низкополнотное лиственно-хвойное насаждение разнотравного типа. Древостой составом 4БЗЕЗПх, плотностью деревьев 600 экз. га^{-1} и запасом древесины $91 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$. Происходит отпад деревьев. Сухостой 125 экз. га^{-1} концентрирует $81 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ древесины. Подрост, преимущественно здоровый, 1500 экз. га^{-1} образуют ель, пихта, единично осина. На 9-летнем ветровале сосняка древесный ярус представлен сосной плотностью 40 экз. га^{-1} , с запасом древесины $4 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$. Количество живого самосева и подроста составляет 18.3 тыс. экз. га^{-1} .

На ветровалах хвойных насаждений были заложены постоянные пробные площади размером 0.04 и 0.075 га. Проведен сплошной пересчет живых деревьев, сухостоя и валежа. У деревьев и подроста измеряли диаметр и высоту, определяли их жизненное состояние, оценивали стадии гниения валежа. Для определения возраста деревьев и динамики радиального роста древесины брали керны на ветровале южнотаежного ельника зеленомошного. Изучение радиального прироста деревьев проводили с помощью прибора для измерения толщины годичных колец LINTABTM (Германия) и программы TsapWin. На основе анализа 10–30 деревьев подроста разных видов древесных растений определяли их прирост по диаметру и высоте. Для оценки влияния ветровала на рост подроста по высоте в среднетаежном сосняке лишайниковом, модельные особи подроста в количестве 10 экземпляров были также отобраны в ненарушенном сосняке лишайниковом. Фитомассу деревьев и подроста рассчитывали по регрессионным уравнениям зависимости массы отдельных фракций от диаметра ствола (Бобкова, 2001; Кутявин, 2013). Массу древесины валежа и сухостоя оценивали по запасу древесины и данным базисной плотности гниющей древесины на разных стадиях разложения. Запасы коры, ветвей, корней валежа и сухостоя рассчитывали по полученным ранее регрессионным уравнениям.

Выявлено, что в древесном ярусе хвойно-лиственного насаждения, формирующегося после ветровала, сосредоточено 51.8 т га^{-1} (табл. 1) ОВ, боль-

шая часть которого сосредоточена в древесине ствола. Участие ветвей составляет 10%, корней – 14, коры и листьев – по 7.5%. Подрост в постветровальном сообществе ельника зеленомошного аккумулирует 2.8 т га⁻¹. Таким образом, в древесных растениях постветровального лиственнично-хвойного насаждения сконцентрировано 54.6 т га⁻¹ фитомассы, 95% которой приходится на долю древостоя. Запасы ОВ в древесном ярусе постветровального среднетаежного сосняка лишайникового составляют 7.5 т га⁻¹. Древесина ствола формирует 56%, корни – 22, ветви – 12, кора – 6, хвоя – 4%. Подрост и самосев концентрируют 0,9 т га⁻¹ фитомассы. Масса ОВ древесных растений в постветровальном сообществе сосняка лишайникового равна 8.3 т га⁻¹. На долю древостоя приходится 90, подроста – 10%.

Таблица 1

Запасы органического вещества в фитомассе и КДО постветровальных сообществ, т га.

Сообщество	Фитомасса древостоя	Фитомасса подроста	Итого живой фитомассы	КДО
Ельник зеленомошный	51,8	2,8	54,6	134,3
Сосняк лишайниковый	7,5	0,9	8,4	45,9

Валеж и сухостой пополняют пул крупных древесных остатков (КДО) лесного сообщества. КДО в постветровальном сообществе ельника образуют деревья ели, пихты и березы количеством 525 экз. га⁻¹ и запасом древесины 270 м³ га⁻¹ и массой ОВ (включая ветви, кору, корни отмерших деревьев) 134.3 т га⁻¹. В постветровальном сосняке КДО количеством 306 экз. га⁻¹ и запасом древесины 102 м³ га⁻¹ образуют деревья сосны. Масса ОВ в них составляет 45.9 т га⁻¹. Таким образом, выпавшие при ветровале деревья в хвойных сообществах образуют КДО, которые находятся в основном на второй стадии гниения.

Данные по среднему радиальному приросту и анализ роста в высоту хвойных деревьев до ветровала (за период от 1975 до 2008 гг.) и после приведен в таблице 2.

Таблица 2

Влияние ветровала на прирост деревьев и подроста в постветровальных сообществах

Элемент насаждения	Порода	Прирост по диаметру, мм год ⁻¹		Прирост по высоте, см год ⁻¹	
		До ветровала	После ветровала	До ветровала	После ветровала
Ельник зеленомошный					
Древостой	Ель	0,71±0,03	2,01±0,06	–*	–
	Пихта	0,86±0,11	3,69±0,13	–	–
Подрост	Ель	0,25±0,03	0,59±0,05	5,8±0,4	15,3±2,1
	Пихта	0,38±0,05	0,72±0,07	8,9±1,0	19,5±2,1
Сосняк лишайниковый					
Подрост	Сосна	0,10±0,01	0,77±0,06	14,0±0,4**	16,1±3,1

Примечание. * – не определяли; ** – ненарушенный сосняк лишайниковый.

Таким образом, ветровал в хвойных фитоценозах приводит к значительным нарушениям в формировании древесного яруса. В сосняке лишайниковом после ветровала отмечена практически полная гибель древостоя, тогда как на месте ельника зеленомошного формируется смешанный лиственнично-хвойный древостой. В древесных растениях постветровального южнотаежного ельника зеленомошного запасы фитомассы составляют 54.6 т га^{-1} , а в постветровальном среднетаежном сосняке лишайниковом 8.4 т га^{-1} . Постветровальные сообщества характеризуются значительными (134.4 в ельнике и 45.9 т га^{-1} в сосняке) массой КДО. На ветрвалах уменьшение конкуренции между растениями за свет и элементы минерального питания стимулирует рост древесных растений, который выражается в увеличении прироста по толщине и высоте ствола.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых кандидатов наук МК-6670.2016.5.

Литература

Алесенков Ю. М., Андреев Г. В., Иванчиков С. В. Строеие по запасу послеветровального ельника хвощово-мелкотравного // Вест. Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (99). С. 60–64.

Бобкова К. С. Еловые леса / Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. СПб.: Наука, 2001. С.52–67.

Крылов А. М., Малахова Е. Г., Владимирова Н. А. Выявление и оценка площадей катастрофических ветрвалов 2009 – 2010 гг. по данным космической съемки // Изв. Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. Вып. 200. С. 197–207.

Кутявин И. Н. Строеие, рост и продуктивность древостоев коренных сосновых лесов бассейна верхней Печоры: Автореф. дис. ... канд. с/х. наук 06.03.02: Сыктывкар, 2013. 20 с.

Waldron K., Ruel J.-C., Gauthier S. Forest structural attributes after windthrow and consequences of salvage logging // For. Ecol. Manag. 2013. V. 289. P. 28–37.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНОГО ФОНДА КУМЕНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. А. Попылькина, И. А. Жуйкова

*Вятский государственный университет,
p_ksu@bk.ru, zhuikova@yandex.ru*

Основным природным богатством Кировской области является лес. Леса занимают свыше 67,2% территории области, а это 19-е место среди субъектов Российской Федерации. Куменское лесничество Департамента лесного хозяйства Кировской области расположено в центральной части Кировской области на территории Куменского, Верхошижемского, Оричевского и Сунского административных районов (табл. 1) (Лесохозяйственный регламент Куменского лесничества, 2013 год).

Таблица 1

Структура Куменского лесничества Кировской области

№ п/п	Наименование участков лесничеств	Административный район (муниципальное образование)	Общая площадь, га
1	Верхобыстрицкое	Куменский	4347
2	Вожгальское	Куменский	7066
3	Куменской	Куменский	12559
4	Речное	Куменский	13141
5	Нижнеивкинское	Куменский, Верхошижемский, Оричевский	13476
6	Верхосунское	Сунский	12027
7	Муринское	Сунский	7056
8	Сунское	Сунский	7078
9	Куменское (сельское)	Куменский	10189
10	Сунское (сельское)	Сунский	5214
11	Плотниковское (сельское)	Куменский	10678
12	Верхобыстрицкое (сельское)	Куменский	11908
Итого:			114739

В соответствии с Приказом Рослесхоза от 09.03.2011 № 61 леса Куменского района Кировской области по лесохозяйственному районированию отнесены к южно-таежному району европейской части Российской Федерации (официальный сайт Куменского района).

Общая площадь территории Куменского лесничества составляет 114739 га: 6533 га расположены в водоохранных зонах; 20540 га выполняют функции защиты природных и иных объектов, из них 1379 га – защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей, федеральных автомобильных дорог и автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, 2201 га – зеленые зоны, 16960 га расположены в первом, втором и третьем зонных округах санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов; 87666 га – эксплуатационные леса (Лесохозяйственный регламент Куменского лесничества, 2013).

Земли Куменского района разделены по следующим категориям (табл. 2). Лесные земли составляют 97,5%, а не лесные – 2,5%. Среди земель, непокрытых лесной растительностью преобладают вырубки (1,6%).

Таблица 2

**Распределение площадей лесничества по категориям земель
(Лесохозяйственный регламент Куменского лесничества, 2013)**

Категория земель	Всего по лесничеству	
	площадь, га	%
1	2	3
Общая площадь земель	114739	100
Лесные земли	111868	97,5
Земли, покрытые лесной растительностью – всего	107762	94,0
в том числе: лесные культуры	8120	7,1
Земли, не покрытые лесной растительностью – всего	3977	3,5

Продолжение таблицы 2

1	2	3
В том числе:		
– несомкнувшиеся лесные культуры	1601	1,4
– редины естественные	129	0,1
– фонд лесовосстановления, всего	2376	2,1
в том числе:		
– гари	14	0,01
– погибшие насаждения	300	0,3
– вырубki	1804	1,6
– прогалины, пустыри	258	0,2
Нелесные земли - всего	2871	2,5
в том числе:		
– пашни	549	0,5
– сенокосы	149	0,1
– пастбища	36	0,03
– воды	59	0,05
– дороги, просеки	271	0,22
– болота	868	0,8
– прочие земли, в том числе усадьбы	939	0,8

В распределении лесов по породному составу преобладают насаждения ели (55%), берёзы (21%), сосны (13%). Возрастной состав лесов следующий: молодняки составляют 20%, средневозрастные и приспевающие – 58%, на спелые и перестойные насаждения приходится 22% (рис.).

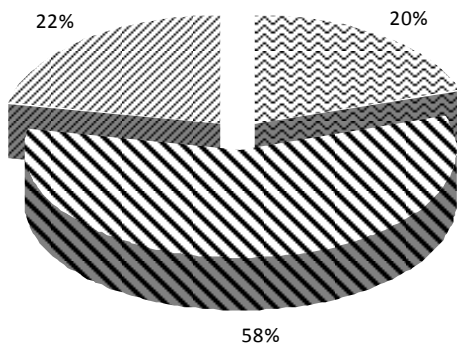


Рис. Возрастной состав лесов
Кумёнского лесничества

Разрешёнными видами лесопользования являются: заготовка древесины и живицы, заготовка и сбор не древесных лесных ресурсов, заготовка пищевых лесных ресурсов, сбор лекарственных растений, ведение охотничьего хозяйства, ведение сельского хозяйства, осуществление научно-исследовательской и образовательной деятельности, рекреационная деятельность, создание лесных плантаций и их эксплуатация, выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных и лекарственных растений и некоторые др.

В Кумённом районе реализуется заготовка древесины, пищевых лесных ресурсов, ведение охотничьего и сельского хозяйства, выращивание лесных плодовых, ягодных растений (Лесохозяйственный регламент Кумёнского лесничества, 2013).

В целом лесной фонд Кумённого района обусловлен высокой долей земель, покрытых лесной растительностью, преобладанием лесов естественного происхождения. По группам возраста преобладают средневозрастные и приспевающие насаждения, что составляет примерно 58% покрытой лесом площади. Из всех пород наибольшую площадь занимает ель – 55%.

Сохранение биологического разнообразия – это одна из основных экологических проблем современности. Национальная стратегия сохранения биоразнообразия в России была разработана в 2001 г. Российской академией науки Министерством природных ресурсов РФ. Для сохранения биологического разнообразия в местах естественного обитания создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ).

На территории Куменского лесничества имеется 6 участков особо охраняемых природных территорий, которые позволяют сохранить уникальные объекты (ботанические памятники и курортная зона).

Кроме этого на территории Куменского лесничества имеются участки, перспективные для создания ООПТ. К ним можно отнести «Верхобыстрицкий ельник», который расположен в окрестностях с. Верхобыстрица.

Лесохозяйственные мероприятия должны обеспечивать повышение биологической устойчивости и регулирование рекреационных нагрузок. В целях обеспечения санитарной безопасности в лесах Куменского лесничества осуществляется:

- лесозащитное районирование (определение зон слабой, средней и сильной лесопатологической угрозы);
- лесопатологические обследования;
- авиационные и наземные работы по локализации и ликвидации очагов вредных организмов;
- санитарно-оздоровительные мероприятия (вырубка погибших и поврежденных лесных насаждений, очистка лесов от захламливания и иного негативного воздействия);

установление санитарных требований к использованию лесов (Лесохозяйственный регламент Куменского лесничества, 2013).

Лесной фонд Куменского района имеет большое значение для Кировской области, так как большая часть территории района покрыта лесной растительностью и составляет 97,5%. Сохранение лесов необходимо для выполнения их экологических и рекреационных функций.

Литература

Инвестиционный паспорт Куменского района. Режим доступа: <http://razvitie43.ru/wp-content/uploads/2013/09/Куменский-район1.pdf>.

Лесохозяйственный регламент Куменского лесничества Кировской области, 2013. Режим доступа: <https://docviewer.yandex.ru>.

Министерство лесного хозяйства Кировской области. Режим доступа http://www.kirovreg.ru/power/executive/dep_forest/about.php.

Официальный сайт Куменского района. Режим доступа <http://kumensky.ru>.

Приказ Рослесхоза «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации», 2011.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ НАРОДНОЙ МЕДИЦИНЫ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Л. Егошина, Е. А. Лугинина

ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
etl@inbox.ru

В настоящее время все большее значение приобретает изучение растений, которые использует местное население в различных регионах Земли, как эффективного, экономичного и перспективного метода поиска веществ для получения новых лекарственных препаратов (Сох, 2005), безопасных профилактических средств (Ramaswamy, 2005). Выявление видового состава, способов использования растений населением и оценка ресурсов растений с целью разработки выявления возможности хозяйственного использования и критериев рационального использования особенно актуально в России, где лечение растениями, заготовки их сырья проводит свыше 70% населения (Лугинина, 2004; Порозова, 2007).

Анализ данных по народной медицине, особенно в мало исследованных в этом аспекте регионах, к которым относится Кировская область, позволяет не только выявить некоторые особенности использования растений и наиболее употребляемые виды, которые, вероятно, являются наиболее перспективными для изучения, но и облегчит, как подчеркивал А. И. Шретер (1975) выбор оптимальных объектов изучения, повысит темпы и результативность поиска новых лечебных средств растительного происхождения.

Сбор материала по использованию лекарственных растений в народной медицине сырья проводились в Кировской области в 1981–2005 гг. В работе использовались методы анализа на основе длительных контактов и углубленного интервью (Вопросы методики этнографических..., 1970; Харамзин, 2001), личного опроса местных жителей и анкетирования. Анкеты и интервью были составлены с использованием рекомендаций Н. Н. Монтеверде (1948).

Анализ сведений о растениях, применяемых в народной медицине Кировской области, позволил выявить 93 вида растений, относящиеся к 41 семейству, которые широко используются в народной медицине региона. Наибольшим количеством применяемых видов характеризуются семейства *Asteraceae* – 11,5%; *Ranunculaceae* – 8,3%; *Lamiaceae* – 6,2%; *Caryophyllaceae* – 5,2% от общего числа видов. В регионе исследования используются в качестве лекарственных средств как официальные растения, применяемые в научной медицине (например, виды р. *Hypericum*, *Filipendula ulmaria*, *Paeonia anomala*), так и не относящиеся к ним. Наиболее популярными лекарственными растениями народной медицины являются *Campanula glomerata*, *Carlina biebersteinii*, *Centaurea sumensis*, *Chimaphila umbellata*, *Equisetum fluviatile*, *Mentha arvensis*, *Moneses uniflora*, *Potentilla argentea*, *Polygala comosa*, *Hylotelephium maximum*. Эти виды могут быть предложены для первоочередного изучения.

Исследование показало, что применение значительной части растений (55,9% видов) в Кировской области несколько уже, чем отмечено в литературе, но в целом совпадает с опытом других народных медицины (Трусов и др., 2001; Ильина, 2006; Egoshina, Luginina, 2008). Данная закономерность характерна для довольно известных видов лекарственных растений, таких как *Agrimonia eupatoria*, *Actaea spicata*, *Adonis sibirica*, *Anthemis tinctoria*, *Chamaenerion angustifolium*, *Dactylorhiza fuchsii*, *Drosera rotundifolia*, *Dryopteris filix-mas*, виды р. *Hypericum*, *Mentha arvensis*, *Thlaspi arvense*, *Trifolium aureum*, *Veratrum lobelianum* и некоторых других.

В использовании 19,4 % видов растений при общем сходстве отмечены оригинальные особенности использования, терапевтический эффект которых не подтвержден литературными сведениями. Например, применение *Filipendula ulmaria* – при гипертензии, головной боли, *Gentiana cruciata* – в качестве противовоспалительного, *Hylotelephium maximum* – в климактерическом периоде и при травматических артритах, *Juncus filiformis* – при нарушениях менструального цикла, *Leucanthemum vulgare* – в качестве abortивного средства, *Linnaea borealis* – в качестве успокоительного и снотворного, *Paeonia anomala* – при лечении диареи, *Parnassia palustris* – при гонорее и туберкулезе кожи, *Polygala comosa* – при опущении внутренних органов, *Potentilla argentea* – при опущении внутренних органов, мышечной боли, *Primula macrocalyx* – как общеукрепляющее, *Pulsatilla patens* – как успокаивающее, при бессоннице, головных болях и депигментации. 20,4 % видов растений имеют в области вполне оригинальные способы применения. К ним, например, относятся *Acinos arvensis*, *Calypso bulbosa*, *Campanula cervicaria*, *Carlina biebersteinii*, *Coronaria flos-cuculi*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus superbus*, *Geum rivale*, *Moneses uniflora*, *Myosotis palustris*, *Platanthera bifolia*, *Scleranthus annuus*.

3 вида растений в качестве народно-медицинских растений отмечены впервые: *Campanula latifolia*, *Centaurea sumensis*, *Dryopteris austriaca*. Особое значение среди этих видов имеет *Centaurea sumensis*, надземная часть которого в южных районах области массово применяется при заболеваниях женских половых органов, в послеродовом периоде. Несколько реже с этой же целью используется *Campanula latifolia*. Терапевтическое действие указанных видов не подтверждено литературными сведениями. Но аналогичное использование близких видов отмечено. Например, при болезнях репродуктивной системы в применяется *Campanula patula*, *C. persicifolia*, *C. cervaria*, *C. glomerata*, *Centaurea jaceae*, *C. scabiosa*, *C. cyanus*. Виды р. *Centaurea* в эксперименте оказывают влияние на гладкую мускулатуру (Дудко и др., 1986). Вероятно, химический состав и терапевтическое действие *Dryopteris austriaca* близки к таковым других используемых видов р. *Dryopteris*.

Литература

Вопросы методики этнографических и этносоциальных исследований. М., 1970.

Дудко В. В., Алексеюк Н. В., Клименко В. Г., Лмитриук С. Е., Сальникова Е. Н. Результаты химического обследования и перспективы применения в медицине растений рода Соссюрея и Василек // Лекарственные растения Алтайского края. Томск, 1986. С. 56–59.

Ильина И. В. Лекарственные средства природного происхождения в народной медицине коми // Финно-угорский мир: состояние природы и региональная стратегия защиты окружающей среды. Сыктывкар, 2000. С. 159–165.

Лугинина Е. А. Ресурсы дикорастущих лекарственных, ягодных, плодовых растений и грибов в Кировской области и особенности их использования // Пищевые ресурсы дикой природы и экологическая безопасность населения. Киров, 2004. С. 70–71.

Мазная Е. А. Оценка запасов растений, имеющих хозяйственное значение // Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. С. 95–102.

Монтеверде Н. Н. Методика полевого изучения лекарственных растений // Методика полевого исследования сырьевых растений. М.- Л., 1948. С. 211–214.

Порозова А. Д. Соотношение народной и государственной медицины в системе жизнеобеспечения населения Ульяновского Поволжья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 9. С. 53–57.

Трусов В. В., Туганаев В. В., Баранова О. Г. и др. Фитотерапия в клинике внутренних болезней. Ижевск, 2001.

Харамзин Т. Г. Экономика традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера. Ханты-Мансийск, 2001.

Шретер А. И. Использование этнографических и лингвистических материалов при поисках новых лечебных средств растительного происхождения // Этнографические аспекты изучения народной медицины. Л.: Наука, 1975. С. 6–9.

Cox P. A. Plants, people, and phytochemicals: therapies or threats // XII International Botanical Congress. Vienna, 2005. P. 5.

Egoshina T. L., Luginina E. A. Medicinal plants in folk medicine of taiga zone of Russia: peculiarities of use and resources // Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation: Proceedings of IV Balcan Botanical Congress/ Sofia. 20–26 June 2006. Sofia: Institute of Botany: Bulgarian Academy of Sciences. 2009. S. 624–631.

Pallas P. S. Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reiches. St. Peterburg, 1776. Bd. III.

Ramaswamy N. M. Medicinal plants research and development for sustainable health // XII International Botanical Congress. Vienna, 2005. P. 175.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗАПАСА ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОДНИКОВ

Н. С. Кетова¹, Н. Ю. Егорова², О. С. Егоров³

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия, np-kirov@mail.ru*

² *ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, n_chirkova@mail.ru*

³ *Вятский социально-экономический институт, egoroleg@list.ru*

Ресурсы дикорастущих растений имеют большое пищевое, лекарственное и кормовое значение и играют весомую роль в формировании и поддержании биологической устойчивости лесных фитоценозов. В целом для населения эти ресурсы выполняют разнообразные экологические, социальные и экономические функции (Комплексная продуктивность земель..., 2007).

Особенностью современных социально-экономических условий является резкое увеличение потребления населением России дикорастущей продукции, прежде всего грибов, ягод, лекарственных растений. Одновременно увеличи-

вается антропогенное влияние на ценопопуляции ресурсных видов растений (Егошина, 2008; Вельм, 2009).

Одним из основных вопросов при заготовке дикорастущих растений является обеспечение равномерного и неистощительного пользования этими возобновимыми природными ресурсами. Эффективное использование имеющихся ресурсов недревесного сырья возможно лишь при наличии сведений об их запасах и размещении в пределах конкретной административно-хозяйственной единице (лесничестве, лесхозе, субъекте Федерации). Анализ имеющихся данных, свидетельствует о значительных пробелах в информационной базе по недревесным растительным ресурсам – их биологических запасах, промысловой концентрации и экономической доступности (Дмитриева и др., 2009; Старицын, 2013).

Для практической организации и проведения заготовок ягод необходимы сведения о хозяйственном запасе, который определяется с учетом доступности промысловых массивов. Здесь в первую очередь должно учитываться наличие достаточных в данном географически локализованном пространстве факторов производства (необходимых местных ресурсов), среди которых людские и природные ресурсы, инфраструктура и т.п. В большинстве случаев эти факторы учитываются субъективно, на основе опыта и личных предположений оценивающего лица. Предлагаемый подход поможет учесть влияние факторов хозяйственной доступности промысловых угодий более объективно.

Предлагаемая методика оценки запасов лесных ресурсов, основана на расширенных возможностях отдельных геоинформационных систем (таких как ГИС «ArcGIS Desktop», ГИС «QGIS», ГИС «GRASS» и некоторые другие) по работе с растровыми наборами данных. Особое значение при использовании предлагаемой методики имеет возможность работы с растровой алгеброй (умножение, деление, сложение, вычитание, булевы операции, операции выбора), возможности по извлечению поднаборов растровых данных по маске, по атрибутам, возможности выполнения анализа расстояния до исследуемых объектов и др.

Данная методика учитывает ягодную продуктивность разных типов лесных угодий, влияние источников антропогенных факторов на формирование ягодных запасов и позволяет оценить биологический, эксплуатационный и промысловый ягодные запасы исследуемой территории, выявить участки наиболее пригодные для сбора ягод с учетом их транспортной доступности для населения.

При оценке ресурсов используются векторные карты, на которых обозначены источники антропогенной нагрузки (дороги, населенные пункты и др.) и лесные угодья с разной ягодной продуктивностью. При использовании топографических карт источники антропогенной нагрузки уже разбиты на категории (дороги: тропы, полевые дороги, грунтовые дороги, шоссе и т.д.; населенные пункты: города, поселки, деревни). Каждой категории присваивается определенный коэффициент в зависимости от предполагаемой величины

влияния антропогенных факторов. При выборе коэффициента для населенных пунктов учитывается количество населения.

Суть методики в следующем. Посредством ГИС создается растр продуктивности лесных угодий, ячейки которого имеют значение равное ягодной продуктивности типа лесных угодий, имеющего пространственную привязку к данной ячейке растра и растр антропогенного влияния, значения ячеек которого увеличиваются с удалением от источников антропогенной нагрузки. Используя инструменты растровой алгебры, получаем растр биологической продуктивности, как результат перемножения растра продуктивности лесных угодий и растра антропогенного влияния. В полученном растре значения биологической продуктивности увеличиваются с удалением от источников антропогенной нагрузки. Оценка биологической продуктивности территории проводится после экспорта статистики растра из ГИС в текстовый файл.

Используя растр биологической продуктивности в качестве базового, создаются растры эксплуатационной и промысловой продуктивности путем выбора участков с более высокой продуктивностью (не менее 100 кг на 1 га лесных угодий) и оптимальной транспортной доступностью для населения с помощью инструментов растровой алгебры.

Результатом выполнения методики является не только получение «сухих» цифр, но и картографических материалов, которые удобно использовать как для определения границ ценных, с точки зрения сбора лесных пищевых ресурсов участков, так и для подготовки отчетов, в виде иллюстративного материала.

Литература

Вельм М. В. Некоторые проблемы заготовок и реализации пищевых ресурсов леса в Иркутской области // Известия ИГЭА, 2009. № 2. С. 45–47.

Дмитриева Т. Е., Максимов А. А., Хохлов Н. А. Недревесное лесопользование в Республике Коми: потенциал и проблемы формирования // География и природные ресурсы, 2009. № 4. С. 139–144.

Егошина Т. Л. Влияние антропогенных факторов на состояние ресурсов дикорастущих плодовых и лекарственных растений (на примере Кировской области). Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Пермь, 2008. 44 с.

Комплексная продуктивность земель лесного фонда / В. Ф. Багинский, В. В. Гримашиевич, Ф. Ф. Бурак, З. Г. Валова, И. В. Ерманина, Т. А. Колодий, С. Б. Кочановский, О. В. Лапицкая, А. В. Неверов, Л. В. Порошина, А. Д. Самусев, О. Н. Федоренко / Под общей ред. В. Ф. Багинского. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2007. 295 с.

Старицын В. В. Оценка влияния геоэкологических условий (на примере тектонических узлов) на состояние ресурсов лесных ягод Архангельской области. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2013. 20 с.

ВЛИЯНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СТИМУЛЯТОРА «ФЕРОВИТ» НА ФОРМИРОВАНИЕ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ

Е. А. Домнина^{1,2}, С. Н. Черезова¹

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Для нормального роста и развития растениям необходим такой элемент как железо. Недостаток железа проявляется в виде хлороза, при котором листья становятся светло-желтыми и задерживается развитие растения (Копылова, 2010). «Феровит» – препарат, который содержит железо в хелатной форме. Он ускоряет рост и развитие растений, предотвращает опадение цветков, вызывает раннее и дружное цветение, защищает от хлороза, улучшает акклиматизацию растений, восстанавливает интенсивность ростовых процессов при низких температурах и недостатке света.

Для создания композиций из комнатных растений необходимо, чтобы растения обладали декоративными свойствами и достигали определенного размера за короткий промежуток времени.

В связи с этим, целью нашего исследования было изучение влияния универсального стимулятора «Феровит» на формирования вегетативной массы у некоторых видов комнатных растений.

В июне 2015 г. мы срезали по 8 черенков Эхеверии изящной (*Echeveria elegans* R.), Фикуса Бенджамина (*Ficus benjamina* L.), Пеперомии круглолистной (*Peperomia rotundifolia*), Сенполии гибридной (*Saintpaulia hybrida* H. Wendl). Черенки поместили в воду для укоренения. Через месяц мы посадили растения в почву. Контрольную группу поливали водой, а опытные растения один раз в неделю раствором универсального стимулятора «Феровит» в концентрации 1,5 мл на 2 л воды.

В ходе опыта мы проводили измерение длины побега от почвы до верхней его части (таблица), считали количество листьев на побегах.

Таблица

Влияние стимулятора роста «Феровит» на рост комнатных растений

Вид	Опыт		Контроль	
	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта
Сенполия гибридная (<i>Saintpaulia hybrida</i> H. Wendl)	10 см	13 см	11 см	12,5 см
Пеперомия монетолистная (<i>Peperomia rotundifolia</i>)	8,6 см	11,9 см	7 см	10,8 см
Фикус Бенджамина (<i>Ficus benjamina</i> L.)	9,2 см	12,8 см	12,2 см	13,8 см

В результате проведенного эксперимента было установлено, что у пеперомии круглолистной и фикуса Бенджамина под действием препарата «Феро-

вит» наблюдался активный рост и до момента снятия опыта сохранились все растения. Практически не оказал влияния препарат на Эхеверию изящную (*Echeveria elegans*) и сенполию гибридную (*Saintpaulia hybrida* H.Wendl), так как в результате опыта, в некоторых случаях, наблюдалось гибель побегов или отсутствие различий по количеству листообразования.

Таким образом, благодаря проведенному опыту, мы установили влияние стимулятора дыхания и фотосинтеза «Феровит» на формирование надземной массы у выбранных нами комнатных растений.

Литература

Копылова Л. В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1 (3). С. 709–712.

ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. А. Безденежных¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В настоящее время масштабы загрязнения атмосферы весьма значительны, что представляет реальную угрозу для жизнедеятельности растительного и животного мира, в том числе и для человека. Одним из распространенных методов современной биоиндикации состояния атмосферного воздуха является лишеноиндикация (Малышева, 1998; Трасс, 1987).

Целью работы являлась лишеноиндикационная оценка чистоты атмосферного воздуха Дендрологического парка лесоводов г. Кирова.

Исследования проводились в период с сентября 2014 по май 2015 гг. Дендропарк лесоводов Кировской области расположен в Нововятском районе г. Кирова. В парке представлена уникальная коллекция древесно-кустарниковых растений и участки естественной лесной растительности. Парк популярен среди отдыхающих, поэтому испытывает высокую антропогенную нагрузку. С 2010 г. дендропарк стал памятником природы регионального значения (Об объявлении..., 2009).

Исследования проводились в период с сентября 2014 по май 2015 гг., было обследовано 100 модельных деревьев-форофитов, представленных породами – *Betula pendula* Roth, *Tilia cordata* Mill. и *Picea abies* (L.) H. Karst. Оценка качества атмосферного воздуха проводилась по методу линейных пересечений (Пчелкин, Боголюбов, 1997).

Эпифитная лишенофлора Дендрологического парка насчитывает 11 видов: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Evernia mesomorpha* Nyl., *Cetraria pinastri* (Scop.) S. Gray, *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. et C. F. Culb., *Imshaugia aleurites* (Ach.) S.

L. F. Meyer, *Lecanora allophana* (Ach.) Nyl., *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr., *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Physconia grisea* (Lam.) Poelt. По морфологическому строению преобладают листоватые лишайники (8 видов), встречен вид накипного лишайника *Lecanora allophana* и кустистый лишайник *Evernia mesomorpha*.

Кора разных видов деревьев различается по текстуре, влагоемкости, рН среды, химическому составу, поэтому разные виды лишайников приурочены к разным породам деревьев (Мучник, Инсарова, 2011). На липе мелколистной встречены такие виды лишайников, как *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia caperata*, *Parmelia sulcata* и *Physconia grisea*; на березе повислой – *Hypogymnia physodes* и *Flavoparmelia caperata*; на ели – *Xanthoria parietina* и *Vulpicida pinastri*. Выявленная приуроченность видов эпифитов к деревьям-форофитам совпадает с исследованиями других авторов.

Рассматривая количественные параметры приуроченности эпифитов к деревьям-форофитам, наибольший процент от всех встреченных лишайников был обнаружен на древесной породе *Tilia cordata* (43,4 %), что, возможно, связано с благоприятным значением рН коры липы для роста эпифитов. На *Betula pendula* было встречено 31,9% лишайников, а на *Picea abies* – 24,7%.

Наиболее часто встречаемыми видами лишайников на всех обследованных деревьях дендропарка являются *Xanthoria parietina* и *Flavoparmelia caperata* (рис. 1).

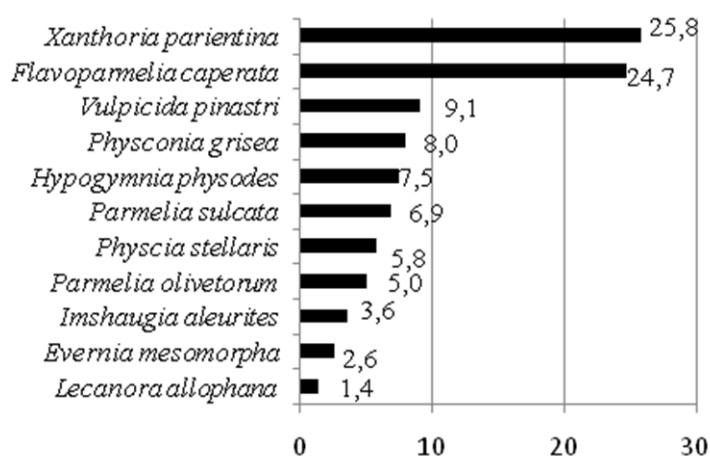


Рис. 1. Встречаемость различных видов лишайников на древесных породах, % от общего количества

Редким видом для дендропарка лесоводов Кировской области является *Lecanora allophana* (вид накипного лишайника с преимуществом произрастания на молодых деревьях) и кустистый лишайник *Evernia mesomorpha*, так как вид является чувствительным к атмосферному загрязнению.

Многими исследователями (Малышева, 1998; Михайлова, Воробейчик, 1999) отмечено изменение проективного покрытия лишайников под влиянием загрязняющих веществ в сторону его уменьшения. Наибольшее относительное проективное покрытие в Дендропарке лесоводов имеют лишайники – *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia caperata* и *Hypogymnia physodes* (рис. 2).

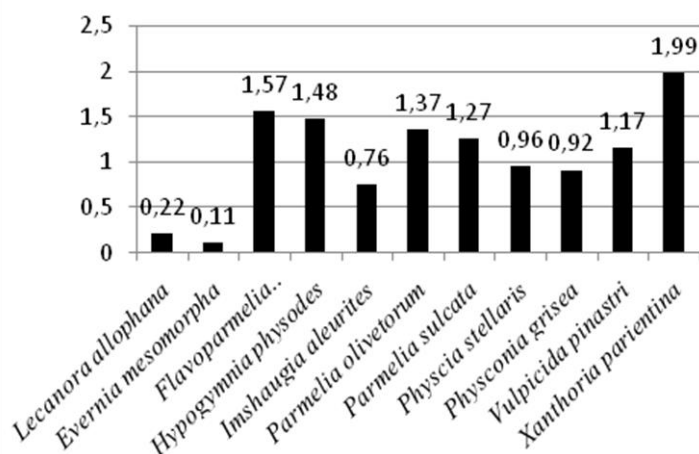


Рис. 2. Относительное проективное покрытие лишайников на древесных породах, в %

По проективному покрытию выставлялся балл, а так же каждому виду эпифитного лишайника присваивался класс полеотолерантности, в соответствии со шкалой Трасса Х.Х. Классы менялись от 3 – чувствительные виды (*Evernia mesomorpha*, *Hypogymnia physodes*, *Imshaugia aleurites*) и до 9 – устойчивые виды (*Flavoparmelia caperata*).

Исходя из значений относительного проективного покрытия и данных лихенометрической съемки, рассчитали индекс полеотолерантности (далее ИП) для дендрологического парка. Рассчитанный ИП, равный 5,82, согласно классификации состояния атмосферы по Х. Х. Трассу (1987), соответствует смешанной зоне умеренного загрязнения, с концентрацией диоксида серы от 0,03 до 0,08 мг/м³. Данный индекс говорит о том, что воздух умеренно загрязнен. По сравнению с исследованными ранние парками г. Кирова, в которых ИП лежали в пределах – от 7,00 до 8,60 (Безденежных, 2014), значение ИП Дендропарка ниже, что свидетельствует о меньшем загрязнении атмосферного воздуха. Видовое разнообразие эпифитных лишайников Дендропарка лесоводов практически сходно с выявленными ранее видами лишайников в парках г. Кирова. В Дендропарке выявлены 2 вида, не встреченные в других парках.

Таким образом, лихеноиндикационная оценка состояния атмосферного воздуха Дендрологического парка показала, что по рассчитанному индексу полеотолерантности, равному 5,82, атмосферный воздух Дендропарка умеренно загрязнён и концентрация диоксида серы лежит в диапазоне от 0,03 до 0,08 мг/м³.

Литература

Об объявлении Дендрологического парка лесоводов Кировской области памятником природы регионального значения: постановление правительства Кировской области от 28.12.2009 № 35/530.

Безденежных К. А., Кондакова Л. В. Оценка качества атмосферного воздуха парковых территорий г. Кирова методом лехиноиндикации // Экология родного края: проблемы и пути решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 22-24 апр. 2014 г. Киров: Веси, 2014. С. 202–205.

Малышева Н. В. Лишайники Санкт-Петербурга. Влияние городских условий и лихеноиндикации атмосферного загрязнения // Ботанический журнал. 1998. Т. 83. № 9. С. 39–45.

Михайлова И. Н., Воробейчик Е. Л. Эпифитные лишеносинузии в условиях химического загрязнения: зависимости доза-эффект // Экология. 1995. № 6. С. 455–460.

Мучник Е. Э., Инсарова И. Д., Казакова М. В. Учебный определитель лишайников Средней России: учебно-методическое пособие. Рязань, 2011. С. 25–44.

Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды. Методическое пособие. М.: Экосистема, 1997. 25 с.

Трасс Х. Х. Лихеноиндикационные индексы и SO₂ // Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. М.: Наука, 1987. С. 111–115.

ИЗУЧЕНИЕ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА РАСТЕНИЙ БРУСНИКИ НА ТЕРРИТОРИИ ОРИЧЕВСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. И. Арсланова¹, С. Ю. Огородникова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, svetao_05@mail.ru*

Пигменты играют важную роль в жизнедеятельности растительных организмов. Количественное содержание и качественный состав пигментов, изменение их соотношения в листьях – важнейшие чувствительные показатели фотосинтетического аппарата и физиологического состояния растений. Изменения в пигментном фонде растений могут быть связаны не только со световым режимом, но и с другими климатическими факторами (Чепалов, 2010).

Качественный и количественный состав пигментов является показателем приспособленности растения к условиям окружающей среды. Так, количество хлорофиллов и каротиноидов, приходящееся на единицу веса, различно у растений, адаптированных к разным условиям освещения: наибольшее общее содержание хлорофиллов и каротиноидов наблюдается у теневыносливых растений. Соотношение хлорофиллов а/б также является показателем хроматической адаптации и меняется в ряду растений теневыносливые → светолюбивые → альпийские: 2,5 → 3,5–3,9 → до 5,5 (Горышина, 1989).

Целью работы было изучить содержание пластидных пигментов в листьях растений брусники, произрастающих в разных типах лесных фитоценозов на территории Оричевского района Кировской области.

Исследования проводили на лесных участках, которые являются частью сети экологического мониторинга в районе объекта уничтожения химическо-

го оружия «Марадыковский». Участки различались по типу растительных ассоциаций. Сосняки: № 4 – березово-сосняк разнотравный, № 28 – сосняк вейниково-черничный, № 9 – сосняк чернично кисличный, № 47 – березово-сосняк вейниково-черничный с костяникой, № 19 – сосняк зеленомошный, № 112 – сосняк вейниково-марьянниковый; ельники: № 13 – ельник чернично-зеленомошный, № 17 – сосново-березово-ельник черничный, № 55 – березово-ельник черничный, № 59 – пихтовоельник кисличный, № 5 – елово-березняк черничный

Изучали накопление пигментов в листьях брусники (*Vaccinium vitis-idaea*) 2 года жизни. Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов определяли на спектрофотометре Specol-1300 (Германия) в ацетоновой вытяжке при длинах волн 662, 644 (хлорофиллы) и 440,5 нм (каротиноиды) в 3-кратной биологической повторности (Шлык, 1971).

Было изучено содержание пластидных пигментов в листьях растений брусники, произрастающих в разных типах фитоценозов. Одним из основных отличий ельников от сосняков являются световые условия местообитания растений под пологом леса. Еловые фитоценозы характеризуются большей сомкнутостью крон, чем сосновые фитоценозы, что приводит к меньшей освещенности растений травяно-кустарничкового яруса.

Выявлено, что в листьях растений брусники, отобранных из сосняков, содержание хлорофилла *a* было в пределах от 0,84 до 1,99 мг/г сухой массы, среднее значение 1,29 мг/г сухой массы (табл.). В листьях брусники, произрастающей в ельниках, содержание хлорофилла *a* было выше, чем в листьях брусники из сосняков. Количество хлорофилла *a* в листьях растений из ельников варьировало в пределах от 1,54 до 2,0 мг/г сухой массы.

Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам ($a+b/\text{каротиноиды}$) играет важную роль при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Соотношение хлорофиллы/каротиноиды в листьях брусники произрастающей в сосняках составляло в среднем 8,52, в ельниках этот показатель был выше – 11,94.

Полученные данные согласуются с особенностями светового режима в лесных фитоценозах. В ельниках большая сомкнутость крон приводит к меньшему поступлению квантов света, и, соответственно, адаптация фотосинтетического аппарата листьев брусники направлена на повышенное поглощение квантов света за счет увеличения содержания хлорофиллов.

От условий освещенности зависит не только количество, но и состав пластидных пигментов листа. Известно, что хлорофилл *a* более эффективен в фотохимических реакциях, роль хлорофилла *b* ограничивается передачей захваченной энергии на хлорофилл *a*. О степени сформированности фотосинтетического аппарата судят по отношению хлорофиллов a/b . Это отношение связано с активностью «главного» хлорофилла *a*, чем оно больше, тем интенсивнее фотосинтез. Соотношение хлорофиллов a/b в листьях брусники на сосновых участках составляло в среднем 1,79, в то время как в ельниках значение было выше – 1,92, что может указывать на различия в интенсивности

фотосинтеза растений брусники, произрастающей в ельниках, по сравнению с сосняками. Данные о соотношении хлорофиллов также свидетельствуют о проявлении признаков теневыносливости, растениями брусники, произрастающими в лесных фитоценозах.

Обязательным компонентом пигментной системы растений являются каротиноиды. Исследование количественного содержания каротиноидов в листьях брусники, произрастающей на разных участках сосновых фитоценозов показало, что количество желтых пигментов варьировало незначительно от 0,22 до 0,28 мг/г сухой массы, как и в еловых участках – от 0,20 до 0,29 мг/г сухой массы.

Таблица

Содержание пигментов в листьях брусники (мг/г сухой массы)

№ участка	Хлорофиллы				Сумма каротиноидов	Хлорофиллы каротиноиды
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a/б</i>	Сумма <i>a+б</i>		
Еловые участки						
5	2,00±0,18	0,98±0,16	2,04	2,98	0,29±0,02	10,28
13	1,75±0,05	0,93±0,03	1,88	2,68	0,20±0,01	13,4
17	1,54±0,09	0,76±0,07	2,02	2,30	0,21±0,02	10,96
59	1,76±0,03	1,00±0,03	1,76	2,76	0,21±0,02	13,14
Сосновые участки						
4	0,84±0,06	0,86±0,04	0,98	1,70	0,31±0,03	5,48
9	1,31±0,01	0,72±0,03	1,82	2,03	0,25±0,01	8,12
19	0,98±0,04	0,42±0,01	2,33	1,40	0,22±0,01	6,36
28	1,32±0,13	0,64±0,05	2,06	1,96	0,22±0,02	8,90
47	1,26±0,12	0,70±0,07	1,80	1,96	0,23±0,02	8,52
55	1,99±0,08	1,19±0,01	1,67	3,18	0,24±0,01	13,25
112	1,35±0,08	0,53±0,06	1,88	2,54	0,28±0,02	9,07

Таким образом, было изучено содержание пластидных пигментов в листьях брусники, произрастающих в сосновых и еловых фитоценозах на территории Оричевского района Кировской области. Показано, что в листьях брусники, отобранных из ельников, содержание хлорофиллов было выше, чем в листьях растений из сосняков. Листья брусники отличались по соотношению зеленых пигментов, оно составляло 1,79 и 1,92 для растений из сосняков и ельников соответственно. Данные о соотношении хлорофиллов свидетельствуют о проявлении признаков теневыносливости, растениями брусники, произрастающими в условиях Оричевского района Кировской области.

Литература

Горышина Т. К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1989. 180 с.
 Чепалов В. А. Эколого-физиологические особенности пигментного аппарата у растений криолитозоны. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2010.
 Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ СВИНЦА И
ФОСФАТ-АНИОНА НА КОНФОРМАЦИЮ КАРОТИНОИДОВ
ELODEA CANADENSIS MICHX И *CERATOPHYLLUM DEMERSUM* L.,
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО
РАССЕЯНИЯ СВЕТА**

А. С. Шаповалова

*Самарский национальный исследовательский университет
имени Академика С. П. Королева*

В литературе последних лет хорошо освещена проблема защиты хлоропластов от повреждающего действия света, изучена фотопротекторная функция каротиноидов (Bruno, 2004; Ладыгин, 2002), но фотосистемы растений должны быть защищены и от стресса, вызванного другими факторами, например, загрязнением тяжелыми металлами (Макурина, 2012). Изучение каротиноидов позволит сделать вывод об их вкладе в защиту от окислительного стресса и о стабильности фотосинтетического аппарата растения, подвергшегося отрицательному воздействию (Тютяев, 2015).

На опыте установлено, что инкубация *Elodea canadensis* в водной среде как с добавлением ионов Pb^{2+} в течение трех суток, так и с фосфат-анионом PO_3^{2-} в течение того же времени значительно не влияет на конформацию каротиноидов этого растения. Не было показано изменения количества двойных связей, а так же колебаний метила в молекуле каротиноидов. Только в случае с интоксикацией фосфат-анионом PO_3^{2-} обнаружилась тенденция к уходу молекулы каротиноидов от плоской конфигурации, вызванная, возможно, большей ассоциацией пигмента с белками в ФСА. Не коснулись изменения и пространственной ориентации атомов в плоскости.

Противоположные данные получили для *Ceratophyllum demersum*, так же прошедшего инкубацию в течение трёх суток с ионами свинца, где изменения спектра КР коснулись всех полос. Установлено укорочение длины конъюгированной цепи каротиноидов, возможно, вызванное увеличением плотности микроокружения каротиноидов, наблюдается тенденция перехода молекул каротиноидов к изогнутой конформации, обусловленной усилением связи и, возможно увеличением количества ассоциаций пигмента с белками ФСА, так же существенные изменения коснулись и колебаний метильной группировки относительно связи $-C=C-$ в молекуле каротиноидов.

Мы предполагаем, что различное воздействие поллютантов, оказанное на растительные организмы *Elodea canadensis* и *Ceratophyllum demersum* обусловлено с принадлежностью к разным систематическим группам. Возможно, растение *Elodea canadensis* по изучаемому параметру оказалось более устойчивым к окислительному стрессу, поэтому значительных изменений конформации каротиноидов не произошло. Не было выявлено изменений стереоизомерии каротиноидов, они находятся преимущественно в транс конфигурации у обоих опытных растений.

На опыте показано, что каротиноиды выполняют свои защитные функции, находясь в ситуации стресса, вызванного загрязнением тяжелыми металлами. Возможно, связь каротиноидов с белками ФСА вызвана необходимостью диссипации избыточной энергии в виде тепла, а повышение вязкости микроокружения каротиноидов – защитный механизм, включающийся в ситуации стресса.

Литература

Ладыгин В. Г. Современные представления о путях биосинтеза каротиноидов в хлоропластах эукариот // Журн. общей биологии. 2002. Т. 63. № 4. С. 299–325.

Макурина О. Н., Розина С. А. Влияние ксенобиотиков на ферментативную активность в тканях водного погруженного растения *Ceratophyllum demersum* // Вестн. СамГУ. Естественнонаучн. сер., 2012. № 9(100). С. 200–210.

Тютяев Е. В., Шутова В. В. и др. Состояние фотосинтетических пигментов в листьях инбредных линий и гибридов кукурузы // Физиология растений и генетика. 2015. № 2. С. 147–159.

Bruno Robert The Electronic Structure, Stereochemistry and Resonance Raman Spectroscopy of Carotenoids // The Photochemistry of Carotenoids. Kluwer Academic Publishers New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow 2004. P. 189–201.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИМЕРЕ РАЗНЫХ ВИДОВ

А. А. Юрлов, Н. А. Сунцова

*Вятский государственный университет,
lesha.yurlov@mail.ru, suntsova_nadi@mail.ru*

В XXI веке для человечества все более обретает смысл сохранение устойчивости биосферы. Разнообразие живых организмов обеспечивает функционирование природных и антропогенных экосистем и устойчивость биосферы в целом. В свою очередь, разнообразие генофонда обеспечивает поддержание гомеостаза популяций и их адаптацию к меняющимся условиям среды и является важнейшей характеристикой экосистем.

Поэтому решение одной из наиболее актуальных проблем современности – поддержание устойчивости деградирующих природных экосистем – невозможно без поддержания не только разнообразия живых организмов, но и без поддержания разнообразия их генофонда. Эколого-генетический аспект требует понимания механизмов и факторов антропогенного воздействия на изменение генетической структуры популяций. Вскрытие механизмов воздействия человека на генофонд популяций чрезвычайно важно, т.к. дает ключ к пониманию механизмов поддержания и восстановления не только видов, но и экосистем.

Целью данной работы является обзор научных исследований в области генетической диагностики экосистем в условиях антропогенной нагрузки.

В. М. Макеевой и др. (2006) была создана система городского эколого-генетического мониторинга генофонда позвоночных животных на примере

модельных объектов двух видов бурых лягушек: *Rana arvalis* Nilss. и *R. temporaria* L. Обнаружено сокращение разнообразия генофонда московских популяций лягушек по сравнению с природными: у остромордой лягушки – до 80%, у травяной – до 50%. В крупных природных популяциях уровень средней гетерозиготности на локус выше, чем в мелких городских изолятах. Показан факт фиксации разных аллелей одного и того же локуса на примере фермента супероксиддисмутазы в различных мелких изолятах. Качество генофонда всех, кроме одной, городских популяций бурых лягушек оценивается как неудовлетворительное, а популяций остромордой лягушки – как критическое. Главная причина этих изменений – генетический дрейф и сопутствующий ему инбридинг, вызванный фрагментацией ареалов и сокращением численности популяций этого вида вследствие антропогенного воздействия.

Л. С. Тупицина (2008) установила, что при воздействии нефти на растительные организмы увеличивается частота нарушений генома, модифицируется ранний онтогенез, изменяются темпы роста, усиливается онтогенетическая нестабильность, повышается доля особей, погибающих на начальных стадиях онтогенеза. Использовались растения из семейств Капустные: рапс (*Brassica napus* L.), капуста (*Brassica oleracea* L.), сурепица обыкновенная (*Barbarea vulgaris* R. Br.); Астровые: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.); Злаковые: бекмания обыкновенная (*Beckmania eruciformis* Host), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), кострец безостый (*Bromus inermis* Leyss), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* L.), полевица белая (*Agrostis alba* L.), пырей ползучий (*Agropyrum repens* L.); Бобовые: клевер красный (*Trifolium rubens* L.), клевер розовый гибридный (*Trifolium hybridum* L.); Коммелиновые: традесканция зебровидная (*Zebrina pendula* Schnizl).

А. И. Таскаевым и др. (2010) были проведены многолетние исследования последствий низкоинтенсивных воздействий ионизирующей радиации и радиоактивного загрязнения на популяции мышевидных грызунов, обитающих в зоне аварии на Чернобыльской АЭС и на территории Северного радиэкологического стационара. Показано, что хроническое воздействие изучаемыми факторами приводит к достоверно значимому изменению величины генетического груза, определяемого по уровню цитогенетических нарушений, интенсивности размножения, плодовитости.

В. А. Шевченко (1998) проведены исследования на Восточно-Уральском радиоактивном следе (ВУРС, Челябинская область), Брянской обл. и в 30-км зоне аварии на Чернобыльской АЭС. При дополнительном остром облучении проростков семян *C. scabiosa* L. и *Ph. pratense* L., показано, что растения из хронически облучаемых популяций характеризуются более высокой радиорезистентностью по сравнению с контрольными популяциями. Показано, что в хронически облучаемых популяциях *C. scabiosa* L. происходит увеличение мутационного груза. Установлена более высокая генетическая эффективность низких доз радиации по сравнению с более высокими. Установлено, что у сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) повысилась частота aberrаций хромо-

сом, несмотря на то, что к этому времени доза внешнего облучения существенно снизилась. Показано, что у различных видов мышевидных грызунов частоты реципрокных транслокаций, аномальных головок спермиев и микроядер в эритроцитах периферической крови были низкими и в большинстве случаев не зависели от уровня загрязненности участка радионуклидами.

Л. В. Якименко, И. В. Картавцевой (2013) установлено, что в непосредственной близости от заводов горно-химического комбината «Бор» и горно-металлургического комбината «Дальполиметалл» (Приморский край) у синантропных грызунов уровень хромосомных аномалий и аномалий головок спермиев возрастает в 310 раз.

В. Г. Артюхов и др. (2004) установили, что на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС и в настоящий момент, не испытывающих на себе антропогенного прессинга, радиация индуцирует в отдаленные сроки у семенного потомства дуба черешчатого, нестабильность цитогенетических показателей по типу волновой кинетики мутационного процесса, делая их более подверженными влиянию средовых факторов.

Н. А. Калашник (2008) исследовал уровень хромосомных нарушений на различных стадиях митоза в меристематической ткани проростков семян сосны обыкновенной, произрастающей на территории Южного Урала в условиях различного по характеру и степени промышленного загрязнения. Выявлено негативное влияние техногенного загрязнения на хромосомный аппарат исследуемого вида.

Е. В. Даевым и др. (2009) с помощью цитогенетического анализа делящихся клеток водяного ослика (*Asellus aquaticus*) анателофазным методом показано, что частота хромосомных aberrаций достоверно повышена в водоемах, испытывающих более сильную антропогенную нагрузку.

Эколого-генетический мониторинг популяций грызунов на радоно- и тораноопасных территориях Среднего Урала продемонстрировал повышенный кластогенный потенциал среды (Гилева, 1996). Был обнаружен параллелизм между частотой хромосомных нарушений у домовых мыши и онкозаболеваемостью людей, проживающих на тех же территориях. Выявлена связь между уровнем цитогенетического поражения и инфицированностью вирусом геморрагической лихорадки.

В. Н. Калаев (2006) показал, что в крупном промышленном центре Курской магнитной аномалии – г. Старый Оскол в корневой меристеме проростков семян березы повислой (*Betula pendula* Roth.) увеличивается число делящихся клеток, изменяется длительность прохождения клетками стадий профазы и метафазы митоза, возрастает число и спектр нарушений митоза. Уменьшается площадь поверхности одиночных ядрышек, возрастает число клеток с остаточными ядрышками на стадии метафазы-телофазы митоза.

Приведены результаты изучения цитогенетических реакций, полученных из семян, собранных в районах г. Воронежа и на пригородной территории с разным уровнем антропогенного загрязнения Т. В. Баранова (2015) установи-

ла, что при слабой степени загрязнения среды митотический индекс (МИ) проростков берёзы повислой составляет 9%, а доля цитогенетических нарушений (ЦН) – 4,2%. В районах с сильной степенью загрязнения МИ колеблется от 8,6 до 10,5%, а доля ЦН – от 8,9 до 9,3%. Семенное потомство из относительно экологически чистого района отличается от контроля более низким МИ и большим числом нарушений деления.

Выявлено повышение митотического индекса в корневой меристеме проростков семян берёзы повислой за счет увеличения количества клеток в стадии профазы и уровня аномалий в районе сильной техногенной нагрузки в динамике в течение трех лет, митотической и ядрышковой активности у семенного потомства деревьев в слабо загрязненном районе в 1999–2000 гг. (Вострикова, 2009). Отмеченное увеличение митотической и ядрышковой активности у семенного потомства деревьев слабозагрязненного (Центрального) района г. Воронежа в 1999 г. по сравнению с контролем свидетельствует о стимулирующем эффекте низких доз загрязнителей на клеточные процессы. Обнаруженное повышение МИ за счет увеличения доли профаз и высокий уровень ЦН в районе сильной техногенной нагрузки (Левобережном районе г. Воронежа) указывают на снижение митотической активности.

В. А. Шахтамиров (2014) обнаружил генотоксический эффект, выявленный микроядерным тестом у домашних птиц (куриц породы хайсекс коричневые) из районов Чеченской Республики с повышенным уровнем загрязнения почвы стойкими органическими загрязнителями.

В связи с вышесказанным, для установления антропогенной нагрузки на окружающую среду с целью её сохранности и, возможно, восстановления целесообразно провести генетическую диагностику биологических объектов в Кировской области в экологически неблагоприятных районах (Кирово-Чепецк, Марадыково, окрестности Кировского биохимического завода).

Литература

Артюхов В. Г., Калаев В. Н., Савко А. Д. Влияние радиоактивного облучения материнских деревьев дуба черешчатого (*Quercus Robur* L.) на цитогенетические показатели семенного потомства (отдалённые эффекты) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация. 2004. № 1. С. 121–128.

Баранова Т. В. Цитогенетические изменения проростков берёзы повислой при загрязнении городской среды // Вестник Приволжского государственного технологического университета. Серия: лес, экология, природопользование. 2015. № 2 (26). С. 77–82.

Вострикова Т. В. Цитозологическое изучение берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях техногенной нагрузки // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация. 2009. № 2. С. 95–101.

Гилева Э. А., Анохина Е. А., Безель В. С., Большаков В. Н., Нохрин Д. Ю., Полявина О. В., Чепраков М. И., Щяпникова М. С. Геномная и морфологическая изменчивость у млекопитающих на загрязнённых территориях: эволюционно-экологические аспекты. Отчёт о НИР/НИОКР. РФФИ: 96-04-48014-а. 1996.

Даев Е. В., Дукельская А. В., Казарова В. Э. Подход к оценке мутагенности загрязнителей воды цитогенетическими методами с использованием биоиндикаторного вида *Asellus Aquaticus* (*Isopoda*) // Экологическая генетика. 2009. Т. VII. № 3. С. 10–16.

Калаев В. Н., Буторина А. К., Шелухина О. Ю. Оценка антропогенного загрязнения районов г. Старый Оскол по цитогенетическим показателям берёзы повислой // Экологическая генетика. 2006. Т. IV. № 2. С. 9–21.

Калашник Н. А. Хромосомные нарушения как индикатор степени техногенного воздействия на хвойные насаждения // Экология. 2008. № 4. С. 276–286.

Макеева В. М., Белоконь М. М., Малюченко О. П., Леонтьева О. А. Оценка состояния генофонда природных популяций позвоночных животных в условиях фрагментированного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере бурых лягушек) // Генетика. 2006. Т. 42. № 5. С. 628–642.

Таскаев А. И., Башлыкова Л. А., Зайнуллин В. Г. Эколого-генетический мониторинг мышевидных грызунов из популяций, подвергшихся хроническому облучению // Радиационная биология, радиоэкология. 2010. Т. 50. № 5. С. 560–571.

Тупицына Л. С. Параметры для эколого-генетического скрининга и мониторинга организмов в условиях нефтяного загрязнения // Сибирский экологический журнал. 2008. Т. 15. № 6. С. 889–899.

Шахтамиров И. Я., Гайрабеков Р. Х., Мутиева Х. М., Терлецкий В. П., Кравцов В. Ю. Биоиндикация генотоксичности стойких органических загрязнителей в Чеченской Республике. Сообщение 1. Микроядерный тест в эритроцитах птиц // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2014. № 1 (11). С. 65–70.

Шевченко В. А. Изучение генетических процессов в природных популяциях животных и растений, обитающих длительное время в условиях радиоактивного загрязнения. Отчёт о НИР/НИОКР. РФФИ: 96-04-49546-а. 1998.

Якименко Л. В., Картавцева И. В. Генетическая опасность техногенных загрязнений (не примере зоны экологического кризиса Дальнегорского городского округа приморского края) // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2013. № 4. С. 172–185.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛИФОСАТСОДЕРЖАЩЕГО ГЕРБИЦИДА НА УРОВЕНЬ ТЕРАТОГЕНЕЗА ПЫЛЬЦЫ ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ (ЛАТ. *PHACÉLIA TANACETIFÓLIA*)

А. В. Петышин¹, К. В. Петышина²

¹ *Ижевский государственный технический университет
им. М. Т. Калашникова, alexeiich@mail.ru*

² *Удмуртский государственный университет*

Глифосат является пестицидом широкого спектра действия, активно применяемым для уничтожения нежелательных растений, как в сельском хозяйстве, так и в несельскохозяйственных ландшафтах. Продукты, содержащие глифосат, обладают острой токсичностью для животных, включая человека (Кузнецова, Чмиль, 2010).

Глифосат является «долгоживущим» гербицидом. Период полураспада гербицида превышает 100 дней. Он был найден в водных источниках после его применения в сельском, городском и лесном хозяйстве (Кузнецова, Чмиль, 2010).

В современных исследованиях нет данных о влиянии гербицида на репродуктивные органы растений и их пыльцу. Ученые палинологи отмечают, что неблагоприятные факторы окружающей среды (промышленное загрязне-

ние, радиация, пестициды и пр.) сильно влияют на репродуктивные функции растений и увеличивают количество стерильных и тератоморфных (уродливых) пыльцевых зерен растений (Дзюба, 2006). Также наши прошлые исследования подтверждают данные палинологов (Ломаев, Петышин, 2015).

Цель нашей работы – исследование накопления глифосатсодержащего гербицида «Силач» в системе почва-растение и его возможное влияние на репродуктивные органы растений (соцветия) по количеству продуцируемой тератоморфной пыльцы.

В качестве объекта исследования мы выбрали фацелию пижмолистную (*Phacelia tanacetifolia*) по следующим причинам:

1. Фацелия является энтомофильным растением и возделывается для получения меда.
2. Кормовая культура.
3. Является очень уязвимым растением к неблагоприятным условиям.
4. Обрабатывается гербицидом дважды во время роста сорняков и перед уборкой семян.

Исследования проводились на поле засеянного фацелией пижмолистной. С целью проведения опыта мы разметили 9 опытных участков площадью 0,5 м² и три участка контрольных. Посевы фацелии поливали в прикорневую зону разными концентрациями гербицида с трехкратной повторностью. Концентрации гербицида были следующие – 1 ПДК – 0,1 мл/л, 2 ПДК – 0,2 мл/л, 3 ПДК – 0,5 мл/л. Контрольный участок не поливали. Для проведения химического анализа мы собрали образцы почвы и биомассы фацелии в фазу бутонизации, полного цветения и плодоношения. Для проведения пыльцевого анализа в фазе цветения собрали пыльники растений. Изучение морфологической структуры пыльцевых зерен проводили при помощи системы морфометрического анализа изображений, включающей микроскоп «Инфрам-И», видеокамеру «DCM 300 E» и персональный компьютер с программой обработки изображений «Score Photo». Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Excel 2010». Для идентификации и сравнения пыльцевых зерен использовали пыльцевые атласы (Курманов, Ишбирдин, 2013; Бурмистров, Никитина, 1990; Ломаев и др., 2014). Тератоморфными пыльцевыми зернами считали все кроме имеющих типичные признаки строения (наличие апертур, скульптура, симметричная форма, размер).

Проведение химического анализа на глифосат является очень сложным и требует дорогостоящего оборудования. Поэтому было решено провести химический анализ почвы и биомассы фацелии пижмолистной на калий, так как гербицид на основе калийной соли.

В контрольном образце почвы содержание калия составило 68,1 мг/кг. Наибольшее от контроля содержание калия в почве отмечено при трехкратном увеличении концентрации гербицида (117,4 мг/кг).

Химический анализ биомассы фацелии на содержание калия в опытных образцах не показал существенных изменений от контроля. Такие результаты

возможно связаны с очень дождливым летом в период опытов. Однако наибольшее накопление калия в биомассе (в 2 раза от контроля) отмечено при трехкратном увеличении концентрации гербицида (3 ПДК) на стадии бутонизации растения (рис. 1). Следует отметить, что в период бутонизации происходит созревание пыльцы в растениях.

Статистический подсчет пыльцевых зерен с нарушениями и без нарушений показал увеличение количества тератоморфной пыльцы в образцах при увеличении концентрации глифосата (рис. 2). Наибольшее количество тератоморфной пыльцы отмечено для 3 ПДК.

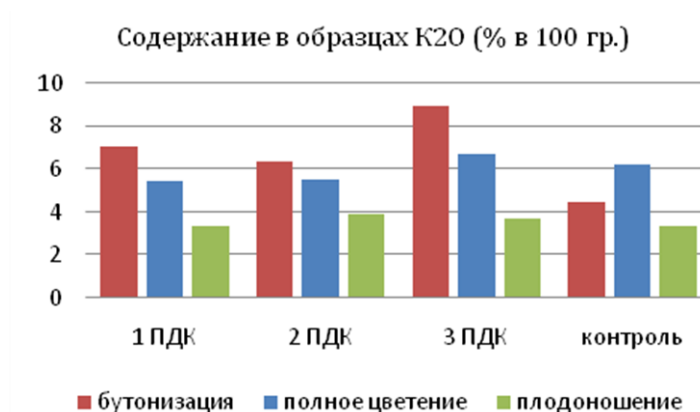


Рис. 1. Данные химического анализа биомассы фацелии на содержание калия

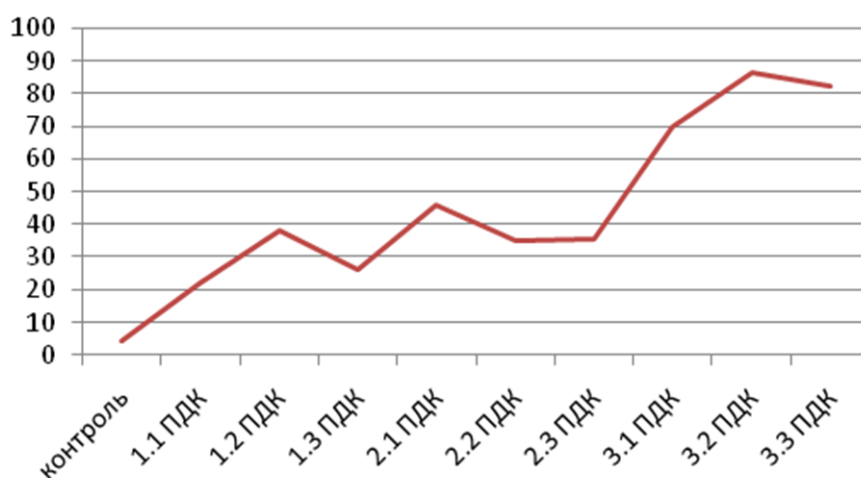


Рис. 2. Количество тератоморфных пыльцевых зерен фацелии пижмолистной в образцах, %

Согласно проведенным исследованиям можно сделать вывод, что гербицид «Силач» с действующим веществом глифосат на основе калийной соли влияет на репродуктивные функции фацелии пижмолистной и увеличивает число тератоморфной пыльцы.

Литература

Бурмистров А. Н., Никитина В. А. Медоносные растения и их пыльца. М.: Росагроиздат, 1990.

Дзюба О. Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра, 2006. 198 с.

Кузнецова Е. М., Чмиль В. Д. Глифосат: Поведение в окружающей среде и уровни остатков. Киев, 2010.

Курманов Р. Г., Ишбирдин А. Р. Пыльцевой атлас. Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2013. 304 с.

Ломаев Г. В., Камалова Ю. Б., Емельянова М. С. Технология компьютерного пыльцевого анализа меда. Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2014. 160 с.

Ломаев Г. В., Петьшин А. В. Морфологические отклонения пыльцевых зерен растений в промышленной зоне // Пчеловодство. 2015. № 5.

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ХЛОРОФИЛЬНЫЕ МУТАЦИИ И МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ВО ВТОРОМ ПОКОЛЕНИИ

М. А. Фокин, А. В. Помелов

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
mifo1978agro@mail.ru*

Пестициды как биологически активные вещества способны оказывать свое действие и на нецелевые объекты, влияют на наследственность, вызывают мутации (Куринный, 1985). На кафедре селекции и семеноводства Вятской ГСХА под руководством профессора Г. П. Дудина проводятся исследования по выявлению мутагенного действия фитогормонов, фиторегуляторов, фунгицидов. Так, результаты исследований, проведенные М. В. Черемисиновым (2004), показали, что препараты винцит и эпин обладают мутагенным эффектом.

Мутагенное действие современных гербицидов на культуру ячменя изучено слабо. Поэтому представляет интерес выявить не только защитное действие гербицидов балерина, ланцелот, суперстар и рефери, но и их мутагенную активность на ячмене. Это системные избирательные гербициды широкого спектра действия против однолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д, некоторых многолетних сорняков на посевах зерновых культур.

Цель исследований – выявить хлорофильные мутации и морфофизиологическую изменчивость ярового ячменя сорта Изумруд во втором поколении.

Исследования проводились на учебно-опытном поле Вятской ГСХА на дерново-подзолистые среднесуглинистой почве. Объектом для исследований был выбран яровой ячмень сорта Изумруд. В 2012 г. посев нулевого поколения (M_0) проводился семенами ячменя сорта Изумруд на делянках площадью 1 м^2 , повторность четырехкратная. Норма высева 500 семян на 1 м^2 . Посевы ячменя в фазу кущения опрыскивали гербицидами ланцелот, вдг (30 и 150 г/га), балерина, сэ (0,3 и 1,5 л/га), суперстар, вдг (20 и 100 г/га), рефери, вгр (0,3 и 1,5 л/га). Расход рабочей жидкости использовали 200 литров рабочего

раствора на 1 гектар посевов. В контрольном варианте растения ячменя опрыскивали водой (200 л/га) (Доспехов, 1985).

В 2013 г. семена, взятые с нулевого поколения, высевали на делянках площадью 1 м², повторность четырехкратная. Норма высева 125 семян на 1 м². В нулевом и первом поколении проводился учет всхожести семян, фенологические наблюдения, анализ элементов структуры продуктивности растений ячменя.

В 2014 году во втором поколении (M₂) посемейно высевали семена с главного колоса от всех продуктивных растений первого поколения. С момента появления массовых всходов на протяжении всего периода вегетации выделяли семьи с хлорофилльными мутациями, используя классификацию, разработанную Ю. Калам, Т. Орав (1974), проводили отбор растений с видимыми морфологическими и физиологическими отклонениями от исходного сорта.

В 2014 г. во втором поколении в результате опрыскивания растений ячменя в нулевом поколении гербицидами ланцелот, балерина и рефери были выявлены хлорофилльные мутации, которые являются наиболее простым и доступным методом оценки мутагенного действия препаратов на растения (табл. 1).

Таблица 1

Частота хлорофилльных мутаций, морфологических и физиологических изменений растений ячменя в M₂

Вариант	Высеяно семей, шт	Хлорофилльные мутации		Морфофизиологические изменения	
		шт	частота, %	шт	частота, %
1. Контроль, обр. водой	145	0	0	0	0
2. Ланцелот, вдг, 30 г/га	133	3	2,26*	7	5,26**
3. Ланцелот, вдг, 150 г/га	137	3	2,19*	1	0,70
4. Балерина, сз, 0,3 л/га	101	2	1,98	8	7,92***
5. Балерина, сз, 1,5 л/га	118	1	0,85	4	3,39*
6. Суперстар, вдг, 20 г/га	104	0	0	4	3,85*
7. Суперстар, вдг, 100 г/га	147	0	0	4	2,72
8. Рефери, вгр, 0,3 л/га	108	1	0,58	5	4,63*
9. Рефери, вгр, 1,5 л/га	119	1	0,84	3	2,52**

Примечание: * – различия достоверны при уровне значимости P > 0,95; ** – различия достоверны при уровне значимости P > 0,99; *** – различия достоверны при уровне значимости P > 0,999.

Было выявлено 5 типов хлорофилльных мутаций (*albina*, *albaviridis-viridaxanthastriata*, *tigrina*, *claroviridis*). *Albina*-растения белой окраски. *Albaviridis* – листья окрашены явно не одинаково, пластинки листьев белые, верхушки

или основания у большинства листьев окрашены в зелёный цвет – бело-зелёные. *Viridoxanthostriata* – растения многоцветные в течение всего периода вегетативного роста, чередуются продольные зелёные и жёлтые полосы. *Tigrina*-листья с белыми поперечными полосами или пятнами на зеленом фоне. *Claroviridis*-хлорофилл распределён равномерно, растения окрашены одинаково в течение всего периода вегетации, светло зелёного цвета. Сорт Изумруд (мутант 9-2) является хлорофилльным мутантом *claroviridis*

Частота хлорофилльных нарушений колебалась от 0, 58 до 2,26%. Преобладали мутации типа *albina*, *alboviridis*. При обработке растений гербицидами ланцелот и балерина в завышенных нормах расхода (в 5 раз) частота хлорофилльных мутаций снижалась, а при применении рефери – увеличивалась по сравнению с рекомендованной нормой расхода. Максимальная частота таких изменений была получена при обработке растений препаратом ланцелот с рекомендованной нормой расхода 30 г/га (2,26%). Во втором поколении по три типа хлорофилльных мутаций было выявлено при обработке растений гербицидами ланцелот (30 и 150 г/га), балерина (0,3 л/га), рефери (1,5 л/га).

Во втором поколении кроме хлорофилльных мутаций в вариантах с обработкой гербицидами были выделены семьи с морфофизиологическими изменениями, частота которых была в пределах 0,70–7,92%.

Таблица 2

Число семей с изменениями во втором поколении

Тип изменений	Число семей с изменениями
Общая кустистость:	
– высокая	6
– низкая	2
Продуктивная кустистость:	
– высокая	5
– низкая	3
Стебель:	
– длинный	3
– короткий	2
Колос:	
– длинный	17
– короткий	1
Повышенное число колосков:	15
Масса зерна с колоса:	
– высокая	9
– низкая	3
Созревание:	
– раннее	8
– позднее	1

Во втором поколении было выделено 75 семей с такими изменениями как общая и продуктивная кустистость, длина стебля и колоса, число зерен и масса зерна в колосе, продолжительность вегетационного периода, анализи-

руя краткую морфофизиологическую характеристику тех семей, которые имеют достоверные отличия от контрольного варианта. Наибольшее число семей выделено по длинным колосьям-17, повышенное число колосков-15 и масса зерна с колоса -9 (табл. 2).

Наибольшее количество семей с морфофизиологическими отклонениями (8 семей) отмечено в варианте с ланцелот (0,3 л/га). С увеличением нормы расхода гербицидов происходило снижение частоты выхода изменённых форм.

Таким образом, при обработке растений ячменя сорта Изумруд гербицидами во втором поколении выявлены хлорофилльные мутации с частотой 0,58 до 2,26%, выделены семьи с морфофизиологическими изменениями (частота 0,70–7,92%), в том числе и с полезными признаками (скороспелые, короткостебельные, с высокой продуктивностью колоса).

Литература

- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник с.х. наук. 2008. № 6. С. 26–31.
- Калам Ю. И., Орав Т. А. Хлорофилльная мутация. Таллин: Валгус, 1974. 59 с.
- Куриный А. И., Пилинская М. А. Исследование пестицидов как мутагенов внешней среды. Киев: Наукова Думка, 1976. 114 с.
- Черемисинов М. В. Морфофизиологические и хлорофилльные изменения ярового ячменя под влиянием протравителей семян // Современные аспекты селекции, семеноводства, технологии, переработки ячменя и овса: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киров: НИСХ Северо-Востока, 2004. С. 121–123.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОДЫ НА ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ ХЛОРОФИЛЛЬНЫХ МУТАЦИЙ И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В М₃

М. С. Булдакова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
buldackova.marinasergeewna@yandex.ru*

Развитие растений тесно связано с условиями окружающей среды. Если изменение условий очень значительны, то растения, обладающие большой чувствительностью к таким изменениям, испытывают стресс и могут погибнуть. Значительные изменения даже какого-либо параметра могут приводить к гибели растений (Лутова, 2010).

Некоторые виды животных и растений могут быть индикаторными видами, показывающими степень загрязнения мутагенами (Лекавичус, 1983).

В качестве тест-объекта используется культура ярового ячменя сорта Изумруд. Это классический генетический объект, который широко использу-

ется для анализа мутагенного эффекта физических и химических агентов. (Володин, Лисовская, 1979).

Цель работы – изучить действие воды антропогенного сброса на наследование хлорофилльных мутаций и морфофизиологических изменений растений ячменя.

Задачи:

1. Оценить характер наследования хлорофилльных мутаций, морфологических и физиологических изменений в M_3 .
2. Определить частоту мутационной изменчивости ячменя в M_3 при обработке поверхностной водой.

Опыт был заложен в 2015 г. Исследования проводились на учебно-опытном поле Вятской ГСХА. В третьем поколении высевались семена с главных колосьев растений второго поколения, чтобы проверить наследование выделенных изменений.

В опыте использовалась дистиллированная вода (контроль), вода из оз. Ильинского, из р. Вятки выше сброса сточных вод, из р. Вятки ниже сброса сточных вод, из оз. Ивановского, из протоки оз. Ивановского, из оз. Березового.

Химический анализ воды выявил максимальные концентрации загрязняющих веществ в пробах из оз. Березового: отмечены превышение ПДК нитрат-иона, иона-аммония и мышьяка.

Таблица 1

Наследование хлорофилльных мутаций в M_3

№ п/п	Варианты опыта	Число измененных семей		Доля семей с мутациями в M_3 , $p \pm Sp$, %
		в M_2	в M_3	
1	Дистиллированная вода	1	–	–
2	оз. Ильинское	2	–	–
3	р. Вятка выше сброса сточных вод	8	5	62,5±17,12
4	р. Вятка ниже сброса сточных вод	8	3	37,5±17,12
5	оз. Ивановское	6	4	66,7±19,25
6	Протока оз. Ивановского	8	6	75,0±15,31
7	оз. Березовое	15	14	93,3±6,44

Проявление их в M_3 показали различный характер и степень наследования. В M_3 выделенные во втором поколении хлорофилльные изменения не наследовались в вариантах: «дистиллированная вода» и «озеро Ильинское». В остальных вариантах доля семей с мутациями в M_3 изменилась от 37,5% в варианте «р. Вятка ниже сброса сточных вод» до 93,3% в варианте «озеро Березовое».

В третьем поколении спектр хлорофилльных мутаций снизился с 11 типов изменений до 8. Не наследовались мутации типа *albovirescens*, *xantamarginata*, *xanthocostata* (табл. 2).

Таблица 2

Спектр хлорофилльных мутаций в М₂ и М₃

№ п\п	Типы мутаций	Число измененных семей		Доля семей с мутациями в М ₃ , р±Sp, %
		в М ₂	в М ₃	
1	albina	5	4	80,0±17,89
2	albovirescens	1	–	–
3	claroviridis	3	1	33,3±27,22
4	viridostriata	23	17	73,9±9,16
5	viridoxanthostriata	7	5	71,4±17,07
6	viridovirescens	1	1	100,0±0,00
7	viridissima	1	1	100,0±0,00
8	xantamarginata	1	–	–
9	xanthocostata	1	–	–
10	xanthoviridis	1	1	100,0±0,00
11	светло-зеленая окр. ст.	3	2	66,7±27,22
	Всего типов изменений	11	8	

Таблица 3

Наследственность измененных морфофизиологических признаков у ячменя в М₃

№ п\п	Варианты опыта	Число измененных семей		Для семей с мутациями в М ₃ , р±Sp, %
		в М ₂	в М ₃	
1	дистиллированная вода	3	0	–
2	оз. Ильинское	4	1	25,0±21,65
3	р. Вятка выше сброса сточных вод	23	9	39,1±10,18
4	р. Вятка ниже сброса сточных вод	10	4	40,0±15,49
5	оз. Ивановское	15	7	46,7±12,88
6	протока оз. Ивановского	16	9	56,3±12,4
7	оз. Березовое	32	18	56,3±8,77

Степень преобладания морфологических и физиологических изменений в М₃ колебалась от 25,0% в варианте «оз. Ильинское» до 56,3% в вариантах «протока оз. Ивановского» и «озеро Березовое». В контрольном варианте «дистиллированная вода» наследованных морфофизиологических мутаций не обнаружено (табл. 3).

Таблица 4

Спектр морфологических и физиологических признаков у ячменя в М₂ и М₃

№ п\п	Типы мутаций	Число измененных семей		Процент семей с мутациями в М ₃ , р±Sp, %
		в М ₂	в М ₃	
1	Форма куста	19	6	31,6±10,66
2	Ранний выход в трубку	16	7	43,8±12,40
3	Длина стебля	39	11	28,2±7,21
4	Срок созревания	50	26	52,0±7,07
5	Длина колоса	2	1	50,0±35,36
6	Череззерница	1	1	100,0±0,00
7	Ширина листовой пластинки	7	3	42,9±18,70

Модификационными изменениями в M_2 были следующие морфофизиологические признаки: изменения по длине стебля, длине колоса, ширины листовой пластинки, формы куста и отклонения наступления различных фаз развития растений ячменя (табл. 4). Высокий процент семей с мутациями в M_3 выявлен по такому физиологическому признаку как изменение длины вегетационного периода – срок созревания растений 52%.

Максимальное число хлорофилльных мутаций как и в M_2 выявлено в варианте «озеро Березовое» – 6,8%. В вариантах: «протока оз. Ивановского», «р. Вятка выше сброса сточных вод», «оз. Ивановское» частота мутаций сравнительно ниже и составляет 3,3%, 2,6% и достоверно превышает контроль, как и в варианте «озеро Березовое» (табл. 5).

Таблица 5

Частота хлорофилльных мутаций в M_3 , 2015 г.

№ п/п	Варианты опыта	Проанализ. семей	Число семей с мутациями	Частота хлорофилльных мутаций ($p \pm Sp$), %
1	дистиллированная вода	136	0	–
2	оз. Ильинское	201	0	–
3	р. Вятка выше сброса сточных вод	190	5	2,6±1,16**
4	р. Вятка ниже сброса сточных вод	182	3	1,6±0,94
5	оз. Ивановское	155	4	2,6±1,27*
6	Протока оз. Ивановского	188	6	3,3±1,28**
7	оз. Березовое	206	14	6,8±1,75**

Примечание: * – уровень вероятности $P > 0,95$; ** – уровень вероятности $P > 0,99$.

В M_3 в вариантах: «протока оз. Ивановского», «озеро Березовое» вновь выделена мутация типа *albina*. По истечению первого месяца после появления всходов, используя питательные вещества семени, они погибали. Во всех вариантах кроме контрольного были отмечены мутации типа *viridostriata*.

Таблица 6

Частота морфофизиологических изменений у растений ячменя в M_3 , 2015 г.

№ п/п	Варианты опыта	Проанализ. семей	Число семей с мутациями	Частота морфофизиологических изменений ($p \pm Sp$), %
1	дистиллированная вода	136	–	–
2	оз. Ильинское	201	1	0,5±0,5
3	р. Вятка выше сброса сточных вод	190	9	4,7±1,54***
4	р. Вятка ниже сброса сточных вод	182	4	2,2±1,09*
5	оз. Ивановское	155	7	4,5±1,67**
6	протока оз. Ивановского	188	9	4,8±1,56***
7	оз. Березовое	206	18	8,7±1,97***

Примечание: * – уровень вероятности $P > 0,95$; ** – уровень вероятности $P > 0,99$.

В М₃ доля семей с морфофизиологическими изменениями по сравнению со вторым поколением снизилась (табл. 6). Наибольшая частота семей с наследственными изменениями отмечена в варианте «озеро Березовое» 8,7%. Также выход мутации наблюдался во всех вариантах опыта от 0,5% до 8,7% и достоверно превышал контроль, кроме варианта «озеро Ильинское».

Таким образом, в ходе проведения полевого опыта был выделен высокий процент наследования хлорофилльных мутаций в варианте «озеро Березовое» до 93,3% и высокая степень наследования морфофизиологических изменений в М₃ в вариантах: «протока оз. Ивановского» и «озеро Березовое» – 56,3%.

При определении частоты мутационной изменчивости в варианте «озеро Березовое» обнаружено максимальное число хлорофилльных мутаций – 6,8% и морфофизиологических изменений – 8,7%.

Индукцированный мутагенез сельскохозяйственных растений в настоящее время широко используется в мировой практике растениеводства в целях повышения изменчивости хозяйственно-ценных признаков у возделываемых культур и создания исходного материала для селекции.

Литература

Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Минск: Наука и техника, 1979. 144 с.

Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. 253 с.

Лежачий Р. К. Химический мутагенез и загрязнение окружающей среды. Вильнюс, «Мокслас», 1983. 223 с.

Лутова Л. А., Ежова Т. А., Додуева И. Е. Генетика развития растений. М: Н-Л., 2010. С. 216.

Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. Экология. М.: Дрофа, 2003. 328 с.

ЭФФЕКТЫ ВЛИЯНИЯ СОЧЕТАНИЯ ИОНОВ СВИНЦА И КАТИОННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ В ТКАНЯХ ВЫСШЕГО ВОДНОГО РАСТЕНИЯ *CERATOPHYLLUM DEMERSUM*

С. А. Розина¹, О. Н. Макурина¹, О. А. Рознецвет²

¹ Самарский государственный университет, *gabrielfore@inbox.ru*

² Институт экологии Волжского бассейна РАН, *olgarozen@pochta.ru*

Антропогенная нагрузка на водные экосистемы ежегодно возрастает (Долгоносков, 2003). Наиболее распространенными поллютантами являются ионы тяжелых металлов и синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) (Rosen et al., 2001; Филенко и др., 2007). В связи с этим представляет интерес изучение влияния сочетания ионов свинца и катионных СПАВ на ферментативную активность водного погруженного растения, а также возможность реабилитации от эффектов влияния поллютантов.

Объектом исследования был выбран пресноводный макрофит роголистник погруженный (*Seratophyllum demersum* L.). Эксперимент проводился в лабораторных условиях при одинаковой интенсивности и регулярности светового потока, а также при постоянной температуре (20 °С).

В ходе эксперимента растения были разделены на группы, различающиеся средой выращивания. Контрольная группа растений находилась в среде отфильтрованной водопроводной воды, опытная группа инкубировалась в присутствии поллютантов: раствор ацетата свинца с концентрацией ионов свинца 100 мкмоль/л и 1% раствор катионных СПАВ.

На основе работ в области стресса растений (Тарчевский, 1993; Чиркова, 2002; Ипатова, 2005), в наших исследованиях были определены контрольные точки эксперимента, которые соответствуют фазам протекания стрессовой реакции: первые сутки соответствуют фазе первичной индуктивной стрессовой реакции (12 часов влияния), третьи сутки отражают картину второй фазы стресса – фазы адаптации (72 часа влияния), пятые сутки реабилитации – фазы регенерации. Содержание фотосинтетических пигментов определяли по методу Бриттона (1986).

Сочетанное действие 100 мкмоль/л ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ вызвало хлороз и фрагментацию растений *S. demersum* на отдельные мутовки, способные к дальнейшему вегетативному размножению, осадка катионных СПАВ не наблюдалось. Динамика содержания фотосинтетических пигментов, динамика отношения хлорофилла *a/b* и доли хлорофиллов в ССК в тканях *S. demersum* под влиянием сочетания поллютантов отражена в таблице. Фаза первичной стрессовой индукции в результате влияния 100 мкмоль/л ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ протекала сходно с фазой первичной стрессовой индукции в результате влияния только ионов свинца (Розина и др., 2014).

Таблица

Влияние 100 мкмоль/л ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ на содержание фотосинтетических пигментов, отношение хлорофилла *a/b* и долю хлорофиллов в ССК в тканях *S. demersum* в условиях инкубации и реабилитации

Вариант	Содержание хлорофилла <i>a</i> , мг/г сырого материала	Содержание хлорофилла <i>b</i> , мг/г сырого материала	Содержание каротиноидов, мг/г сырого материала	Отношение <i>a/b</i>	Доля хлорофиллов в ССК, %
Контроль	1,330	0,490	0,278	2,71	59
12 часов	0,652*	0,221*	0,147	2,96	56
72 часа	0,585*	0,274*	1,298*	2,13	70
Контроль	1,250	0,480	0,265	2,60	61
Реабилитация от 12 часов	1,475	0,514	0,374*	2,87	57
Реабилитация от 72 часов	1,438	0,470	0,262	3,06	54

Примечание: * – степень достоверности $p \leq 0,05$.

Содержание хлорофилла *a* в тканях растений опытной группы в 1,5–2 раза было ниже показателя контрольной группы, содержание хлорофилла *b* – в 2–3,2 раза, в результате отношение хлорофилла *a/b* опытной группы было в 1,3 раза выше показателя контрольной группы растений, а доля хлорофиллов в ССК в 1,7 раза ниже значений контрольной группы растений. Фаза адаптации к действию сочетания поллютантов оказалась сходной с такой к действию 1% раствора катионных СПАВ (Розина и др., 2012). Содержание хлорофилла *a* и *b* в тканях *C. demersum* опытной группы было ниже показателя контрольной группы в 2 раза, тогда как содержание каротиноидов было выше в 4,7 раза.

В период реабилитации содержание каротиноидов в тканях *C. demersum* опытной группы было выше показателя контрольной группы в 1,4 раза.

Исходя из анализа содержания пигментов в растениях в период инкубации, можно предположить, что в ответ на стрессовое воздействие, вызванное сочетанием ксенобиотиков, происходила индукция защитных механизмов в растении, и, в связи с этим, содержание хлорофиллов *a* и *b* увеличивалось, однако в метаболизме уже возникали нарушения, приводящие к деградации пигментов в период реабилитации. На наш взгляд, и это также подтверждается литературными данными (Stiborova et al., 1986; Prasad et al., 2004), повреждение пигментного комплекса в растительных тканях было обусловлено замещением центрального атома Mg^{2+} , связанного с тетрапиррольным макроциклом в молекулах хлорофилла, на Pb^{2+} , ингибированием активности ключевых ферментов, участвующих в биосинтезе хлорофиллов и ферментов цикла Кальвина, а также нарушением функционирования электроно-транспортной цепи под влиянием ксенобиотика. Кроме того, в условиях действия поллютанта, возможно, имело место нарушение ультраструктуры хлоропластов, а также изменение размера и количества пластид в клетке (Barylá et al., 2001).

Согласно полученным данным, пяти суток реабилитации от влияния сочетания 100 мкмоль/л ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ для организма *C. demersum* недостаточно, но реабилитация принципиально возможна.

Литература

Долгонос Б. М. Проблемы обеспечения качества воды в природотехническом комплексе водоснабжения // Инженерная экология. 2003. № 5. С. 2–4.

Rosen M. J., Li F., Morall S. W., Versteeg D. J. The relationship between the interfacial properties of surfactants and their toxicity to aquatic organisms // Environ. Sci. Technol. 2001. Vol.35. № 5. P. 954–959.

Филенко О. Ф., Михеева И. В. Основы водной токсикологии. М.: Колос, 2007. 140 с.

Тарчевский И. А. Катаболизм и стресс растений. М.: Наука, 1993. 83 с.

Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб: Изд-во СПб ун-та, 2002. 244 с.

Ипатова В. И. Адаптация водных растений к стрессовым факторам среды. М.: Изд-во «Графикон-принт», 2005. 224 с.

Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М.: Мир, 1986. 422 с.

Розина С. А., Макурина О. Н. Токсические эффекты ксенобиотиков на динамику ферментативной активности и пигментный состав в тканях водного погруженного растения *Ceratophyllum demersum* // Биология – наука XXI века. Сб. тезисов 18 Междунар. Пушкинской школы-конф. молодых ученых. Пушкино, 2014. С. 396.

Розина С. А., Гончарук А. С., Алексеева О. В., Ерахтина Е. А., Макурина О. Н. Фитотоксическое действие катионных поверхностно-активных веществ на пигментный состав в тканях водного растения *Ceratophyllum demersum* // Медико-биологические вопросы адаптации. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию Абхазского государственного университета. Сухум, 2012. С. 126–128.

Stiborova M., Doubravova M., Brezinova A. et al. Effect of heavy metal ions on growth and biochemical characteristics of photosynthesis of barley (*Hordeum vulgare* L.) // Photosynthetica. 1986. Vol. 20. P. 418–425.

Prasad M. N. V. Metallothioneins, metal binding complexes and metal sequestration in plants // Heavy metal stress in plants: From biomolecules to ecosystems. Berlin: Springer, 2004. P. 47–83.

Baryla A., Carrier P., Franck F. et al. Leaf chlorosis in oilseed rape plants (*Brassica napus*) grown on cadmium-polluted soil: Causes and consequences for photosynthesis and growth // Planta. 2001. Vol. 212. P. 696–709.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В *ELODEA CANADENSIS* MICHX.

З. Б. Бактыбаева, Р. А. Сулейманов, Т. К. Валеев, Н. Р. Рахматуллин
*Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и
экологии человека, baktybaeva@mail.ru*

В настоящее время в научных и прикладных исследованиях по эколого-геохимической оценке состояния водоемов большое значение придается анализу депонирующих сред, к которым относятся донные отложения и водные макрофиты. Водные растения в свою очередь рассматриваются не только как объекты биомониторинга, но и как потенциально возможные участники технологий фиторемедиации (Бактыбаева и др., 2011; Власов, Грищенкова, 2011; Базарова, 2015).

В Зауралье Республики Башкортостан (РБ), где широко распространены полиметаллическое и медно-колчеданное оруденения, приоритетными загрязнителями объектов окружающей среды являются тяжелые металлы (ТМ). В условиях Зауралья РБ накопление ТМ изучалось в древесных дикорастущих, степных растениях, а также в плодово-ягодных и овощных культурах (Опекунова и др., 2002; Кулагин, Шагиева, 2005; Сингизова и др., 2007). Биоаккумуляция ТМ в видах водных растений в регионе остается малоизученной.

Целью исследований являлось изучение содержания тяжелых металлов в элодее канадской (*Elodea canadensis* Michx.) в водных объектах Зауралья РБ.

Растительные образцы отбирались в августе месяце 2014 г. на участках, заложенных вдоль русел рек Таналык и Карагайлы в 2006–2009 гг. (Бактыбаева и др., 2011; Бактыбаева и др., 2015).

На р. Таналык были исследованы 2 участка:

– в районе загрязнения верхнего течения реки подотвальными водами отработанного серно-колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау, эксплуатировавшегося в 1932–1986 гг. (участок А);

– в районе загрязнения среднего течения реки подотвальными водами Бурибайского медно-колчеданного месторождения и фильтратом хвостохранилищ Бурибаевского горно-обогатительного комбината (ГОК), работающего с 1937 г. (участок Б).

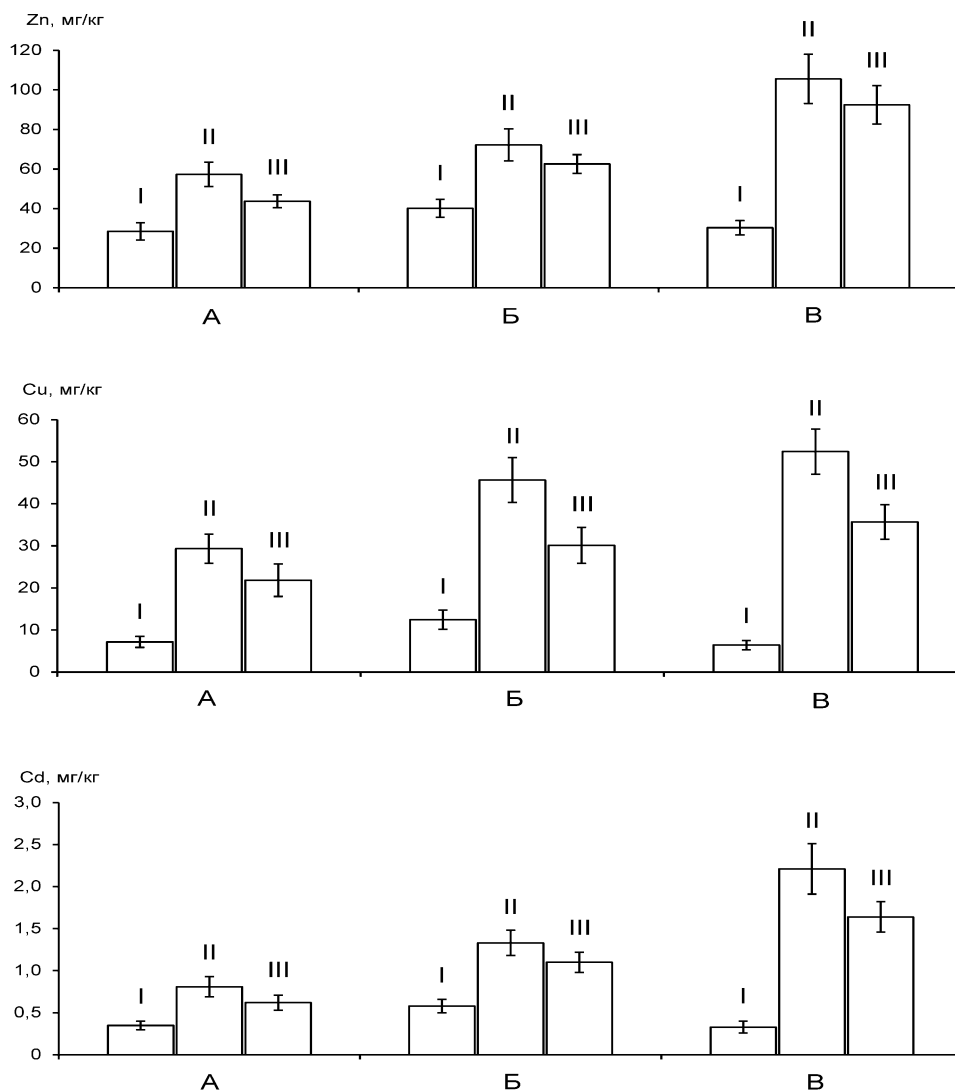


Рис. Содержание ТМ в надземной фитомассе элодеи канадской (мг/кг воздушно-сухого веса) на участках. Условные обозначения:

- А, Б, В – участки; I – условный контроль;
- II – место впадения загрязненных стоков;
- III – ниже впадения загрязненных стоков.

Пробы отбирали выше места впадения стоков (условный контроль), в месте впадения и перемешивания стоков с речной водой и на расстоянии 3 км ниже по течению от места впадения стоков.

На р. Карагайлы (участок В) пробы отбирали в верхнем течении реки, не загрязняемом бытовыми и промышленными стоками (условный контроль), в промышленной зоне г. Сибай и за пределами города в устье реки.

В каждом створе пробы отбирались в 5-кратной повторности. Измерения массовых концентраций цинка, меди и кадмия проводились методом инверсионной вольтамперометрии на приборе СТА. Статистическую обработку полученных результатов осуществляли общепринятыми методами с помощью программы Microsoft Excel. Для каждого среднего арифметического значения определялась ошибка ($X \pm S_x$). Полученные данные были подвергнуты однофакторному дисперсионному анализу. При расчетах был принят уровень значимости 0,05.

На рисунке показано содержание ТМ в надземной фитомассе элодеи канадской на участках.

В целом диапазоны концентраций металлов в надземной фитомассе элодеи из водотоков Зауралья РБ (Zn – 28,48–105,48 мг/кг; Cu – 6,40–52,40 мг/кг; Cd – 0,33–2,21 мг/кг) укладываются в пределы колебаний значений из других водоемов России (Базарова, 2015). Содержание ТМ значительно выше в растительных образцах с загрязненных участков рек (рис.). Так, концентрация цинка по сравнению с контролем выше в 2–3,5 раза, меди – в 4–8 раз, кадмия – в 2–7 раз. При этом, больше всего ТМ было накоплено в растительных образцах с участка В. Однофакторный дисперсионный анализ подтвердил достоверность влияния степени загрязнения на накопление цинка, меди и кадмия элодеей канадской.

Таким образом, результаты исследований показали, что элодея канадская способна поглощать ТМ из водной среды в значительных количествах, в связи с чем данный вид вызывает интерес как основа для разработки технологий фиторемедиации, а также в качестве тестового объекта биогеохимической индикации.

Литература

Базарова Б. Б. Содержание химических элементов в *Elodea canadensis* Michx. в водоемах Забайкалья // Вода: Химия и экология. 2015. № 7. С. 43–51.

Бактыбаева З. Б., Суюндуков Я. Т., Ямалов С. М., Юнусбаев У. Б. Загрязнение тяжелыми металлами экосистемы реки Таналык, сообщества водных макрофитов и возможности их использования для биологической очистки / Под ред. Б. М. Миркина. Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. 208 с.

Бактыбаева З. Б., Ямалов С. М., Кулагин А. А. Анализ миграционных потоков тяжелых металлов в речных экосистемах Башкирского Зауралья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6. С. 45–50.

Власов Б. П., Грищенко Н. Д. Содержание тяжелых металлов в водных растениях водоемов и водотоков Беларуси по данным мониторинга // Вестник БГУ. Сер. 2. 2011. № 3. С. 117–121.

Кулагин А. А., Шагиева Ю. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука, 2005. 190 с.

Опекунова М. Г., Алексеева-Попова Н. В., Арестова И. Ю., Грибалев С. В., Краснов Д. А., Бобров Д. Г., Осипенко О. А., Соловьева Н. И. Тяжелые металлы в почвах и расте-

ниях Южного Урала. П. Экологическое состояние антропогенно нарушенных территорий // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2002. Вып. 1 (№ 7). С. 63–71.

Сингизова Г. Ш., Ягафарова Г. А., Янтурин С. И. Тяжелые металлы в овощах и плодово-ягодных культурах в условиях техногенного загрязнения // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 75. Ч. 3. С. 326–328.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЯ, СВИНЦА, КАДМИЯ И ЖЕЛЕЗА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Е. В. Чащина¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}, Е. М. Кардакова²

¹Вятский государственный университет,

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Контроль состояния окружающей среды является актуальной задачей, решение которой заключается в разработке и стандартизации чувствительных к определенным типам загрязнения методам оценки качества почв. Использование растений и микроорганизмов в качестве биоиндикаторов и тест-объектов позволяет получать информацию о состоянии природных объектов, токсичности природных сред.

Известно, что загрязнение почвы тяжелыми металлами (ТМ), такими как Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Hg и As, является серьезной проблемой, так как они обладают высокой токсичностью и кумулятивностью. Тяжелые металлы являются цитоплазматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения атомной массы. Токсичность ТМ проявляется по-разному. Многие металлы при токсичных уровнях концентраций ингибируют деятельность ферментов. Некоторые ТМ (железо) образуют хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая нормальный обмен веществ. Такие металлы, как кадмий, медь, железо (II) взаимодействуют с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость. Высокое содержание свинца может подавлять рост растений, вызывать хлороз, обусловленный нарушением поступления железа (Орлов и др., 2002).

Кроме того, исследуемые поллютанты в окружающей среде, как правило, находятся совместно, их воздействие на природные объекты зависит от их концентрации, миграции, физико-химических свойств, а также существенно зависят от свойств и типа почв. Такой элемент, как алюминий, по литературным данным, в нейтральных почвенных растворах содержится в количестве примерно 400 мкг/л, тогда, как в почвенном растворе с pH 4,4 содержание его составляет 5700 мкг/л (Кабата А.-Пендиас, Пендиас, 1989). В связи с этим изучение воздействия поллютантов в системе почва – растение при совместном присутствии нескольких загрязняющих веществ является актуальной задачей исследования.

Целью работы явилось изучение воздействия соединений алюминия, свинца, кадмия и железа на биологические объекты.

Загрязненность и токсичность почвы обуславливается разнообразными накапливающимися соединениями как естественного, так и антропогенного

происхождения (Яблоков, 1988). В определении токсичности почвы можно использовать методы фитотестирования. Фитотест – растительный объект, способный реагировать на химическое воздействие путем снижения интенсивности прорастания корней растения и, следовательно, выступать в роли индикаторов токсичности. Значительная часть элементов накапливается в наземных частях растений (листья, стебли), среди исследуемых металлов, в данной работе, к ним относятся железо, алюминий; в корнях растений аккумулируется свинец (Орлов и др., 2002).

Главными условиями для фитотеста является: информативность, высокая чувствительность, стабильность получаемых результатов. В связи с этим, представляется интересным исследовать токсическое действие почв с повышенным содержанием ТМ и алюминия на всхожесть семян в модельном эксперименте.

Исследования проводили в лабораторных условиях. В пластмассовые емкости с почвой высаживали недельную рассаду листового салата. В первой серии опытов для ускорения роста рассады ее 2–3 раза поливали водным раствором нитрата свинца, чтобы содержание ТМ достигало 0,5; 1; 5 ПДК (если ПДК не имеется, то за величину брали кларк металла в земной коре). Во второй, третьей и четвертой сериях проводили аналогичный эксперимент, только добавляли растворы солей алюминия, железа и кадмия в тех же концентрациях. В пятой и шестой серии добавляли соли алюминия и железа, соли кадмия и свинца при совместном присутствии.

В течение двух недель проводили наблюдения, фиксируя изменения в растениях, выращиваемых на загрязненной соединениями металлов почве.

Контролем служили семена, проросшие в пробе почв, взятых с территории «Нургуш».

Измерения длины надземной части и корней тест-растений проводили с помощью линейки с точностью до 1 мм, взвешивание исследуемых органов тест-растений проводили на аналитических весах 2-го класса точности.

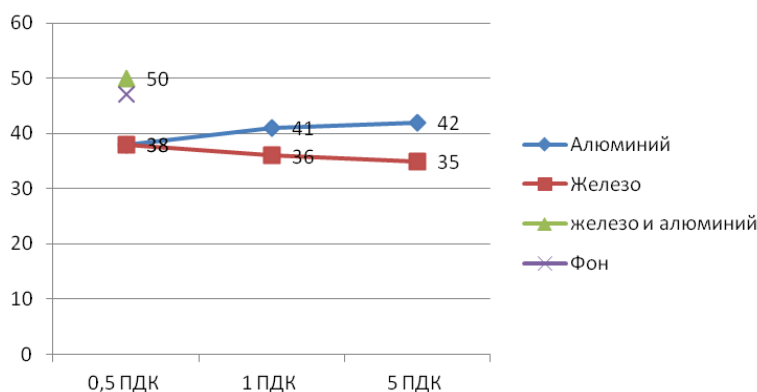


Рис. 1. Зависимость количества проросших семян кресс-салата (%) от концентрации железа и алюминия в почве, мг/кг

Анализ полученных данных (рис. 1) свидетельствует о том, что практически во всех емкостях с исследуемыми почвами, куда добавлялись растворы

солей металлов в концентрациях 1 ПДК и 5 ПДК, растения отставали в росте по сравнению с контрольной пробой.

Добавление в почву соединений алюминия в концентрации как 1 ПДК, так и 5ПДК вызывает увеличение биомассы салата, по сравнению с контрольными образцами растений, а добавление соединений железа в тех же концентрациях вызывает замедление продукционного процесса. Во всех этих случаях наблюдается низкий прирост корневой системы. Добавление в почву одновременно соединений железа и алюминия вызывает достаточно высокий продукционный процесс растения, который превысил результат контрольной пробой (рис. 1).

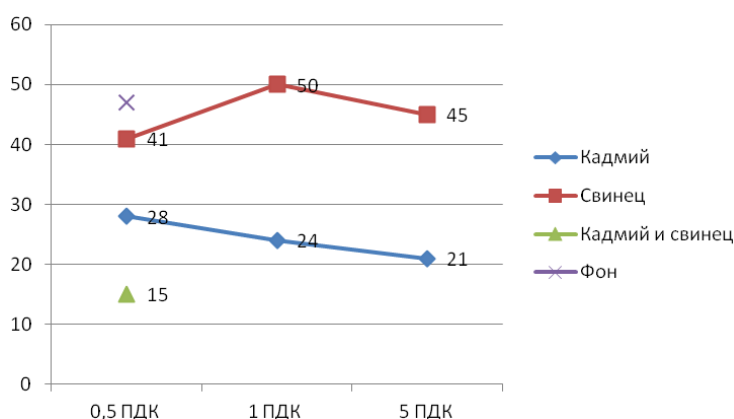


Рис. 2. Зависимость количества проросших семян кресс-салата (%) от концентрации кадмия и свинца в почве, мг/кг

Анализ полученных данных (рис. 2) свидетельствует о том, что признаки отставания в росте растений усиливались при загрязнении почвы как кадмием, так и смесью кадмия со свинцом. Однако в ходе эксперимента выявлено, что соединения кадмия в почве могут оказывать большее влияние на уменьшение биомассы, чем свинец. При поступлении в почву данные металлы претерпевают различные превращения. Из почвенного раствора катионы металлов адсорбируются активными центрами алюмосиликатной составляющей почвы, причем специфическая адсорбция катионов свинца во много раз больше, чем кадмия. Относительное содержание подвижных форм свинца меньше, чем кадмия, поэтому последние могут легче проникать в растения и ингибировать некоторые ферменты, при этом снижается поступление биогенных элементов в вегетативную массу растения. Повышенное содержание свинца в присутствии кадмия в почве оказывает более сильное влияние на снижение прироста биомассы салата, чем при загрязнении почвы только свинцом.

Таким образом, в ходе эксперимента выявлено, что увеличение концентрации алюминия в почве вызывает прирост биомассы исследуемого растения, а с увеличением концентрации железа значительно снижается прирост биомассы. Добавление в почву одновременно соединений алюминия и железа вызывает снижение токсического эффекта до минимума.

Свинец оказывает большее токсическое воздействие на продукционный процесс, чем кадмий, но при совместном присутствии их токсичность увеличивается и становится практически одинаковой. При содержании свинца в почве менее 1 ПДК наблюдается увеличение биомассы салата по сравнению с контролем, в то время как кадмий и при малых концентрациях вызывает замедление продукционного процесса.

Литература

Кабата А.-Пендиас, Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / Под ред. Ю. Е. Саета. М.: Мир, 1989. С. 201.

Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозанская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учебное пособие. М.: Высшая шк., 2002. С. 152–153.

Яблоков А. В. О недооценке отрицательных последствий применения пестицидов и о возможности разработки иных путей развития сельского хозяйства. Пушино: Препринт, 1988. 100 с.

ИЗУЧЕНИЕ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ

*Е. С. Петухова¹, С. Г. Скугорова^{1,2}, В. В. Григорьев¹,
Т. Я. Ашихмина^{1,2}*

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В данной работе было изучено совместное действие ионов тяжелых металлов (Cu^{2+} и Zn^{2+}) и азотсодержащих ионов (NH_4^+ и NO_3^-) на прорастание семян и рост проростков ячменя.

Опыты по проращиванию семян ячменя сорта Новичок проводили в чашках Петри в термостате при температуре 25 °С. Семена считали проросшими, если длина первичного корня была больше 2 мм. Опыты выполняли в четырех-кратной повторности. В эксперименте оценивали лабораторную всхожесть, энергию прорастания и скорость прорастания семян. Всхожесть выражали как отношение числа проросших семян в течение 7 сут. к общему числу семян. Энергию прорастания определяли по числу проросших семян за 3 сут. Скорость прорастания представляет собой средневзвешенное количество дней, приходящееся на прорастание одного семени. Скорость прорастания определяли по методу Пипера [1]. В ходе эксперимента определяли также биометрические показатели 4-х дневных проростков (длина корня и колеоптиля, число корешков, накопление сырой и сухой биомассы).

Тяжелые металлы и азотсодержащие соединения вносились в варианты в виде водорастворимых солей: CuCl_2 , ZnCl_2 , NH_4Cl , NaNO_3 и NH_4NO_3 с концентрацией ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , NH_4^+ и NO_3^- 100 мкмоль/л (мкМ). Контролем была дистиллированная вода.

В ходе эксперимента выявлено, что влияние на всхожесть, энергию и скорость прорастания семян ячменя исследуемых ионов цинка, аммония и нитрат-ионов с данной концентрацией близко к значениям контроля (табл. 1).

Таблица 1

Посевные качества семян ячменя

№ п/п	Вариант	Всхожесть семян, %	Энергия прорастания, %	Скорость прорастания, сут.
1	Контроль	92±2	92±2	1,0066±0,0005
2	Cu ²⁺	98±2	96±3	1,0075±0,0004
3	Zn ²⁺	91±7	91±7	1,0070±0,0004
4	Cu ²⁺ + Zn ²⁺	99±2*	99±2*	1,0050±0,0026
5	NO ₃ ⁻	93±5	92±4	1,0061±0,0010
6	Cu ²⁺ + NO ₃ ⁻	94±7	94±7	1,0071±0,0002
7	Zn ²⁺ + NO ₃ ⁻	97±3	96±3	0,9992±0,0022*
8	Cu ²⁺ + Zn ²⁺ + NO ₃ ⁻	92±3	92±3	1,0367±0,0000*
9	NH ₄ ⁺	92±2	92±2	1,0017±0,0028
10	Cu ²⁺ + NH ₄ ⁺	97±4	96±5	1,0031±0,0049
11	Zn ²⁺ + NH ₄ ⁺	96±3	96±3	1,0054±0,0022
12	Cu ²⁺ + Zn ²⁺ + NH ₄ ⁺	93±7	93±7	1,0243±0,0134
13	NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻	97±3	97±3	1,0069±0,0006
14	Cu ²⁺ + NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻	97±0	97±0	1,0013±0,0053
15	Zn ²⁺ + NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻	96±4	96±4	1,0004±0,0058
16	Cu ²⁺ + Zn ²⁺ + NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻	93±6	92±7	1,0155±0,0190

Примечание: * – различия между вариантом и контролем достоверны при p≤0,05.

Из данных таблицы 1 следует, что в варианте № 4 Cu²⁺ + Zn²⁺ всхожесть и энергия прорастания ячменя были несколько выше по сравнению с контролем. Скорость прорастания семян ячменя в большинстве вариантов близка к контролю, за исключением вариантов № 7 и № 8.

В опытах определяли показатели роста семян ячменя: длину корня и coleoptily, количество корешков, а также сырую и сухую биомассу ячменя. Из данных, представленных в таблице 2, следует, что токсичными оказались ионы меди во всех вариантах, в которых они присутствовали в концентрации 100 мкМ (варианты № 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16). Наиболее чувствительным параметром к воздействию Cu²⁺ была длина корня проростков. При действии ионов меди рост корня ингибировался в 1,5–2,3 раза по сравнению с контролем, что согласуется с литературными данными [2, 3].

Таблица 2

Влияние ионов Cu²⁺, Zn²⁺, NH₄⁺ и NO₃⁻ на показатели роста трехдневных проростков ячменя

№ п/п	Вариант	Длина, см		Масса 10 проростков, г	
		корень	coleoptиль	сырая	сухая
1	2	3	4	5	6
1	Контроль	8,6±1,5	5,0±1,3	2,16±0,16	0,36±0,07
2	Cu ²⁺	4,7±1,0*	4,3±1,3	1,72±0,18	0,38±0,05
3	Zn ²⁺	9,1±1,4	4,9±1,1	2,24±0,17	0,37±0,04

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
4	$\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$	$3,6 \pm 1,0^*$	$3,4 \pm 0,8$	$1,39 \pm 0,26^*$	$0,38 \pm 0,04$
5	NO_3^-	$9,0 \pm 1,5$	$4,7 \pm 1,3$	$1,85 \pm 0,14$	$0,37 \pm 0,05$
6	$\text{Cu}^{2+} + \text{NO}_3^-$	$4,0 \pm 1,0^*$	$3,9 \pm 0,9$	$1,48 \pm 0,09^*$	$0,36 \pm 0,03$
7	$\text{Zn}^{2+} + \text{NO}_3^-$	$7,4 \pm 1,8$	$4,8 \pm 1,1$	$1,84 \pm 0,14$	$0,38 \pm 0,03$
8	$\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+} + \text{NO}_3^-$	$5,8 \pm 1,3$	$4,2 \pm 0,7$	$1,61 \pm 0,08^*$	$0,35 \pm 0,04$
9	NH_4^+	$7,8 \pm 1,8$	$4,5 \pm 1,2$	$1,92 \pm 0,20$	$0,37 \pm 0,04$
10	$\text{Cu}^{2+} + \text{NH}_4^+$	$3,7 \pm 0,9^*$	$3,4 \pm 1,0$	$1,45 \pm 0,11^*$	$0,37 \pm 0,03$
11	$\text{Zn}^{2+} + \text{NH}_4^+$	$7,9 \pm 1,6$	$4,0 \pm 1,2$	$1,69 \pm 0,16$	$0,37 \pm 0,04$
12	$\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+} + \text{NH}_4^+$	$4,3 \pm 1,0^*$	$5,1 \pm 0,9$	$1,63 \pm 0,17$	$0,37 \pm 0,05$
13	$\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$	$8,5 \pm 1,5$	$4,4 \pm 1,3$	$1,77 \pm 0,17$	$0,41 \pm 0,04$
14	$\text{Cu}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$	$3,8 \pm 1,0^*$	$3,1 \pm 0,8$	$1,29 \pm 0,14^*$	$0,37 \pm 0,05$
15	$\text{Zn}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$	$7,5 \pm 1,2$	$3,6 \pm 1,0$	$1,75 \pm 0,11$	$0,37 \pm 0,05$
16	$\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$	$4,5 \pm 1,3^*$	$3,9 \pm 1,0$	$1,57 \pm 0,12^*$	$0,37 \pm 0,06$

Примечание: * – различия между вариантом и контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

Кроме того, в ходе изучения воздействия ионов меди на показатели накопления сырой массы трехдневными проростками ячменя отмечены достоверные различия с контролем в вариантах № 4, 6, 8, 10, 14, 16. Накопление сырой биомассы в данных вариантах ниже контроля в 1,3–1,7 раза, что может быть связано с уменьшением массы корня. Снижение длины coleoptила в этих же вариантах составило 1,2–1,6 раза, однако достоверных различий с контролем не выявлено.

Данные эксперимента по показателям роста проростков ячменя при действии ионов Cu^{2+} подтверждаются данными литературы [4], согласно которым медь в избыточных концентрациях (100 мкМ и выше) оказывает токсическое действие на прорастание семян, рост и накопление биомассы молодыми растениями.

Таким образом, при проращивании семян ячменя на растворах, содержащих ионы цинка, аммония и нитрат-ионы в концентрации 100 мкМ не выявлено воздействия на всхожесть, энергию прорастания семян ячменя. Токсичными для трехдневных проростков ячменя оказались ионы меди в концентрации 100 мкМ во всех вариантах, в которых они присутствовали. При действии ионов меди длина корня и сырая масса проростков снижались в 1,5–2,3 и в 1,3–1,7 раза соответственно по сравнению с контролем.

Литература

1. Майсурян Н. А., Степанов В. Н., Кузнецов В. С., Лукьянюк В. И., Черномаз П. А. Растениеводство. М.: Изд-во «Колос», 1965. 472 с.
2. Радионов Н. В. Физиологические и молекулярные ответные реакции растений рапса на воздействие солей меди и цинка: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. М., 2008. 25 с.
3. Шихова Л. Н., Егошина Т. Л. Тяжелые металлы в почвах и растениях таежной зоны Северо-Востока Европейской России. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2004. С. 93.

4. Зарипова Н. Р. Действие избыточных концентраций тяжелых металлов на экспрессию хлоропластных генов растений ячменя: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. М., 2008. 21 с.

ВЛИЯНИЕ ДЕТЕРГЕНТА, ИОНОВ СВИНЦА И ФОСФАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ТКАНЯХ *CERATOPHYLLUM DEMERSUM L.*

В. Е. Редникина

*Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королева*

В растениях синтезируется огромное количество разнообразных фенольных соединений – помимо простых фенолов в эту группу входят флавоноиды (Хелдт, 2014).

Природные фенолы часто проявляют высокую биологическую активность. Функции их в растениях весьма разнообразны и еще далеко не все известны (Зейкель, 1968; Яковлев, 2006). Однако считается бесспорным, что почти все фенольные соединения являются активными метаболитами клеточного обмена и играют существенную роль в различных физиологических процессах – дыхании, фотосинтезе, росте, развитии и репродукции (Harborne, 1972). Спектр действия растительных фенолов чрезвычайно разнообразен (Хелдт, 2014). Важная функция флавоноидов – защита растений от внешних неблагоприятных абиотических и биотических факторов (Макаренко, Левицкий, 2013).

Методы обнаружения, выделения фенольных соединений в том виде, в котором они содержатся в биологических материалах, основаны главным образом на полярности гидроксильной группы, связанной с ароматическим кольцом (Корулькин, 2007). Трудности, возникающие при работе с природными фенольными соединениями, объясняются многообразием структур, в которых встречаются ароматические гидроксильные группы.

Цель нашего исследования – выявление зависимости количества флавоноидов в тканях высшего водного растения *Ceratophyllum demersum L.* от воздействия различных факторов среды (поллютантов).

Объектом исследования был выбран пресноводный макрофит *Ceratophyllum demersum L.* (Тахтаджян, 1980).

Для достижения поставленной цели несколько представителей данного вида растения подвергалось воздействию одновременно трех поллютантов (Pb²⁺, тритон х-100 и КЗРО₄), а также тритоном х-100 (ПАВ). Контрольная группа растений находилась в обычной чистой воде.

Продолжительность воздействия выбранных поллютантов составила 3 суток. По истечении периода часть растений из каждой группы отбирали на исследования, другую часть переносили в чистую воду для реабилитации

(длительностью 5 суток). Для сравнительного анализа количественного состава флавоноидов растения после реабилитации также исследовались.

Выделение полифенольных соединений производилось при помощи экстрактора Ase150. Этанол 60% использовали в качестве растворителя. Кумарины, мешающие количественному определению, извлекали с помощью неполярного органического растворителя (хлороформа). Образовавшуюся верхнюю фракцию отбирали и выпаривали на водяной бане до постоянного веса.

В результате проведенного исследования, было установлено, что в тканях растения *Ceratophyllum detersum* L. при воздействии отрицательных факторов выявлено заметное увеличение количества флавоноидов (табл.)

Таблица

Количество флавоноидов в тканях *Ceratophyllum detersum* L. до и после воздействия отрицательных факторов

Контроль (вода)	Контроль (вода), мг/мл	Тритон, мг/мл	Сочетанное действие (Pb ²⁺ , Тритон X-100, K ₃ PO ₄), мг/мл
		100,9	-
Опыт	-	132,8	124,9
Реабилитация	-	Растения погибли	105,1

После периода реабилитации в нормальных условиях, растение прекращало выработку данных веществ, и их количественный состав приближался к контрольному значению (рис. 1, 2, 3).

Увеличение флавоноидов в тканях высшего водного растения *Ceratophyllum detersum* L. представляет собой защитную функцию на различные отрицательные условия среды. Воздействие тритона x-100 привело к гибели растения *Ceratophyllum detersum* L.

В среде поверхностно активного вещества тритона x-100 количество флавоноидов в тканях *Ceratophyllum detersum* L. увеличилось в 1,3 раза по сравнению с контролем.

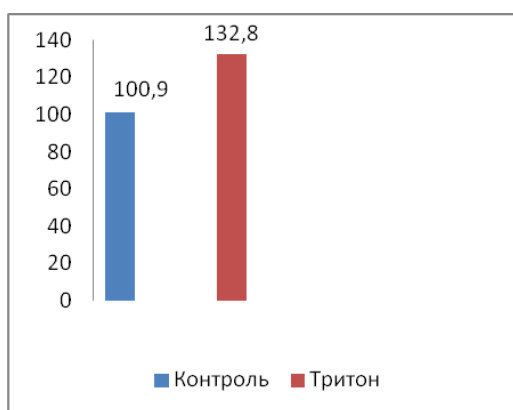


Рис. 1. Количественный состав флавоноидов в тканях *Ceratophyllum detersum* L. после воздействия тритон x-100

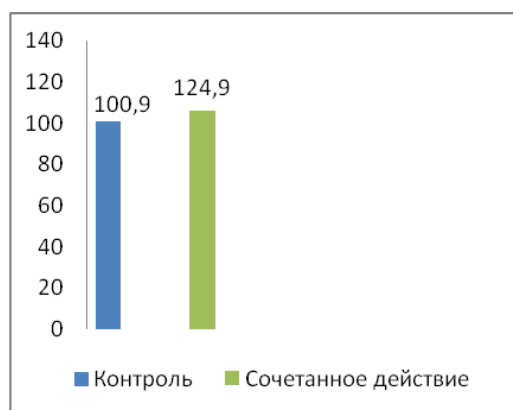


Рис. 2. Количественный состав флавоноидов в тканях *Ceratophyllum detersum* L. после воздействия сочетанного действия поллютантов (Pb²⁺, тритон x-100 и K₃PO₄)

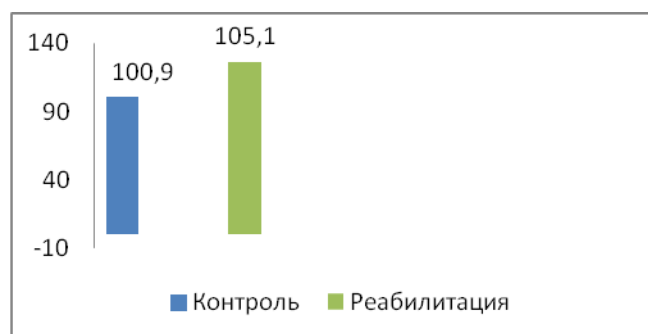


Рис. 3. Количественный состав флавоноидов в тканях *Ceratophyllum detersum* L. после реабилитации от одновременного воздействия детергента, ионов свинца и фосфатов

В среде испытывающей действие одновременно трех негативных факторов, количество флавоноидов в тканях высшего водного растения *Ceratophyllum detersum* L. возросло в 1,2 раза по сравнению с контрольной группой. После реабилитации количество полифенолов снизилось в 1,04 раза.

Литература

- Зейкель М. К. Выделение и идентификация фенольных соединений в биологических материалах // Биохимия фенольных соединений. М., 1968. 34 с.
- Макаренко О. А., Левицкий А. П. Физиологические функции флавоноидов в растениях // Физиология и биохимия культ.растений. 2013. Т. 45. С. 105–107.
- Запрометов М. Н. Биосинтез фенольных соединений и его регуляция // Успехи современной биологии. 2003.Т. 72. Вып. 2. С. 219–252.
- Harborne J. B. Evolution and function of flavonoids in plants // Rec. Adv. Phytochem.-N.Y., 1972. Vol. 4. P. 107–441.
- Корулькин Д. Ю., Абилов Ж. А., Толстикова Г. А. Природные флавоноиды. Новосибирск: Наука, 2007.
- Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. С. 347–348.
- Жизнь растений: в 6 т. Т. 5. Ч. 1. Цветковые растения / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. М.: Просвещение, 1980. С. 188–190.
- Лекарственное сырье растительного и животного происхождения. Фармакогнозия: учебное пособие / Под ред. Г. П. Яковлева. СПб.: СпецЛит, 2006. С. 360–361.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕСОЗАГОТОВОК НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

А. Ю. Боровлёв

Коми региональный некоммерческий фонд «Серебряная Тайга»

Антропогенный пресс на лесные экосистемы приводит к нарушению важных биосферных функций лесов, включая водорегулирующие и водоохранно-защитные. Масштабы и глубина проявления таких нарушений, а также специфика восстановления биосферных функций лесов должны учитываться при формировании стратегий устойчивого управления лесами и служить индикаторами состояния природных комплексов.

В рамках данной работы была осуществлена попытка оценки долговременного воздействия сплошных концентрированных вырубок бассейна реки Мезень с 1970 по 2000 гг. (т.н. «болгарские рубки») на гидрологические характеристики водотоков и общее состояние водных экосистем.

В партнерстве с ФГБУ «Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Коми» был сформирован расчет и анализ данных двух гидрологических постов, находящихся на р. Мезень: д. Макариб и с. Большая Пысса. После построения кривой объемов стока, было отмечено увеличение данного гидрологического параметра за период с 1970 по 1990 гг. Выявлен статистически достоверный отрицательный многолетний тренд уровня летней межени р. Мезень за период с 1970 г. по настоящее время (данные охватывали период с 1945 по 2013 гг.). Это свидетельствует об общем снижении уровня грунтовых вод на водосборе, обусловленном массовыми концентрированными рубками 1970–1990-х гг. в бассейне реки Мезень. Отрицательный многолетний тренд летней межени по р. Мезень особенно значим на фоне повышения уровней летней и зимней межени рек Северо-Запада Европейской части России, наблюдаемых с середины 1980-х г. Гидрометцентром Республики Коми и объясняемых глобальными изменениями климата региона. Выявленное снижение уровня грунтовых вод на водосборе Мезени тесно коррелирует с наблюдаемым в течение последних 30 лет активным диффузным и площадным усыханием перестойных ельников на водоразделах р. Мезень, Вашка и Пинега.

В рамках натуральных исследований водотоков было проведено полевые работы на притоках Мезени: реки Кужим и Нижняя Пузла. Выбор данных рек пал на процент обрубленности водосбора: река Кужим – 53% вырубок в бассейне, Ниж. Пузла – 10% вырубок. Количество вырубленных территорий было просчитано через возможности статистической обработки спектрально-яркостных характеристик снимков Landsat 8. Визуальная оценка водотоков показала, что на реках, водосборы которых сильно подвержены вырубкам, преобладает песчаный грунт, под которым были обнаружены валуны и галька, что говорит о заилении водотоков.

Важный параметр в оценивании долговременного воздействия лесозаготовок на водные ресурсы – состав донных сообществ и качество воды. Они играют важную роль в формировании структуры речных экосистем и являются надежными показателями их состояния. В вышеуказанных реках был произведен забор верхнего слоя грунта (бентосные организмы), а также воды на поверхности водотоков (планктон) на трех створах – исток, среднее течение и устье. Также, каждый створ включал взятие проб как с правого, так и с левого берегов. Для сравнительного анализа рек Кужим и Нижняя Пузла лабораторией ихтиологии и гидробиологии отдела экологии животных КНЦ УрО РАН рассчитаны различные индексы и показатели: EPT Index, Trent Biotic Index, Biological Monitoring Working Party, Dip/N, Ch/N, и традиционные, используемые в отечественных гидробиологических наблюдениях: олигохетный ин-

декс ПарелеD1. Опираясь на полученные результаты, можно сделать следующие заключения:

– в обоих водотоках в общем бентосе доминировали по численности личинки амфибиотических насекомых, на песчаных грунтах к ним добавлялись ракообразные;

– значения индекса D1 на всех створах не превышали значений 0,9, что позволяет оценить воду, как чистая. Лишь на богатых детритом и илом грунтах средних участков наблюдается небольшой пик их численности. Высокое качество воды характерно для створов с наименьшим процентом площади вырубок;

– на участках, где процент вырубленных площадей меньше (не более 10%) индексы оценивают качество воды равномерно, а там, где площадь вырубков увеличивается все показатели, хотя и указывают на благополучие, но менее стабильны.

Немаловажной методикой в оценке изменения водных ресурсов под влиянием лесозаготовок является социологический опрос. Было проведено анкетирование старожилов (от 50 лет и старше) деревень Удорского района, расположенных вдоль р. Мезень. Респондентам, активно занимающимся охотой и рыбалкой на данной территории, предлагалось оценить долговременные (от 20 и старше лет) изменения водных и рыбных ресурсов р. Мезени и ее притоков. Также, была предложена районированная карта, где участвующие в опросе старожилы указывали географическое расположение разных видов изменений. В результате было получено и обработано порядка 100 анкет, статистический анализ которых показывает ряд существенных изменений на реках в ходе и после т.н. «болгарских рубок».

В качестве вывода можно отметить явное воздействие сплошных вырубков на гидрологический режим и общее состояние водотоков. В результате рубок и проведения лесосечных работ без соблюдения лесоводственных требований происходит ухудшение водно-физических свойств почв, снижается их инфильтрационная способность, увеличивается поверхностный сток и, как следствие, усиливается эрозия почвы. Изменения в приходных и расходных составляющих водного баланса после сплошных рубок также отражаются на распределении стока по водоносным горизонтам. Также прослеживается незначительное ухудшение качества воды в реках, подверженных сильному воздействию лесозаготовок.

Литература

Карпечко Ю. В., Бондарик Н. Л. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 225 с.

Кучмент Л. С., Гельфан А. Н., Демидов В. Н. Модель гидрологического цикла лесного водосбора и оценка изменений водного баланса при вырубке леса // Лесоведение. 2012. № 6. С. 3–13.

Мухамедшин К. Д., Родин С. А., Неволин Ю. И. Влияние сплошных концентрированных рубок на водоохранно-защитные функции лесов Ветлужско-Унженской равнины // Лесной вестник. 2003. № 3. С. 85–93.

Рахманов В. В. Лесная гидрология. Итоги науки и техники. Лесоведение // ВИНТИ. 1981. 121 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ И АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М. Г. Дворников

ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова,

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

Dvornikov50@mail.ru

Основные положения изучения структурно-функциональной организации биогеоценозов (БГЦ) – единиц биосферы, изложены в широко известных публикациях В. И. Вернадского, В. Н. Сукачева, В. Н. Тимофеева-Ресовского, М. С. Гилярова, Н. Н. Данилова и др. Участие взаимодействующих компонентов и организмов БГЦ в вещественно-энергетическом процессе функционально их объединяет и характеризует как единую систему и целостность её обеспечивается сообществами видов, сформировавшихся в процессе эволюции (Дворников, Ширяев, 2013; Дворников, Ширяев, 2015; Дворников и др., 2012). В данном случае комплексное изучение структуры БГЦ, биомассы, продукции основных групп растений и животных, взаимодействия консументов и энергетики разных трофических уровней, содержания при поступлении в систему и распределения химических элементов, в первую очередь биогенных в организмах, подстилке, почве и скорости редуции отмершей органики в целостных природных единствах, является актуальным направлением фундаментальной экологии. Практические проекты сохранения, мониторинг биоразнообразия и использования биоресурсов также могут быть успешно решены на основе системного управления ими.

Наши сравнительные стационарные биогеоценологические исследования по известным программам «Летопись природы в заповедниках СССР» и «Программа и методика биогеоценологических исследований» проводились в 1989–2015 гг. в таёжных БГЦ с особо охраняемыми природными (ООПТ) и задействованными хозяйственной деятельностью человека участками. Объектами исследований были участки лесных и луговых БГЦ, где произрастали и обитали фоновые и редкие виды растений и животных. Таксационные описания стационаров, объектов, таксонов и исторические сведения по структурно-функциональной организации БГЦ, использованию биоресурсов предварительно были опубликованы (Дворников, 2007; Дворников, 2009). Энергосодержание, химические анализы проб осадков, растений, животных, подстилки и почвы, взятых из БГЦ – естественных экологических систем (термин приведен согласно ст. 1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об

охране окружающей среды») проводились в аттестованных лабораториях методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, радионуклиды – на комплексе «Прогресс».

Первоначально была составлена схема структурно-функциональной организации комплексного БГЦ объединённого вектором стока (от водораздела к руслу реки), обозначены блоки и этапы изучения на стационарах экологического профиля (на входе, при транзите и накоплении) и выявлены состав и структура конкретного БГЦ. Особенности накопления фитомассы, углеродного баланса, зоомассы и перемещения химических веществ в БГЦ, смежно расположенных в одном лесорастительном районе с освоенными и охраняемыми природно-антропогенными комплексами (ПК), на примере растительных и хищных животных прослеживались в таёжной Провинции Вятско-Камской возвышенности. В данном случае устойчивое функционирование БГЦ зависело от антропогенной нагрузки и сбалансированных взаимосвязей растительности, травоядных животных и хищников. Передвижение и концентрации животных тоже были связаны с режимом охраны и сезонными запасами кормов. Содержание химических элементов в блоках БГЦ (с учётом разложения опада и отпада) рассчитаны на особь, популяцию, экосистему. В процессе изучения биогенной миграции химических элементов по цепи питания мы использовали известные коэффициенты: накопления (КН) и пропорциональности (КПР). Отмечено, что скорость и емкость биогеохимического круговорота проходят в соответствии с лесорастительными условиями конкретного БГЦ и, в основном, свойственны для более масштабного их иерархического ряда уже в ранге лесорастительных районов, округов и т.д.

В вегетационный период в форме фотосинтетически активной радиации в тайге бассейна р. Вятка поступает 176-197 кДж/см²/год, на средней части долины реки (заповедник «Нургуш» и охранная зона) – 188,4 кДж/см²/год, от нее используется растениями 1%. В итоге продуктивность растительного покрова равна 75–80 ц/га в год. Близкие показатели (с помощью опадоуловителей) по приросту получены нами только для осинников с единичным участием ели и дуба (71,5 ц/га). Сосновые леса охранной зоны трансформированы рубками и фактически показатели прироста и запасы углерода у них значительно ниже потенциальных (Дворников, 2007; Дворников, 2014). При использовании в расчетах характеристик малонарушенных лесов зрелой поймы, величина чистой продуктивности составляла 144,7 млн. кДж/га в год. На освоенных территориях, по сравнению с ООПТ, участие хозяйственно ценных животных в биогеоценотических процессах будет меньше, так как здесь меньше общие запасы фитомассы и биомассы зверей, кроме того, общий энергопоток (промысел, браконьерство, хищники и др.) может сдерживать и даже превышать прирост продукции популяций.

В целом сравнительно рассмотрены количественные характеристики и представлены параметры структурно-функционального развития малонарушенных (ООПТ) и освоенных лесных экосистем и, в частности, биогеоценотическая роль популяций видов позвоночных животных, слагающих биоцено-

тическое ядро и их участие в обеспечении длительного равновесного состояния БГЦ. В Российской Федерации сеть заповедников представлена зонально и размещена в конкретных природных единствах: провинциях, округах и районах, как самостоятельных единицах (Дворников, 2012). В соответствии с Федеральным законом от 14.03.1995 N 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» ведение экологического мониторинга на постоянных стационарах является одной из основных задач, возложенных на заповедники (эталонные, в которых нами отмечено высокое сходство современных и среднеголоценовых сообществ). Для выявления в них естественных изменений и на уже хозяйственно преобразованных БГЦ, входящих в одни лесорастительные единства, эдификаторы и доминанты обоснованно являются видами индикаторами в мониторинге состояния таежных экосистем, находящихся под прямым и косвенным антропогенным воздействием, что необходимо учитывать (на экосистемном уровне) при обосновании допустимых воздействий и нарушений ПК, задействованных природопользованием. В данном случае биогеоэкологический, исторический и сравнительный подходы в изучении охраняемых (малонарушенных) и освоенных БГЦ, расположенных в одних природных единствах, и, в частности, результаты их исследований применимы при построении моделей прогнозов изменения климата, экологической безопасности и для совершенствования схем - проектов природопользования (лесо- и охотустройства, рекреации, экологической экспертизы и т.д.) в ноосферных условиях.

Литература

Дворников М. Г. Млекопитающие в экосистемах бассейна реки Вятка (на примере особо охраняемых и освоенных территорий). Киров, 2007. 352 с.

Дворников М. Г. Биогеохимический круговорот веществ в таежных комплексах долины реки Вятка с разными режимами природопользования // Использование и охрана природных ресурсов в России: науч.-информ. и проб.-аналит. бюл. 2009. № 2. С. 61–66.

Дворников М. Г. Принципы, опыт и перспективы организации биологического мониторинга природных объектов в южно-таежных биогеоценозах // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров. 2012. С. 32–35.

Дворников М. Г. Формирование баланса углерода в природных и преобразованных биогеоценозах Вятско-Камского междуречья // Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных экосистем: Материалы Всерос. науч. конф. Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2014. С. 231–235.

Дворников М. Г., Ширяев В. В. Динамика использования ресурсов промысловых зверей в таежных и лесостепных экосистемах Камского бассейна // Известия Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15. № 3. Ч. 1. С. 463–466.

Дворников М. Г., Ширяев В. В. Участие млекопитающих в вещественно-энергетическом процессе в сопряженных охраняемых и освоенных экосистемах Предуралья и Урала. Самарская Лука. 2015. № 4. С. 34–42.

Дворников М. Г., Ширяев В. В., Сафонов В. Г., Глушков В. М. Структурно-функциональная организация лесных биогеоценозов как информационно-аналитический индикатор выявления угроз экологического характера и изменения климата // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 14. № 5. С. 20–25.

БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ г. КИРОВА ПО ЛИПЕ МЕЛКОЛИСТНОЙ

А. Н. Вишвцева¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
polumnaluna@mail.ru

Для экологической оценки качества воздушной среды широко применяются методы биоиндикации. Одним из индикаторов аэрогенного загрязнения является пыльца растений. Качество пыльцевых зерен зависит от действия физических и химических загрязнений среды (Дзюба, 2006). Живые клетки наиболее чувствительны к действию отрицательных факторов во время деления. Нарушения могут касаться процесса распределения наследственного материала, а также синтеза запасных веществ пыльцевого зерна. Abortивные пыльцевые зерна имеют различные размеры и неправильную форму (мятые, морщинистые), не окрашиваются или окрашиваются слабо раствором йода.

Оценка воздушной среды проводится также по выявлению нарушений симметрии развития листовой пластинки. Флуктуирующая асимметрия представляет собой незначительные ненаправленные различия между правой и левой сторонами и является результатом ошибок в ходе индивидуального развития организма. При нормальном состоянии окружающей среды их уровень минимален, при возрастающем негативном воздействии увеличивается, что ведет к повышению асимметрии. Показатель флуктуирующей асимметрии позволяет фиксировать даже незначительные отклонения параметров среды, еще не приводящих к существенному снижению жизнеспособности особи, но указывает на наличие в среде негативного фактора (Корона, 2000).

Цель исследования – дать оценку экологического состояния среды г. Кирова методами биоиндикации.

Объектом исследования являлась липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), произрастающая в зонах города: промышленной (вблизи ОАО «Кировский завод по обработке цветных металлов», АО «Лепсе», «Кировский комбинат искусственных кож»); транспортной (ул. Ленина, ул. Карла Маркса, Октябрьский пр-т); селитебной (ул. Молодой Гвардии, ул. Верхосунская, ул. Новая); рекреационной (Александровский сад, парк Победы). В качестве контрольной площадки были взяты посадки *Tilia cordata* в сл. Галица.

Сбор проводился после остановки роста листьев (начиная сиюля). При сборе материала было учтено возрастное состояние деревьев. Для исследования выбирались деревья, достигшие генеративного возрастного состояния. У липы мелколистной с одного дерева равномерно со всех доступных веток собирались по 200 листьев. Величина асимметрии у растений рассчитывалась как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах.

Пыльца липы отбиралась в периоды массового цветения. С помощью светового микроскопа изучались пыльцевые зерна. Во всех образцах исследовалось не менее 200 пыльцевых зерен, каждое из которых обследовалось по форме и размеру. Таким образом, в каждом конкретном образце фиксировалось наличие/отсутствие тератоморфных (патологически развитых) пыльцевых зерен, подсчитывалось их количество и анализировались морфологические особенности (Мелехова и др., 2007).

На 11 участках г. Кирова проведен сбор экспериментального материала и рассчитана величина флуктуирующей асимметрии (табл. 1).

Таблица 1

Величина асимметрии листа по всем исследуемым зонам

№ п/п	Зона г. Кирова	Средняя величина асимметрии листа	Результат анализа
1	Промышленная	0,04732 ±0,00321	Средний уровень отклонения от нормы
2	Транспортная	0,04518±0,00374	Средний уровень отклонения от нормы
3	Селитебная	0,04054±0,00226	Незначительные отклонения от нормы
4	Рекреационная	0,04021±0,00095	Незначительные отклонения от нормы
5	Контрольная площадка	0,03860±0,01157	Условная норма
Общая по г. Киров:		0,04237±0,00369	Незначительные отклонения от нормы

Средний уровень ассиметрии листа липы был выявлен в промышленной и транспортной зонах города. Незначительные отклонения от нормы отмечены в селитебной и рекреационной зонах, что указывает на более чистый воздух. В пригородной зоне чистота воздуха близка к норме. При анализе строения пыльцевых зерен была проведена их сравнительная оценка (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка нормальных и abortивных пыльцевых зерен

№ п/п	Зона г. Кирова	Количество проб	Общее число обследованных зерен	Количество нормальных зерен		Количество abortивных зерен	
				число	%	число	%
1	Промышленная	3	600	457	76,17	143	23,83
2	Транспортная	2	600	443	73,83	157	26,17
3	Селитебная	3	600	496	82,67	104	17,33
4	Рекреационная	2	400	357	89,25	47	10,75
5	Контрольная площадка	1	200	185	92,50	15	7,50

Биоиндикационная оценка воздушной среды по пыльце *Tilia cordata* выявила, что наибольшее количество abortивных пыльцевых зерен наблюдается в промышленной (23,84%) и транспортной (26,17%) зонах.

Таким образом, загрязнение воздушной среды отмечено в транспортной и промышленных зонах. В селитебной и рекреационной зонах воздух более чистый.

Литература

Дзюба О. Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра, 2006. 198 с.

Корона В. В., Васильев А. Г. Строение и изменчивость листьев растений: основы модульной теории. Екатеринбург, 2000. 224 с.

Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М., 2007. С. 74–79.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БИОТЕСТИРОВАНИЯ НА *LEPIDIUM SATIVUM* L. НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

А. А. Арефьева, Р. В. Зуев, З. М. Кураמיшина

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
arefyeva.anastasia.1993@yandex.ru*

Загрязнение окружающей природной среды – одна из глобальных проблем, стоящих перед человечеством. К числу наиболее важных факторов экологического риска относится загрязнение атмосферы (Бадмаева, Циммерман, 2015). Атмосферный воздух – жизненно важный компонент окружающей среды, необходимый для нормального существования живых организмов на Земле. Интенсивный рост городов, развитие промышленности, накопление вредных производственных выбросов и ежегодное увеличение численности автотранспортных средств приводят к серьезному загрязнению воздушной среды, что негативно влияет на здоровье человека и окружающую среду в целом. На загрязнение атмосферы оказывают влияние как природные, так и антропогенные факторы. Однако установлено, что более 90% загрязнителей имеют антропогенное происхождение (Бадмаева, Циммерман, 2015). К ним относятся автотранспортные выбросы и отходы промышленных предприятий (Кубаева, Серикболова, 2015). Поступление химических веществ в атмосферный воздух приводит к развитию экологически зависимых заболеваний (Березин, Сучков, 2014).

Поэтому одной из важнейших задач обеспечения надлежащих условий жизни в промышленных регионах является контроль качества атмосферного воздуха. Поллютанты, выбрасываемые промышленными предприятиями, оказывают негативное воздействие на здоровье людей, проживающих в районе расположения этих промпредприятий (Штриплинг и др., 2015). Имеются данные, что на человека, проживающего в промышленном районе, воздействует несколько сотен тысяч химических веществ (Бадмаева, Циммерман, 2015), которые снижают иммунный потенциал человека, вызывают наследственные

заболевания и приводят к сокращению продолжительности жизни (Симонова, Антонюк, 2015).

Проблема загрязнения атмосферного воздуха является актуальной и для города Стерлитамак. Несмотря на то, что предприятия города расположены в целом с учетом пространственного распределения выбросов, в том числе розы ветров, качество атмосферного воздуха в городе часто не соответствует предъявляемым к нему требованиям. Одной из значимых причин, по которым экологическая ситуация в городе остается напряженной, является «трансграничный» перенос загрязняющих веществ воздушными массами от промышленных предприятий соседних городов, в частности г. Салават.

По данным Стерлитамакского территориального управления Минэкологии Республики Башкортостан в зимний период в г. Стерлитамак и на сопредельных территориях южные ветра являются преобладающими (44%), причем на северные ветра приходится не более 12%.

Этим обусловлено движение загрязненных воздушных масс г. Салават в южном направлении в сторону г. Стерлитамак. Выбросы Салаватской промзоны в среднем составляют 50 тыс. т. Несмотря на то, что основная промзона г. Стерлитамак расположена в северной части города, станции контроля загрязнения атмосферного воздуха фиксируют превышения содержания в атмосферном воздухе загрязняющих веществ и при южном направлении ветра.

Целью работы явилось изучение и количественная оценка пространственного переноса примесей промышленных выбросов г. Салават на территорию Стерлитамакского района и г. Стерлитамак.

В зимний период 2015 г. было отобрано 8 проб снега на открытых участках местности на достаточном удалении от автомобильных дорог и жилых массивов. Расположение точек пробоотбора выбирали на основе равной удаленности друг от друга на всем протяжении участка Стерлитамак – Салават. В качестве базовой точки (точки отсчета) была принята санитарно-защитная зона промзоны г. Салават. В качестве фоновой точки был выбран участок на 30 км южнее г. Салават.

Оценку степени загрязнения снежной пробы проводили путем определения его токсичности с помощью метода биотестирования на тест-объекте *Lepidium sativum* L. Для опытов брали семена хорошей всхожести. Предварительно проводили стерилизацию семян: обрабатывали их 70%-ным этанолом в течение 3–5 мин., после чего отмывали дистиллированной водой. Затем семена высаживали в чашки Петри (d =140 мм, h =24 мм) и проращивали при дневном освещении и температуре 25 °С. На 14-е сутки подсчитывали количество проросших семян и измеряли длину и массу растений. Эксперименты проводили в трех биологических повторностях. Математическая обработка данных была произведена с помощью программы StatPlus 2009.

Результаты исследований показали, что прослеживалась вполне закономерная тенденция на уменьшение количества проросших семян кресс-салата по мере приближения к промышленной зоне г. Салават.

Расстояние до источника выбросов составило (в км): точка 1 – 21,34; т. 2 – 18,15; т. 3 – 15,72; т. 4 – 11,76; т. 5 – 10,58; т. 6 – 6,62; т. 7 – 4,19; т. 8 – 1. И для каждой пробы количество проросших семян было снижено относительно фона на 1, 3, 5, 6, 7, 10, 12 и 14%, соответственно. Самый низкий показатель всхожести получен в пробе, взятой в санитарно-защитной зоне промышленных предприятий (т. 8). Это связано в первую очередь с одним из главных факторов пространственного распределения загрязненных воздушных масс, а именно, с расстоянием до источника загрязнения.

Общая динамика на сокращение показателя (длина растений) по мере приближения к источнику загрязнения сохраняется. Так, для пробы из т. 1 показатель длины был ниже на 2% относительно фонового участка. Для остальных точек этот показатель был меньше на 8, 11, 18, 23, 29, 39 и 42%, соответственно.

Также в ходе исследований были проведены соответствующие измерения и вычислена средняя масса растений. Было установлено, что самыми низкими показателями массы обладают растения, высаженные на пробах, взятых наиболее близко к источнику загрязнения. Для пробы, отобранной в т. 1 показатель массы был снижен на 2% по сравнению с фоновой пробой, в т. 2 – на 3%, в т. 3 – на 5%, в т. 4 – на 6%, в т. 5 – на 7%, в т. 6 – на 10%, в т. 7 – на 15% и в т. 8 – на 19%.

Таким образом, определено, что степень рассеивания воздушных масс в большей степени определяет такой фактор как территориальное расстояние. Связь экотоксикологических показателей с данным фактором высокая, коэффициент корреляции находится в пределах от 0,6 до 0,9.

По результатам исследований установлено, что на состояние воздушного бассейна г. Стерлитамак и на рассеивание выбросов большое влияние оказывают метеоусловия в сочетании с объемом выбросов. Загрязнение снежного покрова установлено повсеместно. Рассеивание недостаточное. В период формирования снежного покрова на юге республики Башкортостан периодически наблюдались неблагоприятные метеорологические условия (НМУ). Снизить экологическую нагрузку выбросов на атмосферу можно только путем их сокращения, особенно в период НМУ. В связи с этим, предприятия обязаны принимать меры по кратковременному сокращению своих выбросов, регулирование которых осуществляется с учетом прогноза НМУ. В зависимости от ожидаемого уровня загрязнения атмосферы составляются предупреждения трех степеней, которым соответствуют три режима работы предприятий. Согласно РД 52.04.52-85 в период I, II, III режима НМУ мероприятия по регулированию выбросов в атмосферу на предприятиях должны обеспечить сокращение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы на 15–20%, 20–40%, 40–60%, соответственно.

Литература

Бадмаева С. Э., Циммерман В. И. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха городов Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2015. № 2. С. 27–32.

Березин И. И., Сучков В. В. Система профилактических мероприятий по уменьшению загрязнения атмосферного воздуха // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 5. С. 1777–1780.

Кубаева У. С., Серикболова Д. С. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Караганда // Educatio. 2015. № 7 (14). С. 92–95.

Симонова И. Н., Антонюк М. В. Роль техногенного загрязнения воздушной среды в развитии бронхолегочной патологии // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2015. № 1. (59). С. 14–20.

Штриплинг Л. О., Баженов В. В., Калинин Ю. В., Мальцева Е. А. Расчетно-аналитический метод определения загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами промышленных предприятий // Омский научный вестник. 2015. № 1 (138). С. 202–205.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЬЦЫ ДЛЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ г. КИРОВА

А. В. Наумова, И. А. Жуйкова

Вятский государственный университет

За последние десятилетия экологическая ситуация на планете становится всё более напряжённой: страдает качество воздуха, воды, почв. На качество атмосферного воздуха большое влияние оказывает производственная и хозяйственная деятельность человека, значительно выраженная в крупных населённых пунктах. Ежегодно в России составляется приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В 2009 году в него входило 34 города, в 2010-м – уже 36 (Смолякова, 2012).

В этом отношении город Киров не является исключением. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кировской области (Кировстата) общее количество субъектов хозяйственной и иной деятельности, представивших в 2014 году отчет по форме 2-ТП (воздух) с учетом индивидуальных предпринимателей, составило 1027 единиц (Региональный доклад, 2015). Согласно этим материалам, в 2014 г. качество атмосферного воздуха, сложившееся в последние годы, на территории Кировской области сохранилось.

По данным Кировского ЦГМС – филиала ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС», в периоды неблагоприятных метеорологических условий в городах Киров и Кирово-Чепецк превышений максимально разовых предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха, отобранных на стационарных постах наблюдений в 2014 г., не отмечено (Региональный доклад, 2015).

Качественные оценки экологического состояния окружающей среды, проводимые в отдельные периоды, показывают состояние загрязняющих веществ в атмосфере в конкретный момент времени, а не в режиме постоянного непрерывного мониторинга. Растения накапливают загрязняющие вещества в течение всего периода жизни. Поэтому важно оценивать влияние загрязнения атмосферного воздуха на состояние генеративной сферы растений – пыльцу древесных растений. Согласно литературным данным, достаточно надёжным

методом оценки экологического состояния атмосферного воздуха является палинологический анализ. Метод оценки состояния качества атмосферного воздуха по качеству генеративного состояния пыльцы предложен О. Ф. Дзюбой (Дзюба, 2011; Дзюба, Борейша 2001; Дзюба, Тарасевич, 2001).

Для оценки качества экологического состояния окружающей среды г. Кирова, нами была отобрана пыльца *Tilia cordata* Mill. с 20 точек в период её пыления с 24.06.2015 по 25.06.2015. Далее пыльца липы была подвергнута лабораторной обработке методом ацетолиза (Эрдтман, 1956). Обработанная пыльца липа рассматривалась в микроскоп «Биолар PZOSK». Предварительные результаты исследования качества пыльцы представлены в таблице.

Таблица

**Результаты анализа пыльцевых зёрен липы мелколистной
(*Tilia cordata* Mill.)**

Точка отбора проб	Сумма пыльцевых зёрен (шт.)	Нормальные пыльцевые зёрна		Тератоморфные пыльцевые зёрна	
		Кол-во	%	Кол-во	%
1. Набережная А. Грина	405	270	66,6	100	24,6
2. Пл. Лепсе (сквер)	398	249	62,5	115	28,8
3. Ул. А. Упита 16 а	17	6	50,0	6	50,0
4. Пл. XX партсъезда (сквер)	44	18	40,9	26	59,1

Известно, что в норме пыльцевое зерно липы *Tilia cordata* Mill. 3-ороздно-оровые, сплюсненные; в очертании круглые, или, реже, округло-треугольные, с экватора округлые. Борозды короткие, щелевидные, с неровными краями, 5,6–8,0 мкм длиной и 1,5–2,5 мкм шириной. Оры эллиптические, редко округлые, 5,0–6,0 мкм длиной. Экзина 2,0–2,5 мкм; скульптура сетчато-ямчатая, диаметр ячей со стенкой 1,0 – 1,5 мкм; край покрова на оптическом разрезе слабо волнистый, покров слегка тоньше подстилающего слоя, стерженьковый слой отчётливо заметен, стерженьки короткие, палочковидные. Цвет зерна буровато-жёлтый (Куприянова, 1978).

По предварительным данным с 4-х точек отбора было рассмотрено 864 пыльцевых зёрен, из которых: нормально развитых – 543, тератоморфных – 247. Среди аномально развитой пыльцы встречаются: одноапертурные, двухапертурные, и беспоровые. Количество подсчитанных тератоморфных пыльцевых зёрен следующее: одноапертурных – 26, двухапертурных – 57, беспоровых – 61.

Предварительный анализ полученных данных показал, что во всех 4-х изученных образцах встречается аномально-развитая пыльца липы мелколистной. Вероятно, пыльца данного вида, произрастающая на северном пределе своего ареала достаточно чутко реагирует на хроническое загрязнение воздушной среды города и может служить одним из индикаторов состояния окружающей среды. Доля нормальных пыльцевых зёрен составляет 62,84%, тератоморфных – 28,5%. Максимальные отклонения в развитии пыльцевых зёрен отмечены в точках 3 и 4, где доля тератоморфных пыльцевых зёрен до-

стигает 50% и 59% соответственно. Изучение влияние качества воздуха на пыльцу растений требует дальнейшего изучения.

Литература

Дзюба О. Ф., Подойницына С. В. Качественный состав палинологических спектров Санкт-Петербурга во время пыления сосны обыкновенной на территории города-спутника ЛАЭС Сосновый бор // Проблемы современной палинологии: Материалы XIII Российской палинологической конф. с междунар. участием. Т. 2. Сыктывкар, 5–8 сентября 2011 г. Сыктывкар. С. 253–257.

Дзюба О. Ф., Борейша И. К., Яковлева Т. Л., Шайнерман Н. А., Наупорожская М. А. Качество пыльцы высших растений и некоторых клеточных структур и животных организмов в условиях промышленной площадки ЛАЭС и городе Сосновый бор // Пыльца как индикатор состояния окружающей среды и палеоэкологические реконструкции: Междунар. семинар, Санкт-Петербург, март 2001 г. СПб.: ВНИГРИ, 2001. С. 69–78.

Дзюба О. Ф., Тарасевич В. Ф. Морфологические особенности пыльцевых зёрен *Tilla cordata* Mill. в условиях современного мегаполиса // Пыльца как индикатор состояния окружающей среды и палеоэкологические реконструкции: Междунар. семинар, Санкт-Петербург, март 2001 г. СПб.: ВНИГРИ, 2001. С. 79–86.

Куприянова Л. А., Алёшина Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Ленинград: Наука, 1978. 184 с.

Эрдтман Г. Методология пыльцы и систематика растений (введение в палинологию). Покрытосеменные. М., 1956. 456 с.

Региональный доклад «О состоянии окружающей среды Кировской области в 2014 году» // Официальный сайт Правительства Кировской области – Электронные данные. URL: http://www.kirovreg.ru/power/executive/upr_nature/izdan/25105-49-01-06.pdf.

Смолякова Т. Не дышите глубже. Минприроды назвало 36 городов с самым грязным воздухом // Информационный портал «Российская газета». 2012 г. – Электронные данные. URL: <http://www.rg.ru/2012/02/10/spisok.html>

ВЫЯВЛЕНИЕ МУТАГЕННОГО ЭФФЕКТА ФУНГИЦИДОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ МЕТОДОМ ПРОТРАВЛИВАНИЯ

М. В. Черемисинов, А. В. Помелов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Применение метода мутационной селекции во многих странах мира подтвердило высокую её эффективность. На основе искусственного мутагенеза в мире созданы и внедрены в производство более 1900 сортов растений 154 видов (Дудин, Лысиков, 2009).

Современные фунгициды обладают широким спектром действия и высокой эффективностью против возбудителей болезней (биологическая эффективность от 75 до 97%), стимулируют рост и развитие ярового ячменя, повышают урожайность товарных посевов до 20% (Помелов, 2009). Пестициды могут оказать влияние на генетический аппарат клетки растений ячменя, изменить сортовые признаки растений, приводить к генетическому засорению посевов. Оценка на мутагенную активность пестицидов позволяет дифференцированно подходить к их применению на семенных посевах и, особенно при производстве оригинальных семян.

Выявлена мутагенная активность производных дитиокарбаминовой кислоты (ТМТД, цинеба, цирама на разных биологических объектах, в том числе и на растениях). Тирам (д.в. ТМТД) в растениях разлагается до более опасных метаболитов: тетраметилмоносульфида и тетраметилтиомочевины. Бензимидазолы, к которым относят и карбендазим (колфуго супер), вызывает нарушение процесса деления ядра и может вызвать мутации у растений (Куриный, Пилинская, 1976). Азоловые соединения ингибируют синтез стероидов и оказывают непосредственное влияние на проницаемость мембран, индуцируют мутации.

Мутагенное действие пестицидов изучаются на яровых зерновых культурах проводятся на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА с 1999 г. Выявлена на яровом ячмене мутагенная активность фунгицидов из класса бензимидазолов (колфуго супер), азолов (винцит, премис, дивиденд стар), стробилуринов, дитиокарбоматов и оксатиина (фенорам супер), а также биопрепаратов (агат 25К, эклоран, альбит) (Дудин и др., 2008; Черемисинов, Помелов, 2009).

Цель исследований – выявить мутагенный эффект фунгицидов при обработке семян ячменя методом протравливания.

Объект исследования – яровой ячмень сортов Нур и Биос-1. Исследования мутагенного действия протравителей семян проводились на учебно-опытном поле Вятской ГСХА. Почвы участка дерново-подзолистые средне-суглинистые.

Опыт 1. Семена ячменя перед посевом протравливали препаратами скарлет 0,04, 0,4 и 2 л/т; тебу-60: 0,05, 0,5 и 2 л/т, грандсил-ультра 0,05, 0,5 и 2 л/т (опыт 1). Контроль (обработка водой 10 л/т)

Опыт 2. Варианты опыта: контроль обработка водой - 10л/т; фенорам супер сп, 2 кг/т; фенорам супер сп, 6 кг/т; премис, кс, 2 л/т; премис, кс, 6 л/т; колфуго супер, вс, 2 л/т; колфуго супер, вс, 6 л/т; агат 25К, тпс, 40 г/т.

Во втором поколении (M_2) посемейно высевали семена с главного колоса растений M_1 . С момента появления массовых всходов определяли тип и частоту хлорофилльных мутаций по классификации, разработанной О. Прийлин, Т. Шнайдер, Т. Орав, проводили отбор растений с видимыми морфологическими и физиологическими отклонениями от исходного сорта. Растения с изменениями отмечались и убирались отдельно. В M_2 проводили группировку выделенных растений по измененным признакам, определяли частоту изменений ячменя по отношению количества семей с отклонениями к общему количеству проанализированных в варианте семей.

Хлорофилльные мутации позволяют судить о наследственных изменениях растений уже во втором поколении, в то время как по другим видимым изменениям говорить о мутагенном действии факторов можно лишь в третьем поколении. Во втором поколении хлорофилльные мутации были выделены во всех вариантах опыта, кроме контроля (табл.1).

Всего в опыте 1 отмечено 15 семей с хлорофилльными изменениями. Максимальная частота мутаций установлена в вариантах: скарлет 0,04 л/т – 1,26%, тебу – 60 2 л/т – 1,84%, грандсил ультра 0,05 л/т – 1,44%.

В спектре хлорофилльных нарушений отмечены мутации типа: albina – белые растения; claroviridis – светло-зеленые; xanthotigrina – чередуются зеленые и желтые поперечные полосы; clorotica – бледно-желто-зеленые.

Максимальное разнообразие хлорофилльных мутаций – 3 типа наблюдалось в варианте тебу – 2 л/т, где встречались такие мутации, как xanthoviridis, claroviridis, clorotica. Мутация типа claroviridis была определяющей на обработку семян препаратом тебу.

Хлорофилльные нарушения одного типа выделены в вариантах: скарлет 0,4 л/т, скарлет 2 л/т, тебу-60 – 0,05 л/т.

44,0% всех хлорофилльных изменений составляют мутации claroviridis. Данный тип изменений зарегистрированы в вариантах опыта: тебу-60 2 л/т и грандсил ультра 0,05 л/т. На втором месте по встречаемости находятся мутации chlorotica, которая наблюдалась в тебу 60 0,5 л/т. Максимальная частота семей с морфофизиологическими изменениями отмечена в варианте с химическим протравителем (опыт 1) грандсил ультра 0,5 л/т 5,6%. Увеличение нормы расхода препаратов скарлет и тебу-60 соответственно приводило к снижению измененных семей на 62%.

Таблица

**Частота хлорофилльных и морфофизиологических изменений
ячменя в M₂, %**

Вариант	Частота хлорофилльных мутации	Частота морфофизиологических изменений
Опыт 1		
контроль сорт Нур обр. водой	1,17	1,17
скарлет 0,04 л/т	1,26	5,06**
скарлет 0,4 л/т	0,71	2,15
скарлет 2 л/т	0,96	4,80*
тебу-60 -0,05 л/т	0,80	7,25**
тебу-60 -0,5 л/т	1,22	1,82
тебу-60 -2 л/т	1,84*	3,68
грандсил ультра 0,05 л/т	1,44	5,07**
грандсил ультра 0,5 л/т	0,62	5,59**
грандсил ультра 2 л/т	0,76	0
Опыт 2		
контроль обраб. водой – 10л/т	0,00	0,00
фенорам супер сп, 2 кг/т	2,20**	3,02**
фенорам супер сп, 6 кг/т	3,14**	8,86***
премис, кс, 2 л/т	–	2,41*
премис, кс, 6 л/т	–	3,94***
колфуго супер, вс, 2 л/т	0,28	1,41*
колфуго супер, вс, 6 л/т	2,09**	3,88**
агат 25К, тпс, 40 г/т	2,68**	3,34**

Примечание: * – уровень вероятности P > 0,95; ** – уровень вероятности P > 0,99; *** – уровень вероятности P > 0,999.

Максимальное число типов морфологических и физиологических изменений – 19 отмечено в варианте скарлет 0,04 и 2,0 л/т, а наименьшее – 16 семей в вариантах: тебу-60 0,05 л/т, грандсил ультра 0,5 л/т.

При увеличении нормы расхода препарата уменьшается выход новообразований. Под действием препарата скарлет не происходило увеличения числа семей с новообразованиями при увеличении нормы расхода. Увеличение нормы расхода препарата тебу-60 в 10 раз ведет к снижению спектра морфологических и физиологических изменений в 1,2 раза.

В варианте тебу-60 с нормой расхода 0,05 и 0,5 л/т преобладают такие изменения как повышенная общая кустистость, продуктивная кустистость, высокий стебель, высокая продуктивная кустистость, раннее созревание.

При уменьшении нормы расхода препарата тебу-60 до 0,05 л/т в опыте наблюдается уменьшение частоты таких изменений как общая кустистость – до 5 семей, высокий стебель – до 5 семей, длинный колос не встречается, а при максимальной норме расхода выделена 1 семья.

В варианте тебу-60 0,05 л/т выделено 2 семьи с широкой листовой пластинкой.

В вариантах с препаратами скарлет 0,04 и 2 л/т – получено по 6 скороспелых семей и тебу-60 0,05 и 0,5 л/т – получено по 7 скороспелых форм соответственно, в то время как в блоке с препаратом грандсил ультра было отмечено от 2 до 4 семей.

Препараты скарлет 0,04 и 2 л/т индуцировали выход семей с ранним колошением и созреванием по 6 и 7 семей соответственно. В других вариантах опыта число таких семей колебалось от 2 до 4. В контроле (семена, обработанные водой) не выявлены семьи, отличающиеся от исходного сорта контроля сорта Нур.

В опыте 2 среди химических протравителей в рекомендуемых нормах расхода максимальная частота хлорофилльных изменений наблюдалась под действием отечественного протравителя фенорам супер (2,20%). С увеличением нормы расхода с 2 до 6 кг/т число хлорофилльных мутаций возросло в 1,4 раза. Хлорофилльные нарушения индуцировал и биологический препарат агат 25К. Максимальная частота изменений была получена при обработке семян данным препаратом с рекомендованной нормой расхода 40 г/т (2,68%).

Во втором поколении было выявлено 8 типов хлорофилльных нарушений. Преобладали мутации типа *alboviridis*, *claroviridis*. Самый широкий спектр мутаций (5 типов) был отмечен при обработке семян препаратом фенорам супер.

Таким образом, химические системные протравители семян являются источниками хлорофилльной, морфологической и физиологической изменчивости ячменя и не могут быть использованы для протравливания оригинальных и элитных семян.

Литература

Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 208 с.

Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник с.х. наук. 2008. № 6. С. 26–31.

Куринный А. И., Пилинская М. А. Исследование пестицидов как мутагенов внешней среды. Киев: Наукова Думка, 1976. 114 с.

Помелов А. В. Эффективность протравителей семян яровых зерновых культур // Сибирский вестник с.х. науки. 2009. № 5. С. 21–26.

Черемисинов М. В., Помелов А. В. Реакция растений ячменя нулевого и первого поколений на обработку фунгицидами стробилуринами // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства: Сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф., посвященная 65-летию агрономического факультета. Киров: Вятская ГСХА, 2009. С. 106–110.

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ИЗУЧЕНИЯ ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

В. В. Рутман, Е. Н. Резник

*Вятский государственный университет,
rutman.slavik@yandex.ru, reznick@yandex.ru*

Метод биоиндикации с использованием лишайников широко распространен в экологических исследованиях и биомониторинге окружающей среды. Уже давно замечена зависимость численности видов и биомассы лишайников от степени загрязненности атмосферы. Кроме того, негативное воздействие поллютантов влияет и на саму структуру лишайника.

С точки зрения фрактальной геометрии, лишайники являются дендритными структурами, которые описываются особой величиной – фрактальной размерностью (Арзамасцев и др., 2011).

Фрактальная размерность – это отношение, описывающее статистическую меру сложности изменения шаблона фрактала при его масштабировании. Также она считается мерой возможности заполнения пространства шаблоном фрактала и говорит нам о том, как фрактал изменяется относительно изменения пространства, в котором он находится (Шредер, 2001).

Исходя из того, что объем слоевища и проективное покрытие лишайника будет сокращаться в зависимости от увеличения концентрации поллютантов в атмосфере, фрактальная размерность будет закономерно изменяться. Поэтому значение фрактальной размерности можно использовать в качестве показателя для биоиндикации (Миннуллина, 2006).

Нами было предположено, что в зависимости от степени антропогенного загрязнения будут изменяться характеристики спектра отражения лишайников.

Целью нашей работы было исследовать влияние антропогенной нагрузки на фрактальную размерность, структуру и характеристики спектра отражения лишайников.

В качестве объектов-индикаторов были выбраны лишайники *Xanthoria parietina* и *Hypogymnia physodes*, поскольку они наиболее распространены и их фрактальная структура прослеживается наиболее чётко.

Для исследования выбраны эпифитные лишайники, произрастающие на деревьях в г. Кирове и лишайники в лесной зоне, на территории, удаленной от промышленных предприятий и автотранспортных магистралей – вблизи базы отдыха (пос. Майский, Оричевский район).

Одним из наиболее простых методов определения фрактальной размерности объекта является компьютерная обработка его цифрового изображения.

Вычисление фрактальной размерности производили при помощи компьютерной программы (Зяблицев и др., 2009). Для работы с программой требуются цифровые фотографии или отсканированные изображения лишайников. Масштаб изображения не важен, поскольку данный показатель не влияет на фрактальную размерность.

В настоящее время разработаны методы изучения спектров отражения различных объектов путем компьютерной обработки их цифровых изображений. Установлено, что эти методы не уступают по своим метрологическим характеристикам методам, основанным на применении специальных спектроскопических приборов (Апяри и др., 2011).

Таблица 1

Значения фрактальной размерности лишайников в г. Кирове

№	Вид лишайника	Вид дерева	Фрактальная размерность
1	<i>Xanthoria parietina</i>	Клен ясенелистный	2,80
2	<i>Xanthoria parietina</i>	Береза повислая	2,89
3	<i>Xanthoria parietina</i>	Береза повислая	2,85
4	<i>Xanthoria parietina</i>	Тополь бальзамический	2,74
5	<i>Xanthoria parietina</i>	Тополь бальзамический	2,70
6	<i>Hypogymnia physodes</i>	Береза повислая	2,81
7	<i>Hypogymnia physodes</i>	Клен ясенелистный	2,94
8	<i>Hypogymnia physodes</i>	Береза повислая	2,82
9	<i>Hypogymnia physodes</i>	Клен ясенелистный	2,77
10	<i>Hypogymnia physodes</i>	Тополь бальзамический	2,95

Параллельно с определением фрактальной размерности мы проводили компьютерный спектр-анализ цифровых фотографий лишайников. Спектр-анализ позволяет подсчитать количество пикселей по основным цветам. Были построены диаграммы распределения интенсивности отражения в разных областях спектра для каждого образца.

Среднее значение фрактальной размерности лишайника вида *Xanthoria parietina* в г. Кирове составило 2,78, а для вида *Hypogymnia physodes* оно составляет 2,86. Исходя из полученных результатов, видно, что у лишайника вида *Hypogymnia physodes* фрактальная размерность больше, значит его структура более близка к сплошной.

Значения фрактальной размерности лишайников на фоновой территории

№	Вид лишайника	Вид дерева	Фрактальная размерность
1	<i>Xanthoria parietina</i>	Береза повислая	2,74
2	<i>Xanthoria parietina</i>	Береза повислая	2,18
3	<i>Xanthoria parietina</i>	Тополь бальзамический	2,45
4	<i>Xanthoria parietina</i>	Тополь бальзамический	2,45
5	<i>Xanthoria parietina</i>	Рябина обыкновенная	2,42
6	<i>Hypogymnia physodes</i>	Рябина обыкновенная	2,46
7	<i>Hypogymnia physodes</i>	Тополь бальзамический	2,28
8	<i>Hypogymnia physodes</i>	Тополь бальзамический	2,48
9	<i>Hypogymnia physodes</i>	Береза повислая	2,15
10	<i>Hypogymnia physodes</i>	Береза повислая	2,86

У лишайников лесной зоны среднее значение фрактальной размерности лишайников вида *Xanthoria parietina* получилось 2,45, а для вида *Hypogymnia physodes* оно составило 2,44. Показатель фрактальной размерности обоих видов на фоновой территории практически сравнялся и получился намного ниже, чем в г. Кирове. По частоте встречаемости в г. Кирове преобладает вид *Xanthoria parietina*, а на фоновой территории – *Hypogymnia physodes*. Данный вид также более подвержен изменению фрактальной размерности. Также было выявлено, что фрактальная размерность лишайника не зависит от вида дерева. В перспективе планируется провести сравнение с результатами химического анализа таллома лишайника и атмосферного воздуха для выявления факторов, действующих на изменение фрактальной структуры.

Таблица 3

Суммарные средние результаты спектр-анализа (%)

Вид лишайника	Место отбора	λ 380–440 нм (Фиолетовые)	λ 440–485 нм (Синие)	λ 485–500 нм (Голубые)	λ 500–565 нм (Зеленые)	λ 565–590 нм (Желтые)	λ 590–625 нм (Оранжевые)	λ 625–740 нм (Красные)
<i>Xanthoria parietina</i>	Киров	0,032	2,356	5,752	42,35	22,14	11,93	13,20
	Фон	0,056	1,106	1,898	33,22	36,17	7,766	18,76
<i>Hypogymnia physodes</i>	Киров	0,548	11,43	9,824	69,11	2,662	1,356	2,098
	Фон	0,234	4,240	4,628	44,99	27,65	11,44	4,266

Из таблицы 3 видно, что у лишайников, произрастающих в зоне антропогенной нагрузки, по сравнению с фоном, сильно возрастает интенсивность отраженного света в средней области спектра 485–565 нм и резко уменьшается в желтой области 565–590 нм. На состав спектра может влиять множество факторов: соотношение числа клеток водоросли и гриба в лишайнике, его возраст, запыленность, концентрация поглощенных из атмосферы веществ.

Определение фрактальной размерности и изучение спектра отражения по цифровым фотографиям лишайников дает основу для разработки перспек-

тивных методов лишеноиндикации менее трудоемких и более удобных для проведения массовых анализов.

Литература

Апяри В. В., Дмитриенко С. Г., Золотов Ю. А. Аналитические возможности цифровых цветометрических технологий. Определение нитрит-ионов с использованием пенополиуретана // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2011. Т. 5. № 1. С. 36–42.

Арзамасцев А. А., Слетков Д. В., Мотлых Ю. Н., Яблокова Е. С., Косова И. С.. Морфологические и кинетические особенности роста биологических объектов на плоскости // Вестник ТГУ. 2007. Т. 12. Вып. 2. С. 285–300.

Зяблицев В. Е., Резник Е. Н., Будникова А. С., Путилов П. В., Рафеенкова С. И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616193. Программа для ЭВМ «Расчет фрактальных структур». Правообладатель: ГОУ ВПО «ВятГГУ» (RU). Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 10 ноября 2009 г.

Миннуллина Г. Р. Совершенствование методов лишеноиндикации для оценки качества атмосферного воздуха урбанизированной территории: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Уфа, 2006. 21 с.

Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. Регулярная и хаотическая динамика. М.: Ижевск, 2001. 625 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ г. СТЕРЛИТАМАКА

А. Р. Романова, С. В. Тихонова, Л. У. Буляккулова

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
sveta_tikh93@mail.ru*

Использование цитогенетического метода в биотестировании является одним из самых чувствительных способов адекватной оценки влияния неблагоприятных экологических факторов на окружающую среду. В настоящее время в роли индикаторов экологического состояния водных ресурсов часто используются растительные объекты.

Широкое применение в методиках цитогенетического анализа нашел лук обыкновенный (*Allium cepa* L.) благодаря высокой чувствительности, устойчивой реакции как на молекулярно-клеточном (митотический индекс, аббераций хромосом в ана-телофазных клетках), так и организменном (ингибирование роста корней) уровнях, простоте и оперативности методик, достоверной связи результатов с выводами (Удалова, 2011).

В современных исследованиях *Allium cepa* L. считается эталонным растительным тест-объектом для анализа мутагенности, митотоксичности и токсичности различных факторов. Наряду с *Allium-test* используются и другие тест-объекты (среди растений наиболее часто горох *Pisum sativum* и бобы *Vicia faba*) (Арефьев, Лисовенко, 1995).

Allium cepa L. в качестве тест объекта широко применяется для оценки генетического потенциала химических соединений, природных и сточных вод (Sharma, 1983).

Allium-test является экономичным, простым, краткосрочным и довольно чувствительным методом.

Для исследований нами были отобраны пробы из пяти рек г. Стерлитамака Республики Башкортостан: Ашкадар, Белая, Стерля, Ольховка и Селеук. Пробы отбирали в ноябре 2015 г. Проведение Allium-testa выполняли на основе методики G. Fiskesjo (1985).

Был проведен химический анализ исследуемых проб воды из рек на наличие ионов Fe^{2+} , Pb^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Cl^- , определен pH. В пробах р. Белая обнаружены соединения цинка и меди, превышающие ПДК, в пробе р. Ашкадар выявлено содержание нефтепродуктов до 2 ПДК. Содержание ионов меди, цинка, железа, сульфатов и хлоридов в реках Селеук, Ольховка, Стерля было выявлено в пределах ПДК. Ионов Pb^{2+} , HCO_3^- , Mg^{2+} , в исследуемых пробах воды выявлено не было обнаружено. pH воды во всех пробах имеет значение около 7, что характерно для данной геоклиматической зоны.

Таблица

Значение митотического индекса и частота хромосомных aberrаций в корневой меристеме лука обыкновенного (*Allium cepa* L), пророщенного на исследуемых пробах

	МИ	Пи	Ми	Аи	Ти	А-Ти	Хром. абе рр.
Контроль	42,74±1,35	21,15±1,61	11,36±0,98	17,31±1,32	44,18±2,41	61,50±1,94	1,07±0,11
Белая	41,61±1,36	23,71±1,33	13,65±0,82	17,90±1,33	44,74±2,32	62,64±1,68	1,36±0,15
Ашкадар	41,82±0,80	27,90±0,86*	15,22±0,66*	21,35±0,92*	35,11±0,74*	56,12±0,53*	2,19±0,23*
Стерля	52,11±0,70*	25,35±0,60*	16,68±0,39*	16,91±0,49	42,97±1,47	57,97±0,61	1,65±0,09*
Селеук	40,34±0,91	24,45±0,81	20,09±0,92*	16,66±0,90	40,35±1,23	57,01±1,18	1,52±0,14*
Ольховка	48,40±1,39*	28,90±0,73*	20,85±0,92*	21,56±0,75*	28,58±0,87*	47,53±1,96*	3,55±0,25*

Примечание: * – достоверные отличия по сравнению с контролем при уровне значимости $p < 0,05$.

Из представленных данных видно, что максимальное значение митотического индекса выявлено в варианте с пробой воды, отобранной из р. Стерля (52,11%) и Ольховка (48,40%). Статистических достоверных различий митотической активности с контролем не обнаружено. Повышение митотического индекса может быть связано с небольшим стрессовым воздействием, обуславливающим стимулирующий эффект. Это объясняется тем, что данные реки получают загрязнители от промышленных сточных вод, сбросы с частного сектора, транспорта. Митотическая активность в клетках лука, пророщенных на пробе воды из р. Ашкадар составляет 41,82%, Белой – 41,61%, Селеук – 40,34%. Были обнаружены статистически достоверные различия по сравнению с контролем. Митотический индекс контрольной пробы составил 42,74%.

Определение уровня хромосомных нарушений, выявленных в клетках корешках лука, пророщенного на различных водных средах, показало, что максимальная частота хромосомных aberrаций наблюдалось в пробах р. Ольховка (3,55%) и Ашкадар (2,19%), что статистически значимо превышает спонтанный уровень. Это свидетельствует о том, что воды данных рек были подвергнуты локальному действию факторов, имеющих мутагенную природу. При анализе проб воды из р. Ашкадар было выявлено превышение содержания нефтепродуктов, которые сбрасываются предприятиями, расположенными вблизи нее. Нефтепродукты могут попасть в р. Ашкадар вследствие частого мытья машин. Уровень aberrантных хромосом в контроле составил лишь 1,07%. Уровень aberrантных хромосом в реке Белой составил 1,36%, в пробе р. Стерля – 1,65%, Селеук – 1,52%. Результаты хромосомных нарушений в данных пробах соответствуют уровню, отмеченному для спонтанного мутагенеза (менее 2%). Показатели хромосомных aberrаций во всех пробах воды рек, кроме р. Белой являются статистически значимыми по сравнению с контролем. Спектр патологических митозов в опыте был представлен основными типами цитогенетических нарушений: отставания хромосом, одиночные, двойные и тройные хромосомные мосты, фрагменты. У большинства проб наиболее распространенной патологией являлись отставания, доля которых в общем спектре нарушений составляла от 41,37 до 58% у разных вариантов. Нарушения, такие как отставания хромосом, характерны для химического мутагенеза (Гундерина, 1997).

Таким образом, в результате цитогенетического исследования было выявлено, что максимальное значение митотического индекса зарегистрировано в варианте с пробой воды, отобранной из рр. Стерля (52,11%) и Ольховка (48,40%). Во всех указанных пробах процент наблюдаемых клеток с хромосомными aberrациями выше аналогичного контрольного показателя.

Литература

Арефьев В. А., Лисовенко Л. А. Англо-русский толковый словарь генетических терминов. ВНИРО, 1995. 407 с.

Гундерина Л. С. Генетические последствия гамма-облучения *Chironomus thummi* и хромосомных aberrаций в митотических клетках // Генетика. 1997. № 6. С. 769–775.

Удалова А. А. Биологический контроль радиационно-химического воздействия на окружающую среду и экологического нормирования ионизирующих излучений: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Обнинск: ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии. 2011. 44 с.

Fiskesjo G. The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*. 1985. Vol. 102. P. 99–102.

Sharma C. B. Plant meristems as monitors of genetic toxicity of environmental chemicals // *Current science*. 1983. T. 52. № 81. С. 1000–1002.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ

Е. А. Лунькова, О. В. Малюта

*Поволжский государственный технологический университет,
elena_lunkova@mail.ru*

Развитие туризма, создание национальных парков, массовый выезд населения на природу и пляжи, спорт в некоторой степени компенсируют негативное воздействие антропогенных факторов, действующих на человека в условиях городской среды. Проведение этих мероприятий возможно при сохранении и воспроизводстве рекреационных ресурсов на территориях, где еще относительно сохранился естественный биогеоценоз.

Большой наплыв туристов в последнее время привел к интенсивному разрушению берегов озер нашей республики. Если не прекратить данные процессы, то наши природные объекты не только станут непригодными для использования в целях рекреации, но деградируют под гнетом антропогенной сукцессии. Рассматриваемая проблема является актуальной для Республики Марий Эл. Многие озера республики, а их более 600, обладают такими рекреационными ресурсами, как чистая вода, живописная природа, неповторимый рельеф местности (Столяров, Горинов, 2012). Для того чтобы деградация озер не стала неизбежной, необходимо, в первую очередь, проводить постоянные наблюдения за состоянием природных водоемов, т.е. осуществлять мониторинг.

Цель данной работы – рекогносцировочная оценка состояния лесных озер республики Марий Эл с использованием метода биоиндикации.

Нами были выбраны объекты, которые подвержены антропогенной нагрузке в различной степени.

Озеро Кичиер располагается в Волжском районе республики Марий Эл в низовьях реки Илети, принадлежавших национальному парку «Марий Чадра». Озеро Кичиер имеет провальное происхождение, площадь – 46 га. Ближайшим населенным пунктом является п. Кичиер. На берегах озера расположен лечебно-профилактический санаторий «Кичиер», жилые постройки и небольшое рыбохозяйственное предприятие, а также дикие стоянки для отдыха. Однако большая часть прибрежной зоны трудно доступна с берега (Буклаев, 2004).

Озеро Оланга располагается в Медведевском районе и Республики Марий Эл и находится в 10 км от п. Сурок. По происхождению озеро провальное. Площадь озера – 12,5 га. Это лесное озеро и лишь незначительная часть берега доступна туристам. Оборудованные стоянки отсутствуют (Столяров, Горинов, 2012).

Озеро Молевое находится в 3 км от п. Килемары, на левом берегу реки Б.Кундыш. Озеро карстового происхождения. Площадь озера – 90 га Часть

прибрежной зоны занимают дикие и оборудованные стоянки и пляжи, другая часть – труднодоступна (Столяров, Горинов, 2012).

Определение кислотно-основных свойств воды в водоемах показало, что рН воды в оз. Кичиер – 8,09; оз. Оланга – 7,82; оз. Молевое – 8,13, т. е. озера можно отнести к слабощелочным. Это связано с тем, что в нашем регионе располагаются залежи мела и известняка. Однако в Молевое и Кичиер это может быть связано и с антропогенной нагрузкой.

Содержание кислорода в поверхностных водах служит косвенной характеристикой оценки качества поверхностных вод. Содержание растворенного кислорода в воде озер (Кичиер – 8,95 мг/л; Оланга – 8,16 мг/л; Молевое – 7,81 мг/л) позволяет отнести озера Кичиер и Оланга к чистым озерам, а озеро Молевое – к умеренно загрязненным.

На объектах были выполнены биоиндикационные исследования с использованием водных растений – биоиндикаторов. Анализ видового состава макрофитов позволил получить предварительную оценку экологического состояния обследованных озер.

Видовой состав растений в прибрежной зоне оз. Кичиер отличается в зависимости от степени антропогенной нагрузки: вблизи санаторного пляжа и диких стоянок преобладает рогоз обыкновенный *Typha L.*, у рыбохозяйственного предприятия, где на поверхности озера наблюдались нефтяные пятна – только рогоз – индикатор процессов эвтрофикации, а вот у берега в плохо доступных местах – заросли тростника обыкновенного *Phragmites australis (Cav) Trin ex Steud* – индикатора чистых водоемов. В озере вблизи обитаемых мест встречался в больших количествах такой вид, как роголистник погруженный *Ceratophyllum demersum L.*, который является индикатором загрязненных водоемов. А у дикого берега – кубышка желтая *Nuphar lutea (L.) Smith* – индикатор незначительного загрязнения.

Озеро Оланга, в прибрежной зоне сплошь заросло тростником, а в водоеме помимо кубышки желтой, кувшинки белой *Nymphaea alba L.*, были обнаружены и харовые водоросли, которые обитают только в чистой воде.

На озеро Молевое в прибрежной зоне (пляжи, стоянки) произрастало большое количество растений: рогоз обыкновенный, различные виды осок, хвощ речной *Equisetum fluviatile L.*, стрелолист обыкновенный *Sagittaria sagittifolia L.*, местами – небольшие скопления ряски малой *Lemna minor L.* – это все индикаторы эвтрофикации и сильного загрязнения. В воде этой части водоема обнаружены заросли роголистника погруженного, рдеста плавающего *Potamogeton natans L.* Однако в плохо доступной с берега части озера рогоз постепенно сменялся на тростник, а заросли роголистника – на кубышку желтую, хотя размеры листьев этого растения были заметно меньше, чем в других озерах.

Таким образом, на основе биоиндикационных исследований, можно сделать выводы, что из обследованных озер республики наиболее чистым является озеро Оланга, а наиболее загрязненным – озеро Молевое.

Литература

Буклаев А. В. Национальный парк «Марий Чодра»: информационно-справочное издание. Йошкар-Ола, 2004. 80 с.

Груздева Л. П., Суслов С. В. Биоиндикация качества природных вод // Биология в школе. Библиограф, 2002. № 6. С. 10–14.

Романов Е. М., Малюта О. В., Конакова Д. Е. и др. Экология: экологический мониторинг лесных экосистем: учебное пособие. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2008. 236 с.

Столяров А. А., Горинов А. Т. География Республики Марий Эл: учебное пособие. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2012. 208 с.

СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА КОЛИЧЕСТВО ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ В ПРЕДЕЛАХ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

И. В. Кочаков, Р. Р. Иванова

*Поволжский государственный технологический университет,
zlata_64@list.ru, ivanova.rufina@yandex.ru*

Влияние человека и его деятельности на любой из элементов природы характеризуется как антропогенное воздействие, которое включает использование ресурсов популяций видов, входящих в экосистемы, распашку территорий, загрязнение, выпас скота, рекреационное воздействие и др. Источниками негативного антропогенного воздействия на экосистемы и обитающие в них виды растений и животных являются сельское хозяйство, промышленное производство, энергетика, транспорт, охота, рыболовство, заготовка лекарственных растений, браконьерство, рекреация и туризм, бытовой комплекс (в том числе селитебный), рубки леса, возникновение пожаров, сбор грибов, ягод, цветковых и лекарственных растений (Соколов и др., 1997).

Видовое разнообразие естественных экосистем является основой биологических ресурсов территории. Чем богаче биоразнообразие природы, тем богаче и биоресурсы, которые может использовать человек для удовлетворения своих потребностей. Активное преобразование природных экосистем в агроэкосистемы, урбанизация природных ландшафтов, интенсивное использование животного и растительного мира как биоресурса приводит к сокращению численности популяций и даже полному исчезновению отдельных видов как в пределах отдельных местообитаний, так и всего ареала распространения вида.

Для Республики Марий Эл основными факторами воздействия на природные экосистемы являются сельскохозяйственная деятельность, лесное хозяйство, транспортные системы, сбор населением ягод, грибов, лекарственных растений и др.

Целью исследования был анализ видового разнообразия и охраняемых видов животного и растительного мира Республики Марий Эл с учетом антропогенной нагрузки на территориях разных административных районов республики.

Исходными материалами для анализа служили Красная книга Республики Марий Эл (Красная книга Республики Марий Эл, 2013), Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл, 2015, интернетресурсы и другие источники.

В качестве показателей антропогенного воздействия на животный и растительный мир республики были выбраны плотность населения (чел./км²), плотность дорожной сети (% от общей площади района), доля сельскохозяйственных угодий (% от общей площади района), которые рассчитывали, исходя из данных отчетов. Показатели, полученные для районов, оценивались в сравнении с общими республиканскими значениями, которые считались средними. При оценивании считали, что чем выше значения совокупности показателей по административному району, тем выше антропогенное воздействие на флору и фауну в данном районе. О воздействии антропогенной нагрузки на растительный и животный мир судили по абсолютному количеству охраняемых видов и их процентной доле от общего количества охраняемых видов на территории Республики Марий Эл.

Анализ показал, что в настоящее время видовое разнообразие природных систем Республики Марий Эл составляет 2666 видов растений и животных. Флора республики насчитывает около 1562 видов и подвидов дикорастущих, заносных и одичавших растений, относящихся к 500 родам, 114 семействам. Основу составляют покрытосеменные растения, насчитывающие 1518 видов (97,3%), среди них преобладают двудольные растения. Животный мир республики представлен 369 видами позвоночных животных, в том числе: 62 вида млекопитающих, 250 видов птиц, 56 видов рыб, 11 видов земноводных, 6 видов пресмыкающихся, насекомые насчитывают тысячи видов.

В Красную книгу Республики Марий Эл внесено 477 видов, в том числе 201 вид животных и 276 видов растений. Сравнительный анализ общего количества видов, обитающих на территории республики, с количеством занесенных в Красную книгу республики видов и по отдельным классам растений и животных показал, что наибольшую долю составляют охраняемые виды плауновидных (57,14%), папоротниковидных (52,40%), млекопитающих (37,10 %), птиц (22,80%), амфибий (18,20 %), рыб (17,90%). На основе анализа имеющейся информации можно сделать вывод, что доля видов, занесенных в Красную книгу, составляет 15% от общего видового разнообразия, при этом доля охраняемых видов животных составляет 24 %, а доля охраняемых видов растений – 14,8 %. Многие виды животного мира республики представляют охотничье-промысловый интерес и подвергаются повышенному антропогенному воздействию, в последние годы отмечается тенденция с сокращению численности диких копытных.

Результаты расчета показателей антропогенной нагрузки и доли охраняемых видов растений и животных по административным районам Республики Марий Эл представлены в таблице. Как видно из таблицы, наименьшая плотность населения, плотность дорожной сети и доля сельскохозяйственных угодий характерна для Юринского, Килемарского, Горномарийского и Моркинского районов, наибольшая доля сельскохозяйственных угодий – для Новоторъяльского, Сернурского, Куженерского, Параньгинского и Мари-Турекского районов. С остальных районов показатели антропогенной нагрузки были близки к средним показателям по Республике Марий Эл. Сравни-

тельный анализ показателей антропогенной нагрузки и доли охраняемых видов относительно административных районов показал, что на территории районов с долей сельхозугодий от 61,99% до 81,84% доля охраняемых видов варьирует от 6,5% до 13,2%. При уменьшении доли сельхозугодий (4,09–28,96%) отмечается существенное увеличение числа охраняемых видов. Отмечено, что в этих районах преобладают лесные территории, что способствует сохранению естественных местообитаний растений и животных.

Таблица

Соотношение показателей антропогенной нагрузки и охраняемых видов растений и животных по административным районам Республики Марий Эл

Муниципальное образование	Виды антропогенной нагрузки на окружающую среду			Количество охраняемых видов,			
	Плотность населения, чел./к м ²	Плотность дорожной сети, %	Доля с/х угодий от общей площади района, %	Животные, шт	Растения, шт	Всего, шт	Доля от общ. кол-ва охраняемых видов, %
Юринский район	3,87	7,69	7,77	71	29	100	25,0
Килемарский район	4,04	7,57	4,09	112	58	152	42,4
Горномарийский район	11,68	17,89	29,19	79	31	110	27,4
Медведевский район	24,23	22,11	23,03	110	48	158	39,4
Звениговский район	15,7	19,57	12,62	93	49	138	35,4
Оршанский район	15,85	26,25	59,99	16	5	21	5,2
Советский район	21,36	28,47	44,86	19	8	27	6,7
Волжский район	24,22	56,57	50,50	126	53	179	44,6
Моркинский район	12,87	22,95	28,96	92	43	135	33,7
Новоторъяльский район	16,75	24,8	68,93	16	10	26	6,5
Сернурский район	23,28	27,71	81,84	37	16	53	13,2
Куженерский район	15,75	20,12	61,99	38	14	52	13,0
Параньгинский район	18,84	20,37	66,09	27	11	38	9,5
Мари-Турекский район	13,61	26,04	63,89	70	12	82	20,4
Республика Марий Эл	15,86	23,44	43,13	278	123	401	23,0

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что такие факторы, как плотность населения и дорожной сети менее существенны для количества охраняемых видов. Наиболее важным антропогенным фактором, оказывающим негативное воздействие на число охраняемых видов, является преобразование природных экосистем в сельскохозяйственные угодья, то есть разрушение и сокращение естественных местообитаний.

Литература

Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2015 год. Йошкар-Ола, 2015. 163 с.

Красная книга Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: Мар. Гос. ун-т, 2013. 324 с.

Соколов В. Е., Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д., Шадрин Г. Д. Экология заповедных территорий России. М.: Янус-К., 1997. 574 с.

ВЛИЯНИЕ СЕДИМИНА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ЕНОТОВИДНОЙ СОБАКИ

В. М. Коротяев¹, Н. А. Сунцова², Н. А. Кошкина²

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Вятский государственный университет,
suntsova_nadi@mail.ru, Natalya-koshkina03@mail.ru*

Изучению интерьерных особенностей диких животных – веса внутренних органов и их индексов – в последнее время придается большое значение. Под действием меняющихся условий среды не остаются неизменными физиологические функции организма и популяции в целом. Уловить начало реакции организма можно только путем изучения отклонений, происходящих в нем, то есть исчислением морфофизиологических индексов (Шварц, 1968; Евенко, 2006, Сунцова и др., 2014).

Цель исследования. Изучить влияние седимина на морфометрические показатели внутренних органов енотовидной собаки.

Исследования проводились на звероферме ООО «Велюр» п. Костино Кировской области. Для эксперимента было отобрано 4 группы клинически здоровых енотовидных собак стандартного окраса 31-недельного возраста. В каждую группу входили 5 самцов и 5 самок. Седимин представляет собой стерильную, нелетучую непрозрачную жидкость темно-бурого цвета, хорошо смешивается во всех соотношениях с водой. Данный комплексный препарат, содержащий 16–20 мг/мл железа, 5,5–7,5 мг/мл йода, 0,07–0,09 мг/мл стабилизированного селена, соответствующего 0,16–0,20 мг/кг селенита натрия (ТУ 9318-001-56111013-02), вводили во внутреннюю поверхность бедра с интервалом в две недели двукратно. Первой группе – в дозе 1 мл; второй – 2 мл; третьей – 3 мл, 4-я группа была контрольной.

В ходе исследований пользовались комплексом зоотехнических, морфологических и статистических методов исследования. Сердце и почки взвешивали на электронных платформенных весах марки HL-400 фирмы «A and D» (Япония), имеющих пределы измерения от 0,1 г до 400 г, с точностью 0,1 г. Определяли абсолютную массу и массу внутренних органов относительно массы тела. Морфометрические показатели (длина, ширина, толщина) измеряли с помощью штангенциркуля с ценой деления 0,1 мм. Измерения проводили непосредственно на тушках животных, что минимизировало возможность ошибки оператора. Достоверность вычисляли на основании критерия

Ньюмена-Кейлса, при уровне вероятности $p < 0,05$. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики.

Сердце енотовидной собаки имеет округлую или овальную форму, вытянутую в краниально – каудальном направлении. Чаще всего сердце мешкообразное, каудальный конец округлый. Сердце подразделяют на основание, верхушку, правый и левый края, грудинную и диафрагмальную поверхности.

Основные данные по морфометрии сердца енотовидных собак представлены в таблице.

Рассматривая таблицу, можно сделать вывод, что минимальные значения по длине и ширине сердца просматриваются у зверей первой опытной группы – 4,51 и 3,07 см соответственно, а максимальные значения данных величин наблюдаются у контрольных животных и второй опытной группы – 4,73 и 3,43 см соответственно ($P > 0,05$). Толщина сердца подопытных енотовидных собак варьирует от 1,74 до 2,07 см у контрольных зверей и животных третьей опытной группы соответственно, причем разница данных показателей между группами статистически недостоверна ($P > 0,05$).

Таблица

Морфометрические показатели внутренних органов енотовидной собаки, $M \pm m$, см

Параметры		Внутренние органы		
		Сердце	Правая почка	Левая почка
I группа ^x n=10	Длина	4,51±0,12	4,74±0,05	4,74±0,13
	Ширина	3,07±0,16	2,37±0,06	2,37±0,06
	Толщина	1,87±0,14	1,38±0,03	1,45±0,13
II группа ^y n=10	Длина	4,61±0,08	4,84±0,09	4,93±0,10
	Ширина	3,43±0,12	2,30±0,08	2,38±0,07
	Толщина	1,85±0,06	1,42±0,06	1,32±0,06
III группа ^z n=10	Длина	4,67±0,13	4,87±0,10	4,86±0,11
	Ширина	3,20±0,06	2,36±0,09	2,44±0,04
	Толщина	2,07±0,10	1,36±0,12	1,33±0,06
Контроль ^w n=10	Длина	4,73±0,10	4,63±0,13	4,88±0,09
	Ширина	3,41±0,16	2,19±0,09	2,33±0,07
	Толщина	1,74±0,08	1,27±0,07	1,37±0,05

Примечание: ^{xyzw} – условные обозначения для характеристики статистически значимых различий между группами с уровнем значимости $P < 0,05$.

Максимальная абсолютная масса сердца зафиксирована у зверей, не инъецированных седиминном – 28,86 г, что превышает аналогичные показатели животных, инъецированных одним, двумя и тремя миллилитрами препарата на 9,94; 1,87 и 8,52% соответственно ($P > 0,05$). Статистически достоверные различия относительной массы данного органа наблюдаются между енотовидными собаками контрольной и первой опытных групп – на 0,07% ($P < 0,05$). Идентичные показатели зверей второй и третьей опытных групп находятся на одном уровне – 0,34%.

Енотовидной собаке, как и многим хищникам, присущи гладкие односочковые почки бобовидной формы. С точки зрения морфологии, у почки выделяют две поверхности – дорсальную и вентральную, два края – латеральный и медиальный и два конца – краниальный и каудальный.

Исходя из данных таблицы, длина левой почки контрольных зверей превышает аналогичные показатели правой почки на 5,12% ($P>0,05$). При этом, у енотовидных собак первой опытной группы зафиксированы абсолютно идентичные показатели по длине и ширине обеих почек.

Различия по абсолютной и относительной массе почек между экспериментальными группами статистически не значимы. Максимальные значения абсолютной массы правой и левой почек отмечены у животных третьей опытной группы – 19,16 и 18,96 г соответственно, минимальные зафиксированы у зверей контрольной группы – 17,44 и 17,23 г соответственно. В среднем абсолютная масса правой почки превосходит аналогичный показатель левой почки на 0,12 г. Однако по относительной массе вышеуказанных органов наблюдается противоположная тенденция – левая почка тяжелее правой на 0,005%.

Таким образом, инъекции седимина в дозах один, два и три миллилитра не вызывают статистически значимых изменений морфометрических показателей внутренних органов экспериментальных животных в сравнении с контролем.

Литература

Евенко О. Е. Влияние седимина на развитие молодняка енотовидных собак с дефектами волосяного покрова: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киров, 2006. 18 с.

Сунцова Н. А., Газизов В. З., Бояринцев Л. Е., Беспятовых О. Ю. Енотовидная собака: биология, экология, морфология: монография. Киров: Аверс, 2014. 500 с.

Шварц С. С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Труды института экологии растений. 1968. 387 с.

ТРИХИНЕЛЛЕЗ У ТЮЛЕНЕВЫХ АРКТИЧЕСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Л. А. Букина, Д. М. Игитова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
l.bukina5@gmail.com*

В силу исторически сложившегося традиционного природопользования, заражение трихинеллезом коренных народов Крайнего Севера, а также домашних животных, зверей клеточного содержания происходит от диких зверей, в том числе и от морских млекопитающих.

Впервые трихинеллы у ластоногих в нашей стране обнаружены в 1962 г. у гренландских тюленей *Phoca groenlandica* беломорского стада у 5 из 210 (2,4%) (Березанцев, Ананьев, 1966). В 1972 г. трихинеллы зарегистрированы у сивучей при экстенсивности инвазии 14,8% (Симаков, Бритов, 1972).

В прибрежных водах Аляски, Канады и Гренландии трихинеллы обнаружены у морского зайца *Erignathus barbatus* (Kuitunen, 1954), у кольчатой нерпы *Pusa hispida* (Roth, 1953). В 2011 г. впервые трихинеллы обнаружены в Ботническом заливе у серого тюленя *Halichoerus grypus macrorhynchus* (Isomursu, Kunnasranta, 2011).

Мясо морских млекопитающих коренное население Чукотского полуострова широко использует в пищу, а также для кормления ездовых собак и зверей клеточного содержания. Следовательно, морские млекопитающие играют большую роль в эпизоотологии и эпидемиологии этой инвазии на исследуемой территории. Несмотря на актуальность обсуждаемой проблемы, до последнего времени остается нерешенным вопрос о путях заражения морских млекопитающих трихинеллезом.

Целью настоящего сообщения явилось изучение возможных путей передачи трихинелл морским млекопитающим в прибрежных экосистемах Чукотского полуострова с учетом их трофико-хорологических связей.

Сбор материала проводился на территории Чукотского района Чукотского автономного округа. Все морские млекопитающие были добыты в Беринговом море морскими зверобоями Территориально-соседской общины с. Лорино. Всего исследовано 370 позвоночных и 1300 экземпляров беспозвоночных животных. Изучение возможной механической передачи трихинелл проводили на лабораторных моделях с участием ряда транзитных хозяев. Выделение личинок трихинелл из мышечной ткани видов-хозяев, лабораторных животных проводили двумя методами: 1) компрессорной трихинеллоскопией; 2) методом переваривания мышечной ткани или костно-мышечного фарша в искусственном желудочном соке с помощью аппарата модели «Гастрос» согласно общепринятым методикам.

Проведенные исследования позволили выявить трихинелл у трех видов семейства тюленевых – лахтака *E. b.nauticus*, кольчатой нерпы и ларги *Phoca largha*. Зараженность тюленей варьировала от 0,9 до 4,3%. Интенсивность инвазии у кольчатой нерпы, лахтака и ларги составила 15,5, 9,7 и 11,3 личинки в 1 г мышечной ткани соответственно.

В условиях арктической прибрежной зоны Чукотского полуострова спецификой передачи трихинелл являются трофико-хорологические связи животных-хозяев, обитателей морских экосистем – амфи- и гидробионтов. Так, основу кормовых объектов кольчатой нерпы составляют: ракообразные (амфиподы *Amphipoda*, креветки *Caridea*, мизиды *Mysidacea*) и рыба (колючий бычок *Cottus scorpius*, гренландский бычок *Artediellus uncinatus*, навага *Eleginus navaga*, мойва *Mallotus villosus*, лосось *Salmo*, девятииглая *Apletodes quadracus* и трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus*. В желудках кольчатых нерп удельная биомасса амфипод составила от 30,6% до 52,3%, а частота встречаемости почти 100% (Крылов и др., 1964; Гептнер, 1976).

Ларга питается мелкими ракообразными (крабы *Brachyura*, креветки *Pandalus*, амфиподы рода *Gammarus*, осьминоги *Octopoda*) и рыбой (лосось,

голец *Salvelinus*, норвежская марулька *Sebastes norwegicus*, навага, сайка *Boreogadus saida*) (Гептнер, 1976).

У лахтака в рационе преобладают придонные животные: преимущественно брюхоногие моллюски, так же двустворчатые моллюски, ракообразные (креветки, крабы, мизиды) и рыба (камбала *Rhombus*, бычки, сайка, мойва) (Светочева, 2012; Labansen et al., 2011). С. Vibe (1950) отмечает, что лахтак всеяден: питается многими видами беспозвоночных и рыб. Косвенным подтверждением всеядности лахтака является его почти 100% зараженность различными видами гельминтов (Юрахно, 1990).

Проведенные в условиях лаборатории серии оригинальных опытов по экспериментальному заражению трихинеллами различных видов животных - пищевых объектов тюленей: амфипод, мизид, хирономид, моллюсков, рыб позволили нам установить роль каждого вида в передаче трихинеллезной инвазии. Остановимся на наиболее предпочтительном виде пищевого рациона тюленевых – амфиподах. Установлено, что бокоплав активно поедает зараженное мясо. Инкапсулированных и декапсулированных личинок трихинелл наблюдали в желудочно-кишечном тракте ракообразных в течение 59 часов после начала опыта. Тесты, поставленные на грызунах – белых беспородных мышках и плотоядных – котятках оказались положительными в обоих случаях с разной интенсивностью инвазии. Результаты проведенных исследований показали, что амфиподы способствуют рассеиванию трихинелл по принципу «эстафетной передачи», обусловленной значительной сложностью трофических сетей морских биоценозов. Учитывая, что амфиподы плотоядны, имеют высокую численность, а так же находятся на инвазионном биотопе (труп) длительное время, и то, что они являются важными членами трофических сетей, можно с уверенностью говорить об одной из главных ролей этих беспозвоночных в передаче и распространении личинок трихинелл в морских экосистемах.

Исследования по выявлению роли мизид, которые образуют в морских биоценозах массовые скопления и очень часто обнаруживаются в желудках тюленей, впервые показали, что они способны поглощать как декапсулированных, так и инкапсулированных трихинелл, находящихся в измельченных мышцах. Установлено, что в течение 6–12 часов мизиды могут быть непосредственными или опосредованными механическими переносчиками инвазии и, по-видимому, играют не последнюю роль в передаче трихинелл. Также экспериментальным путем было установлено, что речные раки могут непосредственно или косвенно участвовать в передаче личинок трихинелл на протяжении 24 часов с момента заглатывания, играя роль механических переносчиков.

В трофической цепочке тюленей немаловажную роль играют личинки хирономид (рода *Pontomyia* и *Clunio*). Они являются важнейшими объектами питания тюленей, бентосоядных промысловых рыб и их молоди, водоплавающих птиц и других водных организмов. Так, в пищевом комке молоди летней и осенней кеты личинки хирономид составляют до 100% по частоте

встречаемости и 99% по массе, у молоди горбуши – до 62,7% по частоте встречаемости (Нарчук, 2004). Проведенные исследования показали, что хирономиды могут на протяжении 96–120 часов быть прямыми или опосредованными источниками возбудителя инвазии и способствовать механическому переносу и поддержанию паразитарной системы трихинелл.

Проведенные нами исследования с фоновым для Чукотского полуострова видом катушки и широко распространенного в водоемах европейской части страны обыкновенным прудовиком *Limnaea stagnalis* показали, что брюхоногие моллюски способны поглощать как декапсулированных, так и инкапсулированных трихинелл. Сами моллюски и их фекалии (пеллеты), содержащие трихинелл, могут служить источником инвазии для различных видов амфи- и гидробионтов, как при непосредственном их поедании, так и опосредованно. Среди моллюсков, обитающих в морях, потенциальными видами, которые могут играть роль механических переносчиков трихинелл, по видимому, являются трупоеды семейства букцинид *Buccunidae*, насчитывающего 6 родов, и объединенных под общим названием «трубачи». При исследовании желудков лахтаков, добытых в Беринговом море, трубачи были обнаружены у 70% животных. В пользу нашего предположения говорит тот факт, что эти виды моллюсков являются основными объектами питания для моржей и лахтаков, и у этих видов-хозяев чаще обнаруживают трихинелл (Lowry, Fay, 1984). Следует отметить, что некоторые виды моллюсков, в частности мидии и букциниды, используются человеком в пищу, не исключаем, что они могут играть некоторую эпидемиологическую роль по данному гельминтозу. Как показали наши исследования 42,8% населения с. Лорино употребляет в пищу в сыром виде или недостаточно термически обработанных моллюсков «трубачей», часто извлекая их из желудков добытых моржей и лахтаков.

В функционировании паразитарной системы трихинелл в морских биоценозах важную роль могут играть всеядные и хищные рыбы, поскольку являются доминирующими объектами питания всех видов тюленей. Пищей самих рыб в молодом возрасте являются в значительной мере зоопланктон, в том числе ракообразные – *Euphasiidae*, *Hyperiidae*, *Amphipoda*. По мере роста у них наблюдается переход на питание мелкой рыбой, например сайкой, девятииглой колюшкой *Pungitius pungitius* и донными беспозвоночными – многощетинковыми червями и ракообразными. При поедании донных ракообразных, питающихся на трупах зараженных млекопитающих, рыбы на определенное время сами становятся носителями этой инвазии. В тех случаях, когда восприимчивые к трихинеллезу млекопитающие поедают такую рыбу, они могут заразиться трихинеллезом.

Проведенные нами исследования с фоновыми видами рыб девятииглой колюшкой и бычками *Megalocottus platycephalus* показали, что личинки трихинелл, при нахождении в кишечной трубке последних, способны сохранять свои инвазионные свойства на протяжении более 72 часов. Установлено, что при заглатывании бычками бокоплавов, которым накануне были скормлены

трихинеллы, срок жизнеспособности трихинелл увеличивалась в среднем на 36 часов в сравнении с продолжительностью сохранения жизнеспособности при непосредственном скармливании бычкам зараженной мышечной ткани. В организме холоднокровного животного (рыбы) развития трихинелл не происходит, но в функционировании паразитарной системы в водных биоценозах они играют важную роль в передаче инвазионных элементов за счет многочисленных трофических связей.

Таким образом, проведенные в условиях близких к естественным и в лаборатории на биологических моделях исследования, подтверждают биологическую возможность заражения различных видов тюленей от вышеуказанных беспозвоночных и позвоночных животных – механических передатчиков этой инвазии посредством трофико-хорологических связей между сочленами морских биоценозов.

Литература

Березанцев Ю. А. Ананьев Г. И. Экспериментальный трихинеллез у птиц // Материалы Всес. о-ва гельминтологов. М., 1966. Ч. 3. С. 42–46.

Бритов В. А. О роли рыб и ракообразных в передаче трихинеллез морским млекопитающим // Зоологический журнал. 1962b. Т. 41. №. 5. С. 776–777.

Гептнер В. Г. Млекопитающие Советского Союза: в 3 т. М.: Высш. школа, 1976.

Делямуре С. Л. Гельминты, паразитирующие у человека и морских млекопитающих // Морские млекопитающие: тез. докл. VI Всес. совещ. М., 1975. Т. 1. С. 106–108.

Крылов В. И., Федосеев Г. А. Ластоногие дальнего Востока. М., 1964. 58 с.

Нарчук Э. П. Комары семейства Chironomidae наиболее адаптированные к водной среде двукрылые насекомые (Diptera) // Евразийский энтомол. журн. 2004. Т. 3. Вып. 4. С. 259–264.

Светочева О. Н. О питании кольчатой нерпы (*Phoca hispida*) колюшками (*Gasterosteidae*) в Белом море // Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по материалам VII междунар. конф. Суздаль, 2012. С. 218–221.

Симаков В. С., Бритов В. А. К изучению трихинеллеза в Магаданской области // Всесоюзная конф. по трихинеллезу: тез. докл. Вильнюс, 1972. С. 41–43.

Юрахно М. В. Гельминты ластоногих Мирового океана (систематика, фауна, экология, зоогеография, коэволюция с хозяевами): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.20 М.: ВИГИС, 1990. 48 с.

Isomursu M., Kunasranta M. *Trichinella nativa* in grey seal *Halichoerus grypus*: spill-over from a highly endemic terrestrial ecosystem // The Journal of Parasitology. 2011. V. 97. № 4. P. 735–736.

Kuitunen E. Walrus meat as a source of trichinosis in Eskimos // Canad. Jour. Pub. Health, 1954. V. 45. 30 p.

Labansen A. L. Diet of ringed seals (*Pusa hispida*) from Northeast Greenland // Polar Biol. 2011. V. 34. P. 227–234.

Lowry L. F. Fay F. H. Seal eating by walruses in the Bering and Chukchi seas // Polar Biol. 1984. V. 3. P. 11–18.

Roth H., Madsen H. Die Trichinose in Groenland abschliessender Bericht der Jahre 1948–1952 // Int. Congr. Zool., Sec. X Parasitol. 1953. P. 340–341.

Vibe C. The Marine Mammals and the Marine Fauna in the Thule // District. Medd. om Gronl. 1950. 50. V. 6. P. 1–115.

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ БОБРА ОБЫКНОВЕННОГО НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

А. А. Полушкин, Е. Г. Шушканова
Вятский государственный университет

Обыкновенный, или речной, бобр (лат. *Castor fiber*) – грызун, обитатель берегов водоемов, наиболее приспособлен к водному образу жизни. Населяет бобр берега речек и стариц с медленным течением, а также озера. Этот крупный представитель отряда и ценный промысловый вид прежде был весьма широко распространен в лесной зоне России.

Бобры исключительно травоядны, они питаются корой и побегами деревьев, предпочитая осину, иву, тополь и берёзу, а также различными травянистыми растениями (кувшинкой, кубышкой, ирисом, рогозом, тростником). С целью добывания коры и побегов, а также для строительных нужд бобры валят деревья, подгрызая их у основания. Осину диаметром 5–7 см бобр валит за 5 минут, дерево диаметром 40 см – валит и разделяет за ночь.

Бобры издавна были объектом охоты из-за ценного меха и бобровой струи (Бобровая струя (кастореум) – это ароматическое вещество, мускус, вырабатываемое специальной железой внутренней секреции). Такие парные железы существуют только у бобров. В результате активного отстрела в начале 20-го века во многих европейских странах бобры были полностью истреблены, а общая численность бобров в Евразии составляла всего 1200 особей. В XX веке в значительной степени за счёт активной деятельности по восстановлению популяции бобров в Советском Союзе ситуация стала постепенно улучшаться. В 1922 г. в СССР была запрещена охота на бобров, а в 1923 г. был основан Воронежский бобровый заповедник, где были созданы идеальные условия для размножения бобров. В настоящее время численность бобров в России превышает 340 тысяч.

В Кировской области бобры были полностью истреблены к началу XX века. Затем в течение следующих 50 лет, благодаря законодательству и строжайшим запретом на охоту и отлов, численность бобра постепенно возрастала, но все равно была сравнительно мала. В 1952 г. на территории Котельничского района был организован государственный заказник, а в 1954 г. заказник и часть территории Глушковской лесной дачи объединили и создали бобровый заказник Госохотинспекции. В нем строго следили за популяцией бобра, и при необходимости делали учетные отловы, пойманных животных, при этом, выпускали не только в заказнике, но и в других районах Кировской области. Позднее в 1994 г. на этой территории будет создан Государственный природный заповедник «Нургуш». В настоящее время Государственный природный заповедник «Нургуш», находящийся в пойме р. Вятки, занятой хвойно-широколиственными лесами, является центром изучения флоры и фауны Кировской области.

Изначально в 1954 году в заказнике бобра не было, и Госохотинспекцией было завезено 80 особей бобра: 30 из Белоруссии и 50 из Белохолуницкого заказника для их расселения и увеличения количества животных (Хохлов, 2009). Бобры на этой территории прижились, но из-за низкокачественной кормовой базы часть бобров спустилась вниз по реке Вятке и обосновалась где-то в другом месте.

Первый учет бобра был проведен в 1960 г. – на территории заказника обнаружилось 10 бобровых поселений. Учеты в то время проводились егерями, и поэтому точных данных о количестве особей в поселениях нет. При последующих учетах в 1973 г. количество поселений возросло до 40. С начала 80-х годов XX века, из-за сложной экономической ситуации в СССР учеты бобра не проводились. Возобновился учет бобров в 1994 г. в Государственном природном заповеднике «Нургуш». В тот год на территории заповедника было выявлено 34 бобровых поселения. Из-за невысокого уровня кормовой базы пересчетный коэффициент принят 3, то есть 3 бобра в 1 поселении (в других регионах этот показатель достигает 4-4,5). В дальнейшие годы при учете количество поселений изменялось как на территории заповедника, так и на территории охранной зоны вокруг него (рис.). Согласно данным учета за последнее десятилетие численность бобра упала (Труды..., 2011).

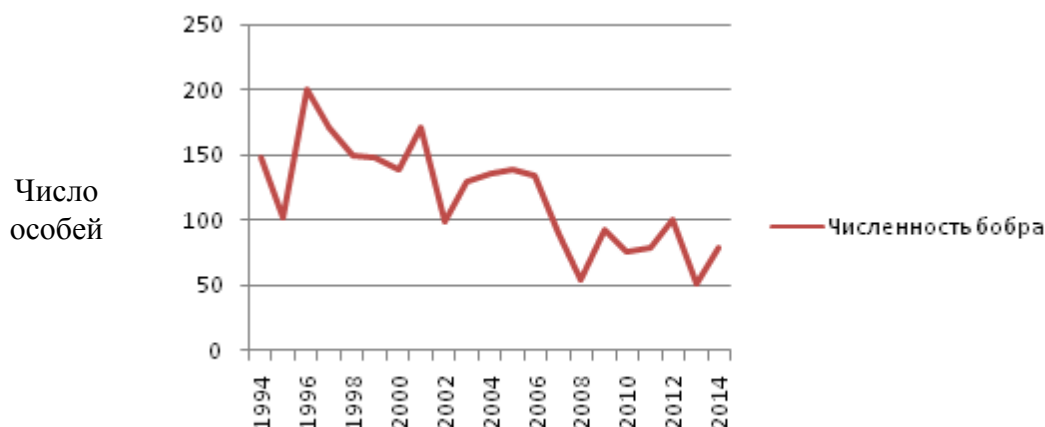


Рис. Численность бобра в заповеднике «Нургуш»

Исследователи выделяют несколько причин снижения численности бобров: браконьерство, прессинг со стороны хищников, внутри- и межвидовая конкуренция за пищевые ресурсы. Также плотность бобровых поселений на водотоках находится в прямой зависимости от качества местообитаний. К примеру, плотность бобровых поселений на р. Хопёр по данным Ю. В. Дьякова составляла 0,34 на 1 километр; по данным В. Г. Сафонова в Окском заповеднике данный показатель составлял 0,55; И.З. Давлетов для Удмуртии приводит показатель 0,96; а А. Н. Братчиков (2007) для Костромской области – 0,38.

Для территории заповедника причиной снижения численности может служить изменение гидрологического режима. В последние несколько лет из-за обильного использования реки Вятки ее уровень существенно снизился, а

так как «Нургуш» располагается именно на этой реке, то уровень воды снизился и на многих небольших речушек и озер, на которых селились бобры. Еще одна причина снижения уровня р. Вятки и всех связанных с ней водоемов – вырубка лесов по всей протяженности реки. Так, по данным сайта Правительства Кировской области, за последние 30 лет общая площадь леса на территории Кировской области снизилась с 62 до 54%, что повлияло на общий уровень грунтовых вод.

Небольшое снижение численности бобра возможно из-за конкурентов за пищевые ресурсы, таких как лось и заяц-беляк. С момента образования заповедника на его территории довольно сильно увеличилась численность лося и зайца-беляка, так как нет главного лимитирующего фактора – человека. Количество крупных хищников, в частности, волков, при этом изменилось не сильно. Также лимитирующим фактором служит относительная бедность кормовой базы.

Таким образом, численность бобра на территории Государственного природного заповедника «Нургуш» находится на относительно стабильном уровне.

Литература

Братчиков А. Н. Экология речного бобра в условиях Костромского Заволжья подзоны южной тайги. М., 2007.

Летопись природы заповедника «Нургуш» за 1996–2014 гг. Кн. 1-19. Рукопись.

Официальный сайт «Правительство Кировской области. Лесной фонд. Лесные ресурсы»: <http://www.kirovreg.ru/econom/prres/forest.php?print=Y#4>.

Официальный сайт государственного природного заповедника «Нургуш»: <http://nurgush.org/science/library/#tom1>.

Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 1. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2011. С. 121–125.

Хохлов А. А. Об акклиматизации и реакклиматизации животных и растений в заповеднике «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников и заказников: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2009. С. 173–175.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ГОМЕОСТАЗ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

А. Г. Кудяшева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kud@ib.komisc.ru

Мониторинговые исследования популяций мышевидных грызунов в районах с повышенным уровнем тяжелых естественных радионуклидов (Алексахин и др., 1990), позволяют объяснить полученные функциональные изменения, характеризующие метаболический гомеостаз организма, с точки зрения структурно-функциональной гетерогенности, что является результатом изменчивости биологических подсистем и важнейшим фактором обеспе-

чения устойчивости биосистемы, её способности к самоорганизации и адаптации (Романовский и др., 1984). Цель данных исследований – провести сравнительный анализ изменчивости процессов энергетического обмена, отдельных звеньев перекисного окисления липидов (ПОЛ) в различных тканях у мышевидных грызунов, обитающих длительно на территориях в условиях нормального и повышенного уровня техногенного радиоактивного загрязнения (Республика Коми, 30-км зона отчуждения Чернобыльской АЭС).

На территории бывшего радиевого производства в Республике Коми (Ухтинский р-н) проведены многолетние биохимические исследования (1980–1991 гг.) на доминирующем виде – полевке-экономке (*Microtus oeconomus* Pall.), отловленной на радиевом, урано-радиевом и контрольном участках. В зоне отчуждения ЧАЭС и окрестностях г. Киев анализировали биохимические показатели на разных видах грызунов: полевке-экономке (*Microtus oeconomus* Pall.), полевой мыши (*Apodemus agrarius* Pall.), европейской рыжей полевке (*Clethrionomys glareolus* Schreb.), обыкновенной полевке (*Microtus arvalis* Pall.), желтогорлой мыши (*Apodemus flavicollis* Melchior) в первый поставарийный период с 1987–1991 гг. и 21 год спустя после аварии. Животных отлавливали на 7 участках с разным уровнем радиоактивного загрязнения (сильнозагрязненный – № 1, среднезагрязненные – № 2–4, слабозагрязненные – № 5–7). Анализ активности ферментов энергетического обмена: сукцинат-, пируват-, лактатдегидрогеназ (СДГ, ПДГ, ЛДГ), состава фосфолипидов (ФЛ), обобщенных показателей липидного обмена, антиокислительной активности липидов (АОА) проводили в различных тканях (сердечная мышца, печень, головной мозг) грызунов трех возрастных групп: неполовозрелые, половозрелые сеголетки, перезимовавшие животные (более 1100 особей). Описание участков, дозовых нагрузок на организм животных и биохимических и радиоэкологических методов представлены в работах (Кудяшева и др., 1997, Кудяшева и др., 2004).

Многолетние результаты исследований показали, что биохимические эффекты в тканях животных, обитающих в условиях радиоактивного загрязнения среды, зависят от многих факторов, к которым можно отнести следующие: радиочувствительность вида грызунов, фазу популяционного цикла зверьков, возраст и пол животных, органную и тканевую специфичность, уровень радиоактивного загрязнения и длительность действия радиационного фактора. Несмотря на то, что радиоэкологическая характеристика сравниваемых территорий существенно различается по химическому составу радионуклидов и времени действия радиационного фактора, обнаружены однотипные изменения среднегрупповых величин изученных показателей. Следует отметить, что глубина и масштаб изменений процессов энергетического обмена существенно выше у грызунов из зоны аварии, чем у полевок-экономок Ухтинского полигона. Вариабельность активности ферментов дегидрирования зависит от года анализа, исследуемого участка, возраста животных и исследуемой ткани. Так в зоне аварии на ЧАЭС в 1987 г. во всех исследуемых тканях полевок-экономок с участка № 4 коэффициент вариации значений активности

ферментов СДГ и ПДГ достигал больше 30%. Более высокие значения коэффициента вариации чаще наблюдали у неполовозрелых самцов и самок, чем у старших возрастных групп зверьков. В то же время у половозрелых и перезимовавших полевок обыкновенных и полевых мышей сильно и среднезагрязненных участков (1–3) во всех исследуемых тканях отмечали размах колебаний коэффициентов вариации от 2 до 15,7%, которые обычно характерны для животных фоновых территорий. Наиболее лабильными оказались СДГ и ЛДГ. Высокая вариабельность значений активности ферментов найдена в тканях полевок обеих возрастных групп, отловленных на участке № 4 в 1987 г. У неполовозрелых полевок со слабозагрязненного участка № 6, отмечали более значительную вариабельность, которая достигала от 40 до 70%. Эти данные подтверждаются результатами аналогичных исследований, проведенных на полевках-экономках, обитающих на радиевом участке северного стационара в Ухтинском районе. Установлено, что вариабельность показателей антиоксидантного статуса— АОА липидов печени полевых мышей (Киев), значительно выше, чем у зверьков того же возраста в зоне аварии на ЧАЭС на участках со средним и слабым уровнями загрязнения, однако гетерогенность ответных биохимических реакций киевской популяции полевых мышей выше, чем у зверьков из зоны аварии. Обнаружено, что техногенное радиоактивное загрязнение оказывает также существенное влияние на вид распределения мышевидных грызунов по величинам АОА липидов органов. У более радиорезистентных рыжих полевок в зоне отчуждения изменение характера распределения зверьков по АОА липидов мозга наступает в более поздние сроки после аварии по сравнению с более радиочувствительными полевыми мышами и особенно полевками-экономками (Кудяшева, 2014).

Кроме высокой вариабельности значений исследуемых показателей у полевых мышей, отловленных с одного и того же участка в зоне аварии отмечена значительная гетерогенность ответных реакций. Так в 1990 г. у мышей участка № 1 и одной трети проанализированных мышей участка № 2 обнаружено повышение активности дегидрогеназ, превышающие предыдущие уровни в среднем в 2,4–6,9 раза. У остальной части мышей участка № 2 интенсивность окисления сукцината и пирувата была не столь существенной и находилась практически на уровне значений, отмеченных в первый год. Подобную гетерогенность ответных реакций у полевок-экономок с одного и того же участка из зоны аварии мы наблюдали в 1987 г. и по количественным показателям состава ФЛ. Следует отметить, что существенные изменения в составе ФЛ, суммарных показателей липидного обмена, активности ферментов энергетического обмена, проявляющиеся особенно в первые годы после аварии, отмечены, как правило, у животных, отловленных с участков со слабым и средним уровнем техногенного загрязнения в зоне аварии.

Несмотря на значительный масштаб изменений параметров, характеризующий метаболический гомеостаз в тканях полевок-экономок с радиоактивных участков как в зоне ЧАЭС, так и в Республике Коми наблюдается сохранение длительное время нарушений отдельных звеньев процесса ПОЛ и энер-

гетического обмена (даже спустя 7 лет после аварии, 1993 г.). Сравнение состава ФЛ липидов печени полевых мышей, обитавших на слабозагрязненных участках в зоне отчуждения ЧАЭС и проведенный в 1987 г. и спустя 21 год после аварии, свидетельствует о неблагоприятном состоянии липидного обмена в исследуемой ткани в первый год после аварии и более стабильном — в 2007 г. Эти данные свидетельствуют о происходящих адаптивных процессах клеточного гомеостаза в организме зверьков, обитающих длительное время в условиях радиоактивного загрязнения среды. Расширение пределов варьирования биохимических параметров и высокая гетерогенность ответных биохимических реакций свидетельствует об увеличении неспецифической реакции организма мышевидных грызунов природных популяций, что может быть одним из универсальных механизмов ответа организма на нарушения структуры и функции органа к повышенному уровню радиоактивности в среде обитания.

Работа частично выполнена при поддержке программы Президиума УрО РАН, проект 15-2-4-26.

Литература

Алексахин Р. М., Архипов Н. П., Бардухаров Р. М. и др. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: миграция и биологическое действие на популяции и биоценозы. М.: Наука, 1990. 368 с.

Кудяшева А. Г. Клеточные системы регуляции у мышевидных грызунов в условиях радиоактивного загрязнения среды обитания // Радиобиология: антропогенные излучения: Матер. междунар. науч. конф. Минск, 2014. С. 97–99.

Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Загорская Н. Г. и др. Биохимические механизмы радиационного поражения природных популяций мышевидных грызунов. СПб.: Наука, 1997. 156 с.

Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Шевченко О. Г. и др. Биологические эффекты радиоактивного загрязнения в популяциях мышевидных грызунов. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 214 с.

Романовский Ю. М., Степанов Н. В., Чернавский Д. С. Математическая биофизика. М.: Наука, 1984. 304 с.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ НИЗКОИНТЕНСИВНОМ ХРОНИЧЕСКОМ РАДИАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Л. А. Башлыкова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, labashlykova@ib.komisc.ru

Произошедшая 30 лет назад катастрофа на Чернобыльской АЭС привела к радиоактивному загрязнению значительной территории в Европе, что привело к длительному хроническому воздействию низкоинтенсивного ионизирующего излучения (ИИ) на биоту. Одним из критических объектов воздействия ИИ является геном, т.к. существует вероятность передачи нестабильности генома последующим поколениям. Для оценки генетической эффективности радиоактивного загрязнения от аварии на ЧАЭС были использованы цитогенетические методы анализа соматических и половых клеток (хромосом-

ный анализ метафаз и микроядерный (МЯ) тест клеток костного мозга, оценка частоты аномальных головок спермиев (АГС)). Объектом для наших исследований были сборы мышевидных грызунов, полученные в результате работ в районе аварии на Чернобыльской АЭС в 1986-1993 гг.: полевка-экономка (*Microtus oeconomus* Pall.), обыкновенная полевка (*Microtus arvalis* Pall.), рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus* Pall.) и полевая мышь (*Apodemus agrarius* Pall.). Мышевидных грызунов относят к животным тесного и постоянного контакта с радиоактивными элементами, так как они обитают в лесной подстилке и, поэтому оказываются в сфере наиболее интенсивного действия ИИ. Выбранные участки в 30-километровой зоне ЧАЭС отличались друг от друга по мощности дозы внешнего гамма-излучения на 4 порядка – от 10 до 5000 мкГр/ч в сентябре 1986 г. В течение 8 лет (1986-1993 гг.) уровень внешнего γ -фона значительно снизился.

Хромосомный анализ клеток костного мозга полевок-экономок показал, что радиоактивное загрязнение вызывает значительное (в 3–5 раз) повышение частоты структурных aberrаций хромосом по сравнению с контролем. Несмотря на значительные различия в уровне радиоактивного загрязнения двух участков (3 и 50 мкГр/ч) уровни хромосомных и хроматидных aberrаций осенью 1986 г. у полевок из этих стационаров не различались. У животных на участке с меньшей степенью радиоактивного загрязнения частота полиплоидных клеток ($4n-8n$) была в два раза выше, чем на более загрязненном.

Сравнение частоты АГС у мышевидных грызунов показало, что уровни нарушений половых клеток не зависели от дозы облучения - у зверьков, обитавших на участках со средним уровнем радиоактивного загрязнения, наблюдались более высокие уровни АГС. Несмотря на снижение уровня радиоактивного загрязнения, частота АГС в течение 2–3 лет повышалась. В 1990 г. зафиксированы наименьшие значения рассматриваемого параметра, после чего в 1991 г. последовало существенное повышение частоты АГС.

При оценке частоты клеток костного мозга с микроядрами, так же не обнаружено линейной зависимости между уровнем радиоактивного загрязнения и цитогенетическими эффектами. Максимальные уровни клеток с хромосомными аномалиями отмечены у животных, обитавших на участках с минимальным (рыжая полевка) и средним уровнем радиоактивного загрязнения (полевая мышь и полевка-экономка). Частота МЯ повышалась до 1988–1990 гг. В 1991 г. отмечается ее сокращение, что может быть связано как со снижением уровня радиационного фона в 5–10 раз, так и с процессами накопления генетического груза и последующего «очищения» от него (Абрамов, Шевченко, 1987). В 1993 г. наблюдается повторный подъем частоты клеток с микроядрами. Подъем уровня АГС в 1991 г. и повышение частоты микроядер в клетках костного мозга в последующие годы (1992–1993 гг.), может свидетельствовать о том, что изменение чувствительности носит наследственный характер.

Эксперимент по содержанию полевок в течение 1 месяца при различной мощности экспозиционной дозы (0,5, 0,7 и 1,5 мГр/ч) на территории ст. Янов

подтвердил отсутствие линейной зависимости «доза-эффект» и высокую генетическую эффективность низкоинтенсивного ионизирующего излучения. Микроядерный тест и хромосомный анализ клеток костного мозга показали, что любой из исследованных уровней радиоактивного загрязнения вызывает достоверное повышение нарушений, по сравнению с контролем. При облучении средней мощностью дозы (0,7 мГр/ч) отмечен максимальный уровень повреждений как по частоте микроядер, так и по количеству хромосомных aberrаций и полиплоидных клеток. Более высокая доза (1,5 мГр/ч) вызывает образование гораздо меньшего количества хромосомных повреждений чем средняя доза. Снижение процента клеток с поврежденными хромосомами при высокой дозе облучения может быть связано с элиминацией aberrантных клеток, а также с повышением эффективности репарации. Полагают, что немонотонный ход кривой «доза-эффект» является спецификой действия малых доз ионизирующего излучения и отражает включение компенсаторно-восстановительных процессов с целью сохранения гомеостаза в клетке в ответ на повреждающее действие (Бурлакова, 1999; Газиев, 2011; Жижина 2011).

Проведенные нами исследования природных популяций показали, что хроническое радиационное воздействие приводит к существенным изменениям цитогенетических характеристик мышевидных грызунов из популяций, подвергшихся воздействию радиоактивного загрязнения. Оставался нераскрытым вопрос о наследовании генетических эффектов, возникших в результате воздействия хронического облучения ИИ. С этой целью были проведены эксперименты с хроническим облучением мышей линии Af, от которых было получено пять поколений. Облучение животных проводили в течение от одного до семи месяцев при мощности экспозиционной дозы 150 мкГр/ч. Суммарные дозы облучения животных составили 10, 20, 30, 37, 45, 52 и 64 сГр. В дополнение к микроядерному тесту был применен новый метод исследования генетических эффектов хронического излучения на молекулярном уровне – «нейтральный» вариант метода ДНК-комет, детектирующий двунитевые разрывы (ДР) ДНК (Singh et al., 1988).

Результаты микроядерного теста показали, что в условиях хронического низкодозового воздействия ИИ наблюдается немонотонное изменение количества повреждений ДНК, которое свидетельствует о гиперчувствительности при меньших дозах (20 сГр) и радиорезистентности при более высоких дозах (30, 37 и 64 сГр). Количество двунитевых разрывов ДНК (% ДНК в «хвосте» кометы) у мышей, облученных в дозе 30 сГр, было достоверно меньше, чем у контрольных. У облучаемых мышей митотический индекс (МИ) имел фазовый характер изменений (отмечено два пика и два минимума митотической активности). Замедление деления клеток способствует увеличению времени, необходимому для репарации хромосомных aberrаций, что в последующем приводит к снижению повреждений ДНК, регистрируемых на клеточном (в виде микроядер) и молекулярном уровнях (ДР ДНК).

У потомков F1, родители которых подвергались облучению в дозах 10, 20 и 30 сГр, наблюдается достоверно более высокий уровень ДР ДНК и достоверно более высокая доля клеток с МЯ по сравнению с контролем. У F1 (от F0 10 и 20 сГр), наблюдается достоверное снижение МИ и достоверно более высокий уровень апоптоза. Т.е., с одной стороны, наблюдается повышение повреждений ядерного материала на цитогенетическом (МЯ) и молекулярном (ДР ДНК) уровнях, а с другой – усиление защиты генома путем активации процессов репарации ДНК (замедление пролиферации) и апоптоза (Михайлов и др, 2005). Предполагают, что постоянное формирование МЯ и двунитевых разрывов ДНК является следствием состояния повышенного уровня нестабильности генома соматических клеток потомков первого поколения облученных родителей (Ломаева, 2008).

Выявленное в F1 повышение выхода абберантных клеток с МЯ и ДР ДНК, в следующих поколениях (F2-F3) меняется на противоположное и их значения становятся ниже контрольного уровня. В четвертом поколении облученных животных опять (вновь как у F1) наблюдается достоверное повышение повреждений ДНК, обнаруживаемое на клеточном (МЯ) и молекулярном (ДР ДНК) уровнях, что свидетельствует о проявлении наследования нестабильности генома у отдаленных потомков. У пятого поколения эти показатели не отличаются от контрольных значений.

Т.е. мы наблюдаем волнообразное изменение цитогенетических и молекулярных эффектов у потомства облученных животных, что является проявлением радиационно индуцированной нестабильности генома (РИНГ) (Ахматуллина, 2005). Феномен РИНГ является следствием неточной репарации повреждений структуры генома, наследование изменений в системе его защиты (эффективности системы детоксификации свободных радикалов, активации процессов репарации ДНК, апоптоза клеток) (Бурлакова, 1999; Газиев, 2011). Особенностью этого эффекта является эпигенетический характер их наследования, то есть наследование измененного состояния генной экспрессии (Жижина, 2011).

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН (грант № 0414-2015-0024) и Президиума УрО РАН (№ 15-4-4-20).

Литература

Абрамов А. И., Шевченко В. А. Генетические последствия хронического действия ионизирующих излучений на популяции // Радиационный мутагенез и его роль в эволюции и селекции. М.: Наука, 1987. С. 83–109.

Бурлакова Е. Б. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности // Российский химический журнал. 1999. Т. 43. № 5. С. 3–11.

Газиев А. И. Низкая эффективность репарации критических повреждений ДНК, вызываемых малыми дозами радиации // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51. № 5. С. 512–529.

Жижина Г. П. Влияние малых доз низкоинтенсивной ионизирующей радиации на структуру и функции ДНК // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51. № 2. С. 218–228.

Ломаева М. Г. Влияние ионизирующей радиации на уровень полиморфизма ДНК в разных тканях у потомства облученных мышей // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук, М., 2008. 24 с.

Михайлов В. Ф., Мазурик В. К., Бурлакова Е. Б., Ушенкова Л. Н., Раева Н. Ф. Молекулярные проявления радиационно-индуцированной нестабильности генома: возможность химической модификации // Радиационная биология. Радиоэкология. 2005. Т. 45. № 5. С. 561–570.

Singh N. P., McCoy M. T., Nice R. R., Schneider E. L. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells // Exp. Cell Res. 1988. V. 175. P. 184–191.

ПРОЦЕССЫ ПРОЛИФЕРАЦИИ В ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

О. В. Раскоша, О. В. Ермакова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, raskosha@ib.komisc.ru

После аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) прошло тридцать лет, но ее последствия проявляются до настоящего времени различными нарушениями в организме. Анализ отечественной и зарубежной литературы, эпидемиологических исследований и клинических наблюдений свидетельствует о повышении новообразований в разных органах и тканях людей, подвергшихся радиоактивному облучению (Лушникова, Цыб, Ямасита, 2006). Некоторые авторы обращают внимание на зависимость развития спонтанных и индуцированных опухолей от пролиферативного статуса ткани и интенсивности клеточного размножения (Щитовидная железа ..., 1998). У человека более 80–90% опухолей возникает в органах и тканях с обновляющимся клеточным составом и высоким уровнем пролиферации (органы кроветворной системы, покровные эпителии кожи, желудочно-кишечного тракта, трахеобронхиальной и урогенитальной систем). В органах с низким числом пролиферирующих клеток развитию опухолей способствуют предшествующие гиперплазии ткани при регенераторных и воспалительных процессах. К последней группе относят поджелудочную железу, печень, мочевой пузырь и щитовидную железу (ЩЖ), на эти ткани приходится остальные 10–20% опухолей. Рак ЩЖ в структуре всех онкологических заболеваний человека относится к достаточно редким новообразованиям, но среди злокачественных опухолей эндокринной системы занимает первое место (Лушникова, Цыб, Ямасита, 2006). Еще до аварии на ЧАЭС было установлено, что ионизирующее излучение (ИИ) увеличивает риск опухолевой трансформации в ЩЖ. После аварии резко возрос практический и научный интерес к изучению новообразований ЩЖ, который не ослабевает до настоящего времени. В Российской Федерации, в Республике Беларусь и в Украине были проведены широкомасштабные медицинские и дозиметрические обследования больших групп населения, получены важные научные результаты, однако многие вопросы остаются без ответа. В этом исследовании нам представляется важным оценить роль процессов пролифера-

ции в ЩЖ мелких млекопитающих после хронического воздействия ИИ в малых дозах. С целью установления возможного влияния радиационного фактора на активность морфогенетических процессов в тиреоидной ткани мелких млекопитающих проведен анализ спектра распределения фолликулов по диаметру, определена частота индукции микроядер (МЯ) в тироцитах, а также оценено гистоморфологическое состояние тиреоидной паренхимы.

Анализ спектра распределения фолликулов по диаметру их сечений в ЩЖ полевок, отловленных на участке с повышенной радиоактивностью в Республике Коми (50–1200 мкР/ч), и в эксперименте с хроническим γ -облучением в дозах 1,6–5,4 и 50 сГр (мыши линии СВА и крысы линии Вистар, соответственно) позволил выявить следующую закономерность: по сравнению с необлученными животными в условиях хронического радиационного воздействия наблюдается рост (в 1,3–1,7 раза) содержания мелких фолликулов. Это явление, воспроизводящееся в модельных опытах (регенерация ЩЖ крыс после гемитиреоидэктомии) свидетельствует об активизации процессов фолликулогенеза. Увеличение количества мелких фолликулов, обладающих повышенным пролиферативным потенциалом и уровнем метаболизма, может быть расценено, как неспецифическая адаптивная реакция органа на хроническое радиационно-индуцированное повреждение железистых клеток.

Оценка интенсивности образования тироцитов с МЯ в ЩЖ может быть использована для раннего выявления нарушений пролиферации железистого эпителия в качестве одного из возможных морфологических критериев при анализе риска развития неопластических поражений органа (Кораблева, 2007). Цитогенетическое изучение ответной реакции клеток ЩЖ полевок-экономок (*Microtus oeconomus* Pall.) из природных популяций показало увеличение индукции МЯ в тироцитах полевок после хронического облучения в малых дозах в 2,6 раза по сравнению с контролем (Морфометрические ..., 2015). В условиях хронического эксперимента у крыс линии Вистар при дозе 5 сГр, также как и при облучении в дозе 50 сГр, обнаружено статистически значимое по сравнению с контролем 3-кратное повышение частоты клеток с МЯ (Ермакова, Павлов, Кораблева, 2013). Считают, что при мутациях в тироцитах активизируются преимущественно системы репарации ДНК, при этом неполная репарация достаточно часто может приводить к развитию повреждений хромосом и появлению клонов опухолевых клеток (Mechanisms ..., 1999).

По результатам проведенного гистоморфологического исследования ЩЖ полевок-экономок, отловленных в 30-километровой зоне аварии на ЧАЭС, особого внимания, на наш взгляд, заслуживает факт микрофолликулярной структуры железы у полевок-экономок в 1986г., при этом объемная плотность железистого эпителия достигала 80%, коллоида – 7–10% (Материй, Ермакова, Таскаев, 1994). Комплекс морфологических изменений ткани ЩЖ полевок, обитающих на территориях с повышенным радиационным фоном (50–3000 мкР/ч) в Республики Коми свидетельствует о том, что на фоне по-

ниженной тиреоидной функции развивались компенсаторно-приспособительные реакции в виде гиперплазии фолликулярного эпителия (многослойный эпителий, псевдососочки, подушки Сандерсона). Аналогичные гистологические изменения выявлены в экспериментах у половозрелых мышей линии СВА через месяц после хронического воздействия ИИ в дозе 1,6 сГр. Считают, что явления гиперплазии происходят при длительной функциональной нагрузке, когда оказывается недостаточным включение в активную работу структур, которыми располагает орган (Структурные основы ..., 1987). С другой стороны гиперплазия тиреоидной ткани (как диффузная, так и очаговая) может явиться тем предопухолевым состоянием, которое создает условия для дальнейшего развития новообразований ЩЖ (Хмельницкий, 2002). Постоянное воздействие ИИ затрудняет пострадиационное восстановление и способствует проявлению скрытых повреждений в виде гиперплазии. Параллельно протекающие компенсаторно-восстановительные процессы с одной стороны, могут быть направлены на поддержание клеточного и функционального гомеостаза исследуемых систем, а с другой – создают напряженное, неустойчивое их состояние, ведущее к дезорганизации всей системы. На таком напряженном фоне чаще, чем обычно случаются срывы, нарушение баланса, формируются необратимые патологические процессы.

Таким образом, в ответ на воздействие малых доз ИИ отмечено усиление пролиферации фолликулярного эпителия ЩЖ, как в природных, так и в экспериментальных условиях, что отражает возрастание количества активно функционирующих тироцитов, явления гиперплазии эпителия, сопровождающееся генотоксическим эффектом в виде увеличения микронуклеированных тироцитов. Вышеуказанные факты на клеточном и тканевом уровнях важны для понимания эффектов, вызванных длительным облучением низкой интенсивности, так как поясняют механизмы радиационного мутагенеза и канцерогенеза – основных отдаленных последствий действия ИИ.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта Президиума УрО РАН (№ 15–4–4–20).

Литература

Ермакова О. В., Павлов А. В., Кораблева Т. В. Цитогенетические эффекты в фолликулярном эпителии при длительном воздействии низкоинтенсивного гамма-излучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 2008. Т. 48. № 2. С. 160–166.

Кораблева Т. В. Изучение клеток с микроядрами в оценке возрастных закономерностей щитовидной железы: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2007.

Лушникова Е. Ф., Цыб А. Ф., Ямасита С. Рак щитовидной железы в России после Чернобыля М.: ОАО «Издательство «Медицина». 2006. 128 с.

Материй Л. Д., Ермакова О. В., Таскаев А. И. Морфофункциональная оценка состояния организма мелких млекопитающих в радиоэкологических исследованиях (на примере полевки-экономки). Сыктывкар. 2003. 164 с.

Морфометрические и цитогенетические исследования фолликулярного эпителия щитовидной железы мелких млекопитающих при хроническом облучении в малых дозах / О. В. Раскоша, О. В. Ермакова, А. В. Павлов, Т. В. Кораблева // Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55. № 1. С. 63–70.

Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций / Под ред. Д. С. Саркисова. М.: Медицина. 1987. 448 с.

Хмельницкий О. К. Цитологическая и гистологическая диагностика заболеваний щитовидной железы. СПб.: СОТИС. 2002. 287 с.

Щитовидная железа: Фундаментальные аспекты / Ред. А. И. Кубарко и С. Ямасита. Минск-Нагасаки. 1998. 398 с.

Mechanisms of mutagenesis in mammalian cells. Application to human thyroid tumours / A. Sarasin, A. Bounacer, F. Lepage et al. // C R Acad Sci III. 1999. V. 322. № 2–3. P. 143–149.

О ВЛИЯНИИ СОЛАНИНА НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕТАБОЛИЗМА У ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ

О. М. Плотникова, А. Ю. Иванова, А. С. Каминская
Курганский государственный университет, plotnikom@yandex.ru

Алкалоиды – многочисленная группа азотсодержащих органических соединений основного характера достаточно сложного строения – чаще всего растительного происхождения, многие из которых обладают фармакологическим действием (Орехов, 1955). Важнейшей ролью алкалоидов для растений является защита от вредителей.

Одним из таких соединений является соланин. Значительное количество соланина вырабатывается в кожуре картофеля при хранении его на свету, а также при проращивании семян картофеля весной. Медиками даже высказывается предположение, что повышенное употребление картофеля в пищу весной наряду с нехваткой витаминов может быть причиной плохого самочувствия из-за высокого содержания в нем соланина.

В связи с этим было интересно выделить соланин в чистом виде и изучить его влияние на основные биохимические показатели крови лабораторных мышей.

Соланин выделяли из кожуры позеленевшего картофеля после обезжиривания гексаном путем экстракции этанолом в аппарате Сокслета с последующим переосаждением из этанола.

Для предварительного исследования по изучению влияния соланина на показатели метаболизма теплокровных животных на примере лабораторных мышей были взяты растворы с высокой и низкой концентрацией соланина – 10^{-2} и 10^{-15} моль/л. Опытным группам мышей внутримышечно вводили растворы соланина, а мышам контрольной группы – физиологический раствор. Через двое суток (острый эксперимент) у животных отбирали кровь, которую центрифугировали и отделяли плазму.

В плазме крови животных определяли содержание общего белка, альбумина, мочевины, глюкозы, лактата, активность амилазы фотометрическим методом.

Общий белок с ионами меди в щелочной среде образует комплекс фиолетового цвета, который фотометрировали при 550 нм. Альбумин в слабощелочной среде, взаимодействуя с красителем бромкрезоловым зеленым, образует

комплекс зеленого цвета (фотометрирование при 628 нм). Мочевина под действием уреазы разлагается на углекислый газ и аммиак, который, реагируя с салицилатом натрия и гипохлоритом натрия в присутствии нитропруссиды натрия, образует окрашенный продукт (определение при 578 нм). Глюкоза при окислении кислородом образует глюконовую кислоту и перекись водорода, которая с 4-аминоантипирином дает окрашенное соединение, фотометрируемое при 540 нм. После гидролиза CNP-олигосахарида под действием амилазы образующийся окрашенный 2-хлор-4-нитрофенол фотометрировали при 405 нм. Окисление лактата кислородом в присутствии лактатоксидазы приводит к пирувату и перекиси водорода, которая с 4-аминоантипирином образует окрашенное соединение; раствор фотометрировали при длине волны 405 нм.

Полученные данные по содержанию изучаемых субстратов и активность фермента в образцах крови опытных групп мышей рассматривали относительно контрольных групп, выражая в процентах от контроля (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели плазмы крови лабораторных мышей (в % от контроля)
после внутримышечного введения растворов соланина
с концентрацией 10^{-2} и 10^{-15} моль/л**

Концентрация р-ра соланина	Показатели плазмы крови лабораторных мышей						
	Общий белок	Альбумин	Глобулины	Мочевина	Глюкоза	Лактат	Амилаза
10^{-2} моль/л	71	86	55	93	82	82	66
10^{-15} моль/л	75	99	52	91	97	90	75

В результате проведенного исследования о влиянии соланина на биохимические показатели метаболизма лабораторных мышей было отмечено, что внутримышечное введение соланина как в высокой, так и в низкой концентрациях (10^{-2} и 10^{-15} моль/л соответственно) приводило к аналогичным изменениям изучаемых показателей относительно контроля. Содержание в плазме крови альбумина, мочевины, глюкозы и лактата не претерпевало каких-либо достоверно значимых изменений и составило 82–99% от контроля. Однако для общего белка было отмечено снижение концентрации на 25–29% за счет уменьшения глобулинов. Снизилась и активность амилазы на 25–34% от контроля.

Таким образом, начато исследование по оценке влияния соланина на организм теплокровных животных на уровне биохимических показателей. Полученные данные по содержанию в плазме крови общего белка, альбумина, мочевины, глюкозы, лактата и активности амилазы после внутримышечного введения мышам растворов соланина в высокой и низкой концентрациях показали, что влияние соланина возможно на уровне печени (снижение уровня глобулинов и активности амилазы). В связи с этим, в дальнейших исследованиях планируется изучение в плазме крови мышей показателей, характеризующих функции печени.

Литература

- Справочник по лабораторным методам исследования / Под ред. Л. А. Даниловой. СПб.: Питер, 2003. 736 с.
- Орехов А. П. Химия алкалоидов. М.: АН СССР, 1955. С. 9–10.
- Филиппович Ю. Б. Основы биохимии. М.: Высш. шк., 1985. 503 с.

ВЕЩЕСТВА НИЗКОЙ И СРЕДНЕЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДЕЙСТВИЯ N-(ФОСФОНОМЕТИЛ)-ГЛИЦИНА НА ТЕПЛОКРОВНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Е. Е. Зернова, О. М. Плотникова

*Курганский государственный университет,
zernovalena@yandex.ru*

В человеческом организме свободные радикалы обычно присутствуют в небольших количествах, и здоровый организм способен контролировать их содержание. Небольшое количество свободных радикалов всегда необходимы нашему организму, например, чтобы справляться с вредными микроорганизмами. Однако в зависимости от условий жизни количество свободных радикалов в организме может повышаться. Стресс, лекарственные препараты, ряд пищевых добавок, табачный дым, компоненты фотохимического смога, пестициды, попадая в организм, способствуют образованию в нем свободных радикалов, которые являются инициаторами свободнорадикальных цепных реакций. Под их влиянием происходит нарушение баланса между окислительными процессами и системой клеточной антиоксидантной защиты и в тканях повышается концентрация активных форм кислорода, которые вызывают деградацию клеточных структур. В результате чего могут образовываться и накапливаться вещества низкой и средней молекулярной массы (ВНСММ), которые могут вызывать эндогенную интоксикацию организма за счет нарушений в процессах метаболизма (Маржохова, Желихажева, 2009). В связи с этим, важно при оценке токсических свойств изучаемых веществ определять содержание ВНСММ в крови, так называемые молекулы средней массы. В их состав входят вещества небелковой природы, в том числе продукты перекисного окисления липидов и окислительной деградации белков.

Одним из веществ, широко используемых в сельском хозяйстве, является известный во всем мире гербицид глифосат (N-(фосфонометил)-глицин). Первоначальное убеждение о безвредности глифосата для теплокровных организмов стали подвергать сомнению. И только в последние годы стало ясно, что он имеет ряд серьезных побочных эффектов. Они не только сводят к нулю все его достоинства, но и создают угрозу для здоровья людей, которые едят продукты, выращенные с его применением. В некоторых исследованиях было показано, что использование глифосата для обработки полей приводит к его появлению в растительной продукции, вызывая в дальнейшем негативное влияние на теплокровные организмы (Paganelli, Gnazzo, Acosta, 2010).

Целью данной работы было определение содержания ВНСММ в крови лабораторных мышей после введения растворов N-(фосфонометил)-глицина.

В исследовании использовались самцы белых лабораторных мышей, стандартизированные по массе 27 ± 2 г, возрасту (2–3 месячные) и условиям содержания, которым внутримышечно вводили растворы глифосата в различных концентрациях от 10^{-3} до 10^{-17} моль/л. По окончании эксперимента после декапитации производили забор крови. Кровь центрифугировали и исследовали эритроцитарную массу на содержание в ней ВНСММ. Для этого к эритроцитарной массе прибавляли равный объем физраствора, взмучивали смесь и центрифугировали при 3000 об/мин. Надосадочный раствор сливали, повторяя операцию 3 раза. Далее отмытые эритроциты доводили физраствором до исходного объема крови. Затем к 1 мл отмытых и доведенных до объема крови эритроцитов приливали 0,5 мл ТХУ и суспензию центрифугировали. ВНСММ в эритроцитарной массе определяли, добавляя к 0,1 мл супернатанта эритроцитарной массы 1,9 мл дистиллированной воды, измеряя оптическую плотность на спектрофотометре в интервале длин волн 238–300 нм с шагом 4 нм. Расчет количества ВНСММ производили по формуле:

$$\text{ВНСММ} = (E_{238} + E_{242} + E_{246} + \dots + E_{298}) * 4 \text{ усл. ед.},$$
 где E_{238} – экстинкция раствора в единицах оптической плотности при указанной длине волны.

После внутримышечного введения мышам растворов глифосата достаточно высокой концентрации (10^{-3} , 10^{-6} моль/л) наблюдали тенденцию к снижению (до 20%) содержания ВНСММ в крови мышей (рис.).

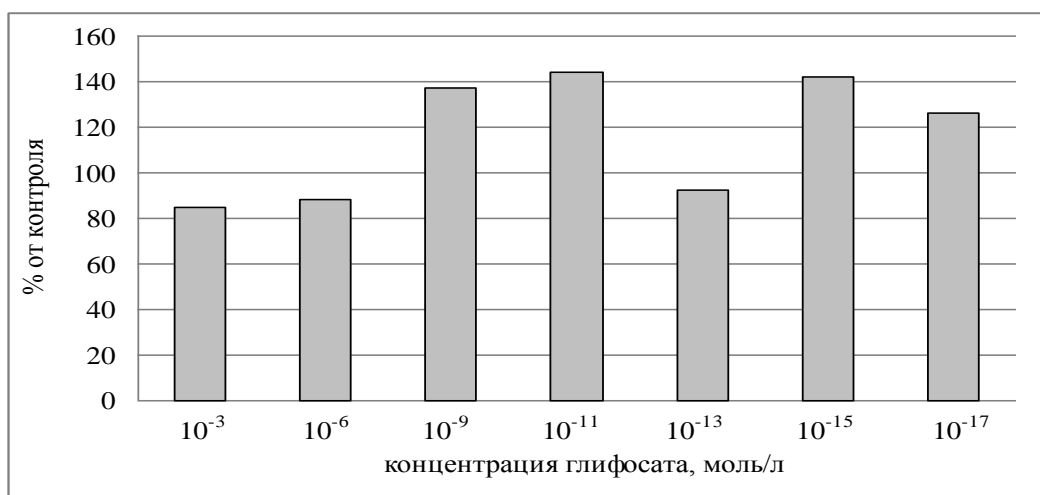


Рис. Содержание ВНСММ (в % от контроля) в эритроцитарной массе лабораторных мышей после введения растворов N-(фосфонометил)-глицина

После введения растворов глифосата с низкой концентрацией (10^{-9} и 10^{-11} моль/л) происходило увеличение продуктов ВНСММ относительно контроля в среднем на 40%.

Таким образом, можно предположить, что под влиянием низких концентраций глифосата происходило накопление средних молекул в крови, что приводило к эндогенной интоксикации. Это указывает на возможность отсроченного влияния остаточных количеств гербицида на живые организмы.

Литература

Маржохова М. Ю., Желихажева Ж. М. Оценка синдрома эндогенной интоксикации при пищевых токсикоинфекциях // Клиническая лабораторная диагностика. 2009. № 1. С. 15–18.

Paganelli A., Gnazzo V., Acosta H., et al. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling // Chem. Res. Toxicol. 2010. Vol. 23. (10). P. 1586–1595.

НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ ИЗ ПРУДОВ-ОТСТОЙНИКОВ САХАРНОГО ЗАВОДА

Т. Ю. Пескова¹, А. А. Шиян²

¹ *Кубанский государственный университет, peskova@kubannet.ru*

² *Ветеринарный центр «Здоровье», anya_vafis@mail.ru*

Одним из искусственных пресноводных биоценозов являются пруды-отстойники сахарных заводов. Состав сточных вод заводов определяется местными климатическими и почвенными условиями. Особенностью сточных вод сахарных заводов является высокая концентрация в их составе взвесей органического и минерального происхождения, растворенных органических загрязнителей, дефицит биогенных веществ (соединений азота и фосфора), наличие сапонинов, сезонность сбрасываемых стоков. Сточные воды не прозрачны, величина рН составляет 7,5–8,0, жесткость 21,4 мг-экв/л, БПК_{полн} 148,00 мг/лО, количество взвесей 205,00 мг/л.

В этих биоценозах обитает небольшое число видов позвоночных животных, одним из которых является озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus* Pal.). Мы сравнили некоторые морфометрические показатели (Определитель..., 1977) лягушек разных возрастов из пруда-отстойника сахарного завода и относительно чистого пруда, расположенного в учебном Ботаническом саду Кубанского государственного университета. Основные морфометрические показатели половозрелых особей лягушки озерной из пруда-отстойника сахарного завода и относительно чистого водоема приведены в таблице. В связи с высокой длительностью сезона активности озерной лягушки на юге России, возраст половозрелых особей ограничивается тремя – четырьмя годами, более старые животные не найдены как в прудах-отстойниках, так и в чистых водоемах.

При сравнении линейных размеров тела самцов и самок половозрелых озерных лягушек из пруда-отстойника сахарного завода достоверные различия не обнаружены. При сравнении морфометрических показателей самок из пруда-отстойника и относительно чистого пруда, расположенного на территории Ботанического сада Кубанского Государственного университета, достоверные различия наблюдались у самок по длине тела ($t=2,06$), ширине головы ($t=2,27$) и длине голени ($t=2,72$) при $t_{\text{ст}}=2,04$. Самцы лягушек из пруда-

отстойника и относительно чистого пруда не различались по всем рассмотренным признакам.

Таблица

Морфометрические показатели половозрелых особей лягушки озерной, пойманных на очистных сооружениях сахарного завода и в Ботаническом саду КубГУ ($X \pm m$) в мм

Признаки	Очистные сооружения сахарного завода		Водоемы ботанического сада КубГУ	
	самки n=17	самцы n=14	самки n=16	самцы n=17
Длина тела, L.	62,18±6,99	65,50±5,79	80,20±5,25	69,97±1,45
Длина головы, L.c.	21,28±4,47	21,15±1,95	27,18±1,53	24,96±0,87
Ширина головы, Lt.c.	21,97±2,35	23,43±2,73	28,42±1,57	26,51±0,95
Расстояние между ноздрями, Sp.n.	4,97±0,36	5,00±0,47	6,03±0,38	5,53±0,27
Ширина барабанной перепонки, L.tym.	4,75±0,36	5,00±0,47	5,27±0,33	5,36±0,28
Длина бедра, F.	32,07±3,09	33,38±3,54	38,85±2,09	38,35±1,51
Длина голени, T.	32,05±2,96	35,00±3,31	42,55±2,49	39,03±1,80

Мы сравнили полученные нами данные с некоторыми литературными данными по размерам озерных лягушек из чистых и загрязненных водоемов в нашем регионе. Так, по данным Т. Ю. Песковой (2001), озерные лягушки возрастной группы 2+ в рисовых чеках мельче, чем в чистых водоемах. С возрастом эти различия исчезают. Среди двухлеток мельче только самки, а среди трехлеток различий нет. Возможно, самки растут немного медленнее самцов в загрязненных прудах, с чем и связаны различия их до трехлетнего возраста по сравнению с чистыми водоемами.

При сравнении наших данных по неполовозрелым лягушкам с литературными (Пескова, 2001) по лягушкам, обитающим в рисовом чеке и чистых мелких водоемах, образованных при разливе р. Кубань, было установлено следующее. Так, по длине тела самки озерной лягушки данной возрастной группы 1+ (n=16) из сточных вод сахарного завода (собственные данные) и рисовых чеков (n=24) не различались (длина тела составляла 56,4±3,75 и 46,6±3,3 соответственно, $t=1,96$ при $t_{ct}=2,09$). Самцы из пруда-отстойника сахарного завода были достоверно крупнее самцов из рисового чека (60,5±0,61 и 43,8±1,9 соответственно $t=8,35$ при $t_{ct}=2,09$). При сравнении с данными того же автора по относительно чистому водоему, образовавшемуся после разлива р. Кубань, самки и самцы младших возрастных групп (1+) из пруда-отстойника сахарного завода были не отличались по размерам от самок и самцов из чистого пруда (67,6±1,8 и 66,5±1,6 соответственно).

При этом, минимальные размеры тела самок лягушек из прудов-отстойников сахарного завода были больше минимальных размеров самок из рисового чека, но меньше минимальных размеров самок из чистого водоема. Максимальные размеры самок из прудов-отстойников совпадали с размерами самок из рисового чека и были мельче, чем у самок из чистого пруда.

Минимальные размеры самцов озерной лягушки из пруда-отстойника сахарного завода были больше, чем у самцов в рисовом чеке и чистом водоеме. Максимальные размеры самцов из пруда-отстойника были больше, чем в рисовом чеке и мельче, чем в чистом пруду.

Из литературы известно, что разные виды загрязнителей вызывают у земноводных разнонаправленные реакции. Так, при воздействии пестицидов, нефти, промышленных стоков размеры земноводных уменьшаются (Пескова, 2001; Ищенко и др., 1993; Косинцева, 2006). Иногда, например, в зоне промстоков химических и металлургических заводов отмечается увеличение размеров и массы тела озерных и травяных лягушек (Мисюра, 1985). В отстойниках сахарного завода в Белгородской области наблюдается увеличение размеров краснобрюхих жерлянок (Гоголева, 1984). Кроме того, некоторые авторы отмечают, что размеры лягушек загрязненных водоемов не меняются по сравнению с животными чистых водоемов. Так, например, достоверно не отличаются размеры озерной лягушки из относительно чистого водоема и загрязненного отходами медеплавильного комбината (Токтамысова, 2005).

Таким образом, уменьшение линейных размеров озерных лягушек, обитающих в прудах-отстойниках сахарного завода, подтверждает литературные данные по влиянию большинства загрязнителей. Мы предполагаем, что отмеченные изменения могут быть связаны с ухудшением кормовой базы лягушек.

Литература

Гоголева Н. П. Эколого-морфологическая характеристика амфибий искусственных водоемов // Проблемы региональной экологии в цикле зоологических дисциплин педвуза. Ч. 1. Витебск, 1984. С. 52–53.

Ищенко В. Г., Леденцов А. В., Мисюра А. Н. Использование некоторых экологических показателей остромордой лягушки для оценки состояния вида в различных частях ареала // Вестник Днепропетровского ун-та. Биология и экология. 1993. Вып. 1. С. 118–119.

Косинцева А. Ю. Возрастная структура и репродуктивные особенности городских популяций земноводных (на примере г. Тюмени) // Современные наукоемкие технологии. № 4. 2006. С. 20–22.

Мисюра А. Н. Некоторые эколого-биохимические аспекты адаптации озерной лягушки к техногенным факторам // Вопросы герпетологии. Л., 1985. С. 143–144.

Определитель земноводных и пресмыкающихся СССР / А. Г. Банников, И. С. Даревский, В. Г. Ищенко и др. М., 1977. 256 с.

Пескова Т. Ю. Влияние антропогенных загрязнений среды на земноводных. Волгоград, 2001. 155 с.

Токтамысова З. С. Морфофизиологические показатели популяций озерной лягушки, подверженных антропогенному воздействию // Биоразнообразие и роль зооценозов в природных и антропогенных экосистемах. Днепропетровск, 2005. С. 380–381.

ЭПИЗООТИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ПО ЗАРАЗНЫМ БОЛЕЗНЯМ ЖИВОТНЫХ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*И. Л. Ожегина*¹, *Л. В. Кондакова*^{1,2}, *Т. Я. Ашихмина*^{1,2}
¹ Вятский государственный университет, *kaf_eco@vshu.ru*
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В 2015 г. на территории Российской Федерации сложилась напряженная эпизоотическая обстановка по заразным болезням животных.

В течение года были зарегистрированы следующие виды заболеваний животных: африканская чума свиней, бруцеллез, бешенство, ящур, лейкоз крупного рогатого скота.

Африканская чума свиней (АЧС) – зарегистрировано 84 очага. Данный вид заболевания зарегистрирован в 14 регионах Рязанской (16), Орловская (16), Саратовская (11), Калужской (9), Брянской (8), Курская (7), Волгоградской (6), Московской (3), Ярославская (2), Владимирская (2), Краснодарский край (2), Республика Кабардино-Балкария (2), Смоленская (1), Псковская (1). Среди них в 2015 году в число неблагополучных регионов по данному виду заболеваний животных вошла Рязанская область.

В 2015 г. данным видом болезни заболело 307 домашних свиней, 195 кабанов, уничтожено 19,8 тыс. голов свиней, 243 кабана. Компенсация за отчужденных животных составила более 3 млрд. рублей. В 2015 году вспышки заболевания у домашних свиней регистрировались в личных подсобных хозяйствах.

Несмотря на благополучие Кировской области по данному заболеванию, остаются предпосылки, способствующие сохранению высокой вероятности заноса и распространения АЧС на территорию региона.

Бруцеллез животных – по данному виду болезней животных в 2015 году ситуация остается весьма напряженной. В 2015 году на территории РФ по данным ФГБУ «Центр ветеринарии» было зарегистрировано по бруцеллезу крупного рогатого скота 499 неблагополучных пунктов (в 2014 г. более – 600). Заболело около 10 тыс. голов. Среди мелкого рогатого скота данным видом заболевания было поражено около 2,2 тыс. голов на 51 зарегистрированном пункте.

В Приволжском федеральном округе заболевание бруцеллезом крупного рогатого скота было зарегистрировано на 34 неблагополучных пунктах, с заболеванием 1619 голов крупного рогатого скота и на 9 неблагополучных пунктах – 790 голов мелкого рогатого скота. На начало 2015 года бруцеллез мелкого рогатого скота зарегистрирован на 3 неблагополучных пунктах в Удмуртской Республике.

Государственной ветеринарной службой Кировской области особое внимание уделяется ввозу сельскохозяйственных животных из других регионов РФ, постановке их на карантин и исследованиям на бруцеллез в соответствии с утвержденным порядком.

Бешенство. Данный вид заболеваний на территории РФ в 2015 году регистрировался повсеместно. Значительно возросло в 2015 году количество случаев заболеваний данным видом болезни животных в соседних с Кировской областью регионах. В Республике Татарстан – 317 (2014 – 132) случая заболеваний животных, Удмуртской Республике – 129 (2014- 90), Нижегородской области – 61 (62), Пермском Крае – 28 (50), Костромской области 24 (15), Республике Марий Эл 24 (2), Республике Коми – 2 (5), случаев.

Несмотря на проводимые под контролем государственной ветеринарной службы Кировской области противоэпизоотические мероприятия, в 2015 году ситуация по бешенству животных по сравнению с 2014 годом ухудшилась. Было зарегистрировано 106 случаев (в 2014 г. – 60) бешенства. Установлены ограничительные мероприятия (карантин) в 88 населенных пунктах в 22 районах области. Больше всего случаев заболеваний животных этим видом болезни зарегистрировано в Малмыжском районе – 16 случаев, Советском – 13, Зуевском – 11, Оричевском – 10, Куменском – 8. Немском районе – 6, Вятскополянском – 5, Верхошижемском – 5, Кирово-Чепецком и Сунском по 4 случая; Пижанском, Нолинском, Лебяжском и Уржумском по 3; Фалёнском, Кильмезском, Яранском, Унинском по 2; Афанасьевском, Орловском, Шабалинском и Котельничском по 1.

Бешенство регистрировалось у диких плотоядных животных – 76 случаев или 72% от заболевших животных, у домашних животных 21 случай или 20%, у сельскохозяйственных животных 9 случаев или 8%.

В 2015 году ветеринарной службой области было подвергнуто вакцинации против бешенства более 387 тыс. домашних и сельскохозяйственных животных, что на 16 % больше, чем в 2014 году.

В конце октября 2015 года за счет средств сельскохозяйственных предприятий и некоторых охотпользователей в регион была приобретена вакцина для оральной иммунизации диких плотоядных животных «Рабивак О/333». Раскладка вакцины в количестве 45 тыс. доз была проведена в 19 районах области. В марте-апреле 2016 года, за счет средств федерального бюджета, ожидается поставка порядка 700 тысяч доз вакцины против бешенства для оральной иммунизации диких плотоядных животных, что позволит стабилизировать и улучшить сложившуюся сложную эпизоотическую ситуацию по данному заболеванию на территории области.

Заболевание ящуром. По заболеванию ящуром на территории РФ остается 1 неблагополучный пункт в Забайкальском крае, однако существует реальная угроза заноса возбудителя ящура на территорию РФ из неблагополучной по ящуру территории Армении, а также государств Кавказского и Среднеазиатского регионов. Вирус ящура типа А был выявлен в пробах патматериала от КРС и свиней в частном секторе Республики Армения, данный тип циркулирует в Саудовской Аравии, Турции и Иране. Следовательно, применяемая в буферной зоне на территории России вакцина в настоящее время не может обеспечить необходимую защиту. С целью недопущения возникновения ящура на территории области Управлением ветеринарии продолжается реали-

зация Комплексного плана мероприятий по предупреждению заноса и распространения ящура на территории Кировской области.

В 2015 г. отмечается значительное улучшение ситуации по профилактике и ликвидации *лейкоза крупного рогатого скота* на территории Кировской области. Так, если на 1.01.2015 числилось 18 неблагополучных пунктов в 9 районах, то на 1.01.2016 – 10, в 6 районах Кировской области. В течение 2015 года Управлением ветеринарии было отменено 10 ограничительных мероприятий по лейкозу крупного рогатого скота. Процент вирусоносительства от общего поголовья за 2015 год снизился в 4 раза и составил на 1 января 2016 года – 0,11%. В 2015 году благополучными по лейкозу стали 3 района: Кикнурский, Шабалинский, Яранский. К настоящему времени в регионе остаётся 8 неблагополучных пунктов по лейкозу КРС, из них 3 в личных подсобных хозяйствах и 5 в сельхозпредприятиях.

С 1 января 2015 г. был введен в действие Закон Кировской области от 18.06.2014 № 416-ЗО «О наделении органов местного самоуправления муниципальных районов и городских округов Кировской области отдельными государственными полномочиями по организации мероприятий по предупреждению и ликвидации болезней животных и их лечению». Работа в этом направлении находится под постоянным контролем органов власти. Объем субсидий, предоставляемых местным бюджетам из областного бюджета на осуществление данных государственных полномочий в 2015 году составил 3,36 млн. рублей.

Работа по обеспечению эпизоотического благополучия территории Кировской области по заразным, в том числе особо опасным заболеваниям животных включает целый комплекс мероприятий. Это, прежде всего, грамотное планирование, полностью и своевременное выполнение всех необходимых противоэпизоотических и ветеринарно-санитарных мероприятий в соответствии с действующим законодательством. Проведение мониторинговых исследований с учетом природно-очаговых заболеваний; своевременное информирование, ранняя диагностика и проведение обследований хозяйств и личных подсобных хозяйств граждан при подозрении на заразные заболевания. Оздоровление неблагополучных хозяйств области от вируса лейкоза крупного рогатого скота. Дальнейшее проведение работ по обустройству, содержанию либо ликвидации бесхозных скотомогильников на территории региона.

Литература

Зайковская А. В. Резервуары лиссавирусов на территориях, стационарно неблагополучных по бешенству: Автореф. канд. Новосибирск. 2009.

Региональный доклад «Эпизоотическая ситуация в РФ, 2015 г». ФГБУ ВНИИЗЖ ИАЦ Управление ветнадзора Кировской области. Киров, 2015.

Сергеева Е. В. Тенденции эпизоотического и эпидемического проявления бешенства в Волго-Вятском регионе: Автореф. канд. Н. Новгород, 2010.

ДИНАМИКА ЗИМНЕЙ ОРНИТОФАУНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ООПТ «ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ»

К. О. Бакшеев¹, В. М. Рябов^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, baksheev.kirill@yandex.ru

² Государственный природный заповедник «Нургуш»,
ryapitschi@yandex.ru

Изучение структуры и динамики населения птиц – одна из актуальных проблем современной экологии. Эти исследования лежат в основе экологического мониторинга и прогнозирования изменений в биоценозах. Особую важность приобретает изучение птиц в связи с грандиозными по масштабам и интенсивности изменениями ландшафтов, которые происходят в результате разнообразной деятельности человека (Михайлов, 1999).

Всего на территории Кировской области отмечено 302 вида (3,5% от мирового разнообразия птиц и 40,3% от орнитофауны России) (Сотников, 2002).

Целью нашей работы стало исследование особенностей динамики численности зимней орнитофауны в условиях тесного соседства с человеком на территории ООПТ «Дендрологический парк лесоводов Кировской области».

Изучение видового состава птиц проводили маршрутно-экскурсионным методом с использованием методики маршрутного учета без учета ширины полосы обнаружения (Равкина, 1990).

Наблюдения вели с в течение трех зимних сезонов с ноября по март (2013-2016 гг). За этот период на территории парка было отмечено 27 вида из 5 отрядов: – *Falconiformes* (1 вид из семейства *Accipitridae*); – *Columbiformes* (1 вид из семейства – *Columbidae*); – *Anseriformes* (2 вида из семейства – *Anatidae*); – *Piciformes* (2 вида из семейства – *Picidae*); – *Passeriformes* (5 видов из семейства – *Fringillidae*, 5 видов из семейства – *Corvidae*, 3 вида из семейства – *Paridae*, 2 вида из семейства – *Turdidae*, 2 вида из семейства – *Passeridae*, 1 вид из семейства – *Emberizidae*, 1 вид из семейства – *Sittidae*, 1 вид из семейства – *Bombucilidae*, 1 вид из семейства – *Aegithalidae*).

Наиболее многочисленным является отряд Воробьинообразные – 21 вид, представленный 9 семействами, среди которых наибольшим количеством видов (5) отмечены семейства Вьюрковых и Врановых.

В последние несколько лет наметилась тенденция увеличения числа посетителей дендропарка, вследствие чего произошло увеличение количества кормушек и пищевого рациона для птиц. Кроме этого большинство кормушек были перенесены из биотопа, который находится у входа в парк (аллеи) в лесную часть. Потому птицы переместились в более облесенные аллеи парка. Динамика численности некоторых видов птиц в зимний период представлена в таблице.

Динамика численности птиц в зимний период

№	Вид	Средняя относительная численность видов (особь/км)									
		ноябрь		декабрь		январь		февраль		март	
		2014 - 2015	2015 - 2016	2014 - 2015	2015 - 2016	2014 - 2015	2015 - 2016	2014 - 2015	2015 - 2016	2014 - 2015	2015 - 2016
1	Сизый голубь	3	4	2	5	0	2	4	4	2	4
2	Обыкновенная кряква	25	30	20	26	10	15	20	30	10	30
3	Большая синица	6	10	6	10	2	8	6	12	5	12
4	Буроголовая га- ичка	4	6	4	4	2	6	5	8	3	8
5	Серая ворона	2	4	1	3	1	2	2	2	2	4
6	Сойка	2	2	2	3	0	1	2	3	3	3
7	Большой пест- рый дятел	1	2	2	1	0	0	2	1	2	1
8	Обыкновенный поползень	6	6	4	6	2	5	4	7	2	7
9	Обыкновенный снегирь	2	3	0	0	0	0	6	6	5	8
10	Ополовник	7	8	4	6	2	8	6	10	8	11

Зима 2015–2016 гг. оказалась теплее прошлогодней. Мы отметили увеличение общего числа птиц на территории дендропарка (рис.).



Рис. Динамика количества видов птиц по месяцам 2014–2015/2015–2016 гг.

Исходя из вышесказанного, мы отмечаем, что одним из ключевых факторов, влияющих на динамику птиц, является погода. Также наблюдается тесная взаимосвязь между присутствием птиц и человека. В более холодные периоды зимы, а соответственно и в периоды отсутствия посетителей, вносящих существенный вклад в кормовую базу птиц дендропарка, птицы перемещаются в наиболее теплые, людные и кормные для этого периода места, например, в город. Данное явление мы наблюдаем третий год, что на наш взгляд, демонстрирует высокую экологическую пластичность, с некоторыми элементами социализации птиц.

Таким образом, на численность и видовой состав птиц в зимний период на территории дендропарка лесоводов Кировской области в пределах маршрута исследования по нашему мнению влияет температура, объем естественной кормовой базы и активность населения. Следует заметить, что на маршруте мы встретили достаточно много постоянно наполняемых кормушек для птиц, что позволяет сделать вывод о проявлении заботы посетителей дендропарка к зимующим видам птиц, и привыкании этих птиц к самим людям – синантропизации.

Литература

Михайлов К. Е. Птицы в городе // Биология: Приложение к газете «Первое сентября». 1999.

Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. М.: Изд. ВНИИ Природа, 1990. 33 с.

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий (Т. I. Неворобьиные. Ч. II). Киров: ООО «Триада-С», 2002. 528 с.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СЕРЫХ ВОРОН (*CORVUS CORNIX*) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ г. КИРОВА

А. П. Нуртдинова¹, В. М. Рябов^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

² Государственный природный заповедник «Нургуш»
anna.nurtdinowa@yandex.ru, ryapitschi@yandex.ru

Серые вороны (*Corvus cornix*) – являются типичными обитателями городов. В г. Кирове серая ворона обитает повсеместно – она встречается круглый год в парках, на улицах, на остановках и на свалках в больших количествах (Сотников, 2006).

Серая ворона играет определенную положительную роль в жизни городов – она является одним из самых важных контролеров численности грызунов в городских поселениях, а также они уничтожают падаль и пищевые отходы. Но при этом они могут оказывать и отрицательное влияние – они разоряют гнезда других птиц, могут являться переносчиками различных болезней и также из-за массовых зимних ночевки способствуют высуханию деревьев.

В связи с этим, мониторинг динамики численности серой вороны в городской черте является актуальным и необходимым. Целью нашей работы стало изучение динамики численности серых ворон в городе Кирове.

Исследования проводились с 2 ноября 2013 г. по 14 февраля 2016 г. В данной работе использовался метод маршрутных учетов – он заключается в том, что учетчик движется по маршруту и отмечает всех птиц, которых видит или слышит. Для каждой встречи при этом указывают: вид птицы и число встреченных особей. Кроме того, отмечают время начала и конца учёта и пройденное расстояние. Дойдя до места начала учёта, учетчик записывает в

полевым дневнике дату, место проведения учета и особенности погоды. После этого движется по маршруту и регистрирует встречи птиц до его окончания.

Для начала стоит отметить, что в городе Кирове в осенне-зимний период обитает около 6–8 тысяч серых ворон (Сотников, 2006), а в гнездовой период – 400–500 особей (Макаров, 1998).

Они встречаются в основном либо небольшими стаями, либо по одиночке на практически всех наблюдаемых маршрутах в юго-восточной части г. Кирова.

В зимний и осенний период мы наблюдали скопление серых ворон в основном на улице Воровского (от Октябрьского проспекта до ул. Сурикова), Октябрьском проспекте (от ул. Воровского до ул. Московской), ул. Ленина (от ул. Воровского до ул. Рудницкого) и в парке им. Кирова. При наличии большого количества серых ворон на маршрутах, начинает уменьшаться количество особей других видов. Яркий пример этому – в летний период численность сизых голубей на Октябрьском проспекте может достигать свыше семидесяти особей, а в зимний период, когда на маршруте присутствует большое количество серых ворон, численность сизых голубей уменьшается до двадцати – десяти особей. Это связано с тем, что серая ворона – конкурентоспособный вид, и он вытесняет с маршрутов другие виды.

В весенний период (апрель – май) наблюдается уменьшение количества серых ворон на маршрутах. Это может быть связано с сезонными миграциями серых ворон из городской местности в сельскую и в естественные экосистемы (различные типы лесов, к поймам рек и т. д.). Помимо этого, в начале весны – в марте и в апреле – у серых ворон начинается период гнездования. В этот период происходит распределение серых ворон по территории с жестким закреплением границ гнездовых участков. Каждая пара серых ворон обязательно имеет свою определенную территорию и рьяно защищает ее от других особей своего вида.

В летний период происходит постепенное увеличение численности серых ворон (июль – август). Это связано с двумя причинами. Во-первых, в данное время года начинает происходить вылет птенцов серых ворон из гнезд и распад семей. Пропадают строгие территориальные границы, и серые вороны снова собираются в стаи. Во-вторых, серые вороны начинают возвращаться из сельских поселений и естественных сред обитания в городские поселения, чтобы в дальнейшем пережить осень и зиму.

Таким образом, динамика численности в г. Кирове подвержена резко выраженным колебаниям, связанных преимущественно с сезонными явлениями. При этом, зимой – численность серых ворон максимальна (достигает до 100 особей), а летом наоборот – минимальна (могут полностью отсутствовать).

Литература

Макаров В. А. Некоторые закономерности заселения вороной населенных пунктов // Региональные и муниципальные проблемы природопользования. Матер. науч.-практ. конф. 25–27 августа. Кирово-Чепецк, 1998.

Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц, всесоюзный научно-исследовательский институт охраны природы и заповедного дела госкомприроды СССР. М., 1990

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Т. 2. Ч. 1 Воробьинообразные. Киров: Триада плюс, 2006.

ЛИНЬКА УТОК НА ВОДОЕМАХ г. КИРОВА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

А. В. Елкина, Ф. С. Столбова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
annajolkina@mail.ru*

Линька уток в природных условиях до настоящего времени изучена недостаточно. Сроки линьки некоторых видов уток на территории средней полосы России были рассмотрены Ю. А. Исаковым (1952), Е. С. Птушенко и А. А. Иноземцевым (1968). Некоторые данные по линьке уток в Кировской области приводит В. Н. Сотников (1999) в видовых очерках. К. Ф. Елкин (1965) отмечает, что разгар линьки (от момента выпадения центральной пары рулевых до отрастания первостепенных маховых) наступает у разных видов в следующем порядке: кряква, шилохвость, чирок-трескунок, свиязь, широконоска, чирок-свистунок, серая утка и красноголовый нырок.

Изучение линьки на водоемах г. Кирова и его окрестностей нами было проведено у 5 видов семейства утиных (*Anatidae*): кряквы (*Anas platyrhynchos*), чирка-свистунка (*Anas crecca*), свиязи (*Anas penelope*), гоголя (*Vesperhala clangula*), хохлатой чернети (*Aythya fuligula*).

Наблюдения проводились с сентября 2012 по ноябрь 2015 гг. Состояние оперения уток оценивалось визуально, также проводили фотографирование линяющих птиц. При обследовании 26 групп водоемов, находящихся на территории города и в его окрестностях, были выявлены места, наиболее часто посещаемые линяющими утками. Линяющие птицы были обнаружены в 10 пунктах: на прудах парка имени С. М. Кирова, в Дендропарке, около ДК Железнодорожников (ул. Комсомольская); на реках Люльченке (ул. Производственная – ул. Солнечная), Вятке (речной порт, набережная А. С. Грина, п. Лянгасы), Сандаловке (Заречный парк); на водоеме в сквере имени 60-летия СССР, группе водоемов близ ул. Лепсе, Репинских прудах (ул. Блюхера), водоемах биохимзавода.

Послебрачная линька взрослых птиц, во время которой они теряют способность летать, начинается сразу после распада выводков. Самцы приступают к линьке раньше. Уже во второй половине июля многие птицы заканчивают линьку. Утки носят полный годовой наряд очень короткое время – не больше двух-трех месяцев, иногда и меньше, а кряквы обычно не более трех недель. После этого начинается новая линька, уже частичная предбрачная. Линька уток происходит задолго до периода размножения. В октябре уже большая часть селезней кряквы надевает яркое брачное оперение. В этом наряде утки проводят зиму, в нем же прилетают к нам весной (Гладков, 1979).

Самым массовым видом в г. Кирове и его окрестностях во все сезоны года, по данным учетов численности, является кряква (Соловьев, 2014; Елкина, Столбова, 2015). Выявлено, что наибольшее количество уток сосредоточено на прудах парка имени С. М. Кирова. Так, по нашим данным, в 2015 г. здесь отмечено около 1300 крякв в январе, в апреле – 450–500, в июне – 250, в октябре – 1330. Поэтому основной массив данных по линьке, представленный ниже, также относится к крякве.

На прудах парка имени С. М. Кирова изучение состояния оперения утиных проводили с сентября 2012 г. по октябрь 2015 года. В сентябре 2012 г. было отмечено максимальное количество линяющих крякв (98%) и одиночный самец гоголя, также с явными признаками линьки. В апреле 2013 г. еще линяли 5% крякв. В 2014 г. линька у крякв началась в июне (40% крякв линяло). Также много линяющих птиц было в июле – 50%. В августе следы линьки были обнаружены почти у всех наблюдавшихся крякв (99,5%). В начале октября линяло еще достаточно много птиц (31%). К концу октября линька у большей части птиц, находившихся на прудах, закончилась, линных среди них был всего лишь 1%. В целом же на данных водоемах линька продолжалась до конца апреля. Так, в январе 2015 г. линяло 0,2% крякв, в феврале – 0,1%, в апреле – 1%. Возможно, это были молодые птицы из поздних выводков. Линька могла продолжаться и по каким-то другим причинам. К сожалению, в природных условиях зимой достаточно сложно отличить молодых и взрослых птиц, а у них сроки предбрачной линьки могут отличаться. Летом 2015 г. послебрачная линька у самцов кряквы так же, как и в предыдущие годы, началась в июне 60%, в конце октября линяло 0,2% уток.

Как видно из приведенных данных, в 2012–2013 гг. и в 2014–2015 гг. линька проходила с июня по апрель.

У гоголя линька была отмечена в июне 2015 г.

Послебрачная линька у кряквы начинается с замены контурных перьев на груди, заканчивается отрастанием всех контурных перьев (рис. 1). В. В. Корбут (1994) отмечает, что существенных нарушений линьки у городских птиц не наблюдается, хотя некоторые отклонения могут быть, что связано с меньшим количеством белковой пищи, особенно в зимний период. Мы также не отмечали нарушений в ходе линьки.

В Дендропарке были отмечены только кряквы. И здесь линька тоже продолжалась по апрель месяц: в апреле 2014 г. линяло 2% уток, в сентябре 2014 г. – 90%, а в апреле 2015 г. – 38%.

На р. Люльченка (ул. Производственная – ул. Солнечная) в начале июня 2014 г. было встречено 73 взрослых кряквы, и все они линяли (100%).

На р. Вятке в сентябре 2014 г. также линяли все встреченные кряквы. В 2015 г. линяющие кряквы в период предбрачной линьки отмечались в марте (1,5%), апреле (7%), в период послебрачной линьки – в июле (100%). По-видимому, на этот водоем прилетают утки с других водоемов, так как и в июле, и в сентябре все птицы линяли.

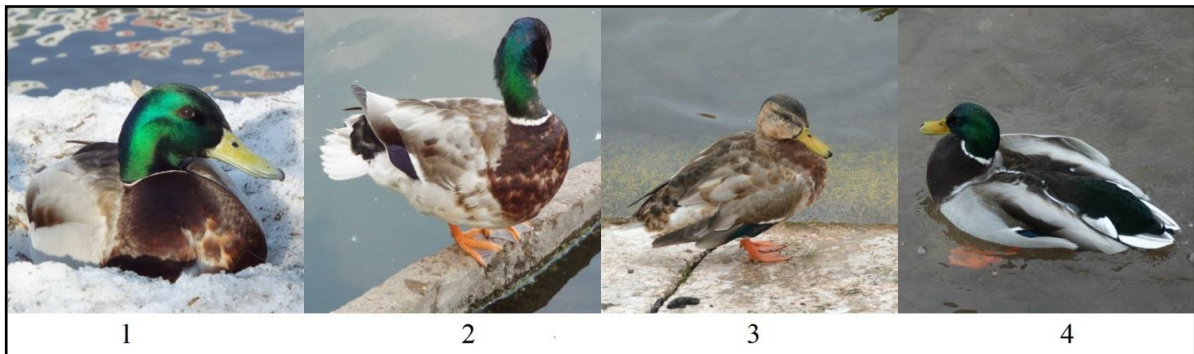


Рис. 1. Последовательность линьки кряквы на водоемах г. Кирова (1 – послебрачная линька начинается с груди, 2 – бурная линька – выпадение рулевых и маховых перьев, 3 – вторая половина линьки – почти отросли маховые и рулевые, 4 – перелинявший самец в брачном наряде)

На пруду у ДК Железнодорожников линька крякв отмечалась с сентября 2014 г. по октябрь 2015 г. Линяющие утки были встречены с июня по апрель, наибольшее количество было учтено в июне (90%) и сентябре (82%). На водоеме сквера имени 60-летия СССР линька проходила до марта. В марте 2014 г. линяло 17% уток, а в сентябре – линяли все кряквы (100%).

В Заречном парке линяющие птицы были встречены на р. Сандаловке. В сентябре 2014 г. линяло 98% крякв, 90% хохлатых чернетей, 16% чирков-свистунков и 33% связей. В июне 2015 г. линяли все хохлатые чернети (100%) и 94% крякв.

На группе водоемов близ ул. Лепсе в сентябре 2014 г. встречено 89% линяющих крякв, в июне 2015 г. – 18%. На Репинских прудах и водоемах близ ул. Приозерной в сентябре 2014 г. отмечено 16% линяющих крякв и 100% хохлатых чернетей. В июне 2015 г. здесь линяло 57% крякв.

На водоемах, расположенных на территории биохимзавода, в октябре 2014 г. линяло 0,3% крякв, в другие годы линяющие птицы не отмечались. В п. Дороници в октябре 2014 г. отмечено 1,8% линяющих крякв. На Ежовских прудах в ноябре 2015 г. линяло 5% крякв.

Состояние оперения крякв в разные сезоны года представлено на рисунке 2.



Рис. 2. Состояние оперения кряквы в разные сезоны года

На рисунке 3 показана динамика численности линяющих птиц по отношению к общей численности кряквы на территории г. Кирова и его окрестностей в 2014 году. Максимальное количество линяющих птиц на всех водоемах было отмечено в августе и сентябре. Осенью и самцы, и самки линяют достаточно дружно.

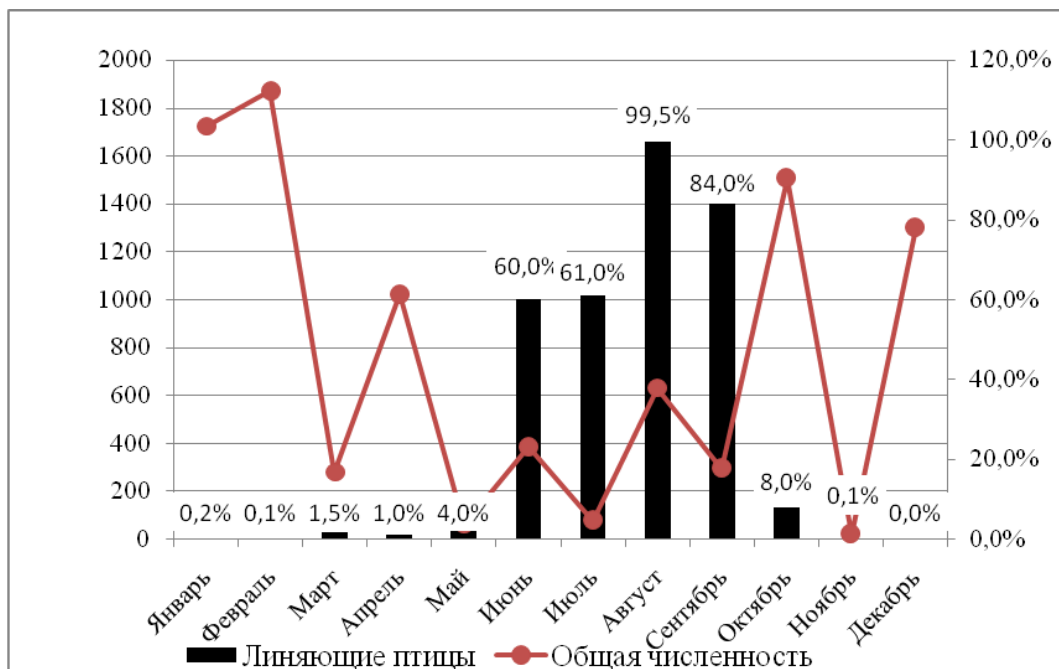


Рис. 3. Соотношение числа линяющих крякв к общей численности (в %) в 2014 г. на территории г. Кирова и его окрестностей

Таким образом, послебрачная линька взрослых птиц в районе наблюдений начинается в конце мая и продолжается у большинства птиц до августа – сентября, у некоторых, она возможно, длится до конца ноября. В Московской области 1–2 особи самцов на несколько сотен птиц приступают к линьке во второй – третьей декаде мая, а самый поздний линный селезень был встречен в первой декаде декабря 1991 г. (Корбут, 1994). Однако границы окончания послебрачной и начала предбрачной линьки в природе сложно представить, так как они достаточно размыты. Неполная предбрачная линька взрослых самцов начинается почти сразу после окончания полной послебрачной линьки (Птушенко, Иноземцев, 1968; Сотников, 1999). Сроки предбрачной линьки молодых и взрослых птиц также сложно проследить, так как уже с сентября молодые птицы от взрослых отличаются с трудом.

Литература

- Гладков Н. А. Тише, птицы на гнездах. М.: Лесная промышленность, 1979. 168 с.
- Елкин К. Ф. Летняя линька утиных на озёрах Тургайской системы // География ресурсов водоплавающих птиц СССР, состояние запасов, пути их воспроизводства и правильного использования. М., 1965. С. 32–34.
- Елкина А. В., Столбова Ф. С. Зимовка уток в городе Кирове // Биологические ресурсы: состояние, использование и охрана. Киров, 2015. С. 61–64.

Исаков Ю. А. Род настоящие или речные утки. Кряква // Птицы Советского Союза. Т. 4. М.: Советская наука, 1952. С. 405–424.

Корбут В. В. Особенности жизни кряквы // Урбанизированная популяция водоплавающих (*Anas platyrhynchos*) г. Москвы. М.: МГУ, центр. Научно-исслед. лаб. Главохоты РФ. 1994. С. 131–142.

Птушенко Е. С., Иноземцев А. А. Биология и хозяйственное значение птиц Московской области и сопредельных территорий. М.: Изд-во МГУ, 1968. 460 с.

Соловьев А. Н. Зимовки кряквы (*Anas platyrhynchos*) в естественных и антропогенных условиях востока Русской равнины // Поволжский экологический журнал. 2014. № 2. С. 271–283.

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Т. 1. Неворобьиные. Ч. 1. Киров: ООО «Триада-С», 1999. 432 с.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ТЕТЕРЕВИНЫХ ПТИЦ В ТУЖИНСКОМ РАЙОНЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. И. Оботнин

ВНИИОЗ имени проф. Б. М. Житкова

Тетеревиные птицы – важный объект охоты в современном охотничьем хозяйстве. Охота на глухаря и тетерева особенно красива в весенний период, когда птицы находятся в брачном наряде. В это время из популяции изымаются только особи мужского пола, оставляя самок, участвующих в размножении.

Известно, что численность любой тетеревиной птицы не может долго держаться на одном уровне. У многих видов семейства численность подвержена периодическим изменениям от обилия до почти полного исчезновения. Не все виды дают примеры этих крайностей, но постоянные колебания численности были свойственны практически всем. Так возникло представление о циклических, регулярных колебаниях численности тетеревиных птиц, вызываемых какими-то общими причинами (Потапов, 1990).

Среди факторов влияющих на численность тетеревиных птиц отмечены следующие:

- Численность самок, участвующих в размножении.
- Количество и качество отложенных яиц.
- Погодные условия в первые 2-3 недели жизни птенцов.
- Наличие хищных зверей и птиц (Романов, 1988; Потапов, 1990).

Погодные условия июня, начала июля являются определяющим фактором, оказывающим влияние на выживаемость птенцов.

Неблагоприятное сочетание низких температур и большого количества осадков в июне 2014 г. могло быть причиной существенного снижения численности всех тетеревиных птиц (табл.).

**Средняя температура и количество осадков в Тужинском районе
с 2008 по 2014 гг. (по данным гис метео Тужинского района)**

Параметры	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	июнь	июль	июнь	июль	июнь	июль	июнь	июль	июнь	июль	июнь	июль	июнь	июль
температура	15,1	19,6	16,9	17,4	17	23	16,7	21,2	17,3	19,3	19	19,7	15,3	16,8
осадки	89	39	115	64	10	1	85,8	90	102,8	101,9	44,5	67,6	109	25,5

Анализ данных зимних маршрутных учетов (ЗМУ) с 2008 по 2015 гг. показывает следующее: численность глухаря и тетерева за исследуемый период была относительно стабильной, лишь в 2013г. отмечено увеличение численности обоих видов (рис. 1, рис. 2).

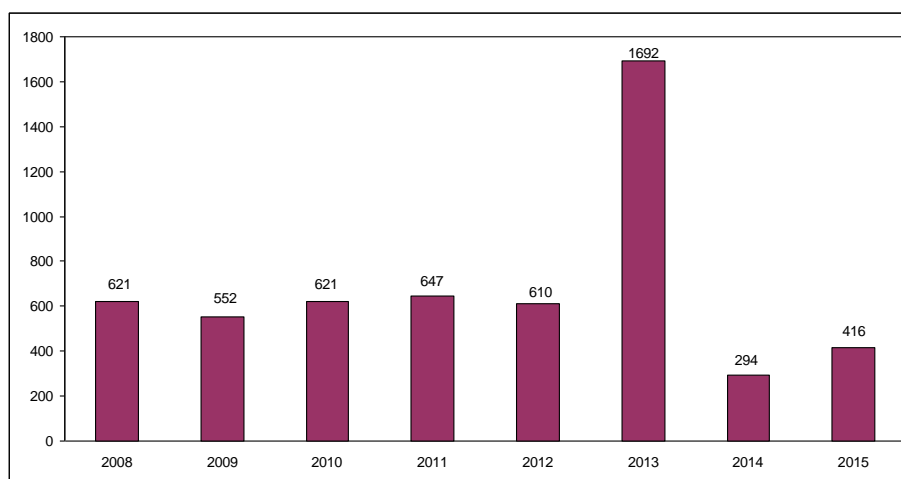


Рис. 1. Численность глухаря в Тужинском районе 2008–2015 гг.

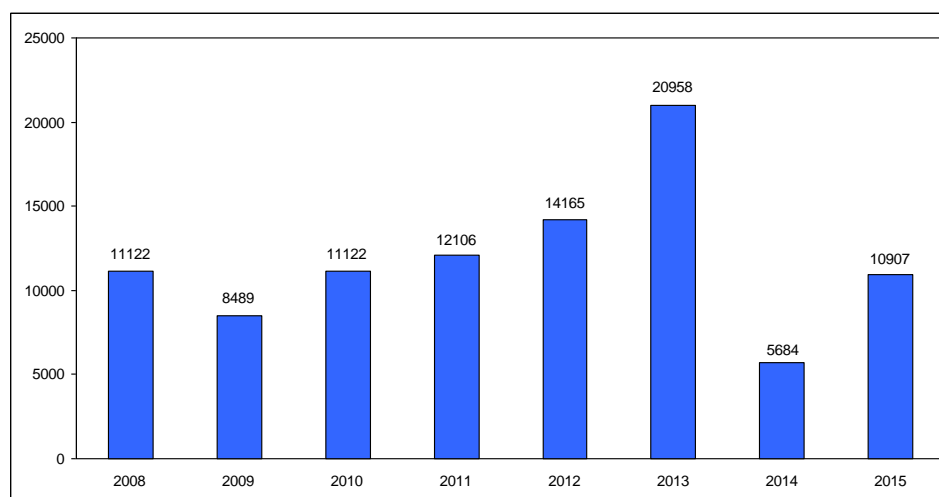


Рис. 2. Численность тетерева в Тужинском районе 2008–2015гг.

Численность рябчика менее стабильна. За период исследования отмечено два пика 2009 г. – 6006 особей и 2013 г. – 2384 особи. Минимальная

численность вида отмечена в 2014 и 2015 гг. 329 и 520 особей соответственно (рис. 3).

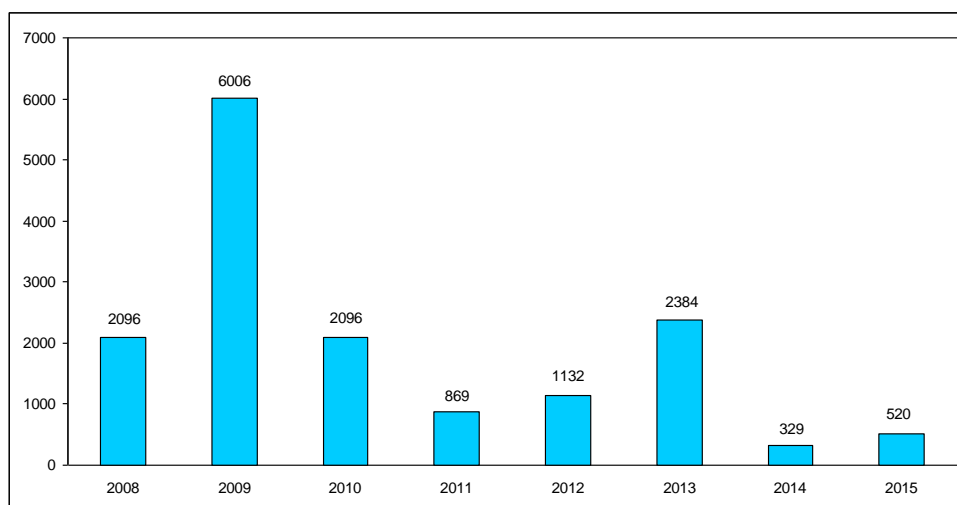


Рис. 3. численность рябчика в Тужинском районе 2008–2015 гг.

Наибольшая вариабельность динамики численности отмечена для рябчика в отличие от глухаря и тетерева.

Многие ученые в своих работах наблюдали аналогичную тенденцию. Наибольший размах колебаний численности выявлен для рябчика, в то время как для тетерева и глухаря амплитуда колебаний значительно уже (Курулюк, 2000).

Динамика численности тетеревиных птиц определяется не только погодными условиями, вероятно снижение численности связано с низким уровнем сельского хозяйства в районе и значимым объемом рубки леса.

Литература

- Романов А. Н.. Глухарь. М.: ВО «Агропромиздат», 1988. С 135.
Потапов Р. Л. Тетеревиные птицы. Л.: Ленинградский университет, 1990. С. 240.
Курулюк В. М. Динамика численности тетеревиных в заповеднике «Басега» за 1982–1996 гг. // Экологические основы стабильного развития Прикамья. Пермь, 2000. С. 172–173.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И СОСТОЯНИЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

О. Н. Лукьянова^{1,2}, В. Н. Валова¹, Л. Т. Ковековдова^{1,2}, А. А. Попков¹

*¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
olgaluk@gmail.com*

² Дальневосточный федеральный университет

Разведение ценных видов рыб представляет собой пример антропогенно-трансформированных аквабиоценозов, где на природные условия среды накладываются дополнительные факторы. Одним из принципов стратегии устойчивой аквакультуры, по определению ФАО, является управление состо-

нием окружающей среды во благо будущих поколений. При этом подчеркивается необходимость устойчивого развития аквакультуры, посредством повышения экологических показателей отрасли, контроля состояния объектов и обеспечения биобезопасности.

Цель работы – оценка качества окружающей среды и состояния осетровых рыб калуги *Huso dauricus*, стерляди *Acipenser ruthenus* и их гибридов, выращиваемых в садках НИС «Лучегорская» ФГБНУ «ТИНРО-Центр» в водохранилище-охладителе Приморской ГРЭС ЗАО ЛуТЭК.

Для характеристики среды обитания ценных видов рыб, разводимых в водохранилище, оценивается 24 гидрохимических показателя. В течение года рН воды варьирует от 6,91 до 8,44, взвешенные вещества от 0,9 до 15, хлориды от 1,42 до 7,98; нитраты от 0,28 до 2,01; сульфаты от 21,5 до 50,8, железо растворенное от 0,11 до 0,24 мг/л; алюминий от менее 0,04 до 0,18; цинк от 0,005 до 0,0296; медь от 0,001 до 0,0085, фенолы от 0,0009 до 0,0019, нефтепродукты от 0,005 до 0,025.

Таблица 1

Концентрация хлорорганических пестицидов и ПХБ (мг/кг сырой массы) в мышцах осетровых

Объект	Хлорорганические пестициды		Полихлорированные бифенилы сумма изомеров
	ГХЦГ (альфа, бета, гамма- изомеры)	ДДТ и его метаболиты	
Гибрид калуга ♀ + стерлядь ♂	не обнаружены	DDT - 0,2011±0,0005 DDE - 0,0408±0,0002 DDD - 0,0190±0,0001	0,0121±0,0005
Гибрид стерлядь ♀ + калуга ♂	не обнаружены	DDT - 0,1989±0,0005 DDE - 0,0449±0,0002 DDD - 0,0278±0,0001	0,0149±0,0005
Стерлядь	не обнаружены	DDT - 0,1971±0,0005 DDE - 0,0443±0,0002 DDD - 0,0220±0,0001	0,0143±0,0005
Калуга	не обнаружены	DDT - 0,2135±0,0005 DDE - 0,0482±0,0002 DDD - 0,0231±0,0001	0,0151±0,0005
ПДК	0,03	2,0	2,0

Таким образом, в отдельные сезоны отмечается превышение ПДК для пресных вод водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение, для железа в 2 раза – 0,1 мг/л (4 класс опасности), алюминия в 4 раза – 0,04 (4 кл.), цинка в 2 раза – 0,01 (3 кл.), фенола в 2 раза – 0,001 (3 кл.).

Содержание хлорорганических пестицидов и ПХБ в мышцах осетров (табл. 1) не превышало предельно допустимых концентраций, установленных санитарными нормами РФ – 2 мг/кг сырой массы.

Анализ содержания токсичных элементов в органах осетров не выявил достоверной биоаккумуляции мышьяка и тяжелых металлов (табл. 2). Концентрации элементов в мышцах не превышали предельно-допустимые уровни

(Единые требования ..., 2013), как и у других видов рыб дальневосточных морей (Ковековдова и др., 2013)

Таблица 2

Концентрации элементов (мг/кг сырой массы) в органах осетровых

Вид	Орган	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn
Гибрид стерлядь * калуга	Мышцы	0,82	0,03	0,006	0,054	0,3	9
	Печень	0,17	0,16	0,008	0,031	29,7	18,9
	Жабры	1,4	0,15	0,011	0,019	10,3	11,4
	Сердце	1,41	0,06	0,019	0,037	0,5	17,3
Стерлядь	Мышцы	1,4	0,03	0,006	0,071	0,5	2,8
	Печень	0,39	0,07	0,007	0,05	15,1	23,6
	Жабры	0,19	1	0,011	0,043	15,8	8,7
	Сердце	0,25	0,02	0,005	0,02	0,5	5,7
Калуга	Мышцы	1,46	0,02	0,006	0,043	0,9	4,6
	Печень	0,21	0,04	0,1	0,04	20,9	15
	Жабры	0,25	0,4	0,008	0,032	10,2	16,2
	Сердце	0,26	0,06	0,006	0,022	0,8	9

Повышенные концентрации металлов и фенола в среде могут оказывать токсический эффект на гидробионтов, вызывая развитие окислительного стресса. Образующиеся свободные радикалы нарушают метаболизм и приводят к повреждению клеток и тканей.

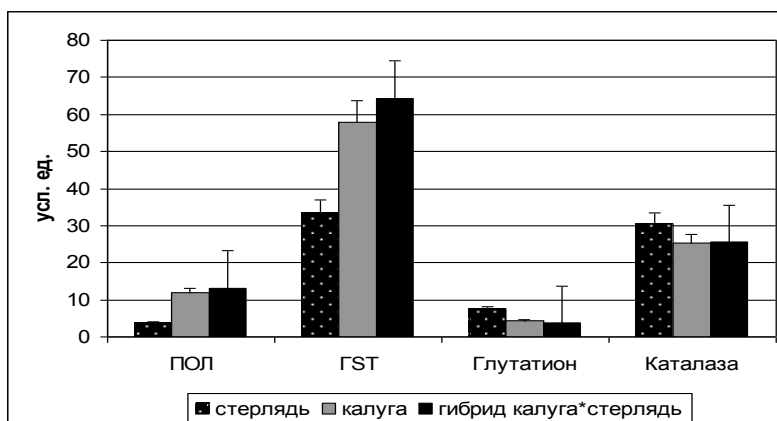


Рис. 1. Активность глутатион-S-трансферазы (ГСТ) (нмоль/мин/мг белка), каталазы (ед. акт./мг белка), уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) (нмоль МДА/мг белка) и концентрация глутатиона (мкг/мг белка) в печени осетровых рыб

Биомаркерами окислительного стресса для водных организмов являются такие показатели, как активность ферментов каталазы и глутатион-S-трансферазы (ГСТ), концентрация восстановленного глутатиона (GSH) и уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) (Даниленко, Лукьянова, 2014). В печени гибридов и стерляди отмечена достоверная разница в активности ГСТ и уровне ПОЛ; у гибридов и калуги подобные различия не выявлены (рис. 1).

Более высокие активность глутатион-S-трансферазы и уровень перекисного окисления липидов свидетельствуют о широком диапазоне адаптивных возможностей гибридов.

Основными критериями оценки физиологического состояния организма рыб принято считать количественные значения таких показателей, как показатели эритрона и, общего числа лейкоцитов и тромбоцитов, лейкоцитарной формулы крови, а также наличие патоморфологических изменений в клетках красной и белой крови (рис. 2, 3). Согласно полученным данным у производителей чистой линии калуги выявлены признаки макроцитарной анемии (значения гематокрита и объема 1 эритроцита превышают норму). Увеличение значения цветного показателя также может свидетельствовать о развитии полицитемии, однако при повышенном значении СОЭ это говорит о готовности части производителей к нересту в следующем году. У всех исследованных особей отмечалась эозинофилия и патоморфологические изменения клеток красной крови, такие как пойкилоцитоз, гипохромия, гемолиз эритроцитов. В отличие от производителей чистой линии калуги физиологический статус рекрутов (особи, впервые вступающие в нерест) гибридной формы стерлядь x калуга перед зимовкой был выше. Это можно объяснить тем, что перед зимовкой в выборке было меньше особей с гонадами на IV стадии зрелости и большей устойчивостью гибридных форм к условиям окружающей среды (Валова, Хованский, 2009).

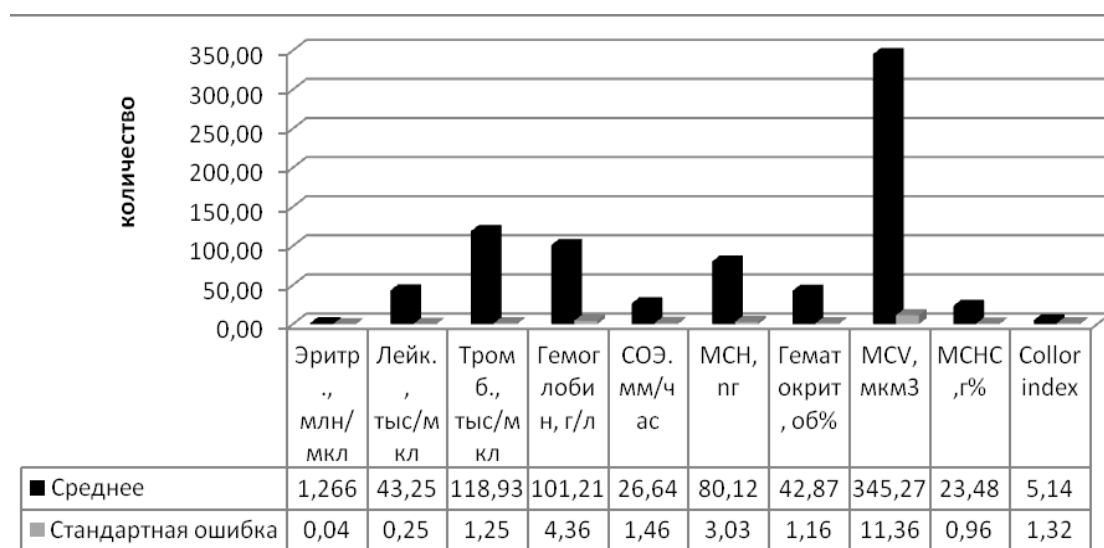


Рис. 2. Количественные показатели крови у производителей калуги перед зимовкой

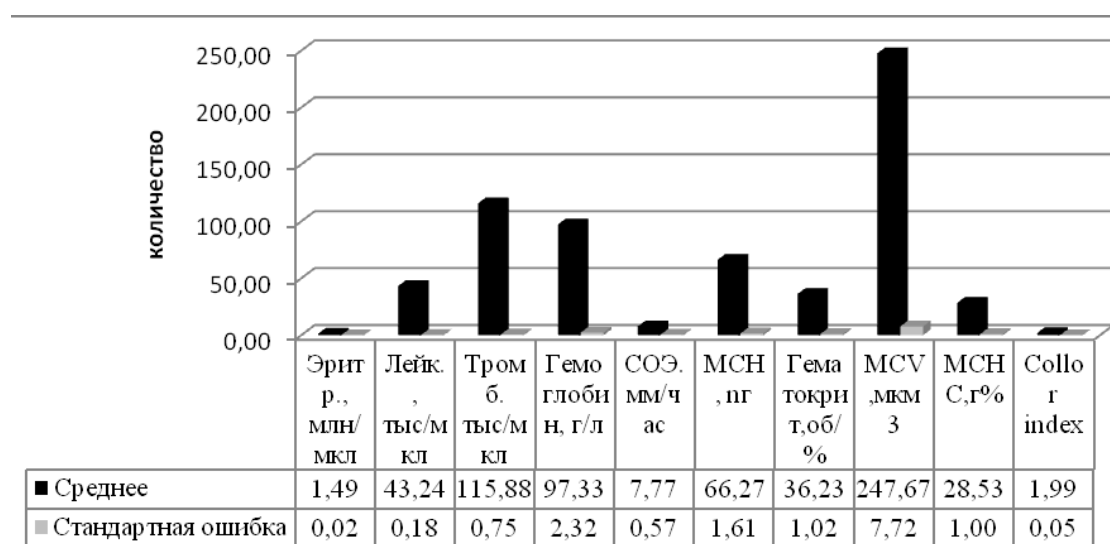


Рис. 3. Количественные показатели крови у рекрутов гибридной формы стерлядь x калуга перед зимовкой

Таким образом, выращивание осетровых рыб в искусственной экосистеме водохранилища не оказывает существенного влияния на окружающую среду. Уровни содержания токсичных веществ (тяжелых металлов и пестицидов) в рыбах соответствуют критериям безопасности водного сырья. Гибридные формы осетров демонстрируют широкий диапазон адаптивных возможностей и большую устойчивость к условиям окружающей среды.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, соглашение № 14-50-00034.

Литература

Валова В. Н., Хованский И. Е. Сравнительная характеристика физиологических показателей производителей амурских осетровых рыб из естественных популяций и управляемых систем // Вопросы рыболовства. 2009. Т. 10. № 3(39). С. 575–590.

Даниленко С. А., Лукьянова О. Н. Молекулярные биомаркеры адаптации у промысловых рыб эстуарных зон залива Петра Великого (Японское море) // Вопросы ихтиологии. 2014. Т. 54. № 1. С. 87–96.

Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому контролю. (С изменениями на 15 января 2013 г.). Решение Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299. Глава II. Раздел 1.

Ковековдова Л. Т., Симоконов М. В., Кику Д. П. Микроэлементный состав промысловых рыб Дальневосточных морей // Проблемы региональной экологии. 2013. № 2. С. 72–75.

ЗНАЧЕНИЕ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ *CERIODAPHNIA AFFINIS* LILLJEBORG 1900 ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Ю. Мерзеликин, Д. М. Гершкович

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
source45@mail.ru

Механизмы и закономерности действия токсикантов на водную биоту являются предметом исследования водной токсикологии. Примерно с 20-х годов XIX века проводятся целенаправленные исследования влияния сточных вод на природные водные сообщества с последующим расширением источников загрязнений и увеличением числа объектов исследования. Водная токсикология получила большую актуальность в связи с увеличением антропогенной нагрузки и появлением ярко выраженных неблагоприятных последствий действия сточных вод на водные сообщества (Филенко, Михеева, 2007).

Одним из методов определения токсичности, который получил широкое распространение, является метод биотестирования. В связи с популярностью биотестирования ключевое значение приобретает стандартизация методов исследования токсичности проб воды, водных вытяжек, а также новых ксенобиотиков для гидробионтов.

Сходимость и воспроизводимость результатов во многом зависят от условий культивирования тест-объектов и проведения экспериментов. Проблема водоподготовки играет большую роль при проведении биотестирования. Используются культивационные среды для гидробионтов, получаемые путём подготовки природной воды, а также среды на основе дистиллированной воды с добавлением минеральных солей. В разные сезоны года в природной воде могут происходить изменения состава, что может сказаться на воспроизводимости результатов, в то время как состав искусственной среды практически одинаков.

В связи с актуальностью проблемы внедрения искусственных сред в методики биотестирования целью нашей работы стало сравнение чувствительности рачков *Ceriodaphnia affinis* к бихромату калия в хроническом эксперименте с использованием биологизированной (подготовленной аквариумной) воды, которая была очищена трехступенчатой системой фильтрации и отстаивалась в аквариуме с высшей водной растительностью (Filenko, Isakova, Gershkovich, 2011), а также искусственной среды ADaM, созданной на основе дистиллированной воды с добавлением NaHCO_3 , CaCl_2 , SeO_2 и синтетической морской соли (Klüttgen, 1994). Культура рачков была адаптирована к биологизированной воде в течение нескольких лет, к среде ADaM – до момента получения 3 поколения (более двух месяцев).

Эксперименты проводили в соответствии с методическим руководством по биотестированию воды РД-118-02-90. Для каждой из концентраций и контрольной выборки использовали по 4 стакана объёмом 50 мл, в каждый из ко-

торых помещали по 5 рачков. В качестве модельного токсиканта использовали бихромат калия ($K_2Cr_2O_7$) в концентрациях 0,01 и 0,03 мг/л. В качестве корма для рачков использовали культуру зеленой протококковой микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beijer, которая выращивалась в соответствии со стандартной методикой (Жмур, 2007) на среде Тамия (Tamiya, 1957). Полученные результаты обрабатывали с помощью Microsoft Office Excel 2007.

По результатам испытаний на острую токсичность были вычислены полулетальные концентрации (LK_{50}) за 24 и 48 часов для $K_2Cr_2O_7$ (табл. 1). В среде ADaM полулетальные концентрации оказались ниже, чем в аквариумной воде.

Таблица 1

Полулетальная концентрация бихромата калия для *Ceriodaphnia affinis* на разных средах

	Аквариумная вода	Искусственная вода среда (ADaM)
$LK_{50}(24) K_2Cr_2O_7$ мг/л	3,98	2,37
	4,02	
$LK_{50}(48) K_2Cr_2O_7$ мг/л	4,50	1,36
	5,91	1,93
	2,20	1,16

Анализ результатов хронического эксперимента показал статистически достоверное увеличение размеров рачков на 4 сутки в ряду поколений ($F_0 < F_1 < F_2$) в аквариумной воде, и в искусственной среде. В то же время, размер на 39 сутки оставался практически неизменным в ряду поколений ($0,995 \pm 0,004$ мм) и статистически не отличался при воздействии бихромата калия.

В ряду поколений ($F_0 > F_1 > F_2$) было выявлено статистически достоверное снижение продолжительности жизни рачков в контрольной выборке на искусственной среде и недостоверное снижение на аквариумной воде (табл. 2.).

Таблица 2

Продолжительность жизни *Ceriodaphnia affinis* (в сутках) при воздействии бихромата калия (мг/л) на разных средах

Поколения	Аквариумная вода			Искусственная среда		
	Контроль	0,01 мг/л	0,03 мг/л	Контроль	0,01 мг/л	0,03 мг/л
F0	40,20±6,38	42,95±7,79	39,70±7,02	49,84±7,82	53,55±7,02	52,65±8,09
F1	39,26±4,64	45,30±6,25	39,55±6,41	43,74±9,11	51,58±6,36	33±9,6
F2	36,32±4,98	30,95±5,29	34,11±5,35	37,40±4,57	42,11±6,32	43,25±6,72

Плодовитость (табл. 3) рачков на искусственной среде в исходном поколении F0 была статистически достоверно выше, чем на аквариумной воде, однако в ряду поколений это различие нивелировалось. При воздействии токсиканта (0,03 мг/л) отмечено статистически достоверное снижение плодовитости в F0 в среде ADaM, а в аквариумной воде эффект воздействия токсиканта отмечен не был.

**Плодовитость *Ceriodaphnia affinis* (в количестве молоди на особь)
при воздействии бихромата калия (мг/л) на разных средах**

Поколения	Аквариумная вода			Искусственная среда		
	Контроль	0,01 мг/л	0,03 мг/л	Контроль	0,01 мг/л	0,03 мг/л
F0	4,26±0,67	4,48±0,59	4,48±0,71	5,92±0,96	5,20±0,82	4,61±0,69
F1	5,50±1,05	4,66±0,7	4,65±0,8	5,46±1,05	5,82±0,83	6,80±1,38
F2	5,56±1,21	5,72±0,81	5,75±0,79	5,23±0,86	4,98±0,78	4,74±0,76

Получена стабильная культура рачков на искусственной среде ADaM, адаптированная в течение 10 поколений. На искусственной среде по итогам хронического и острых экспериментов рачки проявили большую чувствительность к бихромату калия, чем рачки в аквариумной воде. Благодаря простоте приготовления среды ADaM, повышенная чувствительность рачков к $K_2Cr_2O_7$ искусственная среда может быть использована для целей биотестирования.

Литература

Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний.: Москва: Акварос, 2007. 56 с. Федеральный реестр (ФР) ФР.1.39.2007.03221.

Методическое руководство по биотестированию воды РД 118–02–90. М.: Госкомприрода СССР, 1991. 48 с.

Филенко О. Ф., Михеева И. В. Основы водной токсикологии. М.: Колос, 2007. 144 с.

Fileiko O. F., Isakova E. F., Gershkovich D. M. The lifespan of the cladoceran *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg in a laboratory culture // *Inland water biology*. 2011. Т. 4. №. 3. С. 283–286.

Klüttgen B. et al. ADaM, an artificial freshwater for the culture of zooplankton // *Water research*. 1994. Т. 28. № 3. С. 743–746.

Tamiya H. Mass culture of algae // *Annual Review of Plant Physiology*. 1957. Т. 8. №. 1. С. 309–334.

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ВОДНЫХ СРЕД ПО ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ *DAPHNIA MAGNA STRAUS*

А. С. Олькова, Е. А. Санникова

Вятский государственный университет, morga-abend@mail.ru

Представители низших ракообразных *Daphnia magna* Straus используются как тест-организм в токсикологических исследованиях уже свыше 65 лет. Известны десятки методик, оценивающих токсическое действие тестируемой среды, по ответным реакциям этих тест-организмов (Олькова, Фокина, 2015).

Одним из первых функциональных ответов на изменение качества окружающей среды, диагностируемых при прямом визуальном наблюдении за мезо- макрогидробионтами, является изменение их двигательной активности по сравнению с поведением в незагрязненной контрольной среде. У низших ра-

кообразных *D. magna* двигательную активность можно использовать в качестве тест-функции при биотестировании компонентов окружающей среды.

Нами была поставлена цель разработать методику определения токсичности водных сред по изменению двигательной активности низших ракообразных *D. magna*, а также апробировать её на модельных и нативных средах.

Методика определения токсичности водных сред основана на способности тест-объектов *D. magna* реагировать на присутствие в воде, водном растворе или водной вытяжке веществ, оказывающих на них токсическое действие на молекулярном, клеточном, органном и организменном уровне, что проявляется в интегральной функционально-поведенческой реакции – изменении двигательной активности.

Критерием токсического действия является математически значимое различие показателя двигательной активности *D. magna* в пробе, не содержащей токсических веществ (контроль), и в анализируемой пробе (опыт).

Количественная оценка параметра тест-реакции, характеризующего токсическое действие, производится путем визуального подсчета количества пересечений дафнией условных линий наблюдаемого поля зрения в течение 5 минут (5·5 мм). Параметр выражается в количестве пересечений линий (к.п.л.). Используются рачки не старше 24 часов.

Для апробации методики проводили серию экспериментов по установлению влияния тяжелых металлов (ТМ) на двигательную активность *D. magna*. Тестировались растворы с добавками витальных доз ТМ, – в данных опытных вариантах дафнии способны длительное время жить и в ряде случаев размножаться. Также тестировались растворы с летальными дозами токсикантов.

В таблице 1 в качестве примера полученных результатов приводим данные воздействия ионов цинка. Токсикантом служил сульфат цинка семиводного ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), дозы выражены в предельно допустимых концентрациях (ПДК для рыбохозяйственных водоемов) для цинка.

Таблица 1

**Влияние витальных и летальных доз ионов цинка
на двигательную активность *D. magna***

Вариант		Двигательная активность, к.п.л.	
		1 час	24 часа
Контрольные значения для витальных концентраций		171,0±6,1	154,3±4,0
Витальные дозы	0,01 ПДК _{рх} = 1 ПДК _{кб}	156,7±10,3	140,0±8,7
	0,1 ПДК _{рх} = 10 ПДК _{кб}	153,0±25,9	114,7±9,5*
	1 ПДК _{рх} = 100 ПДК _{кб}	147,3±11,5*	132,0±10,6*
Контроль для летальных концентраций		150,3±7,1	155,0±4,0
Летальные дозы	10 ПДК _{рх} = 1000 ПДК _{кб}	131,3±5,7*	66,3±11,3* гибель через 30 ч.
	100 ПДК _{рх} = 10000 ПДК _{кб}	128,7±9,5*	гибель через 15 ч.

Примечание: ПДК_{рх} – норматив для водоемов рыбо-хозяйственного назначения; ПДК_{кб} – норматив для водоемов культурно-бытового назначения;

ния; * – достоверное уменьшение показателя по сравнению с контрольными значениями ($p < 0,05$).

При добавке в культивационную воду наименьшей концентрации значимых отличий в двигательной активности не обнаружено, хотя результаты подтверждают общую тенденцию постепенного угнетения тест-функции. Увеличение добавки токсиканта до 0,1 ПДК_{рх} позволило выявить отличия от контроля через сутки, а на максимальную из витальных доз отклик был получен уже через час и сохранялся через сутки. Летальные концентрации цинка угнетали двигательную активность в еще большей степени.

Апробация методики с сульфатом цинка в качестве модельного токсиканта показала, что в определенных случаях летальное действие можно прогнозировать уже спустя час экспозиции.

Апробация методики была продолжена при исследовании интегральной токсичности урбаноземов, отобранных в районе воздействия металлургического предприятия. Антропогенное загрязнение образцов ТМ варьировало по соединениям цинка от 55 ± 6 до 55 ± 6 мг/кг, по свинцу 55 ± 6 до 55 ± 6 мг/кг, что превышало установленные нормативы в десятки раз. Результаты по некоторым образцам представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты определения двигательной активности *D. magna* в водных вытяжках урбаноземов, загрязненных соединениями ТМ

Вариант	Экспозиция / двигательная активность, к.п.л.					
	1 час	3 часа	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки
К	129,13±6,92	132,77±6,92	130,88±7,09	139,96±6,74	148,33±5,71	156,07±2,25
№7	125,66±3,12*	125,66±4,58*	124,22±4,79*	128±4,35*	128,66±5,52*	131,33±4,76*
№4	123,66±6,81	125,44±7,55	104,77±5,763	100,11±6,17*	101,22±8,43*	102,11±3,85*
№6	133,44±5,79	136,11±7,49	138,44±8,56	139,77±7,17	146,77±4,99*	146,77±4,49*

Примечания: * – значения достоверно отличаются от контрольных ($p < 0,05$).

Статистически значимое угнетение двигательной активности в опытах с урбаноземами отмечалось для разных образцов, начиная с экспозиции 1 час и заканчивая проявлением реакции на третьи сутки для разных проб. В любом случае, такая диагностика дает «ответ» о наличии токсичности раньше, чем 96 часов необходимой экспозиции для установления токсичности по гибели *D. magna*. Отметим также, что реакция остается стабильной в течение времени эксперимента по апробации: впервые зарегистрированное угнетение двигательной функции, отмечается и при последующих измерениях тест-функции. Для анализа чувствительности метода приводим таблицу 3.

**Проявление тест-функций смертности и двигательной активности
D. magna в зависимости от степени загрязнения пробы**

Вариант	Смертность <i>D. magna</i> , %	Первая регистрация угнетения активности	СПЗ*
Контроль	0	–	–
Проба №7	0	через 1 час	16,1 умеренно опасное загрязнение
Проба №4	6,7±1,5	через 3 часа	57,6 опасное загрязнение
Проба №6	0	через 3 суток	1,1 допустимое загрязнение

Примечание: * – СПЗ – суммарный показатель загрязнения, вычисленный с учетом концентраций ТМ, превышающих установленные нормативы (Сает, Ревич, Янин, 1990).

Полученные данные свидетельствуют о том, что с помощью тест-функции смертности *D. magna* часто не удается диагностировать токсичность даже в случае высоких уровней загрязнения. В то же время двигательная активность тех же организмов позволяет сделать адекватное заключение о токсичности, причем в короткие сроки эксперимента. Особо отметим, что низкая информативность *D. magna* в случае определения смертности особей, связана не с низкой чувствительностью тест-организма в целом, а с буферными свойствами почв и природных вод. Селективная сорбция ионов загрязняющих веществ твердыми частицами почвы и органическим веществом вод, а также их связывание в процессе комплексообразования приводит к значительному снижению биодоступности многих элементов, в том числе тяжелых металлов (Пинский, Орешкин, 1991). Этот процесс, в свою очередь, приводит к занижению показателей токсичности. Поэтому разработка методов биотестирования с использованием оценки сублетальных эффектов является перспективной.

Проведенные испытания показали, что тест-функция двигательной активности низших ракообразных эффективна для оценки степени токсичности компонентов окружающей среды, а также отличается экспрессностью и высокой чувствительностью.

Литература

Олькова А. С., Фокина А. И. *Daphnia magna* Straus в биотестировании природных и техногенных сред // Успехи современной биологии, 2015. Т. 135. № 4. С. 380–389.

Пинский Д. Л., Орешкин В. Н. Тяжелые металлы в окружающей среде // Экспериментальная экология. М.: Наука, 1991. С. 201–213.

Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЛАБОРАТОРНЫХ КУЛЬТУР *DAPHNIA PULEX* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА АДАПТАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ УСЛОВИЯМ

О. В. Воробьева^{1,2}, Д. М. Гершкович¹, Е. В. Оганесова^{1,3}

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,

² Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,

³ ООО Центр Экопестицидных Исследований ЭПИцентр,
olvorobieva@rambler.ru

В основе метода биотестирования лежит оценка биологического действия проб воды/водных растворов по изменению тест-функций лабораторных организмов, помещенных в исследуемую среду. Несмотря на широкое использование, высокую чувствительность и биологическую значимость метода, многие аспекты его применения не выяснены, в частности, не установлены причины внутривидовой вариабельности количественных значений тест-функций организмов, использующихся при биотестировании. Даже при использовании рекомендаций сертифицированных методов по акклиматизации культур, гидробионты, полученные из различных природных источников и/или обитающие в лаборатории на протяжении разного времени, могут существенно отличаться друг от друга по значениям интегральных параметров, что может привести к снижению воспроизводимости и существенному различию результатов, полученных в разных лабораториях. В связи с этим, целью работы служило сравнение токсикочувствительности и морфо-функциональных параметров двух линий планктонных ракообразных, имеющих разный срок адаптации к условиям лаборатории.

В качестве тест-объектов были использованы две культуры *Daphnia pulex*, полученные из одного пруда в окрестностях Звенигородской биологической станции имени Н.С. Скадовского и адаптированные к условиям лаборатории в течение 9 (F₉) и 33 (F₃₃) поколений. *D. pulex* – стандартный тест-объект, рекомендованный для биотестирования за рубежом (ЕРА, 2002). Для сравнительной оценки чувствительности культур определяли токсичность бихромата калия в концентрациях 0,01-0,3 мг/л (0,0035 – 0,105 мг Cr/л) за 21 сутки. Диапазон концентраций был выбран с учетом того, что ПДК шестивалентного хрома в воде рыбохозяйственных водоемов составляет 0,02 мг/л (Приказ..., 2010). Учитывали выживаемость, фактическую плодовитость и линейные размеры тела на 21 день эксперимента (Методические..., 1998), а также трофическую активность (ТА) на 2 и 7 сутки (Matorin et al., 2009).

При сравнении морфо-функциональных параметров двух линий были выявлены статистически значимые отличия между культурами в контрольных наблюдениях (табл. 1). Так, особи F₃₃ обладали большими размерами тела и трофической активностью по сравнению с F₉, тогда как разница в плодовитости оказалась статистически недостоверной.

Таблица 1

Морфо-функциональные параметры исследованных линий ракообразных

Исследуемые параметры	<i>Daphnia pulex</i>	
	F ₃₃	F ₉
Суммарная плодовитость за 21 день, особи	48,15±6,17	41,01±1,57
Размеры тела на 21 сутки, мм	2,65±0,03	2,57±0,04*
Трофическая активность 2-суточных особей, мл/дафния*час	0,96±0,11	0,74±0,07*
Трофическая активность 7-суточных особей, мл/дафния*час	3,46±0,18	2,75±0,33*

* отмечены статистически значимые отличия между выборками по исследованным параметрам (t критерий Стьюдента, уровень значимости 0,05)

Различной оказалась и чувствительность дафний к действию бихромата калия. Культура, длительное время адаптированная к условиям лаборатории, показала большую чувствительность к действию токсиканта в исследованном диапазоне концентраций (табл. 2). Согласно рекомендациям стандартных методик, токсичность воды и водных растворов для дафний оценивают по показателям выживаемости и плодовитости (Методические..., 1998), при этом достаточно достоверного изменения одного из параметров для признания концентрации действующей (т.е. оказывающей токсическое воздействие). По указанным параметрам обе культуры проявили чувствительность к наименьшей из исследованных концентраций 0,01 мг/л (в пересчете на ион хрома 0,0035 мг/л, что ниже ПДК в 5,7 раз). Изменение размеров тела к моменту наступления половой зрелости выявило эффект воздействия токсиканта у культуры F₃₃, при концентрациях 0,01 и 0,03 мг/л у культуры F₉.

Таблица 2

Изменение показателей жизнедеятельности ракообразных при действии бихромата калия (% от соответствующего контроля)

Показатель	<i>Daphnia pulex</i>							
	F ₃₃				F ₉			
	Концентрации K ₂ Cr ₂ O ₇ (мг/л)							
	0,01	0,03	0,10	0,30	0,01	0,03	0,10	0,30
Выживаемость на 21 сутки	90	80	50*	0*	100	95	90	0*
Суммарная плодовитость на 1 самку	121,3*	84,6	49,3*	1,56*	128,3*	108,1	69,0*	4,5*
Длина тела на 21 сутки	101,7*	96,8*	88,9*	–	98,9	96,7*	91,7*	–
ТА на 2 сутки	96,8	88,5	65,6*	19,2*	95,9	98,9	59,4*	41,6*
ТА на 7 сутки	97,4	89,9*	76,9*	53*	109,1	78,6*	53,5*	39,2*

* отмечены статистически значимые отличия от контроля (t критерий Стьюдента, уровень значимости 0,05)

Чувствительным оказался и показатель изменения трофической активности, достоверно снижающийся при воздействии концентрации бихромата калия 0,03 мг/л (что в два раза ниже ПДК).

Несмотря на стандартизацию внешних факторов среды обитания, морфо-функциональные показатели ракообразных в лабораторной культуре характеризуются значительной вариабельностью (Филенко и др., 2011; Воробьева и др., 2013), которая может быть объяснена как изменением неконтролируемых фенологических факторов, так и генетически запрограммированным изменением физиологического состояния культур ракообразных. Исследуемые линии характеризуются различными средними размерами, трофической активностью, а также различной чувствительностью к действию токсиканта. Проведение подобных исследований с двумя линиями *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, полученных из разных источников и культивировавшихся в условиях лаборатории на протяжении различного времени, дало сходные результаты (Воробьева, Гершкович, 2015). Поскольку обе культуры *D. pulex* были взяты из одного источника, что снижает вероятность существенных генетических различий, полученные данные позволяют сделать вывод о возможном влиянии на чувствительность и морфо-функциональные параметры организмов времени адаптации к лабораторным условиям.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности параметров, не включенных в сертифицированные методики, но позволяющих выявлять влияние низких концентраций загрязняющих веществ – изменение линейных размеров тела на 21 сутки и трофической активности. Последний параметр является особенно перспективным, поскольку методика его определения позволяет за короткий срок, сопоставимый с длительностью экспериментов по оценке острой токсичности, выявить эффект воздействия низких концентраций токсикантов.

Литература

Воробьева О. В., Гершкович Д. М. Изменение трофической активности ветвистоусых ракообразных как показатель токсического действия // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: Сб. материалов Всерос. науч. конф. (22–25 апреля 2015 г.). Киров: ООО «ВЕСИ», 2015. С. 48–51.

Воробьева О. В., Филенко О. Ф., Исакова Е. Ф. Изменения плодовитости лабораторной культуры *Daphnia magna* // Перспективы науки. 2013. № 9. С. 11–14.

Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение / Под ред. О. Ф. Филенко, С. А. Соколовой. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 145 с.

Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 09.02.2010 N 16326) // Российская Газета, № 5125 (46), 05.03.2010.

10-Day Chronic - *Daphnia magna* or *Daphnia pulex*. US EPA, 1994. SOP. № 2028.

Matorin D. N., Bratkovskaya L. B., Yakovleva O. V., Venediktov P. S. Biotesting of water toxicity according to the ratio to microalgae consumption by daphnia detected with chlorophyll fluorescence // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2009. Vol. 64. №. 3. P. 115–120.

БИОИНДИКАЦИЯ р. ЕЯ И ЕЕ ПРИТОКОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ

Т. Ю. Пескова, О. Е. Вакула

Кубанский государственный университет, peskova@kubannet.ru

В настоящее время биомониторинг состояния окружающей среды является первостепенной по важности задачей прикладной экологии. Достаточно часто в биоиндикационных исследованиях пресных водоемов используют показатели нарушения стабильности развития (флуктуирующей асимметрии) водных позвоночных (Захаров, 2001).

Исследование проводилось в августе – сентябре 2015 г. на р. Ея и четырех ее притоках – реках Веселой, Плоской, Кавалерке и Куго-ее (степные реки Азово-Черноморской низменности, с медленным течением и различным уровнем антропогенного воздействия). Флуктуирующая асимметрия оценивалась по остеологическим показателям серебряного карася (*Carassius auratus Gibelio Bloch*). Всего было проанализировано 92 особи возраста 4–8 лет. У них оценивались следующие показатели: число лучей в грудных плавниках; число лучей в брюшных плавниках; число лучей в межжаберной перегородке; число чешуй в боковой линии; число сенсорных пор на жаберной крышке; число сенсорных пор на нижней челюсти. Оценка стабильности развития проводилась по признакам ЧАПП и ЧАПО. ЧАПО – частота асимметричных проявлений на особь, ЧАПО рассчитывается как отношение числа особей, имеющих асимметричный признак, к общему числу особей. ЧАПП – частота асимметричного проявления на признак, ЧАПП рассчитывается как отношение числа признаков, проявляющих асимметрию к общему числу учтенных признаков (Здоровье среды..., 2000). Статистическая обработка данных проведена стандартными методами (Лакин, 1980). Биоиндикация состояния указанных рек проводилась в соответствии со шкалой балльной оценки, согласно которой 1-й балл соответствует величинам ЧАПП и ЧАПО $\leq 0,30$; 2-й балл – $0,30 - 0,34$; 3-й балл – $0,35 - 0,39$; 4-й балл – $0,40 - 0,44$ и 5-й балл – $\geq 0,45$ (Методические рекомендации ..., 2003).

Основные показатели стабильности развития серебряного карася из изученных рек представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели флуктуирующей асимметрии карася серебряного из степных рек бассейна р. Ея

Точка	ЧАПП	Коэффициент вариации, %	Балл
Река Ея (ст. Крыловская)	0,36±0,044	44,4±8,39	3
Река Ея (х. Казачий)	0,32±0,044	51,3±9,35	2
Река Плоская	0,25±0,043	68,0±12,04	1
Река Веселая	0,27±0,055	78,5±13,87	1
Река Кавалерка	0,30±0,034	44,6±8,14	2
Река Кугоея	0,31±0,042	52,6±9,29	2

Судя по данным таблицы 1, все исследованные степные реки загрязнены слабо. Максимальное загрязнение (которое соответствует среднему уровню загрязнения по балльной шкале) отмечено в р. Ея в пределах станицы Крыловской. Объясняется это тем, что по берегам р. Ея на этом участке расположены огороды, с которых в воду поступают пестициды и удобрения. Все малые реки– притоки р. Ея имеют воду слабо загрязненную или не загрязненную. Коэффициент вариации ЧАПП серебряных карасей всех исследованных рек, а особенно рек Веселая и Плоская, имеет значительную величину, что свидетельствует о достаточно большой разнородности особей в выборках по изучаемому признаку.

В таблице 2 приведены показатели ЧАПО для рыб разных возрастов из исследованных водоемов.

Таблица 2

Частота асимметричного проявления на особь у разновозрастных особей серебряного карася из степных рек бассейна р. Ея

Точка	Возраст	ЧАПО	Балл
Река Ея (ст. Крыловская)	4+	0,13±0,120	1
	5+	0,45±0,056	5
	6+	0,25±0,125	1
	7+	0,44±0,138	4
Река Ея (х. Казачий)	4+	0,50±0,180	5
	5+	0,25±0,063	1
	6+	0,25±0,083	1
	7+	0,33±0,132	2
Река Плоская	4+	0,25±0,124	1
	5+	0,25±0,250	1
	6+	0,29±0,102	1
	7+	0,20±0,025	1
Река Веселая	4+	0,25±0,125	1
	5+	0,15±0,124	1
	6+	0,38±0,078	3
	7+	0,18±0,120	1
Река Кавалерка	4+	0,25±0,063	1
	5+	0,25±0,125	1
	6+	0,38±0,084	3
	7+	0,33±0,103	2
	8+	0,25±0,123	1
Река Кугоея	4+	0,38±0,088	3
	5+	0,30±0,146	2
	6+	0,19±0,035	1
	7+	0,25±0,126	1
	8+	0,25±0,250	1

Данные таблицы 2 показывают, что балльная оценка уровня отклонений от стабильности развития у рыб разных возрастов из исследованных водоемов может различаться. Т.к. формирование рассмотренных нами остеологических признаков происходит во время личиночного развития рыб, то данные

различия характеризуют экологическую ситуацию в реке в соответствующем году.

Так, наиболее высокий уровень отклонений отмечен у пяти и семилетних рыб, пойманные в р. Ея в пределах ст. Крыловской и четырехлетних рыб из р. Ея в пределах х. Казачьего. Соответственно, можно говорить о том, что р. Ея в ст. Крыловская была максимально загрязнена в 2008 г. и 2010 г., а на х. Казачьем – в 2011 г. Река Плоская имеет стабильно чистую воду в течение четырех лет (с 2008г. по 2011 г.). В отдельные годы повышался уровень загрязнения рек Веселая (2009 г.), Кавалерка (2009 г.) и Куго-Ея (2011г.).

Таким образом, анализ флуктуирующей асимметрии рыб показывает динамику экологического состояния водоемов, в которых они обитают.

Анализ отклонений отдельных остеологических признаков серебряного карася от стабильного развития показывает, что наибольшее количество флуктуаций приходится на такие признаки как число чешуй в боковой линии и число лучей в грудных плавниках. Аналогичные данные были получены ранее (Костылева, 2012) для серебряных карасей, обитающих в р. Дон и ее притоках. Однако рыбы в этом исследовании характеризовались высокой степенью флуктуирующей асимметрии, связанной с высоким уровнем загрязнения рек. Уровень флуктуирующей асимметрии серебряных карасей из р. Ея и ее притоков достаточно низкий, но распределение асимметрии по признакам сохраняется. Большинство серебряных карасей из устья р. Дон и ее притоков были асимметричны по трем и четырем признакам (Костылева, 2012), тогда как караси из р. Ея и ее притоков были асимметричны по одному или двум признакам (по трем признакам отмечены единичные особи, асимметрии по четырем признакам и более не отмечено вообще). Видимо это связано с более низким уровнем асимметрии у карасей из исследованных рек в целом.

Таким образом, судя по показателям стабильности развития серебряных карасей исследованные степные реки Азово-Черноморской низменности (р. Ея и ее притоки) находятся в целом в достаточно хорошем состоянии – реки Плоская и Веселая – в состоянии нормы, реки Кавалерка, Кугоя и р. Ея в х. Казачьем имеют незначительные отклонения от нормы и только р. Ея в ст. Крыловской имеет средние отклонения от нормы.

Литература

Захаров В. М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) // Экология. 2001. № 3. С. 164–168.

Здоровье среды: практика оценки / В. М. Захаров и др. М., 2000. С. 320.

Костылева Л. А. Оценка экологического состояния устья реки Дон по стабильности развития позвоночных гидробионтов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2012. 18 с.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Наука, 1980. С. 291.

Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). М., 2003. С. 28.

БИОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ р. ИШИМ

Н. Е. Суппес

*Ишимский педагогический институт им. П. П. Ершова (филиал)
Тюменского государственного университета,
natalya-supes@mail.ru*

Существует множество способов оценки качества вод, которые используют данные, собранные специалистами в совершенно различных областях гидрохимии и гидробиологии. Определение качества вод по видовому составу, встречаемости и численности простейших имеет ряд преимуществ, заключающихся в том, что видовой состав и структура сообществ простейших отражают состояние экосистемы за довольно длительный период времени, характеризуя некий средний ее режим. Гидробиологические показатели являются важнейшим элементом системы контроля загрязнения водной среды. Контроль окружающей природной среды по гидробиологическим показателям является высоко приоритетным с точки зрения обеспечения возможности прямой оценки состояния водных экосистем, испытывающих вредное влияние антропогенных факторов (Абакумов, 1992; Семченко, 2004). Мониторинг состояния качества поверхностных вод, в первую очередь, важен для разработки эффективных мер по их использованию и для принятия управленческих решений относительно водных ресурсов. Эти решения должны основываться на научно обоснованной оценке текущего состояния и основных тенденций в изменении качества водных ресурсов.

Разработанная Р. Кольквитцем и М. Марссоном (1909) система сапробности, предлагает оценку типа водоема в зависимости от соотношения обилий отдельных видов индикаторных организмов. Водоемы делятся на олигосапробные, альфа-сапробные, бета-сапробные и полисапробные, при этом система сапробности учитывает нетоксические органические загрязнения, которые влияют на организмы через изменение кислородного режима. Перечень организмов-индикаторов сапробного состояния постепенно пополняется и уточняется принадлежность отдельных видов к тому или иному разряду сапробности. Метод Р. Пантле и Х. Бука (1955) используют для оценки качества вод по сапробности гидробионтов.

В результате проведенных исследований в пробах из реки Ишим (5 станций) встречено 33 вида ресничных инфузорий, которые относятся к двум подтипам (*Postciliodesmatophora*, *Intramacronucleata*), восьми классам (*Karyorelictea*, *Heterotrichea*, *Spirotrichea*, *Armophorea*, *Phyllopharyngea*, *Colpodea*, *Prostomatea*, *Oligohymenophorea*). На основе проведенных исследований составлен *систематический список* инфузорий.

Наибольшее количество видов инфузорий (12) отмечено в районе старого моста через р. Ишим, наименьшее (7) – в районе ул. Рокоссовского. В пробах со всех станций преобладают альфа и бета-мезосапробные виды инфузорий. Доля альфа-мезосапробных видов возрастает от первой станции (район старо-

го моста через реку Ишим) до четвёртой (район городского пляжа) с 33,3% до 63,6%, на пятой станции составляет 42,9%. В этом же направлении сокращается удельный вес бета-мезосапробных видов с 50,0% на первой станции до 9,1% – на четвёртой. На пятой станции доля альфа и мезо-сапробных видов одинакова (по 42,9%). В пробах с 1, 2, 5 станций встречаются единичные олигосапробные виды (*Holophrya simplex*, *Frontonia acuminata*). Их доля в сообществах составляет соответственно 8,3, 10,0 и 14,3%. На 1 и 2 станциях отмечено по одному полисапробному виду (8,3 и 10,0%). Наибольшее число полисапробных видов (3) отмечено в районе городского пляжа, где их удельный вес достаточно высок и составляет 27,3%. В сообществе простейших в районе городского пляжа полисапробные виды инфузорий содоминируют с альфа-мезосапробными. В пробах с этой станции отмечен лишь один бета-мезосапробный вид и ни одного олигосапробного. Таким образом, в направлении от первой к четвёртой станциям возрастает количество видов, показывающих высокий уровень органического загрязнения. На всех исследованных участках вода тяготеет к альфа-мезосапробности, а в районе городского пляжа – к полисапробности.

Ещё Р. Кольквитц и М. Марссон (1909) подчеркивали, что основное значение следует придавать не отдельным видам, а биоценозам, т. е. сообществу показательных организмов. Поэтому мы провели анализ структуры инфузорийных сообществ исследуемых станций и выявили, что наибольшими индексами видового богатства и видового разнообразия характеризуется протоценоз в районе старого моста, а наименьшими – в районе ул. Рокоссовского (табл.).

Таблица

Видовое разнообразие и устойчивость сообществ ресничных инфузорий на разных станциях реки Ишим

Индексы биоразнообразия	Ст. № 1	Ст. № 2	Ст. № 3	Ст. № 4	Ст. № 5
Индекс видового богатства, R	7,06	5,9	5,35	6,08	4,53
Индекс видового разнообразия Шеннона, H	-2,32	-2,15	-2,07	-2,15	-1,8
Индекс видового разнообразия Симпсона, D	0,89	0,87	0,86	0,87	0,82
Индекс доминирования Симпсона, C	0,11	0,12	0,13	0,12	0,17
Индекс выровненности Пиелу, E	-0,93	-0,93	-0,94	-0,93	-0,92
Упругая устойчивость системы, UU	10,1	9,05	8,6	9,05	6,9
Резистентная устойчивость системы, UR	1,43	1,51	1,57	1,49	1,63
Общая устойчивость системы, U	11,5	10,62	10,15	10,64	8,58

Последний отличается также наибольшим доминированием (т.е. численным преобладанием отдельных видов) и самыми низкими значениями упругой и общей устойчивости системы. Самое низкое значение резистентной устойчивости, характеризующей способность экосистемы сопротивляться трансформирующему воздействию среды, отмечено в протоценозе городского пляжа.

Сопоставление результатов гидробиологических и гидрботанических исследований позволяет предположить, что высокий уровень сапробности может быть обусловлен не только аллохтонным органическим загрязнением вследствие хозяйственной деятельности человека, но и автохтонным загрязнением в результате обильного разрастания, а затем отмирания водной растительности, усиливающегося в связи с обмелением водоёма.

Данные по сапробности хорошо согласуются с показателями видового биоразнообразия и устойчивости. Наблюдается тенденция к снижению индексов видового разнообразия и устойчивости сообществ по мере нарастания органического загрязнения. Одновременно возрастает доминирование в сообществе одного или немногих видов, по-видимому, способных к существованию в воде, насыщенной органическими веществами (альфа-мезосапробов и полисапробов).

Литература

Абакумов В. А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: ГМИ, 1992. С. 318.

Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Орех, 2004. 125 с.

Kolkwitz R., Marsson M. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologische Gewässerbeurteilung // Int. Rev. Hydrobiol. 1909. Vol. 2. P. 126–152.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas-und Wasserfach. Bd. 96. № 18. 1955. 604 s.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА ТАИР – ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

П. В. Бедова

Марийский государственный университет, bedova@marsu.ru

Озеро Таир – особо охраняемая природная территория регионального значения имеет двойной статус: памятника природы и санаторно-курортной зоны. Объект имеет эстетическое и рекреационное значение, располагается на территории Звениговского района Республики Марий Эл. Охране подлежат водоём и древесно-кустарниковая растительность в охранной зоне озера.

Озеро имеет карстовое происхождение, площадь его составляет – 63 га, глубина – до 10 м (Озера..., 1976). На озере есть остров, по берегам расположено много летних лагерей отдыха для детей и взрослых. Оценка воды озера проводится в основном химическими методами. Однако для полной оценки экологического состояния водоема необходимо применять и биологические методы. Биологическая оценка показывает суммарное загрязнение, в отличие от химического анализа, результаты которого указывают на загрязнение отдельными элементами без учета эффектов антагонизма, синергизма, сенсбилизации и аддитивного действия. С гидробиологической стороны изучались отдельные группы гидробионтов (Михеева и др., 2015).

В связи с вышесказанным, целью данной работы было проведение комплексных исследований экологического состояния оз. Таир. В работе решались следующие задачи: определить степень загрязнения воды озера Таир физико-химическими методами; провести оценку качества воды озера Таир с помощью биотестирования с использованием низших ракообразных *Daphnia magna* (Straus, 1826); оценить экологическое состояние исследуемого водоема методами биоиндикации по структурным характеристикам макрозообентоса.

Наши исследования проводились в июле 2014 г. Отбор проб воды для физико-химического анализа и биотестирования проводился с поверхности и с глубины 7 м. Химический анализ проведен по ГОСТ Р 52181-2003, ГОСТ Р 52407-2005, ГОСТ Р 52963-2008, ГОСТ Р 55684-2013. Оценка качества воды методом биотестирования проводилась по определительным таблицам Л. А. Лесникова методики ГосНИОРХ по изучению загрязнения природных водоемов (Лесников, 1971).

Сбор материала для биоиндикации производился на 10 станциях в литоральной зоне озера по стандартным гидробиологическим методикам (Методика..., 1975). Статистическая оценка проведена при помощи критерия χ^2 .

По результатам химического анализа в пробах воды отмечено большое количество карбонатов ($36,0 \pm 0,1$ мг/л). Выявлено превышение норм ПДК сульфатами в пробе воды с глубины 7 м ($11,90 \pm 0,01$ мг/л). Содержание остальных химических элементов не превышало рыбохозяйственные ПДК.

Прозрачность воды в озере составляла 1,2 м, она имеет желтовато-коричневый цвет и обладает слабым запахом.

Тестирование проводилось в течение 12 суток в трех повторностях на тест-объекте *Daphnia magna*. Оценивались такие показатели, как гибель особей, цвет тела тест-объектов, наполняемость кишечника, цвет содержимого кишечника. Перед посадкой у всех десяти ракообразных цвет тела был на 2 балла — желтоватый цвет всего тела дафний. Содержимое кишечника на КЗ — Содержимое заполняет кишечник сплошь, оно явно окрашено, но просвечивает на всем протяжении кишечника тест-объектов.

В первой повторности, например, на 12-е сутки биотестирования лишь у двух дафний осталась зеленая окраска содержимого кишечника, у остальных стала коричневой. Кишечник заполнен более чем на 3/4 и местами отстает от стенки у половины тест-объектов, у двух кишечника весь забит пищей, которая может просвечивать только в его передней части, а у трех объектов содержимое заполняет кишечник сплошь, оно явно окрашено, но просвечивает на всем его протяжении. У половины дафний окраска тела побледнела.

Проанализировав результаты трех повторностей и сопоставив данные с таблицами ГосНИОРХ делаем вывод, что вода с поверхности относится к β -мезосапробной. Вода с глубины относится к олигосапробно-мезосапробной.

Важнейшей характеристикой состояния сообщества макрозообентоса является видовой состав гидробионтов. В составе зообентоса озера Таир выявлено 43 вида представителей 8 классов и 3 типов (Кольчатые черви Annelida, Членистоногие Arthropoda и Моллюски Mollusca).

Наибольшая встречаемость наблюдается у *Glyptotendipes glaucus* (Meigen, 1830) из отряда Двукрылые и составляет 80%. Также высокая встречаемость отмечена у *Erpobdella octoculata* (Linne, 1758) – 70%, *Caenis horaria* (Linne, 1758) – 60% и *Lymnaea intermedia* (Lamarck, 1882) – 60%.

Доминировали по количеству видов представители класса Insecta, они составляли 49% от общего видового состава зообентоса. В классе Insecta 7 отрядов. Отряды Odonata и Diptera самые многочисленны. Они имеют равное значение по количеству видов, и в сумме эти два отряда составляют 66% от числа всех видов насекомых, встречаемых в водоеме. В озере массового развития достигают представители семейства Chironomidae.

Второй доминирующей группой в оз. Таир является класс Брюхоногие моллюски Gastropoda, их доля составляет 24%.

При анализе численности по станциям выяснилось, что наибольшая численность зообентоса наблюдалась на станциях с песчано-илистым дном и обильной водной растительностью, что обеспечивает хорошую кормовую базу. Статистически достоверных различий по численности разных классов по станциям не обнаружено. В озере Таир средняя численность донных беспозвоночных составила $136,2 \pm 13,6$ экз/м².

Наибольшее значение биомассы зафиксировано на станции № 3, что обусловлено наличием крупных личинок стрекоз. Средняя биомасса составила $4,567 \pm 0,5$ г/м². По значению средней биомассы озеро Таир относится к группе водоемов средней кормности.

Наибольший вклад в общую численность и общую биомассу внесли классы Hirudinea и Gastropoda. По численности к доминирующим группам относится также отряд Diptera, однако их вклад в биомассу составляет всего 1%. По массе доминируют также представители отряда Odonata (27%), хотя численность их не велика и составляет 13%. Вклад остальных групп гидробионтов в численность и биомассу не превышает 6%.

Данные по видовому составу макрозообентоса, их численности и биомассе применялись при расчете информационных индексов и индексов сапробности (Чертопруд, 2002).

Среднее значение (по численности) индекса Шеннона составляет $3,07 \pm 0,09$ бит/экз, индекса Симпсона – $0,86 \pm 0,01$ бит/экз., что свидетельствует о высокой устойчивости зообентоценоза данного озера.

Значения индексов Майера, Бельгийского биотического индекса (ББИ), индекса сапробности Пантле и Букка, в модификации для водоемов Европейской России и данные расчетов по методу С. Г. Николаева позволяют отнести озеро Таир к умеренно-загрязненным водоемам (β -мезосапробным).

Об экологическом состоянии водоема также можно судить по трофической и экотопической структуре. Так по спектрам питания наибольший процент составляют зоофаги (37%), фитозоофаги (23%) и детритофаги (16%). Это свидетельствует о высокой устойчивости сообщества макрозообентоса, так как нет явной доминирующей группы.

По приуроченности организмов к субстрату выделено 11 групп беспозвоночных. Самой многочисленной из них оказались обитатели заиленного песка – псаммопелофилы, они составляют 34%.

По результатам проведенных исследований в озере Таир сделаны следующие выводы: физико-химический анализ показал незначительное превышение норм ПДК только по сульфатам; результаты биоиндикации показали, что бентоценоз оз. Таир является устойчивым и сбалансированным; по результатам биотестирования отмечено, что вода с поверхности относится к β -мезосапробной зоне, с глубины — к олигосапробно-мезосапробной.

Работа выполнена в рамках ГК № 4 – ОК.

Литература

Лесников Л. А. Методика оценки влияния воды из природных водоемов на *Daphnia magna* S. // Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971. С. 157–166.

Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.

Михеева А. А., Бруслова Е. А., Бедова П. В., Маракова М. В., Никифорова В. Г. Видовое разнообразие насекомых озера Таир // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Матер. VI Всерос. конф. Йошкар-Ола, 2015. С. 92.

Озера Среднего Поволжья. Л.: Наука, 1976. С. 28–57.

Чертопруд М. В. Модификация метода Пантле-Букка для оценки загрязнения водотоков по качественным показателям макрозообентоса // Водные ресурсы. Т. 29. № 3. 2002. С. 337–342.

ИНТЕНСИВНОСТЬ АЭРОБНОГО ЭНЕРГООБМЕНА РАКООБРАЗНЫХ КАК ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ

С. В. Сладкова

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр
экологической безопасности РАН, sladkova_sv1@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный университет*

В современных условиях антропогенного давления на окружающую среду проблема сохранения водных экосистем, как наиболее подверженных интенсивному негативному воздействию промышленного производства, имеет первостепенное значение. Центральным звеном этой проблемы являются вопросы обеспечения своевременного и эффективного контроля экологического состояния водоемов-приемников сточных вод. Основным критерием качества сбрасываемой в природную среду воды является отсутствие неблагоприятного биологического эффекта, выражающегося в нарушении нормального функционирования живых организмов, обитающих в районе сброса. Известно, что на изменение качества среды обитания биоценоз реагирует изменением интенсивности своего метаболизма. Способность повышать энергетический обмен в стрессовых условиях, каковым является и токсическое воздействие, выработана у животных в процессе эволюции и является важнейшей их преадаптацией к изменению условий среды (Бигон и др., 1989). Поэтому ин-

тенсивность аэробного энергообмена гидробионтов может служить индикатором качества водной среды. С точки зрения минимизации времени тестирования, в качестве тест-объектов предпочтительнее выбирать представителей водной биоты с высокой степенью оксифильности, а в качестве показателя интенсивности аэробного энергообмена использовать скорость потребления кислорода ими. Проведенные собственные сравнительные исследования на ракообразных показали, что интенсивность дыхания дафний на порядок больше, чем высших раков, и составляет при температуре 20 °С $0,93 \pm 0,05$ мгО₂/г·ч и $0,08 \pm 0,01$ мгО₂/г соответственно (Сладкова и др., 2006). Высокая чувствительность дафний к широкому спектру токсикантов и их роль ключевого вида во многих экосистемах делает этих гидробионтов незаменимыми тест-объектами при оценке качества воды поверхностных водоемов и оценке риска всей экосистемы при увеличении антропогенной нагрузки. Многие исследователи (Колупаев, 1992; Martins et al., 2007) полагают, что изменение интенсивности дыхания дафний может быть полезным индикатором и использоваться в биологических системах раннего обнаружения вредных и токсических веществ в водной среде. Однако имеется некоторая неоднозначность существующих литературных данных относительно направленности изменений аэробного энергообмена гидробионтов в токсических средах. Поэтому для использования этого показателя в качестве надежного индикатора качества водной среды необходимо изучение некоторых особенностей его применения.

С этой целью проведено исследование интенсивности потребления кислорода рачками *Daphnia magna* Straus и их выживаемости в модельных токсических растворах эссенциальных тяжелых металлов в зависимости от концентрации ионов металла и времени воздействия. Для измерения интенсивности потребления кислорода использовали полярографический метод (Сладкова и др., 2006), токсичность оценивали классическим дафниевым тестом, рекомендованным для целей экологического контроля (ФР.1.39.2007.03222).

Получено, что острый токсический эффект как меди, так и цинка проявляется в подавлении интенсивности потребления кислорода после первого часа воздействия, причем ионы меди оказывают более сильное токсическое действие, чем ионы цинка (табл.).

Таблица

**Выживаемость и потребление кислорода дафниями
в растворах меди и цинка**

№	Концентрация мг/л	Выживаемость час	Скорость потребления кислорода %	
			время экспозиции 1 час	время экспозиции 2 часа
1	0,01Cu ²⁺	Более 96	98	103
2	0,1 Cu ²⁺	24	70*	115*
3	1 Cu ²⁺	1,8±0.3	68*	–
4	0,01Zn ²⁺	Более 96	100	102
5	0,1 Zn ²⁺	48	85*	105
6	1 Zn ²⁺	10	70*	60
7	контроль	Более 96	100	100

* – достоверные отличия от контроля (n=25).

Проявление токсического эффекта при увеличении времени экспозиции зависит от концентрации токсиканта. Так, при высоких концентрациях, когда летальный исход наблюдается уже через несколько часов от начала воздействия, интенсивность аэробного газообмена продолжает падать. При меньших концентрациях тяжелых металлов в растворах наблюдаемое после одного часа воздействия снижение активности дыхания уже через 3 часа воздействия нивелируется и достигает уровня, достоверно превышающего потребление кислорода в контрольной среде. На этом этапе происходит включение механизмов детоксикации, которые сопряжены с повышением энергетических затрат, что в конце концов приведет либо к компенсации вреда и последующей адаптации, либо к летальному исходу. Такой исход наблюдается в экспериментах с концентрацией ионов металла 0.1 мг/л.

Из вышеизложенного следует, что при использовании скорости дыхания дафний в качестве биоиндикатора принципиальным моментом является выбор времени тестирования. Проведенный анализ собственных и литературных данных (Spicer et al., 1991) влияния загрязняющих веществ на скорость потребления кислорода дафниями, позволяет высказать предположение, что регистрация интенсивности потребления кислорода в районе часового диапазона, когда собственно токсический эффект уже присутствует, а механизмы компенсации еще недостаточно проявились, является оптимальной для оценки токсичности воды. Дальнейшая регистрация интенсивности дыхания позволяет определить степень обратимости токсического воздействия по способности организма компенсировать нарушения, вызванные этим воздействием.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование скорости потребления кислорода дафниями в качестве индикатора токсичности при оценке качества среды обитания, позволяет сократить время тестирования в десятки раз по сравнению выживаемостью, и дать заключение о токсичности воды уже в первый час воздействия. Преимущество использования именно этого показателя, изменение которого часто связано с попыткой организма избежать или компенсировать неблагоприятные воздействия, заключается в возможности обнаружения начальных эффектов загрязнителей и оперативности получения информации о степени влияния на живой организм изменений качества среды их обитания.

При проведении исследований использовалось оборудование Ресурсного центра «Обсерватория экологической безопасности» Научного парка СПбГУ

Литература

Бигон М., Хартер Дж., Таунсенд Дж. Экология: Особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. Т. 1 667 с.

Колупаев Б. И. Дыхание гидробионтов в токсичной среде. Казань: КГУ, 1992. 127 с.

Сладкова С. В., Федотов В. П., Холодкевич С. В. Компенсаторные возможности сердечно-сосудистой системы раков в условиях прогрессирующей гипоксии // Эвол. биохим. и физиол. 2006. Т. 42. № 1. С. 49–56.

ФР.1.39.2007.03222.Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний.

Martin J. S., Saker M. L., Teles L. F., Vasconcelos V. M. Oxygen consumption by *Daphnia magna* Strauss as a marker of chemical stress in the aquatic environment // Environ. Toxicol. Chem. 2007. V. 26. № 9. P. 1987–1991.

Spicer J. I., Weber R. E. Respiratory impairment in crustaceans and molluscs due to exposure to heavy metals // Comp. Biochem. Physiol. 1991. V. 100. № 3. P. 339–342.

НЕКОТОРЫЕ ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ *RUTILUS RUTILUS* В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ»

М. Н. Владыкина^{1,3}, С. В. Пестов^{1,2,3}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru, pestov@ib.komisc.ru

Плотва (*Rutilus rutilus* L.) – один из наиболее обычных и массовых видов в пресных и солоноватых водоёмах Европы. Относится к бореальному равнинному ихтиокомплексу (Рогожкина, 2015). Населяет реки, озёра, пруды, водохранилища. Предпочитает эвтрофные водоёмы с небольшой проточностью или стоячие, имеющие заросли водной растительности (Анисимова и др. 1983). Плотва имеет относительно крупную чешую, серебристую окраску тела и оранжево-красную брюшного, анального и хвостового плавников (Кузнецов, 2005). Является стайной рыбой (Гриценко и др., 2006). Нерест происходит в апреле-мае; продолжается 10–15 дней (Гриценко и др., 2006). Половой зрелости достигает в возрасте 3–4 лет; нерестится крупными стаями на залитой прошлогодней растительности ранней весной при температуре воды выше 3–4 °С. Самец и самка держатся рядом друг с другом, совершая броски через пучки растительности и выметывая при этом половые продукты – икру и молоки. Броски бывают очень сильными, так что часть икры попадает на надводные части растений. В таблице 1 представлена экологическая характеристика плотвы по данным литературы.

Таблица 1

Экологическая характеристика плотвы (Рогожкина, 2015)

Экологические параметры плотвы	
По отношению к растворённому кислороду	Оксифильный вид
По температурным условиям икрометания	Весеннее-нерестующий вид
По отношению к субстрату для откладки икры	Фитофил, размножается среди вегетирующих или отмерших растений
По отношению в потребности в нерестовых биотопах и субстратах	Эврибионтный вид
По отношению пищевых предпочтений	Эврифаг

Изучение ихтиофауны заповедника «Нургуш» началось в 2011 г. Лов проводился на озерах Нургуш, Кривом, Чёрном, в протоке между озерами Кривое и Нургуш, в рамках работ по теме «Роль водоёмов заповедника «Нургуш» в сохранении видового разнообразия и пополнении рыбных запасов ре-

ки Вятки» и по программе «Летопись природы». За пять лет (2011–2015 гг.) было отловлено 3823 экз. рыб разных видов, в том числе 724 экз. плотвы, что составляет 19%. Данные научного лова плотвы с 2011 по 2015 гг. приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результат научного лова плотвы в 2011–2015 гг.

Общее количество особей, экз.		2011	2012	2013	2014	2015
			283	140	102	138
В том числе	самки	194	94	82	100	43
	самцы	89	46	20	38	18
Возраст, лет	Min	2+	-	2+	1+	1+
	Max	13+	-	10+	12+	8+
Господствующий возраст, лет	Min	4+	-	3+	5+	4+
	Max	6+	-	4+	6+	5+
Промысловая длина, см	Min	7	11	9,5	8	8
	Max	25,5	26	25	25,5	19,5
Вес, гр.	Min	7	26	16	6,8	6,8
	Max	131	415	320	364	149

Высокая численность плотвы в водоёмах обеспечивается относительно высокой плодовитостью (до 85000 икринок за нерестовый период), ранним половым созреванием и высокой долей самок в популяциях (Анисимова и др. 1983). За пять лет исследований установлено, что в условиях заповедника «Нургуш» средняя индивидуальная плодовитость плотвы составляет примерно 16500 икринок, что вдвое уступает литературным показателям – 38000. На индивидуальную плодовитость могут оказывать влияние разные внешние факторы (наличие пищи, температурный режим водоемов, возраст особей и др.). Созревание икры зависит от условий питания. Чем лучше питание, тем быстрее растет рыба, и чем быстрее она растет, тем скорее становится половозрелой (Вавилкин и др., 1974).

Из таблицы 2 видно, что количество самок вдвое превышает количество самцов, за исключением 2013 г., где самок больше в четыре раза. Данное явление обусловлено, по-видимому, более ранним вымиранием самцов (Боган, 1973).

Преобладание у плотвы возраста от 4+ до 5+ может быть обусловлено тем, что заповедник является оптимальным местом для нереста этого вида, так как на его территории имеются обширные «поливны», которые наиболее пригодны для размножения плотвы. Во время половодья в озёра «Нургуша» на нерест заходит плотва из реки Вятки.

Изучение ихтиофауны и научные наблюдения в заповеднике «Нургуш» крайне важны, так как озёра заповедника играют роль питомников в пополнении рыбных запасов р. Вятки и поддержании видового состава.

Литература

Анисимова И. М., Лавровский В. В. Ихтиология: учеб. пособие для с-х вузов. М.: Высш. шк., 1983. 255 с.

Боган Ф. Е. Результаты и дальнейшие задачи изучения ихтиофауны Ильменского заповедника // Биологические исследования в Ильменском заповеднике. Свердловск, 1973. С. 69–82.

Вавилкин А. С., Иванов А. П., Куранова И. И. Основы ихтиологии и рыбоводства. М.: Пищевая промышленность. 1974. 168 с.

Гриценко О. Ф., Котляр А. Н., Котенев Б. Н. Промысловые рыбы России. В двух томах. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. Т. 1. 656 с.

Кузнецов В. А. Рыбы Волжско-Камского края Казань, 2005. 208 с.

Рогожкина Ю. С. Эколого-фаунистическая характеристика ихтиофауны заповедника «Нургуш». Дипломная работа 2015. 74 с. (рукопись).

ИХТИОФАУНА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII В.

Н. А. Озерова

*Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН,
ozerova-nad@yandex.ru*

Во второй половине XVIII в. в Российской империи проводилось Генеральное межевание. В 1766–1770 гг. для всех дач Московской губернии были составлены геометрические специальные планы, снабженные экономическими примечаниями. Эти работы были завершены в 1800 г. (Кусов, 2004). В экономических примечаниях содержались подробные сведения о площади владения (пашни, луга, леса), лесах и т.д., а также об озерах, реках, сооружениях на них, о видах рыб, встречающихся в местных водоемах. Экономические описания составлялись в соответствии с межевой инструкцией, поэтому отличались однотипностью и определенным порядком в изложении сведений.

Особенность экономических примечаний в отношении объектов гидрографической сети и их фауны состоит в том, что реки и (реже) озера описывались в границах дач, т.е. применительно к короткому отрезку и в виде обобщенного сообщения, справедливого для этого участка реки или для озера.

Необходимо отметить, что межевые работы не предполагали специальных биологических исследований. Составляя экономические примечания для каждой дачи, землемеры пользовались опросными сведениями, полученными от местного населения (Милов, 1965). Из этого следует, во-первых, то, что в описаниях к дачам представлены только народные названия животных. Это обстоятельство за некоторым исключением не вызывает серьезных трудностей, т.к. ихтиофауна бассейна р. Москвы, в том числе народные названия животных, описана в литературе (Золотницкий, 1887; Модестов, 1939; Соколов, Цепкин, 1992). Во-вторых, в экономических примечаниях перечислены только те виды, которых ловили для личных нужд и на продажу, т.е. наиболее распространенные, представлявшие интерес прежде всего с точки зрения их промыслового значения, а не вся фауна рек, прудов и озер вообще.

В результате анализа экономических примечаний Московского уезда и примыкающих территорий некоторых других уездов (РГВИА, ф. 846, оп. 16, д. 18859 и д. 18861) была составлена серия ихтиологических карт, отражающая распространение промысловых видов рыб в правобережной части бассейна р. Москвы от устья р. Медвенки до устья р. Людовки и левобережной части бассейна от устья р. Липенки до устья р. Пехорки включительно. Охваченная исследованием часть бассейна р. Москвы близка к территории ближнего пояса спутниковых городов Московской агломерации (Глушкова, 1992). К началу XXI в. она превратилась в районы с плотной городской застройкой (рис. 1).

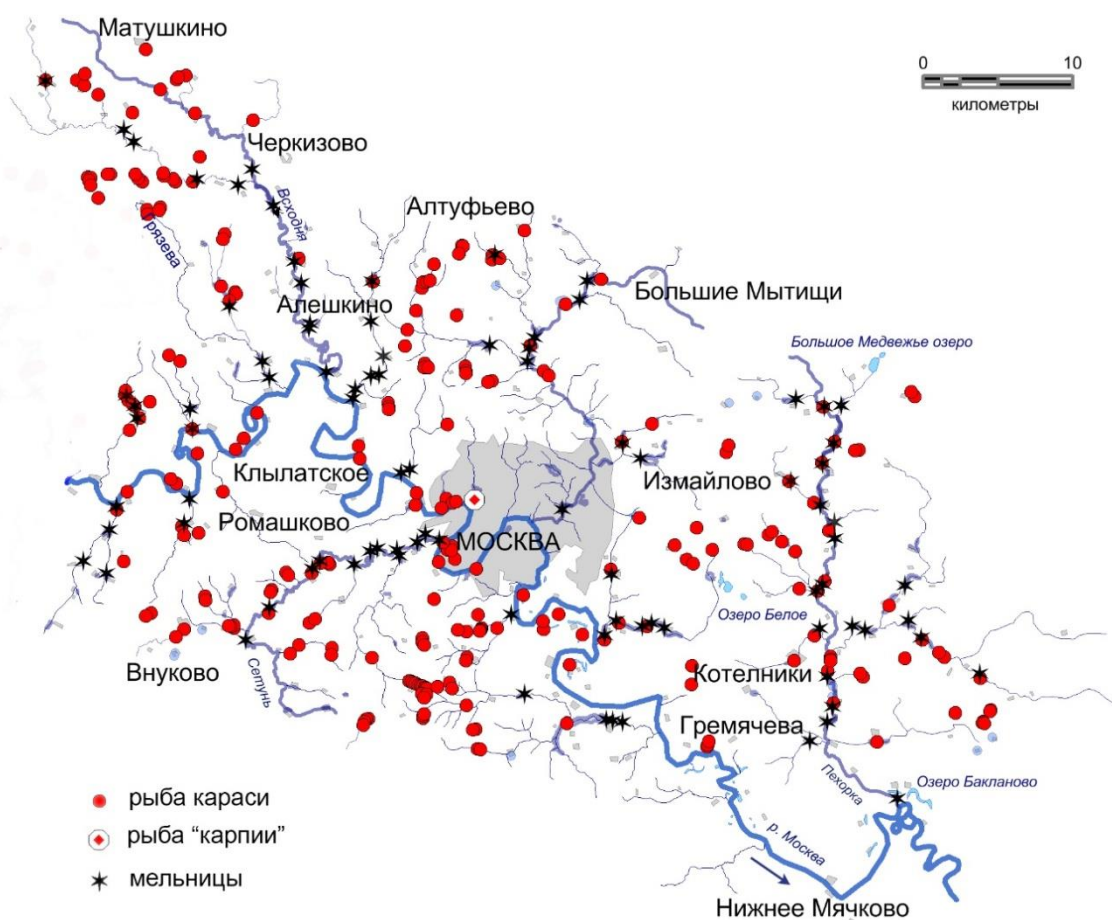


Рис. 1. Караси и «карпии» в водоемах бассейна р. Москвы в окрестностях г. Москвы во второй половине XVIII в. по данным экономических примечаний (составлено Н. А. Озеровой по: РГВИА, ф. 846, оп. 16, д. 18859 и д. 18861)

Оказалось, что во второй половине XVIII в. в водоемах окрестностей Москвы встречалось 17 промысловых видов рыб, из которых доминировало 4 вида. Лидирующее место занимал карась *Carassius* sp., встречавшийся в 255 точках (рис. 2). Эта рыба была характерна для озер, деревенских мельничных и копаных прудов, но встречалась и в р. Москве, и в других реках, очевидно, попадая туда из прудов. В межевых описаниях не отмечены какие-либо раз-

новидности карасей, однако согласно недавним ихтиологическим исследованиям, в XVIII в. в бассейне Верхней Волги могло встречаться два вида: золотой *Carassius carassius* и серебряный карась *Carassius gibelio*, причем золотой был обычен, а серебряный – редким видом (Вехов, 2007).

Карась, окунь, щука, плотва, а также менее распространенный пескарь встречались практически повсеместно. Налим попадался в русле р. Москвы, линь — главным образом в проточных прудах, сравнительно редкий голец тяготел к ручьям.

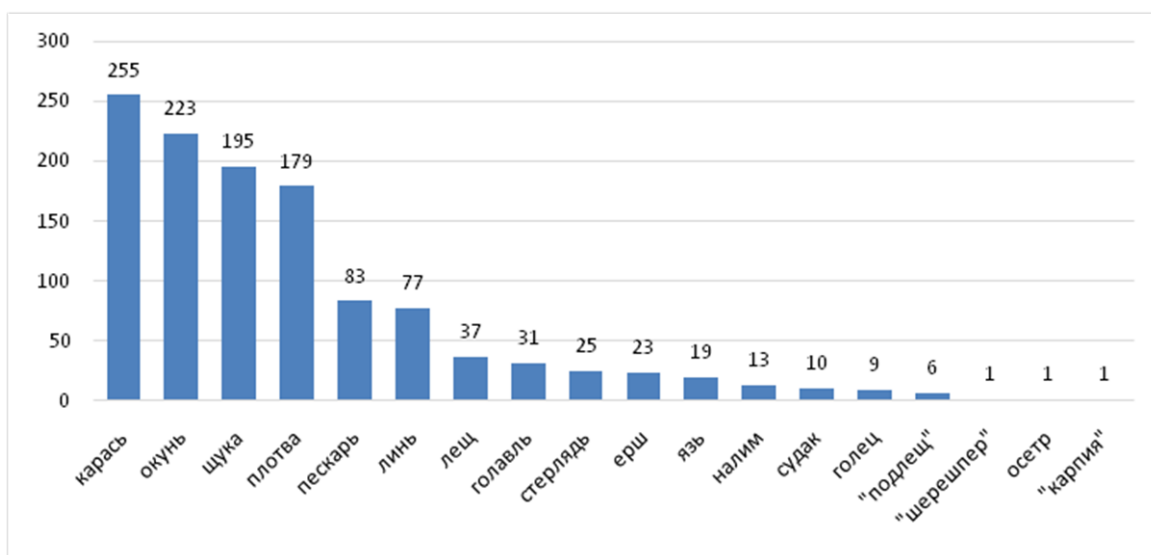


Рис. 2. Частота встречаемости разных видов рыб в водоемах бассейна р. Москвы в окрестностях г. Москвы во второй половине XVIII в.

Необходимо отметить, что во второй половине XVIII в. водоемы окрестностей Москвы нередко специально зарыблялись помещиками и крестьянами. Так, в пруды часто выпускался карась, щука, реже – плотва, линь и окунь. К разводимой рыбе также относилось почти все поголовье судака, леща, голавля, стерляди и язя, для которых естественным местом обитания был участок течения р. Москвы между современными городами Дзержинск и Лыткарино – самое рыбное место рассматриваемой территории, где встречалось 10 промысловых видов. «Саженой рыбой» была вся популяция осетра, «шерешпера» (жереха), «карпий» (карпа) и «подлещца» (под которым мог подразумеваться как лещ, так и густера (Модестов, 1939). При этом в черте самой Москве, за исключением западных пригородов (Пресненские пруды, пруды Новодевичьего монастыря), лов рыбы полностью отсутствовал. Вероятно, это было связано с сильным загрязнением городских водоемов, в которые, несмотря на запреты, спускались помои и сваливался навоз, что приводило к гибели рыбы (Постников, 1997).

Материалы об ихтиофауне, содержащиеся в экономических примечаниях к генеральному межеванию, — наиболее ранние данные, дающие представление о географическом распространении промысловых видов рыб центральной части бассейна р. Москвы. Они отражают как естественные ареалы обитания

целого ряда видов (карася, окуня, щуки, плотвы, пескаря, линя, голавля, язя, ерша, налима, стерляди и гольца), так и деятельность человека по искусственному расселению и разведению рыбы (карася, окуня, щуки, плотвы, линя, судака, голавля, язя, стерляди, осетра, леща, «подлещя», «шерешпера» и «карпии»).

Данные экономических примечаний представляют особый интерес в связи с тем, что в настоящее время центральная часть бассейна р. Москвы – высокоурбанизированная территория, и естественная гидрографическая сеть на большей ее части утрачена. Значительная часть рек заключена в коллекторы, небольшие ручьи, овраги, пруды засыпаны, берега и русла более крупных рек необратимо изменены. Небольшие реки и ручьи смогли сохраниться только на территории лесопарков, парков, садов и т.п. Из-за сильного и длительного антропогенного воздействия естественная ихтиофауна изменилась, а многие водоемы и вовсе стали безрыбными. В начале XXI в. в городских прудах стал обычен инвазионный вид – бычок-ротан. Наиболее распространенными видами в московских водоемах стали плотва (от 50 до 90% населения рыб), лещ, окунь и серебряный карась (Большой атлас Москвы, 2013).

Исследования выполнены по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН (2016 № 1.28П).

Литература

Большой атлас Москвы. М.: Феория, 2013. 1000 с.

Вехов Д. Н. Вероятные пути появления первых популяций серебряного карася в бассейнах Волги и Дона // Биология внутренних вод. Материалы докладов XIII Междунар. школы-конференции молодых ученых (Борок, 23–26 октября 2007 г.). Рыбинск, 2007. С. 40–50.

Глушкова В. Г. Москва. Энциклопедический справочник. М.: Большая Российская Энциклопедия, 1992. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/moscow/1916> (дата обращения: 28.03.2016).

Золотницкий Н. Ф. Опыт словаря местных названий рыб, населяющих воды Российской империи / Приложение второе // Труды отдела ихтиологии Императорского русского общества акклиматизации животных и растений. 1887. Т. 1. С. 1–25.

Кусов В. С. Земли Московской губернии в XVIII веке. Т. 1. М., 2004. 315 с.

Милов Л. В. Исследования об «экономических примечаниях» к Генеральному межеванию. М.: МГУ, 1965. 312 с.

Модестов В. М. Рыбы Москвы-реки и перспективы их промыслового использования // Биология: Сб. науч. студ. работ. Вып. 6. М.: Изд-во МГУ, 1939. С. 85–101.

Постников А. В. Географические описания и карты Москвы и Московского края 17 – начала 19 вв. (до 1822 г.) // История изучения, использования и охраны природных ресурсов Москвы и Московского региона. М.: Янус-К, 1997. С. 7–25.

РГВИА. Ф. 846. Оп. 16. Д. 18859. Ч. 6-9; РГВИА. Ф. 846. Оп. 16. Д. 18861. Ч. 1, 3.

Соколов Л. И., Цепкин Л. А. Антропогенные изменения ихтиофауны речных систем Центрального района России (на примере бассейна Москвы-реки) // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 1992. № 1. С. 33–39.

ДВУКРЫЛЫЕ (DIPTERA) БОЛОТА ШИЧЕНГСКОЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С. В. Пестов^{1,2,3}, *Д. А. Филиппов*^{4,5}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Государственный природный заповедник «Нургуш», pestov@ib.komisc.ru*

⁴ *Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,*

⁵ *Тюменский государственный университет, philippov_d@mail.ru*

Болотные системы, как элемент ландшафта, являются важным звеном в цепи взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов среды. Болота оказывают существенное воздействие на газовый и водный режим прилегающих территорий (Ваганов и др., 2005; Волкова и др., 2010). Важным компонентом фауны болотных экосистем являются насекомые (Сушко, 2012, 2015а, б; Пестов, 2013; Филиппов, Пестов, 2014 и др.).

В настоящем сообщении предпринята попытка описать видовой состав и определить ценоотическую значимость двукрылых насекомых болотных экосистем. В качестве модельного объекта было выбрано болото Шиченгское, расположенное в центральной части Вологодской области (Сямженский район) в пределах подзоны средней тайги. С 1987 г. значительная часть данного болота входит в состав регионального комплексного заказника «Шиченгский».

Сбор насекомых производился энтомологическим сачком в течение вегетационного сезона 2013 г. на трёх болотных участках: 1) проточная топь, 2) на границе внутриболотного острова с грядово-мочажинными комплексами, 3) облесённая окрайка болота вдоль болотного ручья.

Болото представляет собой крупную (15,9 тыс. га) болотную систему. Оно сформировалось на юго-восточных отрогах Харовской гряды в обширной озёрно-ледниковой котловине, окружённой моренными и камовыми холмами, преимущественно лимногенным путём. Болото Шиченгское относится к кассандрово-морошково-сфагновому печорско-онежскому типу группы Северовосточноевропейских сфагновых верховых болот класса Сфагновые болота.

На рисунке представлен график изменения сезонной активности двукрылых Шиченгского болота. Минимальная численность и амплитуда её колебания характерна для населения двукрылых грядово-мочажинного комплекса. Наибольшая численность двукрылых отмечена на приручьевом участке с пиком в последней декаде июня. Максимальное обилие двукрылых проточной топи было в два раза ниже, чем грядово-мочажинного комплекса. Пик активности смещен на первую декаду июня. Эти различия, вероятно, зависят от скорости прогревания субстрата, в котором обитают личинки. Среди наиболее значимых семейств двукрылых болотных экосистем по данным количе-

ственного учета являются Hybotidae, Empididae Dolichopodidae, Sciaridae, Muscetophilidae, Limoniidae.

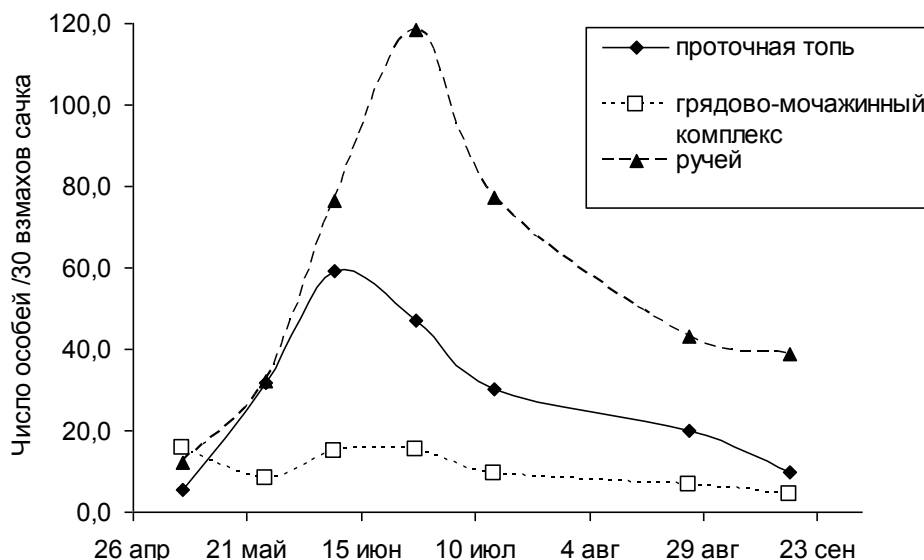


Рис. Динамика сезонной активности двукрылых болота Шиченгское

К настоящему времени в составе фауны Шиченгского болота идентифицировано 52 видов из 28 семейств (табл.). Наиболее разнообразны слепни, которых выявлено 11 видов, что составляет примерно треть от их фауны Вологодской области (Разнообразие..., 2008). Для большинства видов слепней характерна гематофагия самок. Только у двух видов слепней Вологодской области самки не питаются кровью – это *Atylotus plebejus* и *Atylotus sublunaticornis*. Оба являются по биотопической приуроченности облигатными болотными. Вид *Atylotus sublunaticornis* занесён в Красную книгу Республики Коми (2009).

Второй по видовому разнообразию группой двукрылых болотных местообитаний являются мухи-журчалки. Они играют заметную роль в опылении некоторых видов болотных энтомофильных растений (Пестов, Валуйских, 2013). В наших сборах отмечено восемь видов. По сообщению Г. Г. Сушко (2012) видовой состав журчалок на верховых болотах в Европе варьирует от 16 до 29 видов. Наибольшее обилие журчалок болота Шиченгского наблюдалось на ручьевом участке и в проточной топи (10–11 экз. на 30 взмахов сачка), тогда как на мочажинном участке журчалок практически не было (0,3 экз. на 30 взмахов сачка).

Таблица

Видовой состав двукрылых болота Шиченгское (Вологодская область)

№ п/п	Таксон	Проточная топь	Грядово-мочажинный комплекс	Ручей
1	2	3	4	5
	Сем. Limoniidae			
1	Erioptera sp.	+	+	+
2	Hexatoma sp.	+	+	+

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
	Сем. Tipulidae			
3	<i>Tipula</i> sp.	+	+	+
	Сем. Mycetophilidae			
4	sp.in det.	+	+	+
	Сем. Chironomidae			
5	sp.in det.	+		
	Сем. Culicidae			
6	<i>Ochlerotatus</i> sp.	+	+	+
	Сем. Sciaridae			
7	sp.in det.	+	+	+
	Сем. Simuliidae			
8	sp.in det.	+	+	
	Сем. Bibionidae			
9	<i>Bibio nigriventris</i> Haliday, 1833	+		+
10	<i>Bibio venosus</i> (Meigen, 1804)	+		+
	Сем. Phoridae			
11	<i>Spiniphora</i> sp.	+	+	+
	Сем. Tabanidae			
12	<i>Atylotus plebejus</i> (Fallén, 1817)	+		
13	<i>Atylotus sublunaticornis</i> (Zetterstedt, 1842)		+	
14	<i>Chrysops caecutiens</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
15	<i>Chrysops divaricatus</i> (Loew, 1858)	+	+	+
16	<i>Chrysops nigripes</i> (Zetterstedt, 1840)	+	+	+
17	<i>Haematopota pluvialis</i> (Linnaeus, 1758)	+		
18	<i>Hybomitra arpadi</i> (Szilády, 1923)		+	
19	<i>Hybomitra bimaculata</i> (Macquart, 1826)	+	+	+
20	<i>Hybomitra lapponica</i> (Wahlberg, 1848)	+	+	+
21	<i>Hybomitra muehlfeldi</i> (Brauer, 1880)		+	+
22	<i>Tabanus bromius</i> (Linnaeus, 1761)		+	
	Сем. Therevidae			
23	<i>Thereva</i> sp.			+
	Сем. Empididae			
24	<i>Empis borealis</i> Linnaeus, 1758	+		+
	Сем. Hybotidae			

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
25	Bicelaria sp.	+	+	+
	Сем. Dolichopodidae			
26	Dolichopus sp.			+
	Сем. Sepsidae			
27	<i>Sepsis punctum</i> (Fabricius, 1794)	+		+
	Сем. Pipunculidae			
28	Pipunculus sp.	+	+	
	Сем. Syrphidae			
29	<i>Cheilosia pagana</i> (Meigen, 1822)		+	
30	<i>Epistrophe nitidicollis</i> (Meigen, 1822)	+	+	
31	<i>Melanostoma dubium</i> (Zetterstadt, 1838)			+
32	<i>Melanostoma mellinum</i> (Linnaeus, 1758)		+	+
33	<i>Neoscia tenur</i> Harris, 1780	+		
34	<i>Pipizella virens</i> (Fabricius 1805)		+	
35	<i>Sphaerophoria scripta</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	
36	<i>Syrphus vitripennis</i> Meigen 1822	+		
	Сем. Chloropidae			
37	Chlorops sp.	+		+
	Сем. Heleomyzidae			
38	Suillia sp.	+	+	+
	Сем. Lauxaniidae			
39	<i>Lauxania cylindricornis</i> (Fabricius, 1794)	+		+
40	<i>Minettia longipennis</i> (Fabricius, 1794)			+
41	<i>Sapromyza hyalinata</i> (Meigen, 1826)			+
	Сем. Dryomyzidae			
42	<i>Dryomyza decrepita</i> Zetterstedt 1838	+	+	
	Сем. Sciomyzidae			
43	<i>Limnia paludicola</i> Elberg, 1965		+	+
44	<i>Pherbellia austera</i> (Meigen, 1830)			+
45	<i>Trypetoptera punctulata</i> (Scopoli, 1763)		+	
	Сем. Ulidiidae			
46	sp.in det.	+		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
	Сем. Hippoboscidae			
47	<i>Lipoptena cervi</i> (Linnaeus, 1758)		+	
	Сем. Muscidae			
48	<i>Hydrotaea pandellei</i> Stein, 1899	+	+	+
	Сем. Scathophagidae			
49	<i>Cordilura ciliata</i> Meigen, 1826		+	+
50	<i>Scathophaga suilla</i> (Fabricius 1794)	+	+	
	Сем. Anthomyiidae			
51	sp.in det.			
	Сем. Tachinidae			
52	<i>Cylindromyia brassicariae</i> (Fabricius, 1775)		+	

Представители семейств Hybotidae, Empididae Dolichopodidae ведут хищный образ жизни, как на стадии личинки, так и на стадии имаго. Толкунчики Empididae представлены одним видом (*Empis borealis*) и приурочены к проточной топи. Максимум обилия наблюдается в последней декаде июня (11 экз. на 30 взмахов сачка). Hybotidae активны с начала июня по середину июля. Они многочисленны на ручьевом участке и в проточной топи (13–15 экз. на 30 взмахов сачка), а в мочажинах их численность снижается (до 4,3 экз. на 30 взмахов сачка). Dolichopodidae приурочены к приручьевому участку (11 экз. на 30 взмахов сачка). Грибные комарики отмечены на ручьевом участке и проточной топи (5–10 экз. на 30 взмахов сачка). Типичными представителями болотной фауны двукрылых являются виды семейства Limoniidae, они встречаются на болоте в течение всего тёплого сезона. Максимальной численности Limoniidae достигают на приручьевом участке и в проточной топи в начале июня (8–9 экз. на 30 взмахов сачка), тогда как в мочажинном участке в этот же период их численность несколько ниже (6 экз. на 30 взмахов сачка).

По трофической приуроченности двукрылые Шиченгского болота относятся в основном к хищникам 34 вида (65% видового состава). Второй по значимости трофической группой являются сапрофаги – 10 видов.

Исследование насекомых верхового болота Шиченгское позволило получить новые данные о фауне двукрылых болот Вологодской области (причём ряд видов является новыми таксонами для региона) и на основании количественных учётов выявить некоторые закономерности распределения двукрылых в разных типах болотных участков.

Полевые исследования выполнены при поддержке РНФ (грант №14-14-01134).

Литература

Ваганов Е. А., Ведрова Э. Ф., Верховец С. В., Ефремов С. П., Ефремова Т. Т., Круглов В. Б., Онучин А. А., Сухинин А. И., Шибистова О. Б. Леса и болота Сибири в глобальном цикле углерода // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. 12. № 4. С. 631–650.

Волкова И. И., Байков К. С., Сысо А. И. Болота Кузнецкого Алатау как естественные фильтры природных вод // Сибирский экологический журнал. 2010. Т. 17. № 3. С. 379–388.

Красная Книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 791 с.

Пестов С. В. Наземные членистоногие болота Мэдла-Пэв-Нюр (средняя тайга, Республика Коми) // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докл. II Всерос. конф. с междунар. участием (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 8–12 апреля 2013 г.). Сыктывкар, 2013. С. 165–166.

Пестов С. В., Валуйских О. Е. К экологии опыления морозники (*Rubus chamaemorus* L.) // Теоретическая и прикладная экология. 2013. Вып. 2. С. 119–125.

Разнообразие насекомых Вологодской области / Под ред. Ю. Н. Беловой, А. А. Шабунова. Вологда, 2008. 367 с.

Сушко Г. Г. Сирфиды (Diptera, Syrphidae) верховых болот Беларуси // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2012. № 2. С. 49–53.

Сушко Г. Г. История формирования энтомокомплексов верхового болота Ельня // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2015а. № 1. С. 47–52.

Сушко Г. Г. Слепни (Insecta: Diptera, Tabanidae) верховых болот белорусского Поозерья // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 5: Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. 2015б. № 1 (188). С. 125–130.

Филиппов Д. А., Пестов С. В. Предварительный список насекомых болотных местообитаний Вологодской области // Труды Инсторфа. 2014. № 10(63). С. 3–19.

ПРЯМОКРЫЛЫЕ (ОРТНОПТЕРА) ОРИЧЕВСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Пестов^{1, 2, 3}, О. И. Кулакова², А. Г. Татаринцев²

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Государственный природный заповедник «Нургуш», pestov@ib.komisc.ru

Прямокрылые являются одними из самых распространенных насекомых на планете и представляют собой существенный компонент населения травянистого яруса растительности умеренной зоны. Их экосистемные функции определяются трофическими связями с растениями, а также тем, что в процессе пищеварения они создают значительный поток копрогенных агрегатов, быстро минерализующихся в почве с высвобождением элементов питания растений (Зиненко, Стриганова, 2011).

По степени изученности фауны прямокрылых Кировскую область можно отнести к хорошо изученным регионам. Большой вклад в исследовании прямокрылых области внес В. А. Копысов (1970, 1972, 1997). В его работах для фауны региона приводятся 55 видов этого отряда. Позднее к ним добавился *Phaneroptera falcata* (Poda, 1761), активно расширивший ареал на север в 2000-х г. (Юферева, 2011). В последние двадцать лет исследования прямокры-

лых Кировской области не носят систематический характер. Дополнения касаются в основном Малмыжского (Целищева, Даровский, 2002), Уржумского (Плисак, Целищева, 2006) и Оричевского (Алалыкина, Юшин, 2006) районов.

Целью настоящей работы является анализ видового состава и структуры населения прямокрылых Оричевского района Кировской области. Исследования проводили в середине июля с 2010 по 2015 гг. на восьми участках суходольных лугов правобережья р. Вятка, отличающихся по видовому составу растительности. Оценку обилия насекомых проводили с помощью кошения энтомологическим сачком (по три пробы с каждого участка, по 30 взмахов).

Таблица

Обилие прямокрылых суходольных лугов

Растение-доминант фитоценоза	№ участка	Средняя численность экз. на 90 взмахов					
		2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Кострец безостый	10	6,7	14,4	н/д	8,9	5,6	0,0
Полевица тонкая	57	22,7	26,7	7,8	18,9	н/д	4,4
Щучка дернистая	60	н/д	14,4	22,2	28,9	22,2	7,8
Мятлик луговой	82	н/д	н/д	23,3	н/д	н/д	н/д
Ежа сборная	103	13,3	11,1	2,2	н/д	5,6	2,2
Клевер средний	109	н/д	1,1	н/д	1,1	0,0	н/д
Бедренец камнеломка	111	н/д	10	8,9	4,4	11,1	н/д
Осока мохнатая	139	н/д	24,4	23,3	н/д	24,4	13,3

Примечание: н/д – учеты не проводились.

В ходе исследований в общей сложности на восьми участках суходольных лугов было обнаружено 17 представителей прямокрылых из двух семейств и двух подотрядов. Повсеместно в состав доминантов населения по численности входили пластинокрыл обыкновенный (*Phaneroptera falcata*), скачок зеленый (*Bicolorana roeselii*), кузнечик серый (*Dectius verrucivorus*) из семейства Кузнечиковые (Tettigoniidae) подотряда Длинноусые прямокрылые (Ensifera), зеленчук непарный (*Chrysocharon dispar*), зеленчук короткокрылый (*Euthystira brachyptera*), конек обыкновенный (*Chorthippus brunneus*), конек изменчивый (*Ch. biguttulus*), травянка зеленая (*Omocestus viridulus*) из семейства Саранчовых (Acrididae) из подотряда Короткоусые прямокрылые (Caelifera).

В ходе проведенных исследований были получены результаты, позволяющие сделать предварительные выводы о составе фауны данного района. В связи с тем, что все учеты и сборы производились в середине июля, а часть видов в это время находиться на стадии личинки, то можно предположить, что фауна исследуемого района пополнится видами позднее летнего аспекта, а также за счет видов с более южных районов.

Литература

Алалыкина Н. М., Юшин А. О состоянии наземной энтомофауны территории зоны влияния объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) // Актуальные проблемы ре-

гионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты: Сб. материалов Всерос. науч. школы. Киров. 2006. С. 82–86.

Зиненко Н. В., Стриганова Б. Р. Закономерности зональных изменений пространственной структуры населения прямокрылых насекомых европейской степи // Зоол. журн., 2011. Т. 90. Вып. 9. С. 1070–1082.

Копысов В. А. О фауне прямокрылых Кировской области // Ученые записки. Киров, 1970. С. 28–45.

Копысов В. А. Ортоптеройдные насекомые (Orthopteroidea) Кировской области (фауна, экология, распространение, хозяйственное значение): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киров, 1972. 28 с.

Копысов В. А. Особенности распределения ортоптероидных насекомых в основных ландшафтах северо-востока европейской части России // Сибирский экологический журнал, 1997. Вып. 3. С. 283–285.

Плиаск Н. А., Целищева Л. Г. К видовому составу прямокрылых Уржумского района // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. первой обл. науч.-практ. конф. молодежи. Киров, 2006. С. 61–62.

Целищева Л. Г., Даровских Е. А. Изучение насекомых Медведского бора // Экологический мониторинг: научный и образовательный аспекты, Матер. Всерос. науч.-практ. конф. (г. Киров, 9-10 октября 2002), Киров, 2002. С. 50–51.

Юферев Г. И. Нашествие кузнечика-пластинокрыла в Кировской области // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сб. материалов IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в 2 частях. Ч. 1. Киров, 2011. С. 81.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ФАУНЫ СТРЕКОЗ (ODONATA) КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Окуловский¹, О. И. Кулакова², С. В. Пестов^{1, 2, 3}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Государственный природный заповедник «Нургуш», pestov@ib.komisc.ru*

Стрекозы относятся к числу наиболее заметных и известных пресноводных групп насекомых. Они занимают видное место в ландшафтах умеренной зоны Евразии и часто используются как индикаторы экологического состояния окружающей среды. Их чувствительность к качеству среды обитания делают стрекоз удобным объектом для использования при анализе изменений окружающей среды в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В настоящей работе мы попытались дать анализ фауны и оценить степень изученности стрекоз Кировской области. Начало изучения фауны стрекоз Кировской области было положено Л. К. Круликовским. На основании материалов, собранных в Малмыжском и Уржумском уездах бывшей Вятской губернии, он приводит список из 31 вида стрекоз (1907). В статье Ю. Колосова (1915) указывается для бывшей Вятской губернии 24 вида стрекоз, из которых 18 видов названы со ссылкой на Л. К. Круликовского и шесть видов приводятся впервые. Плановые сборы стрекоз проводились с 1923 по 1964 гг. в экспедициях студентов и преподавателей Вятского педагогического института под руководством А. Д. Фокина и обобщены в публикациях Э. К. Ле-

ви (1968, 1974). В материалах представленных Н. М. Алалыкиной и А. Юшин (2006) указывается восемь видов стрекоз с территории Оричевского района. В государственном природном заповеднике «Нургуш» отмечено 15 видов стрекоз (Лялина, 2005). В ходе исследования бентоса реки Кобра в Даровском районе отмечено шесть видов стрекоз (Ходырев, 2009).

На сегодняшний день в фауне Кировской области отмечено 49 вида стрекоз относящихся к 9 семействам. Наиболее крупными семействами являются Libellulidae (13 видов), Coenagrionidae (10) и Aeschnidae (9 видов). Остальные семейства Calopterygidae, Cordulegastridae, Corduliidae, Gomphidae, Lestidae, Platycnemidae представлены менее 6 видами.

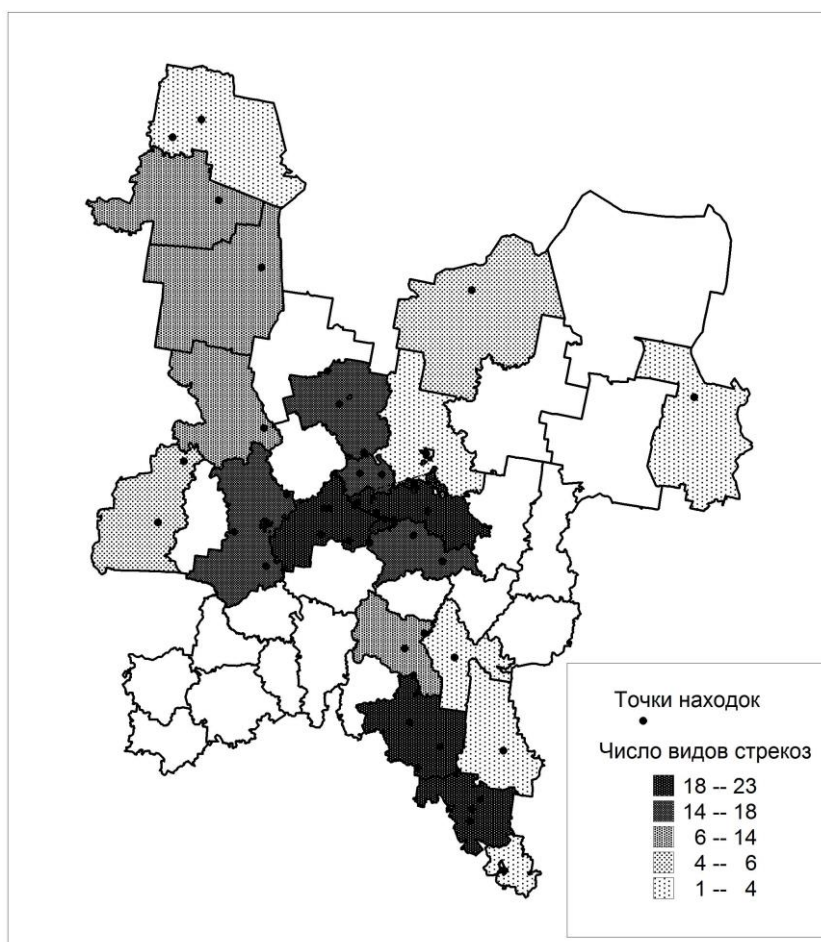


Рис. Интенсивность изученности фауны стрекоз Кировской области

Надо отметить, что фауна стрекоз Кировской области изучена не равномерно (рис.). Наибольшее число видов отмечено в Малмыжском (23 вида), Кирово-Чепецком (19) в Уржумском и Оричевском (по 18 видов) районах, близи крупных населенных пунктов. В половине районов Кировской области исследования видового разнообразия стрекоз не проводилось. Таким образом, говорить о полноте изученности фауны стрекоз Кировской области не приходится. Можно предположить, что большинство уже отмеченных видов также будет присутствовать на не исследуемой территории, однако также следует ожидать обнаружение новых видов и с соседних регионов.

Литература

Алалыкина Н. М., Юшин А. О состоянии наземной энтомофауны территории зоны влияния объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты: Сб. материалов Всерос. науч. школы. Киров. 2006. С. 82–86.

Колосов Ю. М. Энтомологические заметки. Нахождение в Вятской губернии *Gomphus flavipes* Charp. (Odonata, Gomphidae). // Записки Уральск, общества любителей естествознания. Т. XXXV. Вып. 8/10. Екатеринбург. 1915. С. 145–146.

Круликовский Л. К. Зоологические заметки. VI. Стрекозы Малмыжского и Уржумского уездов Вятской губернии. // Записки Уральского общества любителей естествознания Т. XXVI. Екатеринбург. 1907. 9 с.

Леви Э. К. К фауне стрекоз Кировской области // *Latvijas Entomologs*. Вып. 12. Рига, 1968. С. 77–84.

Леви Э. К. Отряд Odonoptera – Стрекозы // Животный мир Кировской области. Киров, 1974. Вып. II. С. 12-24.

Лялина Е. А. К фауне стрекоз заповедника «Нургуш» // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы XII молодеж. науч. конф. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2005. С. 135.

Ходырев Н. Н. Зообентос нижнего течения р. Кобра Даровского района Кировской области // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Лобань», 2009. Вып. VII. Ч. 2. С. 299–301.

ПОВРЕЖДЕНИЕ ЛИСТЬЕВ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИНОЙ (*TILIA CORDATA* L.) ЧЛЕНИСТОНОГИМИ В г. КИРОВЕ

В. В. Зиновьев¹, С. В. Пестов^{1, 2, 3}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Государственный природный заповедник «Нургуш», pestov@ib.komisc.ru

К наиболее разнообразной группе консументов первого порядка относятся насекомые фитофаги. Численность фитофагов напрямую зависит от состояния растений, на которых они питаются. В связи с этим, мониторинг вредителей может служить показателем качества среды, где произрастают растения, следовательно, фитофаги могут быть индикаторами состояния этих продуцентов. Зеленые городские насаждения играют большую роль в поглощении загрязняющих веществ, которые выделяют передвижные и стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха, тем самым существенно улучшая качество окружающей среды в населенных пунктах. Существует много факторов, влияющих на растения в черте крупных городов. Одним из таких факторов являются насекомые вредители. Численность и видовой состав вредителей в то же время зависит от условий среды их обитания.

Сбор материала проводился в соответствии с ранее принятой методикой (Пестов, 2008). Каждая выборка включала в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев). На территории горда Кирова в августе 2010 оценка поврежденных листьев березы, рябины, клена, липы и осины проведена в пяти участках 1) Парк им. С. М. Кирова, 2) Дендропарк 3) Сквер около перекрестка улиц

Воровского и Чапаева, 4) Заречный парк, 5) сл. Чижи (табл.). Было выявлено восемь типов повреждения липы зеленых насаждений в черте г. Киров (табл.). Наибольшее количество повреждений на лист отмечено в Дендропарке (1,18) и парке им. С. М. Кирова, а наименьшее, на участке Пересечения ул. Воровского и ул. Чапаева (0,35).

Наиболее значимой группой повреждений являются минеры. Они отмечены на всех участках, кроме участка в окрестностях сл. Чижи. Из минеров наиболее широко распространена липовая минирующая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963). Это широко расселившийся инвазивный вид молей-пестрянок, в настоящее время интенсивно распространяется в Европе (Ермолаев, Мотошкова, 2008; Ермолаев, Зорин, 2011). По типу наносимых повреждений и особенностям биологии липовая моль похожа на широко распространенный в тополевых посадках вид – тополевую моль-пестрянку нижнестороннюю (*L. populifoliella* Tr.). После зимовки бабочки липовой моли-пестрянки, так же как и бабочки тополевой моли, вылетают из убежищ в конце апреля – начале мая. Вылетевшие бабочки вначале некоторое время сидят на стволах деревьев, затем здесь же спариваются; при этом они предпочитают неосвещенную сторону дерева и перелетают по мере перемещения солнца в тень. Самки откладывают яйца на нижнюю поверхность полностью развившегося к этому времени листа липы. Средняя плодовитость самок составляет 18 яиц, но может колебаться от 8 до 38 шт. яиц (Беднова, Белов, 1999).

Таблица

Доля поврежденных листьев (в %) липы в г. Кирове (2015 г.)

Группа повреждений	Номер участка				
	1	2	3	4	5
Войлочный галловый клещик	37	–	5	8	42
Рожковый галловый клещик	13	–	–	–	10
Минеры	45	69	7	23	–
Грубое объедание	–	–	–	–	10
Скелетирование	1	4	–	–	–
Дырчатые погрызы	7	22	14	24	2
Краевые погрызы	11	23	9	9	12
Паутинные гнезда	–	–	–	–	16
Повреждений на лист	1,14	1,18	0,35	0,64	0,92

Второй по значимости группой вредителей липы в г. Кирове являются два вида галловых клещиков. Первый из них *Eriophyes tiliae* (Pagenstecher, 1857) образует характерные, сильно удлиненные галлы на верхней стороне листовой пластинки. Повреждения второго вида *Eriophyes leiosoma* (Nalera, 1892) представляют собой желтовато-белые войлочные на нижней стороне листа. Наиболее интенсивно галловые клещики повреждают листья в парке им. С. М. Кирова и сл. Чижи.

Сравнивая полученные данные, с данными исследования, проведенные в городе Киров в 2010 г. (Нестерова, Пестов, 2011), отмечено возрастание по-

вреждения листьев липы минерами и галлообразователями в 2015 г. Уровень повреждения листогрызущими насекомыми существенно не изменился.

Предметом более интенсивного изучения нами выбрана липовая моль-пестрянка. Для разработки мониторинга популяций этого вида необходимо получить информацию его о пространственном распределении. Было замечено (Ермолаев, Зорин, 2011), что самки последовательно выбирают сначала биотоп, затем растение хозяина, отдельный лист и только потом место на листе. Количество мин на листе положительно и достоверно связано с его площадью. Увеличение плотности заселения липы минером приводит к увеличению площади мины.

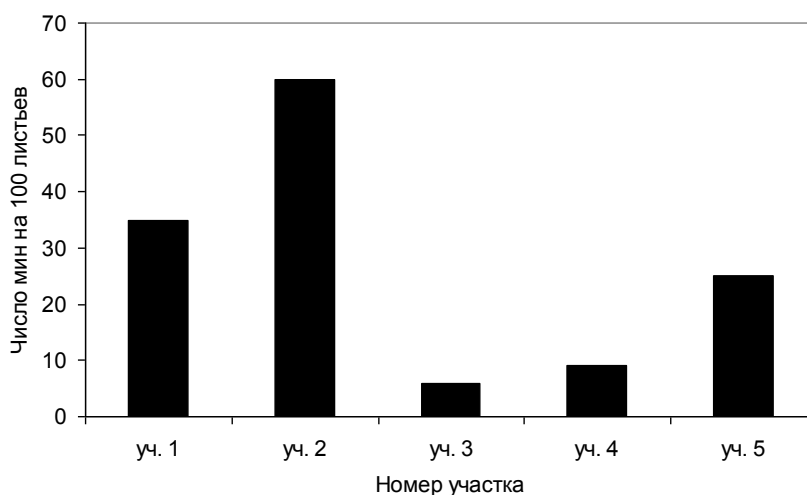


Рис. Плотность мин липовой моли-пестрянки на листьях липы в г. Кирове

Плотность мин липовой моли-пестрянки на листьях липы в г. Кирове варьирует в диапазонах значений от 5 до 61 мин на 100 листьев (рис.), что укладывается в диапазон варьирования этого показателя по данным исследований в липовых насаждениях Завьяловского лесничества в Республике Удмуртия – 3,8 до 128,5 мин на 100 листьев (Ермолаев, Зорин, 2011).

Литература

Беднова О. В., Белов Д. А. Липовая моль-пестрянка (Lepidoptera, Gracillariidae) в зеленых насаждениях Москвы и Подмосковья // Вестник МГУЛ. Лесной вестник, № 2. М.: МГУЛ, 1999. С. 172–177.

Ермолаев И. В., Зорин Д. А. Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии // Зоологический журнал, 2011, Т. 90. № 6. С. 717–723.

Ермолаев И. В., Мотошкова Н. В. Биологическая инвазия липовой моли-пестрянки *Lithocolletis issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae): особенности взаимоотношения минера с кормовым растением // Энтомологическое обозрение. 2008. Т. 87. № 1. С. 15–25.

Нестерова А. С., Пестов С. В. Оценка фитопатологического состояния листьев древесных растений в парковых насаждениях города Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы IV обл. науч.-практ. конф. Киров, 2011. С. 149–152.

Пестов С. В. Мониторинг фитопатологического состояния листьев деревьев и кустарников // Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий / Под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалькиной. Киров: О-Краткое, 2008. С. 228–241.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ДНЕВНЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA, DIURNA) ПОЛУОСТРОВА КАНИН

О. И. Кулакова, А. Г. Татарин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, iduna@rambler.ru

История изучения дневных чешуекрылых п-ова Канин насчитывает немногим более 100 лет. В 1902 г. в южной части п-ова Б. М. Житков (1904) собрал небольшую энтомологическую коллекцию, в которой были три вида дневных чешуекрылых. Летом 1903 г. на северном побережье попутные лепидоптерологические сборы проводил Б. Р. Поппиус (Poppius, 1906). Первые специальные исследования фауны и населения дневных чешуекрылых Канина провел И. Н. Болотов (2011), который в двух локалитетах обнаружил 28 видов из шести семейств. В 2014 г. авторы собирали материал на п-ове в полосе лесотундры и подзоне южной тундры, в результате фаунистический список *Diurna* был расширен до 44 видов (табл.).

Видовое разнообразие дневных чешуекрылых на п-ове Канин закономерно уменьшается в северном направлении. В полосе лесотундры количество видов в локальных фаунах колеблется в пределах 30–40, что в целом сопоставимо с уровнем видового богатства исследованных лесотундровых фаун Восточноевропейской Субарктики. В южной тундре п-ова данный показатель меньше почти в три раза, что соответствует уровню видового богатства дневных чешуекрылых в подзоне типичной (северной) тундры. Кроме того, канинская тундровая фауна отличается очень низкими показателями видовой плотности (количество видов на единицу площади) и численности видовых популяций *Diurna*. Одной из причин этого, безусловно, являются суровые условия климата. Исследователи неоднократно указывали на трудность сбора энтомологического материала на п-ове из-за экстремально неблагоприятных погодных условий в летний период. Но основной причиной низкого видового разнообразия дневных чешуекрылых на п-ове надо признать трансформацию природных сообществ и ландшафтов в ходе хозяйственной деятельности человека.

Антропогенными лимитирующими факторами численности дневных чешуекрылых в восточноевропейской тундре являются оленеводство, интенсивная эксплуатация гусеничной техники, изыскательские и геологоразведочные работы, прокладка трубопроводов, автомобильных дорог, коммерческий вылов бабочек. На п-ове Канин главной угрозой природным популяциям *Diurna* является т.н. «перевыпас» домашних северных оленей. Чрезмерная численность оленьих стад приводит к тому, что в период их летних кочевков (касланий) большинство естественных местообитаний дневных чешуекрылых в тундре оказывается фактически разрушенными из-за вытаптывания и объедания растительного покрова огромной массой животных.

Видовой состав локальных фаун дневных чешуекрылых п-ова Канин

Название вида	I	II	III	IV	V
<i>Papilio machaon</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	+	+
<i>Leptidea sinapis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	+++	+++
<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	++	+++
<i>P. rapae</i> (Linnaeus, 1758)	–	+	–	+++	+++
<i>Aporia crataegi</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	+	++	++
<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	+	++	+++
<i>Colias palaeno</i> (Linnaeus, 1761)	+	+	+	+++	+++
<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	+	+
<i>Callophrys rubi</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	++	+++
<i>Lycaena helle</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	–	–	–	+++	+++
<i>L. hippothoe</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	–	+
<i>Celastrina argiolus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	+
<i>Plebeius idas</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	+	++
<i>P. optilete</i> (Knoch, 1781)	+	+	+++	+++	+++
<i>Aricia artaxerxes</i> (Fabricius, 1793)	–	–	–	++	++
<i>A. eumedon</i> (Esper, [1780])	–	–	–	–	++
<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	–	+	+
<i>P. semiargus</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	–	+	++
<i>Speyeria aglaja</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	+
<i>Brenthis ino</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	–	–	++
<i>Boloria aquilonaris</i> (Stichel, 1908)	+	+++	+++	+++	+++
<i>Clossiana eunomia</i> (Esper, 1799)	–	–	++	+++	+++
<i>C. euphrosyne</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	+	++
<i>C. freija</i> (Thunberg, 1791)	++	–	++	+++	+++
<i>C. frigga</i> (Thunberg, 1791)	++	+	++	+++	+++
<i>C. selene</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	–	–	–	+	+++
<i>Nymphalis xanthomelas</i> (Esper, [1781])	+	–	–	–	+
<i>N. antiopa</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	+	++
<i>N. urticae</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	+	++
<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	+	+	+
<i>Araschnia levana</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	++	–
<i>Melitaea athalia</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	–	–	++
<i>Euphydrias maturna</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	+
<i>Coenonympha tullia</i> (Müller, 1764)	–	–	+	++	+++
<i>Erebia euryale</i> (Esper, [1805])	++	+++	–	+++	+++
<i>E. ligea</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	++
<i>E. disa</i> (Thunberg, 1791)	+	–	+++	+++	+++
<i>E. embla</i> (Thunberg, 1791)	–	–	–	–	++
<i>E. pandrose</i> (Borkhausen, 1788)	+++	+++	–	–	–
<i>Oeneis jutta</i> (Hübner, [1806])	–	–	–	+++	+++
<i>Oe. norna</i> (Thunberg, 1791)	–	–	–	+++	–
<i>Pyrgus centaureae</i> (Rambur, 1839)	–	–	–	++	++
<i>Carterocephalus palaemon</i> (Pallas, 1771)	–	–	–	++	+++
<i>C. silvicolus</i> (Meigen, 1829)	–	–	–	–	++
ВСЕГО ВИДОВ	11	8	12	32	41

Локалитеты: I – Канинский Камень, ср. теч. р. Месна, II – Шойна (Болотов, 2011), III – оз. Щучье, IV – Несь, оз. Феклистова (Болотов, 2011, сборы авт.), V – оз. Кабанова.

+++ – обычный вид, +++ – редкий вид, + – единичные находки вида.

Для поддержания и восстановления природных популяций *Diurna* требуется принятие специальных мер, первоочередной из которых является оптимизация численности оленьих стад. Следует уделять внимание сохранению типичной среды обитания, реконструкции исчезнувших биотопов дневных чешуекрылых, вести постоянный контроль состояния численности популяций редких и исчезающих видов. Одним из наиболее действенных методов сохранения видового разнообразия является сохранение природных популяций на ООПТ. В настоящее время на п-ове функционирует только один заказник «Шоинский».

Литература

Болотов И. Н. Фауна и экология булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) полуострова Канин и острова Колгуев // Зоол. журн. 2011. Т. 91. № 11. С. 1365–1373.

Житков Б. М. Отчеты экспедиции императорского Русского географического общества на Канин п-ов в 1902 г. // Записки императорского Русс. Географ. об-ва по общей географии. 1904. Т. 61. № 1. 170 с.

Poppius V. Beitrage zur Kenntniss der LepidoptereFauna der Halbinsel Kanin // Acta Societatis Pro Fauna et Flora Fennica. 1906. В. 28. № 3. S. 1–11.

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ НАСЕКОМЫХ-ДЕНДРОБИОНТОВ В ОНТОГЕНЕЗЕ *PINUS SYLVESTRIS* L.

Н. В. Турмухаметова

Марийский государственный университет, bonid@mail.ru

Целью работы является изучение разнообразия насекомых-консортов разновозрастных деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Исследование проводили в 2011–2014 гг. в республике Марий Эл на территории Моркинского района (4 местообитания) и окрестностях г. Йошкар-Олы (3 местообитания). Изучали особи сосны обыкновенной различного биологического возраста. Виргинильные растения (v) *P. sylvestris* представляют одноствольные деревья с активно формирующейся кроной. Виргинильные особи первой подгруппы (v₁) имеют широко веретеновидную крону до самого основания земли. Нижняя часть ствола почти не очищена от нижних ветвей и покрыта перидермой. Семеношение *P. sylvestris* в молодом генеративном онтогенетическом состоянии (g₁) необильное и нерегулярное. Деревья отличаются правильной островершинной конической кроной. От ее основания и до верхушки хорошо прослеживается главная ось (Жукова и др., 2013). Насекомых собирали вручную, методами стряхивания, использования стволовых и почвенных ловушек в пристволовой части дерева (Цуриков, 2004). По харак-

терным повреждениям вегетативных и генеративных структур деревьев определяли некоторых насекомых-фитофагов (Гусев, 1984). Материал был собран с 220 деревьев.

В ходе исследования выявлено 69 видов насекомых-дендробионтов, связанных с насаждениями сосны обыкновенной трофическими, топическими и фензивными связями. Разнообразие насекомых-фитофагов в кронах изученных насаждений *P. sylvestris* составляет 40 видов. Среди фитоконсортов доминируют представители жуков (59 %): Curculionidae, Scolytidae, Scarabaeidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Elateridae, Buprestidae, Tenebrionidae. Среди клопов были найдены виды семейств Coreidae, Lygaeidae, Aradidae, Pentatomidae, среди чешуекрылых – Geometridae, Noctuidae, Sphingidae, Piralididae, Tortricidae, Orgyidae. В кронах *P. sylvestris* встречаются 10 видов всеядных насекомых, например, *Pyrrhocoris apterus* L., *Palomena prasina* L., *Harpalus latus* L., *Amara* sp., *Lacon murinus* L., *Formica rufa* L. Второй концентр образуют 15 видов хищных насекомых, питающихся фитофагами. Это представители семейств Nabidae, Carabidae, Coccinellidae, Silphidae, Ichneumonidae.

В изученных насаждениях *P. sylvestris* преобладающими трофическими группами являются хвоегрызы, короеды и ксилофаги. Также встречаются сосущие хвою насекомые, галлообразователи, конофаги и семяеды, эккрисотрофы, ризофаги и сапрофаги. Соотношение трофических групп насекомых на деревьях разного биологического возраста и в разнообразных биотопах отличается ($P < 0,01$). Среди растительноядных насекомых консорции подростка сосны обыкновенной доминируют хвоегрызы, однако не обнаружены конофаги и галлообразователи. В консорции взрослых деревьев преобладают конофаги, эккрисотрофы, короеды и ксилофаги. Многие фитофаги в качестве источника питания используют несколько морфологических структур *P. sylvestris*. Среди фитофагов преобладают виды с широким спектром питания – полифаги (58%), монофагами (33%) являются некоторые опасные вредители *P. sylvestris*, олигофагами (9%) – насекомые, питающиеся и на других хвойных деревьях.

Первостепенными вредителями сосны обыкновенной является 55% фитофагов, многие из которых являются моно- или олигофагами. На *P. sylvestris* обнаружены такие опасные с лесохозяйственных позиций фитофаги как большой сосновый долгоносик (*Hylobius abietis* L.), скосарь малый черный (*Otiorhynchus ovatus* L.), синий сосновый долгоносик (*Magdalis frontalis* Gyll), точечная смолевка (*Pissodes notatus* L.), большой сосновый лубоед (*Blastophagus piniperda* L.), черный сосновый усач (*Monochamus galloprovincialis* Oliv), побеговьюн-смолевщик (*Evetria resinella* L.), сосновая пяденица (*Bupalus piniaria* L.) и другие. Второстепенные вредители встречаются в незначительных количествах, например, скосарь шершавый (*Otiorhynchus scaber* L.), черноватый скосарь (*Otiorhynchus tristis* Scopoli), долгоносик серый (*Tanumecus palliatus* F.) и другие; всего 30% видов из фитофагов. Факультативные вредители занимают 15%, к которым относятся, например, *Lygus* sp., *Harpalus latus* L.,

H. rufipes Deg. Однако обилие большинства фитофагов на деревьях сосны обыкновенной является редким, степень повреждения различных органов *P. sylvestris* – слабой (Песенко, 1982; Научно-техническая ..., 2004).

На виргинильных деревьях *P. sylvestris* было зафиксировано значительное обилие хруща июньского (*Amphimallon solstitialis* L.) – 5 баллов по шкале, на генеративных – среднее (3 балла). Личинки этого вида насекомого повреждают корни молодых особей *P. sylvestris*, имаго грызут хвою (Васильев, 1987). На генеративных деревьях в двух фитоценозах Моркинского района зафиксированы действующие очаги соснового подкорного клопа (*Aradus cinnamomeus* Panz.) со средней плотностью заселения.

При сравнении таксономического разнообразия дендробионтов в различных насаждениях *P. sylvestris* было обнаружено немного одинаковых видов: индекс Чекановского-Сьеренсена составляет 0,32–0,40; однако списки консортов на деревьях *P. sylvestris* одного биологического возраста более схожи ($C_s=0,55-0,56$). Разнообразие насекомых-дендробионтов на разновозрастных особях сосны обыкновенной может быть обусловлено анатомо-морфологическими особенностями растения определенного онтогенетического состояния, спецификой прохождения различных этапов онтогенеза фитофагом, цикличностью развития популяции насекомого. У генеративных деревьев *P. sylvestris* возрастает толщина кутикулы и оболочек клеток механической ткани. Эти различия могут способствовать привлечению на молодые деревья большего количества насекомых с грызущим ротовым аппаратом. Прохождение различных этапов онтогенеза некоторых хвоегрызов (Curculionidae, Scarabaeidae) сопряжено с подростом сосны обыкновенной. Их личинки живут в почве и питаются корнями молодых деревьев (Аверкиев, 1973).

Таким образом, в изученных насаждениях *Pinus sylvestris* L. выявлено 69 видов Insecta, являющихся фито-, зоо- и пантофагами. Доминирующими по видовому разнообразию отрядом является Coleoptera. Таксономическое разнообразие насекомых и их относительное обилие на деревьях сосны обыкновенной одного биологического возраста в различных местообитаниях более схоже. Выбор кормового ресурса насекомыми-фитофагами и распределение хищных насекомых зависит от онтогенетических особенностей детерминанта консорции. В консорции *P. sylvestris* преобладают полифаги. Среди фитофагов сосны обыкновенной обнаружены опасные с лесохозяйственных позиций насекомые. Учет онтогенетического состояния детерминанта консорции и анализ формирования различных типов покровной ткани способствует прогнозированию этапов заселения и повреждения деревьев насекомыми-фитофагами. Для подробной характеристики консорции необходима организация длительного мониторинга состояния древесных насаждений и состава их консортов с использованием популяционно-онтогенетического подхода.

Литература

Аверкиев И. С. Атлас вреднейших насекомых леса. М.: Лесн. пр-ть, 1973. 128 с.

Васильев В. П. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: В 3-х т. / Под общ. ред. В. П. Васильева. Т. 1. Вредные нематоды, моллюски, членистоногие / Под ред. В. Г. Долина. К.: Урожай, 1987. 440 с.

Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная пром-ть, 1984. 472 с.

Жукова Л. А., Нотов А. А., Турмухаметова Н. В., Тетерин И. С. Онтогенез сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Онтогенетический атлас растений: Науч. издание. Т. 7. / Под. ред. Л. А. Жукова. Йошкар-Ола: МарГУ, 2013. С. 26–65.

Научно-техническая информация в лесном хозяйстве. Вып. 10. Минск, 2004. 59 с.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

Цуриков М. Н. Гуманные методы исследования беспозвоночных // Запов. справа в Україні. 2004. Т. 9. Вып. 2. С. 52–57.

МОНИТОРИНГ РЕДКИХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ» В 2014–2015 гг.

Л. Г. Целищева

*Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru*

Мониторинг состояния популяций и изучение экологии редких видов животных – это приоритетное направление научных исследований на особо охраняемых природных территориях федерального значения (Научные..., 2015).

В настоящее время на территории заповедника «Нургуш» и его охранной зоны встречено 25 видов насекомых, занесённых в Красную книгу Кировской области (2014), из них в Красную книгу Российской Федерации (2001) включено 5 видов. Из приложений к этим Красным книгам отмечено 16 видов насекомых (Целищева и др., 2015).

Большое разнообразие редких и подлежащих охране видов на участке «Нургуш» обусловлено наличием старовозрастных широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, сосняков, луговых сообществ в пойме крупной реки Вятки, здесь найдены все 25 «краснокнижных» видов (20 – в заповеднике и 12 – в охранной зоне), а из приложений встречено 15 видов. На участке «Тулашор», где произрастают среднетаёжные леса, известно об обитании двух видов из Красной книги Кировской области и семи – из приложений (табл.).

Данные о встречах редких насекомых на территории заповедника «Нургуш» и его охранной зоны за последние два года приведены в таблице.

Ежегодно сведения о находках редких видов включаются в Летопись природы заповедника. Из приведённых выше семи видов насекомых, занесённых в Красную книгу, высокое обилие имеют бомбардир черноусый (*B. nigricornis*) на участке «Нургуш» и шмель спорадичный (*B. sporadicus*) на участке «Тулашор», у остальных пяти видов встречено по одному экземпляру. Из приложений к Красным книгам в заповеднике стабильные популяции

имеют северный лесной муравей (*F. aquilonia*), малый лесной муравей (*F. polystena*) и махаон (*P. machaon*), а на участке «Нургуш» ещё и ранатра палочковидная (*R. linearis*); встречи других – единичны.

Таблица

Встречи редких видов насекомых, занесённых в Красные книги Российской Федерации (2001) и Кировской области (2014) и их приложения, на территории заповедника «Нургуш» и его охранный зоны в 2014-2015 гг.

№	Вид	Статус		Место встречи			
		К К Р Ф ¹	К К О ²	Участок «Нургуш»		Участок «Тулатор»	
				Заповедник	Охранный зона	Заповедник	Охранный зона
1	Цикада горная – <i>Cicadetta montana</i> (Scopoli, 1772)		III	- ³	2015	-	-
2	Жужелица Менетрие – <i>Carabus menetriesi</i> Hummel, 1827	2	III	2014	+ ⁴	-	-
3	Бомбардир черноусый – <i>Brachinus nigricornis</i> Gebler, 1829		III	2014, 2015	2015	-	-
4	Бронзовка мраморная – <i>Liocola marmorata</i> (Fabricius, 1792)		III	+	+	-	2015
5	Бронзовка сомнительная – <i>Potosia fieberi</i> (Kraatz, 1880)		III	2015	-	-	-
6	Толстяк ивовый – <i>Lamia textor</i> (Linnaeus, 1758)		III	2014	+	-	-
7	Шмель спорадичный – <i>Bombus sporadicus</i> Nylander, 1848		II	+	+	2014, 2015	2014, 2015
Приложения							
8	Ранатра палочковидная – <i>Ranatra linearis</i> (Linnaeus, 1758)		2	+	2015	-	-
9	Жужелица золотистоямчатая – <i>Carabus clatratus</i> Linnaeus, 1761		2	2014	-	-	-
10	Шмель Шренка – <i>Bombus schrencki</i> Morawitz, 1881	3		+	+	-	2014
11	Северный лесной муравей – <i>Formica aquilonia</i> Yarrow, 1955		2	2014, 2015	2014, 2015	-	2014, 2015
12	Малый лесной муравей – <i>Formica polystena</i> Foerster, 1850		2	-	2014, 2015	-	2014, 2015
13	Медведица-госпожа – <i>Callimorpha dominula</i> (Linnaeus, 1758)		2	-	2015	-	-
14	Махаон – <i>Papilio machaon</i> L.	3		2014, 2015	2014, 2015	+	2014, 2015

¹ – ККРФ – Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

² – КККО – Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

– ³ – вид не был обнаружен; ⁴ – вид встречался до 2014 г.

Большое внимание в заповеднике уделяется мониторинговым исследованиям редких насекомых на постоянных маршрутах. На участке «Нургуш» с 2014 года на маршруте «р. Прость – кордон» выполняется учёт численности пчелы мегахилы атласной (*Megachile bombycina* Rad.), мухи-журчалки шершневидки (*Spilomyia maxima* Sack), бронзовки мраморной (*Liocola marmorata* (F.)), в охранной зоне в молодых сосняках в урочище «Окуньки» такие же мероприятия осуществляются для апполона (*Parnassius apollo* L.). В ходе мониторинга 2014–2015 гг. данные виды не были обнаружены. Ксилосапробионтные насекомые, по-видимому, задержали свое развитие на преимагинальных стадиях, особенно в связи с прохладным и дождливым летом 2015 года. Апполон, вероятно, летал очень кратковременно в период между дождями, поэтому не был встречен в период учёта.

Мониторинг рыжих лесных муравьёв ежегодно с 2008 г. ведётся на участке «Нургуш». Обследуются два крупных поселения северного лесного муравья (*Formica aquilonia* Yar.) на территории заповедника и в охранной зоне, в каждом из которых более 125 гнёзд. В 2014–2015 гг. состояние всех обнаруженных муравейников было удовлетворительным. Биотехнические мероприятия по огораживанию муравейников на научно-техническом совете заповедника было решено не проводить. Было отмечено, что муравьи негативно реагируют на затенение купола перекладами и обычно переселяются на новое место.

Таким образом, количество зафиксированных в 2014–2015 гг. на территории заповедника «Нургуш» особей видов-«краснокнижников» невелико, что, по-видимому, отражает как трудности обнаружения в природе имаго многих видов, так и колебания их численности на исследуемой территории. Заповедный режим территории является гарантией сохранности этих видов в будущем.

Литература

Красная книга Российской Федерации. Т. 1. Животные / Под ред. В. Н. Данилова-Данильяна. М.: Астрель, 2001. 862 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Научные исследования редких видов растений и животных в заповедниках и национальных парках Российской Федерации за 2005–2014 гг. / Отв. ред. Д. М. Очагов. Вып. 4. М.: ВНИИ Экология, 2015. 566 с.

Целищева Л. Г., Тарасова Е. М., Лачоха Е. П., Кондрухова С. В., Пестов С. В., Рябов В. М., Шубин С. Е. Редкие виды растений, грибов и животных заповедника «Нургуш» // Тр. государ. природ. заповедника «Нургуш». Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2015. Т. 3. С. 152–166.

БУЛАВОУСЫЕ ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ (LEPIDOPTERA: RHOPALOCERA) ПОДЗОНЫ ЮЖНОЙ ТАЙГИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Мазеева¹, О. И. Кулакова²

¹ Вятский государственный университет, mazeevaal@yandex.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, iduna@rambler.ru

История изучения булавоусых чешуекрылых (Rhopalocera) на территории современной Кировской области насчитывает более ста лет (Чарушина, 1974). Тем не менее, данная территория в лепидоптерологическом отношении изучена крайне неравномерно. Кроме того, часть видов известна для области по сборам прошлого века, не подтвержденные современными находками.

Исследования проводились в подзоне южной тайги Кировской области в период 2014–2015 гг. Сборы осуществлялись методом последовательного безвыборочного вылова видов в различных биотопах с помощью энтомологического сачка.

Подзона южной тайги занимает большую часть изучаемой области. Леса этой подзоны состоят из ельников-зеленомошников и сосновых боров. В подлеске распространены кустарники: рябина, шиповник, жимолость. Травянистые растения и зелёные мхи составляют почвенный покров (Пересторонина, 2015).

Фауна булавоусых чешуекрылых южной тайги Кировской области насчитывает 116 видов из 58 родов, шести семейств. Преобладает сем. Нимфалиды (Nymphalidae), представленное 37 видами из 14 родов. Несколько уступает им сем. Голубянки (Lycaenidae), представленное 31 видом из 14 родов. Семейство Бархатницы (Satyridae) в подзоне насчитывает 20 видов из 12 родов. Остальные семейства (Pieridae, Hesperidae, Papilionidae) менее многочисленны (пятнадцать, девять и четыре вида соответственно).

В изученных местообитаниях было выявлено 65 видов булавоусых чешуекрылых, что составило 57% видового разнообразия подзоны южной тайги, известного по совокупности наших и литературных данных (Чарушина, 1971, 1974; Решетников, 2001) и соответственно 50% видового разнообразия области (Чарушина, 1974; Решетников, 2001; Юферев, 2004). Большинство не выявленных нами видов являются для области редкими или очень редкими, а некоторые отмечены в южной тайге в единственном экземпляре и могут являться мигрантами.

Зональным типом растительности южной тайги являются различные типы ельников. В них булавоусые чешуекрылые немногочисленны и встречаются преимущественно в различных «окнах», на опушках, лесных дорогах, тропях, просеках (в том числе антропогенного характера), по берегам водоемов. Так, среди придорожной растительности встречаются *Argynnis paphia*, *Nymphalis urticae*, *Araschnia levana*, *Nymphalis io*, под ЛЭП – *Argynnis niobe*, *Hyponphele lycaon*, *Thymelicus lineola*. На опушках изредка можно встретить *Pararge aegeria*, *Nymphalis antiopa*.

В сосновых лесах булавоусые чешуекрылые также встречаются не слишком часто. На опушках сосняков попадаетея *Plebejus idas*, *Celastrina argiolus*, среди придорожной растительности – *Plebejus idas*, *Leptidea sinapis*, *Thymelicus lineola*, *Celastrina argiolus*, *Araschnia levana*, иногда, вблизи населенных пунктов – *Pieris napi*. Под ЛЭП – *Plebejus argus*, *Plebejus idas*, *Pieris rapae*, *Lycaena virgaureae*, *Polyommatus semiargus*

Основным местообитанием булавоусых чешуекрылых являются различные типы лугов. На них встречаются 35 видов из шести семейств, то есть 53,8% обнаруженных видов. Наиболее разнообразны в луговых сообществах Нимфалиды (Nymphalidae), представленные девятью видами из пяти родов, и Голубянки (Lycaenidae), также насчитывающие на лугах различных типов девять видов (из шести родов). Шесть видов Белянок (Pieridae) принадлежит к пяти родам. Семейства Бархатниц (Satyridae) и Толстоголовок (Hesperiidae) в луговых местообитаниях представлены пятью видами каждое (из четырех и пяти родов соответственно). Самым малочисленным в данном типе местообитаний является в целом малочисленное в южной тайге Кировской области семейство Парусники (Papilionidae), представленное одним видом (*Papilio machaon*).

Меньше всего видовой состав *Rhopalocera* на осоково-разнотравных лугах (одна особь *Aphantopus hyperantus*). Данный вид встречался и во всех других типах луговых местообитания.

На лугах всех остальных ниже перечисленных типов отмечались *Pieris rapae*, *P. napi*, *Gonopteryx rhamni*, *Lycaena virgaureae*, *Polyommatus semiargus*, *Nymphalis io*, *Hyponephele lycaon*, *Thymelicus lineola*.

Злаковые луга, растительность которых весьма однообразна, тоже сравнительно бедны булавоусыми чешуекрылыми. Здесь встречаются порядка 14 видов из 11 родов, пяти семейств, причем практически половину видов составляли представители семейств Satyridae и Hesperidae, личинки которых трофически связаны со злаками. Несколько многочисленней *Rhopalocera* разнотравных лугов, где они представлены 18 видами из 14 родов, шести семейств.

Значительно выше видовое разнообразие *Rhopalocera* разнотравно-злаковых и злаково-разнотравных лугов, что обусловлено большим разнообразием растительности и наличием большого количества цветущих растений. Так, на разнотравно-злаковых лугах было обнаружено 25 видов из 20 родов, шести семейств. В этих сообществах присутствовали, как виды, характерные для злаковых лугов, такие как *Maniola jurtina*, *Clossiana dia*; так и встречающиеся на разнотравных, в том числе *Papilio machaon*, *Leptidea sinapis*, *Polyommatus icarus*, виды рода *Plebejus*, *Argynnis aglaja*, *Coenonympha glycerion*.

Видовое разнообразие злаково-разнотравных составило 27 видов из 19 родов, пяти семейств. Здесь также встречаются виды и характерные для разнотравья, и населяющие преимущественно злаковые луга. Только для злаково-разнотравных сообществ характерны такие виды как *Celastrina argiolus*,

Argynnis niobe, *Melitaea didyma*, *Coenonympha pamphilus*, *Ochlodes sylvanus*, а также впервые отмеченная для области *Colias croceus*, вероятно являющаяся мигрантом из более южных регионов.

В агроценозах наиболее часто встречаются чешуекрылые рода *Pieris*: *P. napi*, *P. rapae*, реже *P. brassicae* и рода *Nymphalis*: *N. urticae*, *N. io*. Также достаточно часто, особенно весной и в начале лета летает *Gonopteryx rhamni*. В годы массового лёта (2012, 2013) в агроценозах многочисленна *Aporia crataegi*. Изредка здесь можно встретить *Polygonia c-album*, *Araschnia levana*, *Nymphalis antiopa*, *Vanessa atalanta*.

В разные годы в г. Кирове наблюдались единичные особи *Iphiclides podalirius*, *Anthocharis cardamines*, *Limenitis populi*, *Vanessa cardui*. В июле 2015 г. в п. Медведок Нолинского р-на был встречен *Parnassius apollo*, а в августе 2015 г. в пгт. Кумены *Thecla betulae*.

Булавоусые чешуекрылые южной тайги на личиночной стадии трофически связаны с растениями более 20 семейств Покрытосеменных (Татаринов, 1999, Матвеев, 2007). Наиболее многочисленной трофической группой в южной тайге являются узкие олигофаги (45,7%), к которым относятся виды, питающиеся растениями одного семейства (Татаринов, 2009). Монофаги и полифаги менее многочисленны (24,1% и 29,3% соответственно). Широкие олигофаги представлены 1 видом – *Melitaea britomartis* (0,9%). Наибольшую роль в питании *Rhopaloscega* играют виды сем. Злаков (Poaceae) и Бобовых (Fabaceae), исключительно представителями каждого, из которых питаются 18 видов.

Большая часть (73,3%) булавоусых чешуекрылых южной тайги питается на травянистых растениях, то есть является хортофагами (Татаринов, 2009). Группы, питающиеся на кустарниках, кустарничках и деревьях, а также совмещающие питание растениями различных жизненных форм представлены не более 10% каждая (рис.).

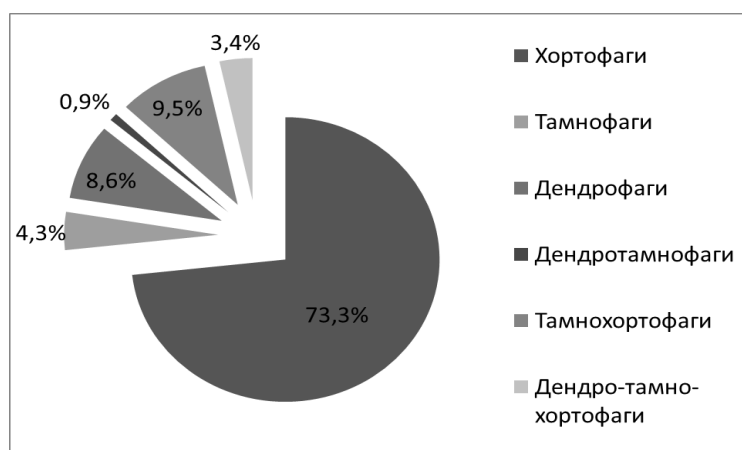


Рис. Соотношение групп булавоусых чешуекрылых южной тайги по приуроченности к жизненным формам растений

В фауне южной тайги преобладают виды, развивающиеся в одном поколении. У большинства (50%) булавоусых чешуекрылых зимует личинка того

или иного возраста. Значительно меньше *Rhopaloscaga* впадают в диапаузу на стадии куколки (14%), имаго (8,8%), яйца (8,7%). Согласно литературным данным (Матвеев, 2007), некоторые виды могут зимовать в разных стадиях (Пр. взрослых гусениц или куколок). Для части видов сведений о зимующей стадии в изученной литературе не приводится (12,3%).

Литература

- Матвеев В. А., Бекмансуров М. В. Животный мир Республики Марий Эл. Ч. 3. Беспозвоночные (Чешуекрылые, дневные бабочки): научное издание. Йошкар-Ола, 2007. 94 с.
- Пересторонина О. Н., Савиных Н. П. Растительный покров // География Кировской области. Атлас-книга. Киров: «Кир. обл. тип.», 2015. С. 42–43.
- Решетников С. П. Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Дополнение. Т.5. Киров: Изд-во ВГПУ, 2001. С. 183–186.
- Татаринов А. Г., Долгин М. М. Фауна европейского Северо-Востока России. Т. 7. Ч. 1. Булавоусые чешуекрылые. СПб.: Наука, 1999. 183 с.
- Татаринов А. Г., Кулакова О. И. Обзор трофических связей (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperidoidea) европейского северо-востока России // Труды Коми научного центра УрО Российской АН. Сыктывкар, 2009. С. 66–81.
- Чарушина А. Н. Насекомоядные, грызуны, их эктопаразиты и булавоусые чешуекрылые основных ландшафтов Кировской области: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1971. 195 с.
- Чарушина А. Н., Шернин А. И. Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Т. 2. Киров, 1974. С. 351–477.
- Юферев Г. И. Энтомофауна Кировской области. Новые материалы Киров: «Триада плюс», 2004. 23 с.

ФАУНА ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ – ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ХОЗЯЕВ ЛИЧИНОК ТРЕМАТОД

С. А. Ермолина

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
sweta_ermolina@mail.ru*

Экологическая роль представителей малакофауны в экосистемах достаточно многообразна. Так, моллюски – не только важный компонент гидробиоценозов, участвующий в фильтрации воды, регуляции биопродуктивности водоемов, но и ценный пищевой ресурс для рыб, птиц, амфибий и других животных (Игнаткин, 2007). Кроме этого, представители малакофауны являются эволюционно обусловленным облигатным звеном в циклах развития широкого спектра гельминтов, в первую очередь, трематод. Поэтому водоемы, населенные моллюсками, представляют потенциальную опасность для животных и человека. Зараженность моллюсков гельминтами может служить важным показателем уровня биологической опасности водных объектов разного назначения, то есть служат удобными объектами мониторинговых и биоиндикационных исследований. Среди последних первостепенное значение имеют моллюски рода *Lymnaea*, являющиеся как первым промежуточным хозяином для многих видов трематод на стадии развития партенит и личинок гер-

мафродитного поколения трематод – марит (церкарий), так и дополнительным (метацеркарным) для некоторых видов (Гранович, 2003, Догель, 1981).

Цель наших исследований – изучить видовое разнообразие и степень зараженности личинками трематод моллюсков в водоемах, расположенных в окрестностях г. Кирова (р. Сандаловка – территория заречного парка; озеро поселка Костино; р. Хлыновка – запруженная часть) и в п. Суна Кировской области (три пруда, представляющие собой каскад).

В качестве материала использовались собственные сборы моллюсков, общее количество составило 704 особи. Для определения плотности моллюсков (экз./м²) применялся метод площадок (Жадин, 1960). Паразитологические исследования проводились компрессионным методом, т.е. моллюсков вскрывали, отделяли 2-3 первых оборота раковины, извлекалась пищеварительная железа, которая помещалась между компрессионными стеклами, слегка раздавливалась и микроскопировалась под световым стереоскопическим микроскопом.

В результате исследования водоемов в п. Суна выявлено четыре вида брюхоногих моллюсков: обыкновенный прудовик (*Limnaea stagnalis*), ушковый прудовик, битиния личи (*Bithynia leachi*) и роговая катушка (*Planorbarius corneus*) (рис.). В количественном отношении преобладает прудовик обыкновенный – 69,3%, причем в третьем водохранилище его было собрано в 2 раза больше, чем в первом (200 и 102 особи, соответственно). Ушковый встречается только в 1 и 2 пруду, во втором почти на 50% меньше. В незначительном количестве представлена роговая катушка и бития личи. В третьем водоеме были обнаружены только 2 вида гастропод – это прудовик обыкновенный и роговая катушка, причем у последней были обнаружены только пустые раковины на протяжении двух лет. В исследуемых водоемах вблизи г. Кирова отмечается появление еще одного представителя брюхоногих - живородки речной (*Viviparus contectus*).

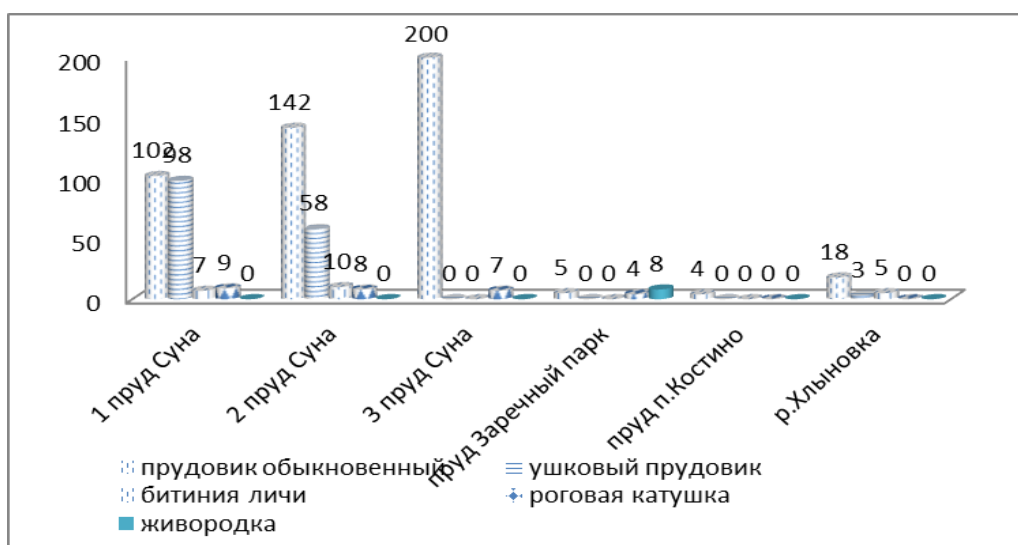


Рис. Видовой состав малакофауны в водоемах п. Суна и окрестностях г. Кирова

Анализируя данные, можно отметить зависимость в распределении плотности малакофауны от площади водоемов, расположенных в п. Суна. Наибольшая плотность характерна для третьего, самого маленького по площади водного зеркала – 3,3 экз./м². Вероятно, это еще может быть связано и с большой степенью его зарастания. Для водоемов окрестностей г. Кирова зависимости плотности распределения моллюсков от их размеров не выявлено. В р. Хлыновка этот показатель составил 3,2 экз./м², что на 59% больше, чем в водоеме Заречного парка. Наименьшая плотность отмечена в п. Костино и составила 1 особь на площади 5 м². Возможно, это объясняется наличием поблизости предприятия ОАО «Птицефабрика «Костинская», которая оказывает негативное воздействие.

Для каждой особи устанавливалось наличие личинок паразита и рассчитывалась экстенсивность инвазии (ЭИ). Особенностью водовместилищ в п. Суна можно отметить тот факт, что из четырех обнаруженных видов моллюсков, исследованию были подвергнуты только два, т.к. у битинии личи и роговой катушки встретились только пустые раковины. Так, ЭИ в первом пруду составила 52%, а в третьем 76%, что вероятно связано с расположением их каскадом, движением личинок с потоком воды и накоплением паразита в нижележащем. В окрестностях г. Кирова этот показатель составил примерно 53% в реке Сандаловка и Хлыновка и 9,5% в п. Костино.

Анализируя полученные данные по зараженности малакофауны в исследуемых водоемах, можно сказать, что она, как правило, выше в более мелких по площади: 76% в пруду п. Суна (площадь составляет 7600 м²) и 9,5% в п. Костино (площадь – 37000 м²). Этот факт подтверждают и данные Т. А. Гинецинской (1968).

Изучая зараженность моллюсков по видовому составу, можно отметить следующий факт: в п. Суна наиболее зараженным оказался ушковый прудовик – 61,2%, несколько ниже этот показатель у прудовика обыкновенного – 58%. В окрестностях г. Кирова наибольший процент заражения наблюдается у живородки – 62,5% в водоеме Заречного парка.

Таким образом, в исследованных водоемах были обнаружены 5 видов брюхоногих моллюсков, наиболее значимым из них для распространения и поддержания видового разнообразия трематодофауны является обыкновенный прудовик (*Limnaea stagnalis*), на его долю приходится 69,3%.

Наибольшая плотность распределения характерна для третьего, самого маленького по площади водного зеркала – 3,3 экз./м² в п. Суна. Кроме этого, степень зараженности моллюсков личинками трематод на территории п. Суна выше, чем в водоемах окрестностей г. Кирова. Вероятно, это связано с тем, что в поселке на прилегающих территориях к водоемам производится свободный выпас скота.

Литература

Гинецинская Т. А. Трематоды, их жизненные циклы, биология и эволюция. Л.: Наука, 1968. 411 с.

Гранович А. И., Михайлова Н. А. Многолетняя динамика зараженности трематодами совместнообитающих популяций литторин: опыт двадцатилетнего анализа в модельной точке губы Чупа Белого моря. 2003. [электронный ресурс] Режим доступа. URL:<http://www.hydrobiology.spb.ru/lib/mbs/2003/mbs2003>.

Догель В. А. Зоология беспозвоночных: учебник для университетов. М.: Высш. школа, 1981. 606 с.

Игнаткин Д. С. Видовое разнообразие малакофауны и ее роль в формировании очагов трематодозной инвазии на территории Ульяновской области: Автореф дис. ... канд. биол. наук. 2007.

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ КАК ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ И ПАРАТЕНИЧЕСКИЕ ХОЗЯЕВА НЕМАТОД МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЭКОСИСТЕМАХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О. В. Масленникова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
olgamaslen@yandex.ru*

Роль дождевых червей в природных и антропогенных экосистемах неопределима. Перерабатывая растительные остатки, они увеличивают плодородие почвы. Особенно велика роль в этом процессе навозных червей рода *Eisenia*. Благодаря наличию известковых желез, протоки которых у дождевых червей открываются в пищевод, они способны к нейтрализации гумусовых кислот почвы. Дождевые черви способны снижать радиоактивность почв, улучшать структуру почв и насыщать ее кислородом. Они участвуют в пищевых цепях, служат объектом питания для многих зверей и птиц. В связи с этим многие паразитические черви, особенно нематоды, в ходе эволюции стали использовать дождевых червей в качестве промежуточных и резервуарных (паратенических) хозяев.

Цель нашего исследования – определить виды гельминтов млекопитающих, встречающихся в экосистемах Кировской области, жизненный цикл которых связан с дождевыми червями.

Исследования проводились с 1997 по 2015 гг. Методом полных гельминтологических вскрытий исследована гельминтофауна более 500 представителей хищных и всеядных млекопитающих. Проведены экспериментальные исследования по заражению дождевых червей инвазионными яйцами *Toxocara cati* и *Toxocara canis*.

По каждому из видов паразитических нематод дается следующая информация: 1) список хозяев, 2) локализация, 3) биология.

Выявлено 9 видов гельминтов, жизненный цикл которых сопряжен с дождевыми червями.

Capillaria putorii (Rudolphi, 1819). Хозяева: волк, куница лесная, норка американская, хорек лесной, горностай, ласка.

Локализация: желудок, тонкий отдел кишечника, печень, сердце.

По данным Т. С. Скарбилович (1945) заражение *C. putorii* дефинитивного хозяина происходит яйцами, прошедшими развитие во внешней среде. Однако если яйца этой нематоды заглатывает дождевой червь, то вылупившиеся личинки проникают в полость тела и при скармливании дождевых червей кунным инвазируют их. Т.С. Скарбилович считает дождевых червей резервуарными или паратеническими хозяевами этой нематоды.

Capillaria mucronata (Molin, 1958). Хозяева: лесная куница, норка американская, норка европейская, хорек лесной, лисица.

Локализация: мочевого пузыря, у лисицы – в печени.

Промежуточными хозяевами нематоды *C. mucronata* по данным Т. С. Скарбилович (1950), являются дождевые черви рода *Lumbricus rubellus* и *Lumbricus sp.*

Capillaria plica (Rudolphi, 1819) Хозяева: волк, лисица, кошка.

Локализация: мочевого пузыря.

Промежуточными хозяевами являются дождевые черви (*Lumbricus terrestris* и *L. rubellus*) (Петров, Боровкова 1942). Яйца из организма окончательного хозяина выделяются во внешнюю среду в предсегментационной стадии. Сроки созревания яиц во внешней среде при температуре 26–28 °С три недели. Развитие личинок до инвазионной стадии в промежуточном хозяине происходит в течение 1,5 месяцев. В окончательном хозяине черви становятся половозрелыми через 1,5–2 месяца после заражения.

Eucoleus aerophilus (Creplin, 1839). Хозяева: бурый медведь, волк, лисица, енотовидная собака, рысь, куница лесная.

Локализация: трахея, легкие, бронхи, сердце.

Промежуточными хозяевами, по данным А.М. Боровковой (1947), являются дождевые черви *Lumbricus terrestris*, *L. rubellus*, *Allobophora caliginosa*, *Bimastus tenuis*. Вид широко распространен на территории России и за рубежом у различных хищных млекопитающих. Вид опасен для человека. В России в последние годы зарегистрированы случаи заражения человека: локализация – трахея и легкие.

Metastrongylus elongatus (Dujardin 1846), *Metastrongylus pudendotectus* (Wostokow, 1905)

Хозяин: кабан, свинья

Локализация: мелкие бронхи задних долей легких.

Биология метастронгилюсов изучена А. И. Колеватовой (1981). Промежуточные хозяева этих нематод – различные виды дождевых червей: *Eisenia foetida* – навозный червь, *E. nordenskioldi* – эйзения Норденшельда, *E. rosca* – розовая эйзения, *Bimastus tenuis* – тонкий бимаст, *Lumbricus rubellus* – малый красный червь, *Octolasion lacteum* – молочный октолазий и *Allobophora caliginosa* – пашенный червь. Экспериментально заразились все 7 видов дождевых червей. Слабую интенсивность инвазии имели пашенный червь и розовая эйзения.

Toxascaris leonina (Linstow, 1902)

Хозяева: волк, лисица, енотовидная собака, домашняя собака.

Локализация: тонкий отдел кишечника.

Геогельминт. По данным японских исследователей (Okoshi, Usui, 1968) дождевые черви являются паратеническими хозяевами и служат для накопления инвазионных личинок и передачи их следующему хозяину.

Toxocara canis (Werner, 1782)

Хозяева: волк, лисица, рысь, собака.

Локализация: желудок, тонкий отдел кишечника.

Геогельминт. По исследованиям японских ученых Окоши и Ушуи (Okoshi, Usui, 1968), а также нашим экспериментальным работам (Масленникова и др., 2015; Ерофеева, Масленникова, 2015) дождевые черви *Eisenia fetida* способны накапливать в себе и передавать следующему хозяину инвазионные личинки *Toxocara canis*. Представляет большую опасность для человека, вызывая заболевание токсокароз. У человека возможна внутриутробная передача инвазионных личинок плоду.

Toxocara mystax (Zeder, 1800), синоним *Toxocara cati* (Schrank, 1788).

Хозяин: рысь, кошка.

Локализация: желудок, тонкий отдел кишечника.

Геогельминт. По данным японских исследователей (Okoshi, Usui, 1968) дождевые черви выступают в качестве паратенических хозяев. Согласно нашим экспериментальным работам (Масленникова, Ерофеева, 2015) они способны локализоваться в кишечнике дождевых червей, сохраняя жизнеспособность свыше 3 месяцев. Вид опасен для человека. Личинки токсокар вызывают у человека глазной и другие виды токсокароза.

В экосистемах Кировской области зарегистрировано 9 видов гельминтов, жизненный цикл которых связан с дождевыми червями: *Capillaria putorii*, *C. mucronata*, *C. plica*, *Eucoelus aerophilus*, *Metastrongylus elongatus*, *M. pudendotectus*, *Toxascaris leonina*, *Toxocara canis*, *T. mystax*. В жизненном цикле *Eucoelus aerophilus* человек выступает в качестве дефинитивного хозяина, а в жизненном цикле *Toxocara canis* и *T. mystax* в качестве паратенического.

Литература

Боровкова А. М. Цикл развития возбудителя томинксоза серебристо-черных лисиц, эпизоотология и профилактика этого заболевания // Тр. ГЕЛАН. 1947. Т. 2. С. 216–218.

Колеватова А. И. Дождевые черви как промежуточные хозяева и элиминаторы метастронгилюсов – возбудителей метастронгилеза кабанов // Вопросы охотоведения: Сб. науч. тр. КСХИ. Пермь, 1981. Т. 73. 49–58.

Масленникова О. В., Ерофеева В. В. Экспериментальное заражение дождевых червей *Eisenia fetida* инвазионными яйцами *Toxocara cati* [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5; URL: <http://www.science-education.ru/128-22485>.

Масленникова О. В., Ерофеева В. В., Береснева А. И., Аскарова А. Р. Роль дождевых червей в распространении токсокароза // Медицина и здравоохранение: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2015 г.). Казань: Бук, 2015. С. 15–17.

Петров А. М., Боровкова А. М. К изучению цикла развития *Capillaria plica* (Rud., 1819) – возбудителя глистного заболевания мочевого пузыря собак и лисиц // Докл. АН СССР. 1942. Т. 35 (5). С. 175–176.

Скарбилович Т. С. К изучению биологии *Capillaria mucronata* и эпизоотологии капилляриоза мочевого пузыря соболей и норок // Тр. ВИГИС. М.: Сельхозгиз, 1950. Т. IV. С. 27–33.

Скарбилович Т. С. Установление у *Capillaria putorii* (Rud. 1819) двух различных типов цикла развития // Докл. АН СССР. 1945 Т. 50. С. 553–554.

Okoshi S., Usui M. Experimental studies on *Toxascaris leonina* vi. Experimental infection of mice, chickens and earthworms with *Toxascaris leonina*, *Toxocara canis* and *Toxocara cati*. Jpn. J. Vet. Sci., 1968. 30. 151–166.

ПОЧВЕННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЕ ТЭЦ-5 (г. КИРОВ)

*А. А. Касьянова*¹, *А. А. Оносов*¹, *С. В. Пестов*^{1, 2, 3}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Государственный природный заповедник «Нургуш», pestov@ib.komisc.ru

Изучение почвенной фауны является актуальной темой, так как экологическая роль почвы как узла связей биосферы, где наиболее интенсивно идут все процессы обмена веществ между земной корой, гидросферой, атмосферой и обитающими на суше организмами, определяет необходимость специальной организации почвенного мониторинга как неотъемлемой части общего мониторинга окружающей среды.

По территории Кирова крупнейшим предприятием энергетики является ТЭЦ-5, которое находится на территории Ленинского района города Кирова. Ранее были получены данные по содержанию тяжёлых металлов и нефтепродуктов в почвах и растительности на территории вблизи ТЭЦ-5 (Петров и др, 2011). Для оценки влияния изменения окружающей среды и принятия решений по улучшению экологической ситуации необходимо исследовать почвенных беспозвоночных в зоне ТЭЦ-5.

Цель данной работы – определить состав и структуру комплексов беспозвоночных почвы в зоне воздействия ТЭЦ-5.

Сбор материала проводился в августе-сентябре 2016 года. Для учета почвообитающих беспозвоночных применяли метод учета беспозвоночных при помощи ловушек Барбера (Barber, 1931). Пробы были отобраны на двух участках: участок № 1 находится в 500 метрах от точки выброса ТЭЦ-5. Участок представляет собой разнотравный луг с повышенным увлажнением. На лугу встречались растения: мятлик луговой, ежа сборная, осока лисья, тысячелистник, бодяк полевой и др. Участок № 2 находится на расстоянии 3,3 км на юго-запад от точки выброса ТЭЦ-5 и расположен в 150 м от золоотвалов ТЭЦ-5. На выбранном лугу были встречены: мятлик полевой, мышиный горошек, пырей ползучий, на участке доминировал люпин. В каждом выбранном для исследования участке устанавливали по десять ловушек в линию через равномерные промежутки (3-5 м).

Выявленные группы педобионтов относятся к трем типам: колччатые черви, моллюски и членистоногие. Обилие почвенных беспозвоночных на участках вблизи ТЭЦ было выше, чем вблизи золоотвалов. Это связано с присутствием в этом биотопе мокриц *Oniscus asellus* (L.). Вблизи золоотвалов снижается численность раковинных моллюсков и прямокрылых. Значимо выше численность на золоотвалах отмечена для муравьев. Обилие других групп существенно не отличалась на двух исследованных участках (табл.)

Таблица

**Структура таксономических групп почвенной фауны
в зоне влияния ТЭЦ-5**

Таксон	21.08-02.09.15		5 02.09-13.09.15	
	Уч. № 1	Уч. № 2	Уч. № 1	Уч. № 2
Насекомые:				
Уховертки	–	–	0,1±0,1	–
Прямокрылые	0,9±0,55	0,13±0,13	0,1±0,1	–
Полужесткокрылые	1,0±0,70	1,0±0,57	0,4±0,31	0,2±0,13
Равнокрылые:	2,6±0,6	1,3±0,62	1,9±0,50	1,7±0,34
Жуки (в т. ч.):				
жужелицы	1,2±0,29	1,4±0,63	0,2±0,13	1,1±0,41
стафилины	1,0±0,33	0,7±0,32	1,5±0,73	1,1±0,38
мертвоеды	0,8±0,2	–	–	–
долгоносики	0,4±0,16	–	0,1±0,1	–
Листоеды	0,9±0,32	0,5±0,38	0,2±0,2	0,1±0,10
прочие жуки	1,1±0,38	2,8±2,34	4,6±1,4	6,2±1,76
Перепончатокрылые (в т. ч.):				
Муравьи	2,7±0,62	5,4±1,24	1,4±0,37	5,8±1,03
Наездники	0,4±0,16	0,9±0,48	0,5±0,27	0,5±0,34
Двукрылые	2,2±0,94	1,125±0,48	3,5±1,42	1,3±0,42
Многоножки (в т. ч.):				
двупарноногие	0,1±0,10	0,9±0,30	0,4±0,22	0,3±0,21
губоногие	0,6±0,34	–	0,4±0,22	–
Моллюски (в т. ч.):				
раковинные	1,3±0,42	0,4±0,26	2,0±0,73	0,5±0,22
безраковинные	0,9±0,35	1,5±1,50	1,5±0,31	1,7±1,04
Кольчатые черви (в т. ч.):				
люмбрициды	1,8±0,88	1,4±0,60	0,2±0,13	0,9±0,35
энхитрииды	0,3±0,21	2±0,82		±
Паукообразные (в т. ч.):				
пауки	2,7±0,62	4,0±1,12	5,6±1,09	3,4±0,88
сенокосцы	3,9±0,77	2,5±0,87	10,3±1,93	13,7±4,35
клещи	0,1±0,1	1,25±0,84	1,0±0,49	0,7±0,40
Мокрицы	22,5±4,43	–	45,2±7,14	–
Всего	49,4	29,2	81,0	39,2

Исходя из приведенных данных можно заключить, что наиболее негативное воздействие испытывает почвенная биота на участке около золоотвалов. Участок вблизи точки аэротехногенных выбросов находится с подветренной стороны согласно розе ветров (Леса..., 2008) в окрестностях г. Киро-

ва. Большинство групп почвенных беспозвоночных отмечена временная динамика изменения численности. Установлено, что наиболее информативным показателем экологического состояния является численность мокриц.

Литература

Леса Кировской области. Киров: Кировская областная типография, 2008. 400 с.

Петров С. И., Петров П. И., Ашихмина Т. Я. Сравнительный анализ содержания тяжёлых металлов и нефтепродуктов в почвах и растительности на территории вблизи ТЭЦ-5 г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. молод. науч.-практ. конф. Киров, 2011. С. 67–72.

Barber H. Traps for cave-inhabiting insects // Journ. Elisha Mitchel Sci. Soc., 1931. Bd. 46. P. 259–264.

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЗООПЛАНКТОНА оз. БОЛЬШИЕ ИРДЯГИ

Н. Б. Климова

*Уральский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»,
nadezhda-klimova.2013@mail.ru*

Зоопланктон является неотъемлемой частью биоценозов водоемов, имеющей огромное экологическое и хозяйственное значение. Он играет важную роль в процессах трансформации веществ и энергии в водных экосистемах, участвует в создании качественного и количественного разнообразия водной биоты. Организмы зоопланктона — основа пищевых цепочек в биоценозах водоёмов, связывающая фитопланктон с более крупными нектонными и бентосными животными. Видовой состав и количественные характеристики зоопланктонного сообщества служат прекрасным индикатором для оценки качества воды. Потребляя формирующееся в водоемах и приносящееся извне органическое вещество, зоопланктеры играют значительную роль в функционировании водных экосистем и процессах самоочищения.

Большинство озер Челябинской области относятся к рыбопромысловым водоемам и имеют важное практическое и экономическое значение, однако значительная часть водоемов региона до сих пор изучена крайне слабо. Настоящая работа является обобщением собственных и архивных данных исследований зоопланктона оз. Большие Ирдыги, проведенных впервые в 2013–2015 гг.

Оз. Б. Ирдыги находится в северо-западной части Аргаяшского района Челябинской области. Площадь водного зеркала – 5,64 км², абсолютная отметка уровня – 274,1 м (Черняева и др., 1977), максимальная глубина – 3,25 м. Береговая линия изрезана слабо, берега пологие. Озерная котловина корытообразная, эрозионно-тектонического происхождения. Озеро проточное, в северо-западной части соединено каналом с оз. Малые Ирдыги. Питание происходит за счет атмосферных осадков. Из озера берет начало речка Зюзелга. Дно покрыто органическими илами, в мелководной части — песчаными отложениями в сочетании с гравием. Вода в озере пресная, высокоминерализо-

ванная, по химическому составу относится к гидрокарбонатному классу магниево-натриевой группы.

Литературных данных о зоопланктоне оз. Большие Ирдяги нет. Первые сведения о зоопланктоне получены научным сотрудником А. Е. Трифоновым в рамках рыбохозяйственных исследований 2013 г.

Пробы зоопланктона отбирались количественной сетью Апштейна (сито № 58) путем облова столба воды от дна до поверхности и фиксировались 4%-ным раствором формалина. Камеральная обработка материала велась по общепринятой методике (Киселев, 1969). Продукция зоопланктона рассчитывалась согласно методическим рекомендациям (Методические рекомендации, 1984).

К настоящему времени сводный список зоопланктона оз. Б. Ирдяги насчитывает 26 таксонов, относящихся к 3 отделам, 9 отрядам, 10 семействам и 15 родам (приложение). Постоянными представителями зоопланктона были *Arctodiaptomus bacillifer* (Koelbel, 1885), *Daphnia galeata* (Sars, 1864), *Cyclops juv.*

Видовой состав зоопланктона оз. Большие Ирдяги в 2013–2015 гг.

Отдел Rotifera

Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)

Brachionus calyciflorus (Pallas, 1776)

B. quadridentatus (Herman, 1783)

Kellicottia longispina (Kellicott, 1879)

Keratella quadrata (Muller, 1786)

K. cochlearis (Gosse, 1851)

Asplanchna girodi (Guerne, 1888)

A. priodonta (Gosse, 1850)

Отдел Cladocera

Diaphanosoma brachyurum (Lievin, 1848)

Bosmina longirostris (O.F. Muller, 1785)

B. kessleri (Uljanin, 1874)

Chydorus sphaericus (O.F. Muller, 1785)

Daphnia pulex (Leydig, 1860)

D. longispina (O.F. Muller, 1785)

D. cucullata (Sars, 1862)

D. galeata (Sars, 1864)

Ceriodaphnia pulchella (Sars, 1862)

Leptodora kindtii (Focke, 1844)

Bythotrephes longimanus (Leydig, 1860)

B. cederstroemi (Schoedler, 1863)

Отдел Copepoda

Eudiaptomus gracilis (Sars, 1863)

Arctodiaptomus bacillifer (Koelbel, 1885)

Cyclops kolensis (Lilljeborg, 1901)

C. vicinus (Uljanin, 1875)

C. strenus (Fiscer, 1851)

Mesocyclops leuckarti (Claus, 1857)

В разные годы структура сообщества и количественные характеристики зоопланктона различались (табл.). Так, в середине июля 2013 г. с большим преимуществом доминировали крупные, ценные в кормовом отношении вет-

вистоусые рачки *Daphnia pulex* (Leydig, 1860) (средняя биомасса – 7,80 г/м³), а в 2014-2015 гг. данный вид полностью сменился видом *Daphnia galeata* (Sars, 1864) (средняя биомасса 2,8 г/м³ при численности 36533 экз./м³).

Таблица

**Количественные характеристики развития зоопланктона
в оз. Б. Ирдяги**

Год	Средняя биомасса, г/м ³	Средняя численность, экз./м ³
2013	10,92	1074747
2014	3,35	52014
2015	6,52	6520,83

Интенсивность развития зоопланктона в прибрежье и на открытых глубоководных участках сравнительно однородна. Стабильную часть продукции зоопланктона формируют эврибиотные эвритопные виды, имеющие широкое географическое распространение и характерные для водоемов Европейской части РФ. На всех исследованных участках озера отмечены кладоцеры *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848), *Daphnia galeata* (Sars, 1864) и копеподы, ювенильные стадии и половозрелые *Arctodiaptomus bacillifer* (Koelbel, 1885) (встречается круглый год). Остальных следует отнести к редко и единично встречающимся видам.

Наиболее разнообразной группой являются ветвистоусые ракообразные (46 % от общего видового разнообразия). Преобладают фитофильные, пелагические и эвритопные рачки-фильтраторы, встречаются и хищные формы: *Leptodora kindtii* (Focke, 1844), *Bythotrephes longimanus* (Leydig, 1860) и *B. cederstroemi* (Schoedler, 1863).

Первые данные о зоопланктоне оз. Б. Ирдяги свидетельствуют о его видовом разнообразии и высокой кормности водоема, что является благоприятным фактором для развития ихтиофауны.

Литература

- Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. М.: Наука, 1969. 240 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л., 1984. 34 с.
- Черняева Л. Е., Черняев А. М., Еремеева М. Н. Гидрохимия озер (Урал и Приуралье). Л.: Гидрометеиздат, 1977. 336 с.

ТРЕМАТОДОЗНАЯ ИНВАЗИЯ ЛОСЕЙ ВЯТСКО-КАМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

О. В. Масленникова¹, Т. Г. Шихова², Т. А. Котельникова¹

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия

² ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
olgamaslen@yandex.ru

В течение ряда последних лет на территории Вятско-Камского междуречья установилась сравнительно высокая численность лося. Процент изъятия лося осуществляется согласно принятым законам нормам. Не следует исключать и незаконный или браконьерский промысел. Резко увеличил свою численность основной враг копытных – волк, в питании которого лось и кабан, особенно в зимне-весенний период, играют основную роль (Масленникова, Масленников, 2005; Масленникова, 2007). В настоящее время поступает много сообщений от охотоведов из различных районов Кировской области о добыче лосей и кабанов волками в зимний и ранневесенний периоды. Борьба с волками, несомненно, ведется, но, к сожалению, она не подкреплена, а скорее сдерживается законными рамками, да и охотников-волчатников становится все меньше, поэтому и результативность таких охот низкая.

Но не только хищники и браконьеры сокращают численность копытных в угодьях. Большинство охотоведов подчас не учитывают экологические механизмы, действующие при высокой численности копытных и других животных в той или иной экосистеме. Одним из таких механизмов являются паразитические черви, обитающие в различных органах копытных. Численность гельминтов, а точнее экстенсивность и интенсивность заражения хозяина резко увеличивается при возросшей его плотности. Резистентность организма зараженных животных снижается, он становится подвержен инфекционным заболеваниям, снижаются упитанность и воспроизводительная способность особей. Молодняк чаще погибает. Снижая нормы добычи, нам кажется, что охраняем животных, а на самом деле отдаем механизм регулирования численности природе. Наши исследования зараженности лосей трематодами подтверждают это.

На территории Вятско-Камского междуречья в печени лося может обитать два вида трематод *Parafasciolopsis fasciolaemorphia* (Ejsmont, 1932) и *Dicrocoelium lanceatum* (Stiles et Hassall, 1896), из которых первый вид – облигатный паразит лося, а второй – встречается редко и является случайным (факультативным) паразитом лося (Масленникова, Шихова, 2010).

Парафасциолопсисы развиваются с участием роговой катушки *Planorbarius corneus* (L., 1758), распространение которой приурочено к глубоководным пойменным водоемам с развитой водной растительностью. Плотность ее в пойменных озерах НООХ в 2015 г. составляла 3-12 экз./м². Экстенсивность трематодной инвазии роговой катушки в засушливые годы

превышает 70%, а в дождливом 2015 г. составила 66-71% (Шихова и др., 2015).

Исследования проводились на территории научно-опытного охотничьего хозяйства (НООХ) ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства, расположенного на территории трех районов области: Зуевского, Слободского и Белохолуницкого, а также в охотхозяйствах на территории Орловского и Оричевского районов в охотничий сезон 2015/16 г. Учитывались станции обитания лосей, близость водных источников для дальнейшего исследования фауны моллюсков и зараженности промежуточных хозяев личинками парафасциолопсисов. Методом неполного гельминтологического вскрытия исследованы печени 20 лосей. При этом учитывался пол зверя, возраст, упитанность.

В печени лосей выявлен один вид трематод *Parafasciolopsis fasciolaemorpha*. Парафасциолопсисы обнаружены во всех районах области, где проводились исследования. Экстенсивность инвазии (ЭИ) составила 70%, интенсивность инвазии (ИИ) 2276 ± 1223 (44–16131) экз.

На территории охотхозяйства НООХ ВНИИОЗ ЭИ – 71,4 %, ИИ – $655 \pm 300,7$ (49–2950) экз. В Орловском охотхозяйстве из 4 исследованных лосей 3 заражены: ЭИ – 75 %, ИИ – 8213 ± 4645 (44–16131) экз. Наибольшая ИИ наблюдалась у 1,5-годовалой самки с низкой упитанностью и составила – 16131 экз. Лишь сеголеток не был поражен парафасциолопсисами (процент отстрела лосей в данном хозяйстве низкий – пытаются таким образом сохранить лося).

На территории охотхозяйства НООХ ВНИИОЗ из 14 исследованных лосей 13 были добыты на территории Слободского района. ЭИ по Слободскому району составила 69,2%, ИИ – 719 ± 329 . Кроме того, у двух лосей в исследуемом образце печени сосальщики не обнаружены, но желчные протоки утолщены. Такие изменения печени характерны при парафасциолопсозе. Вероятно, из-за методической погрешности (малый размер образца) паразиты не выявлены.

Полуторогодовалые лоси из всей выборки на 100% заражены трематодой. У них регистрируется самая высокая интенсивность инвазии. В старших возрастных группах также наблюдалась данная инвазия, но с меньшей интенсивностью. Сеголетки менее подвержены заражению: из четырех добытых молодых лосей заражены – два (50 %). Интенсивность инвазии у сеголетков сравнительно небольшая – 95 и 495 экз. По данным Л. С. Шалдыбина (1951) при интенсивности инвазии более 250 экз. печень лося увеличивается, поверхность ее становится бугристой, консистенция очень плотная (цирроз). Упитанность таких лосей ниже, чем у животных без поражения печени. *P. fasciolaemorpha* – один из самых патогенных гельминтов лося, способный вызвать его гибель.

В конце 90-х годов, при минимальной численности лося на данной территории, экстенсивность парафасциолопсозной инвазии была низкой – 16% при средней ИИ – 1038 (134–2087) экз. (Масленникова, Кузнецов, 2006). Увеличение плотности дефинитивного хозяина и засушливые погодные условия

ряда последних лет (2010, 2011, 2013, 2014 гг.) способствовали поддержанию очага парафасциолопсозной инвазии на рассматриваемой территории, и процент зараженных лосей достиг 70% (Масленникова, Шихова, 2010; Шихова, Масленникова, 2007; Масленникова и др., 2015).

После ряда засушливых лет наблюдается увеличение зараженности лосей парафасциолопсозом, при этом зараженность промежуточного хозяина также остается на высоком уровне (ЭИ 66–71%). Плотность роговой катушки в дождливый 2015 г. снизилась, что, вероятно, может отразиться на зараженности лосей в последующие годы.

В печени лосей по результатам охотничьего сезона 2015/16 г. выявлен один вид трематод *Parafasciolopsis fasciolaemorpha*. Парафасциолопсисы обнаружены во всех районах области, где проводились исследования. Экстенсивность инвазии составила 70%, интенсивность инвазии 2276 ± 1223 (44–16131) экз. Наибольшая экстенсивность и интенсивность парафасциолопсозной инвазии зарегистрирована в Орловском охотхозяйстве – ЭИ – 75%, ИИ – 8213 ± 4645 (44–16131) экз. Рост инвазии у лосей мы связываем с высокой численностью и плотностью лосей Вятско-Камского междуречья в сочетании с неблагоприятными (засушливыми) погодными условиями.

Литература

Масленникова О. В., Масленников В. А. Хищники и копытные Кировской области // Биологические ресурсы: состояние, использование и охрана: матер. Всерос. науч.-прак. конф. (31 мая–2 июня 2005). Киров, 2005. С. 153–157.

Масленникова О. В. Особенности питания волка на северо-востоке Европейской части России // Вопросы физиологии, содержания, кормления и кормопроизводства, селекции с.-х. животных, биологии пушных зверей и птиц, охотоведения: Материалы междунар. науч.-прак. конф. Киров, 2007. С. 188–192.

Масленникова О. В., Кузнецов Д. Н. О гельминтофауне лося Кировской области // Труды Всерос. ин-та гельминтологии. М., 2006. Т. 43. С. 187–195.

Масленникова О. В., Шихова Т. Г. Парафасциолопсоз и дикроцелиоз лосей Кировской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: матер. науч. конф. (г. Москва, 18–20 мая 2010 г.). М., 2010. Вып. 11. С. 278–281.

Масленникова О. В., Шихова Т. Г., Панова С. В. Зараженность трематодами лосей Вятско-Камского междуречья // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: Материалы Всерос. науч. конф. (22–25 апреля 2015 г.). Киров: ООО «Веси», 2015. С. 241–243.

Шалдыбин Л. С. Гельминтофауна промысловых зверей Мордовского государственного заповедника: Дис. ... канд. биол. наук. М.: ВИГИС, 1951. С. 38–121.

Шихова Т. Г., Масленникова О. В. Гельминтологический статус лесных угодий научно-опытного хозяйства ВНИИОЗ // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: Материалы междунар. науч.-прак. конф., (22–25 мая 2007 г.). Киров: ВНИИОЗ, 2007. С. 486–487.

Шихова Т. Г., Масленникова О. В., Панкратов А. П., Панова С. В. Результаты исследования трематодных очагов в охотугодьях бассейна р. Чепца // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем (1–2 декабря 2015, г. Киров). Киров: ВятГГУ, 2015. С. 180–183.

Научное издание

**Экология родного края:
проблемы и пути решения**

Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием
28-29 апреля 2016 г.
Книга 1

Редактор: Т. Я. Ашихмина

Верстка: Е. М. Кардакова

Вятский государственный университет,
610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Издательство ООО «Радуга-ПРЕСС, 610002, г. Киров, ул. Лепсе, 69-48

E-mail: raduga-press@list.ru

тел. (8332) 673-674

**Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «Радуга-ПРЕСС».**

Подписано к печати 15.04.2016. Формат 60 x 84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл. п. л. 27,8. Тираж 200 экз. Заказ .