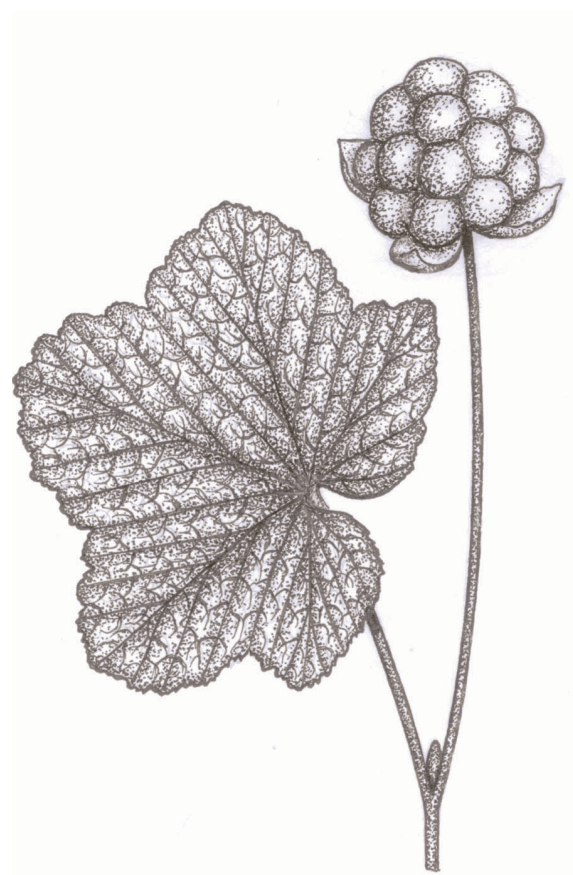




РУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

XII съезд



**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ БОТАНИКИ
В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА**

ЧАСТЬ 2

Петрозаводск
2008

РУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



XII СЪЕЗД
РУССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ БОТАНИКИ
В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА**

**МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.)**

Часть 2

**АЛЬГОЛОГИЯ
МИКОЛОГИЯ
ЛИХЕНОЛОГИЯ
БРИОЛОГИЯ**

ПЕТРОЗАВОДСК
2008

УДК 58

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БОТАНИКИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА:
Материалы всероссийской конференции (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). Часть 2: Альгология.
Микология. Лихенология. Бриология. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. 349 с.

ISBN 978-5-9274-0329-5

В 6 книгах представлены материалы Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века», проведенной в рамках XII съезда Русского ботанического общества. Их содержание отражает состояние современной ботанической науки в России. Распределение материалов по 17 секциям проведено программным комитетом с учетом мнения авторов. Материалы каждой секции являются фактически самостоятельными сборниками статей, и все они в свою очередь сгруппированы в 6 частей. Часть 1 – «Структурная ботаника», «Эмбриология и репродуктивная биология». Часть 2 – «Альгология», «Микология», «Лихенология», «Бриология». Часть 3 – «Молекулярная систематика и биосистематика», «Флора и систематика высших растений», «Палеоботаника», «Культурные и сорные растения», «Ботаническое ресурсосведение и фармакогнозия», «Охрана растительного мира». Часть 4 – «Сравнительная флористика», «Урбанофлора». Часть 5 – «Геоботаника». Часть 6 – «Экологическая физиология и биохимия растений», «Интродукция растений».

Редакционная коллегия:

Виноградова К.Л., Гагарина Л.В., Коваленко А.Е., Курбатова Л.Е.,
Лукницкая А.Ф., Новожилов Ю.К., Потемкин А.Д., Предтеченская О.О.,
Гитов А.Н., Урбавичене И.Н.

Съезд и Конференция проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Президиума РАН, Отделения биологических наук РАН, Санкт-Петербургского научного центра РАН, Карельского научного центра РАН

ISBN 978-5-9274-0329-5

© Карельский научный центр РАН, 2008
© Коллектив авторов, 2008

СЕКЦИЯ
АЛЬГОЛОГИЯ



ЦИАНОБАКТЕРИИ И ВОДОРОСЛИ ИКСКОЙ ПЕЩЕРЫ (БАШКОРТОСТАН)

Абдуллин Ш.Р.

Уфа, Башкирский государственный университет

Пещеры представляют собой специфические экосистемы, в состав биоты которых входят цианобактерии и водоросли. Исследование данных организмов проводится в различных странах мира, включая и Россию (Coute, Chauveau, 1994; Абдуллин, 2005).

Целью данной работы было изучение таксономического состава цианобактерий и водорослей и анализ их распределения в Икской пещере.

Икская пещера расположена в долине реки Западный Ик рядом с деревней Московка Туймазинского района Республики Башкортостан. Полость залегает в гипсах кунгурского яруса, представляет собой горизонтальный ход с ответвлениями, уходящий под территорию Октябрьского завода строительных материалов. Протяженность – около 50 м. Низкий вход расположен на дне карстовой воронки. Местами в пещере отмечена капель, а также отложения, характерные для инфлюационных вод. Впервые исследование и описание Икских пещер сделано в 1770 г. Н.П. Рычковым (Рычков, 1770), однако с тех пор сохранилась только одна пещера, остальные уничтожены хозяйственной деятельностью человека (Кучеров и др., 1974).

Отбор проб проводился 11.10.2007. Образцы отбирали по всей протяженности пещеры методом случайной пробы. Всего в полости было отобрано 9 образцов: 7 проб грунта и 2 соскоба со стен. 1 соскоб со стен не содержал цианобактерий и водорослей. Для сравнения 1 проба была отобрана рядом со входом в пещеру в карстовой воронке. В местах отбора проб измеряли освещенность. Выявление видового состава водорослей в пробах проводили в лаборатории методом прямого микроскопирования, на «стеклах обрастания» (Голлербах, Штина, 1969) и после культивирования проб в жидкой минеральной среде № 6 (Громов, 1965) в люминистате при комнатной температуре. Обилие водорослей оценивали по 7-балльной шкале. Определяли встречаемость водорослей (F). Для сравнения видового состава водорослей использовали качественный коэффициент Серенсена-Чекановского (Кузяхметов, Дубовик, 2001).

В результате анализа собранного материала выявлено 16 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, относящихся к 3 отделам, 3 классам, 8 порядкам, 11 семействам и 14 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Bacillariophyta*, класса *Bacillariophyceae*, порядка *Naviculales*, семейств *Sellaphoraceae*, *Naviculaceae*, *Bacillariaceae*, *Chlorellaceae* и *Ulotrichaceae*, родов *Sellaphora* и *Navicula*; по сумме баллов обилия преобладали виды *Leptolyngbya gracillimum* (Zopf.) Anagn. et Kom., *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punč., *Muriella magna* Fritsch et John и *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. Наиболее часто встречались виды *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punč. (F = 77,8%), *Muriella magna* Fritsch et John (F = 77,8%), *Leptolyngbya gracillimum* (Zopf.) Anagn. et Kom. (F = 66,7%), *Navicula minuscula* var. *muralis* (Grun.) L.-B. (F = 55,6%) и *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. (F = 55,6%). Спектр жизненных форм: hydr.₃B₃Ch₃P₂X₂CF₁amph.₁H₁.

В большинстве изученных пещер мира преобладали представители *Cyanoprokaryota* (Coute, Chauveau, 1994), тогда как в нашем случае по количеству видов доминировали диатомовые водоросли.

В освещенной зоне было выявлено 13 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 3 отделам, 8 порядкам, 10 семействам и 13 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Chlorophyta*; порядков *Oscillatoriales*, *Bacillariales*, *Chlorococcales*, *Chlorosarcinales* и *Ulotrichales*; семейств *Bacillariaceae*, *Chlorellaceae* и *Ulotrichaceae*; все роды были представлены одним видом. По сумме баллов обилия преобладали виды *Phormidium breve* (Kütz.) Anagn. et Kom., *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun., *Leptolyngbya gracillimum* (Zopf.) Anagn. et Kom., *Navicula minuscula* var. *muralis* (Grun.) L.-B. и *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punč. Чаще всего встречались виды *Leptolyngbya gracillimum* (Zopf.) Anagn. et Kom. (F = 100,0%), *Phormidium breve* (Kütz.) Anagn. et Kom. (F = 100,0%), *Navicula minuscula* var. *muralis* (Grun.) L.-B. (F = 100,0%), *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. (F = 100,0%), *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm. (F = 100,0%), *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punč. (F = 100,0%), *Muriella magna* Fritsch et John (F = 100,0%) и *Chlorosarcinopsis minor* (Gern.) Herndon (F = 100,0%). Спектр жизненных форм: Ch₃P₂B₂X₂CF₁hydr.₁amph.₁H₁.

В темновой зоне обнаружено 14 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 3 отделам, 7 порядкам, 10 семействам и 12 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Bacillariophyta*; порядка *Naviculales*; семейств *Sellaphoraceae*, *Naviculaceae*, *Bacillariaceae*, *Chlorellaceae* и *Ulotrichaceae*; родов *Sellaphora* и *Navicula*. Наиболее часто встречались и преобладали по сумме баллов обилия виды *Muriella magna* Fritsch et John (F = 71,4%), *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punč. (F = 71,4%) и *Leptolyngbya gracillimum* (Zopf.) Anagn. et Kom. (F = 57,1%). Спектр жизненных форм: hydr.₃B₃Ch₃P₂X₂amph.₁.

Таксономический состав цианобактерий и водорослей Икской пещеры
в различных зонах освещенности и вне пещеры

№№	Таксон	Пещера		Карстовая воронка
		Освещенная зона	Темновая зона	
	<i>Cyanoprokaryota</i>	3	2	2
1.	<i>Leptolyngbya gracillimum</i> (Zopf.) Anagn. et Kom.	+	+	+
2.	<i>Phormidium breve</i> (Kütz.) Anagn. et Kom.	+	+	+
3.	<i>Nostoc paludosum</i> (Kütz.) Elenk.	+		
	<i>Bacillariophyta</i>	4	7	6
1.	<i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Mann		+	+
2.	<i>Sellaphora pupula f. rostrata</i> (Hust.) Bukht.		+	+
3.	<i>Navicula minuscula var. muralis</i> (Grun.) L.-B.	+	+	+
4.	<i>Navicula sp.</i>		+	
5.	<i>Amphora montana</i> Krasske	+	+	+
6.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	+	+	+
7.	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.	+	+	+
	<i>Chlorophyta</i>	6	5	3
1.	<i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina et Punč.	+	+	+
2.	<i>Muriella magna</i> Fritsch et John	+	+	
3.	<i>Tetracystis aggregata</i> Brown et Bold	+	+	+
4.	<i>Chlorosarcinopsis minor</i> (Gern.) Herndon	+	+	+
5.	<i>Chlorhormidium flaccidum var. nitens</i> Menegh. emend. Klebs	+		
6.	<i>Stichococcus minor</i> Nag. s. str.	+	+	
	Сумма баллов обилия / среднее число баллов обилия в одной пробе	98 / 49,0	139 / 19,9	56
	Общее число видов / среднее количество видов в одной пробе	13 / 6,5	14 / 2,0	11

Установлено, что по мере уменьшения уровня освещенности снижаются среднее видовое разнообразие и среднее число баллов обилия цианобактерий и водорослей (табл.), что характерно для распределения данных организмов в естественных пещерах без искусственного освещения (Coute, Chauveau, 1994).

В карстовой воронке рядом со входом пещеры было выявлено 11 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 3 отделам, 6 порядкам, 9 семействам и 10 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Bacillariophyta*; порядка *Naviculales*; семейств *Sellaphoraceae* и *Bacillariaceae*; рода *Sellaphora*. Преобладали по сумме баллов обилия виды *Phormidium breve* (Kütz.) Anagn. et Kom., *Tetracystis aggregata* Brown et Bold, *Chlorosarcinopsis minor* (Gern.) Herndon, *Leptolyngbya gracillimum* (Zopf.) Anagn. et Kom., *Sellaphora pupula* (Kütz.) Mann и *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. Спектр жизненных форм: hydr.₃P₂B₂Ch₂X₁amph.₁.

Сходство видового состава цианобактерий и водорослей освещенной и темновой частей пещеры оказалось высоким и составило 81,5 %, хотя на других таксономических уровнях и по составу жизненных форм оно несколько различалось. Сходство видового состава цианобактерий и водорослей в пещере и в карстовой воронке также оказалось высоким и составило 81,5 %. На наш взгляд, это связано с тем, что карстовая воронка является водосборником, из которого вода вместе с цианобактериями и водорослями поступает в пещеру.

Таким образом, в Икской пещере исследован таксономический состав цианобактерий и водорослей, отмечено доминирование *Bacillariophyta*. Установлено, что по мере уменьшения уровня освещенности снижаются среднее видовое разнообразие и среднее число баллов обилия цианобактерий и водорослей. Отмечено высокое сходство видового состава данных организмов в темновой и освещенной зонах, а также в пещере и карстовой воронке, что обусловлено периодическим инфлюационным заносом.

Литература

- Абдуллин Ш.Р. Цианобактерии и водоросли пещеры Шульган-Таш (Каповой): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2005. 16 с.
- Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л., 1969. 142 с.
- Громов Б.В. Коллекция культур водорослей Биологического института Ленинградского университета // Труды Петергоф. биол. ин-та ЛГУ. Л., 1965. Т. 19. С. 125–139.
- Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методы изучения почвенных водорослей. Уфа, 2001. 56 с.
- Кучеров Е.В., Кудряшов И.К., Максютов Ф.А. Памятники природы Башкирии. Уфа, 1974. С. 291–292.
- Рычков Н.П. Журнал или дневные записки капитана Рычкова по разным провинциям Российского государства, 1769 и 1770 году. СПб., 1770. С. 94–99.
- Coute A., Chauveau O. Algae // Encyclopaedia biospeologica. Bucarest, 1994. Т. 1. P. 371–380.

ВЛИЯНИЕ ДЕТЕРГЕНТА НА РОСТ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Айздайчер Н.А., Маркина Ж.В.

Владивосток, Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

Загрязнение морских вод приняло угрожающие масштабы, поэтому особенно важна объективная информация о состоянии морских акваторий. Для мониторинга водной среды используются физико-химические, микробиологические методы и биотестирование. Его преимущества заключаются в интегральной оценке токсичности вод и непосредственном определении их опасности для гидробионтов. Однако для объяснения данных, полученных с помощью этого метода, необходимы предварительные экотоксикологические эксперименты по выяснению влияния загрязняющих агентов на организмы. Среди множества поллютантов один из наиболее распространенных и опасных – детергенты.

В число часто применяемых тест-организмов входят, как правило, представители планктонных микроводорослей. Бентосные микроводоросли, играющие не менее важную экологическую роль, не применяются для биотестирования. Для оценки токсичности вод или загрязняющих агентов рассматривается их влияние на динамику численности микроводорослей. В то же время такие показатели физиологического состояния как рН культуральной среды и кислородная продуктивность используются очень редко, несмотря на то, что их применение было рекомендовано для биотестирования, и методики по их определению экономически выгодны и доступны (Методы., 1988).

В связи с вышеизложенным, цель данной работы заключалась в оценке действия применяемого в быту детергента «Ariel» на микроводоросли – планктонную *Dunaliella salina* и бентосную *Attheya ussurensis*.

Культуру *D. salina* выращивали в питательной среде Гольдберга (Кабанова, 1961), *A. ussurensis* – в среде *f* (Guillard, Ryther, 1962), приготовленной на основе фильтрованной и стерилизованной морской воды соленостью 32‰. Культивирование проводили в колбах Эрленмейера емкостью 250 мл с объемом культуральной среды 100 мл при освещении люминесцентными лампами интенсивностью 70 мкмоль/(м² × с) со свето-темновым периодом 12 ч свет: 12 ч темнота. Продолжительность экспериментов 7 сут. Контролем (100%) служила суспензия водорослей, выращенная в чистой среде. Действие детергента «Ariel» в концентрациях 0.1, 1 и 10 мг/л на микроводоросли оценивали с помощью показателей, таких как: численность клеток, скорость роста, рН культуральной среды и кислородная продуктивность. Пробы для счета количества клеток в единице объема фиксировали раствором Утермея и подсчитывали *D. salina* в счетной камере Горюева, *A. ussurensis* – типа Ножотта объемом 0.044 мл. Скорость роста рассчитывали по соответствующей формуле в начале и в конце экспоненциальной фазы через одни и четверо суток после начала эксперимента (Guillard, Ryther, 1962). Измерение рН культуральной среды проводили с помощью рН-метра HI 8314 фирмы Hanna с точностью до 0.01. При исследовании действия детергентов на кислородную продуктивность культуру экспонировали в кислородных склянках. Для фиксации и определения кислорода использовали стандартные методики (Методы., 1975).

Динамика численности клеток *D. salina* при всех исследованных концентрациях детергента «Ariel» имела колебательный характер: через сутки после начала опыта количество клеток снижалось, а к третьим суткам превышало таковое в контроле. Начиная с четвертых суток и до конца эксперимента число клеток было ниже контрольного уровня. Однако с увеличением его содержания, повреждения становились более глубокими (рис. 1, А).

Скорость роста микроводоросли значительно снижалась по сравнению с контрольной при всех концентрациях детергента через одни сутки экспозиции. К 4-м сут в присутствии в среде 0.1 и 1 мг/л загрязняющего агента данный показатель возрастал, однако не достигал такового в контроле. Скорость роста была отрицательной при содержании 10 мг/л токсиканта (табл. 1).

Таблица 1

Влияние детергента «Ariel» (мг/л) на скорость роста (дел/сут.) *Dunaliella salina* и *Attheya ussurensis*

Сутки	<i>Dunaliella salina</i>				<i>Attheya ussurensis</i>			
	контроль	0.1	1	10	контроль	0.1	1	10
1	0.7	0.2	-0.1	-0.5	1.2	1.0	0.4	-0.4
4	0.9	0.8	0.4	-0.5	1.1	1.1	1.1	0.5

При всех исследованных концентрациях детергента рН культуральной среды значительно не отличалась от контрольной на протяжении опыта (рис. 2, А).

Кислородная продуктивность *D. salina* при концентрации 0.1 мг/л детергента достоверно не отличалась от таковой в контроле на всем протяжении опыта. Внесение 1 мг/л токсиканта вызывало ее увеличение на 4-е сут. опыта, а к 7-м сут. она практически не отличалась от контроля. Наличие в среде 10 мг/л загрязняющего агента вызывало снижение величины исследуемого показателя ко 2-м сут экспозиции, однако в последующие дни эксперимента он был выше такового в контроле.

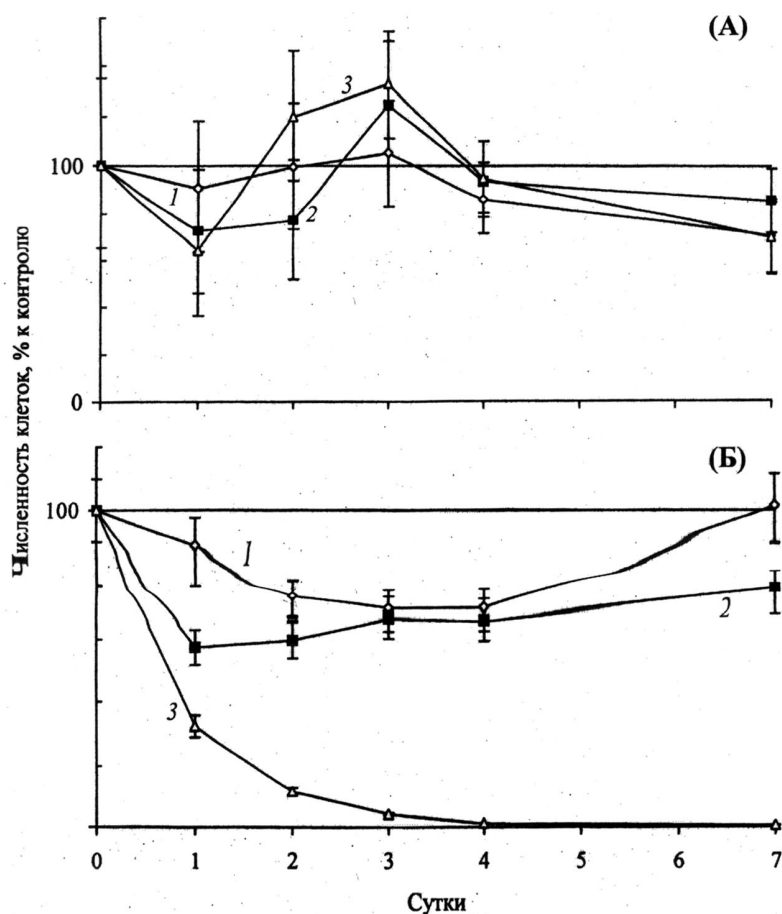


Рис. 1. Динамика численности клеток *Dunaliella salina* (А) и *Attheya ussurensis* (Б) (% к контролю) при содержании детергента «Ariel» в среде: 0,1 мг/л (1), 1 мг/л (2), 10 мг/л (3).

На следующем этапе исследовали влияние детергента «Ariel» на *A. ussurensis*. Численность клеток при добавлении 0,1 и 1 мг/л токсиканта была ниже таковой в контроле до 7-х сут. экспозиции. Однако при содержании 1 мг/л детергента отмечено большее ингибирование роста. Увеличение концентрации детергента до 10 мг/л вызывало длительную лаг-фазу (рис. 1, Б).

Скорость роста ингибировалась при внесении в среду загрязняющего агента во всех концентрациях через одни сутки. К 4-м сут. она достигла контрольной в растворах с 0,1 и 1 мг/л токсиканта, а при уровне его содержания 10 мг/л данный показатель оставался значительно меньше такового в контроле (табл. 1).

При концентрациях 0,1 и 1 мг/л детергента «Ariel» pH культуральной среды существенно не отличалась от таковой в контроле на всем протяжении опыта. При содержании 10 мг/л токсиканта она была значительно ниже контрольной в течение 7-ми сут. (рис. 2, Б).

Кислородная продуктивность при добавлении 0,1 и 1 мг/л токсиканта была ниже таковой в контроле в первые дни экспозиции. Внесение в среду 10 мг/л детергента способствовало снижению кислородной продуктивности в течение семи суток (табл. 2).

Таблица 2

Влияние детергента «Ariel» (мг/л) на кислородную продуктивность (% к контролю) *Dunaliella salina* и *Attheya ussurensis*

	<i>Dunaliella salina</i>			<i>Attheya ussurensis</i>		
	0.1	1	10	0.1	1	10
0	100±5	100±5	100±5	100±8	100±8	100±8
2	105±3	90±8	82±7	36±10	31±5	22±3
4	105±10	127±12	114±14	66±12	88±11	22±6
7	96±3	94±6	116±12	84±14	110±5	11±4

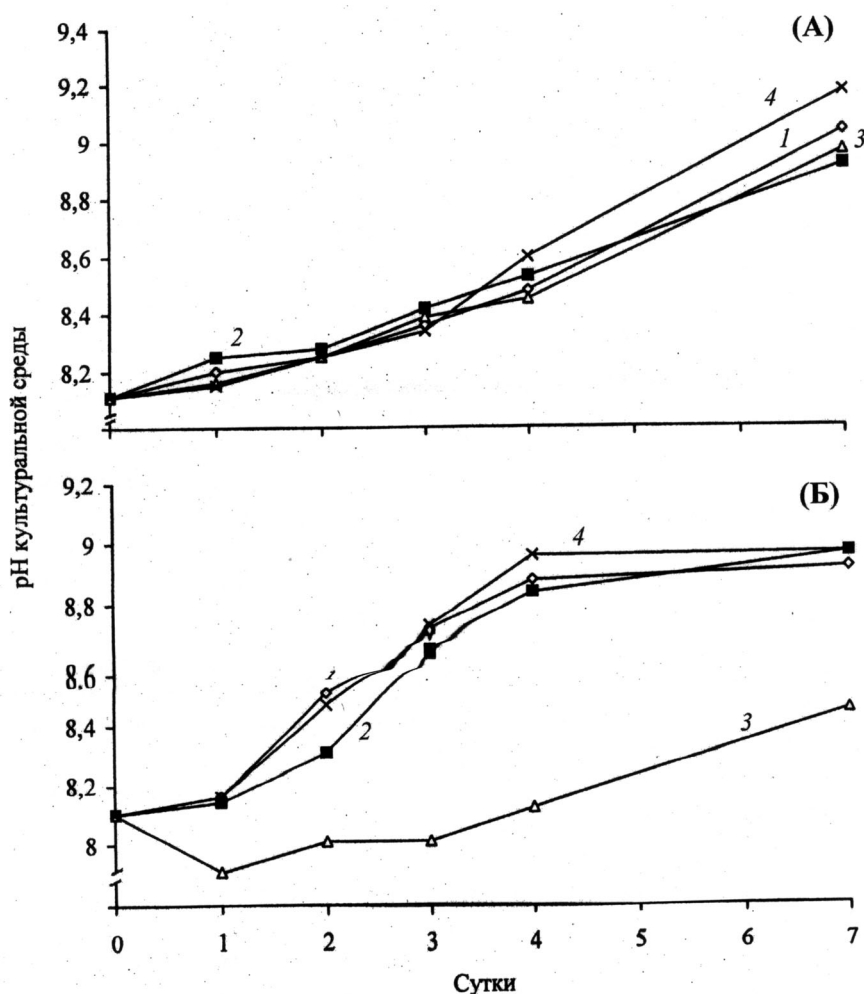


Рис. 2. Влияние детергента «Ariel» на pH культуральной среды *Dunaliella salina* (А) и *Attheya ussurensis* (Б): 0,1 мг/л (1), 1 мг/л (2), 10 мг/л (3) и контроль (4).

Следовательно, бентосная микроводоросль *A. ussurensis* чувствительнее к действию детергента «Ariel», чем *D. salina*; наибольшему ингибированию подвергались численность клеток и скорость роста водорослей, наименьшему – pH культуральной среды и кислородная продуктивность. При сравнении полученных результатов с литературными данными можно сделать вывод, что изученные микроводоросли менее резистентны к детергентам, чем некоторые виды животных, применяемые в экотоксикологических экспериментах. Ингибирование фильтрационной активности моллюсков *Crassostrea gigas* происходило при 30 мг/л детергента «Дени-Автомат» и 20 мг/л «Lanza»; у *Mytilus galloprovinciales* – при 50 мг/л детергентов «Tide-Lemon» и «IXI» (Остроумов, 2001).

Таким образом, для оценки действия токсических веществ и биотестирования наряду с *D. salina*, вероятно, можно рекомендовать бентосную водоросль *A. ussurensis*.

Литература

- Кабанова Ю.Г. О культивировании в лабораторных условиях морских планктонных диатомовых и перидиниевых водорослей // Тр. ИО АН СССР. 1961. Т. 47. С. 203–216.
- Методы биотестирования вод. Под ред. Крайнюковой. Черноголовка. 1988. 103 с.
- Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Под ред. А.В. Топачевского. Киев, 1975. 247 с.
- Остроумов С.А. Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы. М., 2001. 344 с.
- Guillard R.R.L. Ryther J.H. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt. and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran // Can. J. Microbiol. 1962. Vol. 8. P. 229–239.

**АНАЛИЗ ПОЧВЕННОЙ АЛЬГОФЛОРЫ ПОСЕВОВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРЕДУРАЛЬЯ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

Асфандиярова Л.З.

Уфа, ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет»

Характеризуя флору водорослей и цианобактерий почв, мы не придерживаемся строгого понятия флоры, принятого во флористике (Толмачев, 1974), и включающего всю совокупность видов определенной территории. В почвенной альгологии видовой состав водорослей и цианобактерий, т.е. альгофлора, анализируется как совокупность видов определенно сгруппированных по сходным экологическим признакам вневодных местообитаний: пойма, пашня, степь, луг и т.д. (Кузяхметов, Дубовик, 2001).

В результате наших исследований почвенных альгоценозов посевов многолетних трав Республики Башкортостан в 2000–2003 гг. обнаружено 230 видов и внутривидовых таксонов водорослей и цианобактерий, представленных 4 отделами, 15 порядками, 35 семействами и 94 родами.

Нами был проведен анализ альгофлоры по систематическому составу (Шмидт, 1974; Толмачев, 1986) и жизненным формам (Алексахина, Штина, 1984; Кузяхметов, Дубовик, 2001).

Ведущим по числу видов является отдел *Chlorophyta* – 108 видов, представленный 8 порядками (табл. 1), 15 семействами и 51 родами. По преобладанию числа видов выделяются порядок *Chlorococcales* (43 вида) и род *Chlorococcum* (7 видов). Основным фактором, способствующим развитию видов порядка *Chlorococcales* в посевах многолетних трав, является их исключительная выносливость в различных экстремальных условиях (Штина, Голлербах, 1976). Во всех зонах встречались *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh., *Macrochloris dissecta* Korsch. и другие виды-убиквисты.

Таблица 1

Систематическая структура водорослей и цианобактерий посевов трав в зонах лесостепи и степи

Отделы, порядки	Северная лесостепная зона		Северо-восточная лесостепная зона		Южная лесостепная зона		Предуральская степная зона		Всего	
	Абс.	Отн. %	Абс.	Отн. %	Абс.	Отн. %	Абс.	Отн. %	Абс.	Отн. %
<i>Chroococcales</i>	–	–	1	1,3	–	–	–	–	1	0,4
<i>Oscillatoriales</i>	27	14,5	19	24,1	15	13,2	14	17,2	34	14,8
<i>Nostocales</i>	22	11,8	7	8,8	10	8,8	8	9,9	25	10,9
<i>Cyanoprokaryota</i>	49	26,3	27	34,2	25	22,0	22	27,1	60	26,1
<i>Naviculales</i>	18	9,7	8	10,1	13	11,4	10	7,4	21	9,1
<i>Bacillariophyta</i>	18	9,7	8	10,1	13	11,4	10	7,4	21	9,1
<i>Heterococcales</i>	25	13,4	6	7,6	15	13,1	9	11,1	28	12,1
<i>Tribonematales</i>	6	3,2	3	3,8	5	4,4	2	2,5	10	4,4
<i>Heteroconiales</i>	2	1,1	–	–	2	1,8	1	1,2	3	1,3
<i>Xanthophyta</i>	33	17,7	9	11,4	22	19,3	12	14,8	41	17,8
<i>Chlamydomonadales</i>	13	7,0	10	12,7	5	4,4	8	9,9	18	7,8
<i>Tetrasporales</i>	1	0,5	–	–	2	1,8	–	–	2	0,9
<i>Chlorococcales</i>	37	20,0	15	18,9	25	21,9	20	24,7	43	18,7
<i>Chlorosarcinales</i>	12	6,5	6	7,6	7	6,1	7	8,6	20	8,7
<i>Ulotrichales</i>	19	10,2	4	5,1	14	12,3	5	6,2	21	9,1
<i>Microsporales</i>	1	0,5	–	–	1	0,9	1	1,2	1	0,4
<i>Mesotaeniales</i>	1	0,5	–	–	–	–	–	–	1	0,4
<i>Desmidiiales</i>	2	1,1	–	–	–	–	–	–	2	0,9
<i>Chlorophyta</i>	86	46,2	35	44,3	54	47,4	41	50,6	108	47
Итого	186	100	79	100	114	100	85	100	230	100

Второе место занимает порядок *Ulotrichales*, включающий 21 вид. Ведущим семейством является *Ulotrichaceae* – 13 видов, ведущим родом – *Stichococcus* – 5 видов. В большинстве исследованных проб встречались *Ulothrix variabilis* Kütz., *Stichococcus minor* Näg. и др.

Третье и четвертое места по числу видов занимают соответственно порядки *Chlorosarcinales* и *Chlamydomonadales*. Хлоросарциновые образуют тетрады и «пакеты» вследствие вегетативного размножения клеток. К ним относятся 20 видов. Наиболее многочисленными были представители рода *Tetracystis* (*T. aggregata* Brown et Bold, *T. sarcinalis* Schwarz. и др.). Для почв под посевами трав характерно постоянное присутствие представителей порядка *Chlamydomonadales*, переходящие во вневодных условиях в пальмеллевидное состояние. К ним относятся 18 видов, причем 14 из них – виды рода *Chlamydomonas*. Широко распространены в посевах трав такие виды, как *C. atactogama* (Korsch.) Pasch., *C. gloeogama* Korsch. и др. Остальные 4 порядка из отдела *Chlorophyta* (*Tetrasporales*, *Desmidiiales*, *Microsporales*, *Mesotaeniales*) представлены одним-двумя вида-

ми (табл. 1). Эти представители характерны для влажных местообитаний. Их встречаемость в почве, возможно, связана с переувлажнением некоторых участков полей.

Одну из главных ролей в формировании альгофлоры посевов многолетних трав играет отдел *Cyanoprokaryota* (*Cyanophyta*), который по числу видов занимает второе место (60 видов) и включает 3 порядка, 8 семейств, 19 родов. Из порядка *Chroococcales* нами был обнаружен единственный вид – *Cyanothece aeruginosa* (Näg.) Kom. Основной вклад в видовое разнообразие отдела *Cyanoprokaryota* вносят следующие порядки: *Oscillatoriales* (14,8%) и *Nostocales* (10,9%). Ведущими родами являются *Phormidium* – 10 видов, *Nostoc* – 10 видов, *Leptolyngbya* – 7 видов. Виды рода *Nostoc*, *Anabaena*, *Cylindrospermum* (по 4 вида каждый) интересны тем, что способны к азотфиксации (Панкратова, Вахрушев, 1969, 1970; Панкратова, 2001).

Отделы *Xanthophyta* и *Bacillariophyta* представлены меньшим числом видов: 41 и 21 соответственно. Систематический список видов из отдела *Xanthophyta* представлен 3 порядками, 8 семействами, 20 родами. Большим разнообразием отличается порядок *Heterococcales* (12,1 % от общего числа видов), включающий 5 семейств, 15 родов. Ведущим семейством является *Pleurochloridaceae* – 17 видов, ведущими родами – *Heterothrix* (6 видов) и *Pleurochloris* (5 видов).

Отдел *Bacillariophyta* включает всего 1 порядок, 7 семейств, 9 родов. Ведущим семейством является *Naviculaceae* – 7 видов, ведущим родом – *Navicula* – 6 видов. Несмотря на малочисленность, роль диатомовых в почве высока. Это крупноклеточные водоросли вносят заметный вклад в биомассу и общую продукцию альгоценозов (Кабилов, 1978, 1981; Кузяхметов, 1998).

Важным показателем систематического разнообразия являются «пропорции» флоры: среднее число видов в семействе – в/с, среднее число родов в семействе – р/с и среднее число видов в роде – в/р. Однако эти величины коррелируют с показателями флористического богатства и, подобно им, зависят от площади и числа видов флоры (Шмидт, 1984). Тем не менее, пропорции флоры, по мнению М.В. Гецен (1985), тесно связаны с экологическими факторами. Поэтому, они могут быть использованы для характеристики альгофлор различных природных зон.

Показатель насыщенности семейств видами как в отдельных изученных зонах, так и в целом, превышал показатель насыщенности семейств родами и родов видами. По-видимому, это указывает на специфичность состава семейств в посевах многолетних трав (табл. 2).

Таблица 2

Таксономическая структура альгофлоры посевов трав в лесостепной и степной зонах

Элементы таксономической структуры	Северная лесостепная зона	Северо-восточная лесостепная зона	Южная лесостепная зона	Предуральская степная зона	Всего
Число видов и внутривидовых таксонов					
<i>Cyanoprokaryota</i>	49	27	25	22	60
<i>Bacillariophyta</i>	18	8	13	10	14
<i>Xanthophyta</i>	33	9	22	12	41
<i>Chlorophyta</i>	86	35	54	41	108
Итого:	186	79	114	85	230
Число видов	177	72	107	81	217
Число родов	84	46	61	44	94
Число семейств	33	22	28	24	35
Пропорции флор: вид/семейство	5,4	3,3	3,8	3,4	6,2
род/семейство	2,6	2,1	2,2	1,8	2,7
вид/род	2,1	1,6	1,8	1,8	2,3

Литература

- Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биоценозов. М., 1984. 149 с.
 Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера (на примере Большеземельской тундры). Л., 1985. 165 с.
 Кабилов Р.Р. Методика изучения численности и биомассы почвенных водорослей // Почвоведение. 1978. № 5. С. 125–129.
 Кабилов Р.Р. О скорости обновления биомассы водорослей в почве // Тез. докл. конф. молод. ученых. Уфа, 1981. С. 179–180.
 Кузяхметов Г.Г. Влияние фитоценологических и агроэкологических факторов на водоросли светло-серых лесных почв // Научн. конф. по научн.-техн. Программам Минобр. России: Сб. статей, ч. II. Уфа, 1998. С. 46–49.
 Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методы изучения почвенных водорослей: Учебное пособие. Уфа, 2001. 60 с.
 Панкратова Е.М. Почвенные цианобактерии в прошлом Земли, их экологическая роль в настоящем и возможная в будущем // Экология и почвы: Избранные лекции 10-й Всероссийской школы. Пушкино, 2001. Т. 4. С. 39–48.
 Панкратова Е.М., Вахрушев А.С. Усвоение высшими растениями азота, фиксированного синезелеными водорослями из атмосферы // Микробиология. 1969. Вып.8. С. 1080.
 Панкратова Е.М., Вахрушев А.С. Роль синезеленых водорослей в обогащении почвы связанным азотом за счет азота атмосферы // Тез. докл. IV Всесоюз. делегат. съезда почвоведов. Кн. 26. Ч. 2. Алма-Ата, 1970. С. 23–27.

- Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л., 1974. 244 с.
 Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск, 1986. 196 с.
 Шмидт В.М. Количественные характеристики в сравнительной флористике // Бот. журн. 1974. Т. 59, № 7. С. 929–940.
 Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л., 1984. 288 с.
 Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М., 1976. 143с.

К АНАЛИЗУ ФЛОРЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ – МАКРОФИТОВ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

Афанасьев Д.Ф.

Ростов-на-Дону, ФГОУ ВПО «Южный Федеральный Университет», ФГУП
 «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»

На основании результатов собственных исследований, дополненных анализом литературных данных, составлен современный список водорослей – макрофитов Азовского моря и российского сектора Черного моря. Список опубликован в монографии «Флора водных и прибрежно-водных экосистем Азово-Черноморского бассейна» (Воловик и др., в печати).

Всего во флоре Азово-Черноморского российского шельфа с учетом последних номенклатурных изменений на настоящий момент насчитывается 225 видов водорослей – макрофитов, относящихся к отделам *Rhodophyta* (100 видов), *Phaeophyta* (47 видов), *Chlorophyta* (65 видов) и *Charophyta* (13 видов).

Для флоры российского сектора Черного моря приводится 203 вида водорослей-макрофитов, из них красных – 100 видов (59,2% от всех красных водорослей Черного моря), бурых – 47 (61,8% от всех бурых водорослей Черного моря), зеленых водорослей – 50 видов (62,5% от всех зеленых водорослей Черного моря), харовых – 6 видов.

Анализ по динамике встречаемости макрофитов в Черном море с 1975 года по настоящее время, основанный на сравнении состава видов и их встречаемости, приведенных А.А. Калугиной-Гутник (1975) с современным списком, показывает, что в целом в российском секторе Черного моря 66% всех видов водорослей-макрофитов не изменили своего статуса, 6% видов стали встречаться чаще (в основном зеленые водоросли), 23% видов встречаются реже (в основном красные водоросли) и 5% видов исчезли (в основном бурые водоросли). К исчезнувшим были отнесены виды, которые после А.А. Калугиной-Гутник (1975) ни в одной флористической сводке не упоминались, и никем не обнаруживались, в связи с чем есть все основания считать их на сегодняшний день отсутствующими во флоре российского сектора Черного моря.

Всего в Азовском море (включая Керченский пролив, Таманский и Динской заливы) насчитывается 98 видов и 102 внутривидовых таксона водорослей – макрофитов: красных – 33 вида, бурых – 10 видов, 43 вида зеленых водорослей и 12 видов харовых.

При продвижении от Черного моря к лиманно-плавневой зоне наблюдается следующая закономерность: количество видов бурых водорослей снижается, а зеленых и харовых – увеличивается, что объясняется, скорее всего, изменением солености. В исследуемых морях понижается солёность от α -мезогалинной (18‰) в Черном море, до миксомезогалинной в Азовском море (10–11 ‰) и β -мезогалинной (5–8 ‰) и ниже в заливах Азовского моря (Зенкевич, 1963; Громов, 1998). Так, из 47 видов бурых водорослей, обнаруженных в российском секторе Черного моря, в Керченском проливе встречается всего 8 видов (17%), в собственно Азовском море – 4 вида (8,5%), а в его эстуариях – ни одного. Аналогичное распространение присуще и красным водорослям. Нет ни одного вида красных и бурых водорослей, который бы существовал в Азовском море, но не встречался в Черном. Несколько иная ситуация наблюдается по отношению к зеленым и харовым водорослям. Представители таких порядков зеленых водорослей, как *Chlorococcales* и *Zygnematales*, некоторые виды рода *Ulothrix*, большинство видов харовых водорослей на северо-кавказском берегу Черного моря и в Керченском предпроливье не встречаются, предпочитая опресненные участки эстуариев и лиманно-плавневой зоны Азовского моря. Эврибионтные виды, встречающиеся практически во всех описываемых акваториях, относятся к родам *Enteromorpha*, *Chaetomorpha* и *Cladophora*. Остальные виды относятся к морским и в Азовском море не обнаруживаются. Таким образом, вполне вероятно, что заселение Азовского моря бурыми, красными и частично зелеными водорослями-макрофитами происходило через Керченский пролив, в то время как харовыми и некоторыми родами зеленых водорослей, относящимися к пресноводному комплексу, – через эстуарии.

Во флоре Черного моря, таким образом, преобладают типично морские водоросли атлантического и средиземноморского генезиса (Zinova, 1964), причем часть атлантических видов-вселенцев в Черное море не встречаются во флоре Средиземного моря (Зинова, Калугина-Гутник, 1974; Громов, 1998).

Фитогеографический анализ данных позволяет заключить, что основными в российском секторе Черного моря и Керченском проливе являются виды, относящиеся к широкобореальной, низкобореальной и бореально-тропической группам. Следует отметить, что доминирующими видами и во флоре Средиземного моря являются низкобореальные виды (по системе широтного подразделения морей А.Д. Зиновой (Zinova, 1964)). Таким образом, большинство мигрантов из средиземноморья в Чёрное море являются представителями низкобореальной подзоны бореальной зоны (Громов, 1998). В собственно Азовском море и лиманно-плавневой зоне существенно увеличивается роль космополитов при уменьшении значения бореально-тропической и, особенно, низкобореальной групп. Выделение вслед за А.А. Калугиной-Гутник (1975) двух комплексов видов по отношению к температуре – холодноводного (аркто-, верхне-, средне- и широкобореальные виды) и тепловодного (низкобореальные, бореально-тропические, субтропические и тропические виды) – позволяет отметить, что в российском секторе Черного моря и Керченском проливе преобладают теплолюбивые водоросли (около 50%), в собственно Азовском море происходит сокращение теплолюбивых видов за счет увеличения роли космополитов и, наконец, в лиманно-плавневой зоне доминирует комплекс холодолюбивых видов и космополитов.

В распределении видов водорослей по продолжительности вегетации наблюдается следующая закономерность. По мере продвижения от Черного моря к мелководным, опресненным лиманам с неустойчивым гидрологическим режимом снижается роль многолетних видов, при усилении роли эфемеров и эфемероидов. Так, в Черном море доля многолетников достигает 30%, в Керченском проливе падает до 21%, в собственно Азовском море до 4% видов, и, наконец, в лиманах многолетники не встречаются.

Во всех изученных акваториях, однако, доминируют по числу видов однолетники, при этом их доля повышается от 42% в Черном море до 96% видов в лиманно-плавневой зоне. Вероятно, что определяющим фактором в распределении этой группы видов является дестабилизация гидрологических условий по градиенту лимнизации. Ведущую роль среди однолетников в лиманах и плавнях играют виды зеленых водорослей.

По встречаемости виды распределяются следующим образом: процент ведущих видов во всех акваториях наиболее низок. 16% видов являются ведущими в Черном море, и лишь 1–2 % в Керченском проливе и собственно Азовском море. Подавляющее же большинство видов относятся к редким или сопутствующим. В Черном море редко встречаются 58% видов и 39–47% – в остальных акваториях. Таким образом, доминируют по числу видов в Черном море группа редких видов, тогда как в Азовском море – сопутствующие виды (до 60%).

Автор выражает глубокую благодарность проф. В.В. Громову за помощь в подготовке современного списка водорослей – макрофитов Азовского и Черного морей.

Литература

- Воловик С.П., Корпакова И.Г., Афанасьев Д.Ф., Федяева В.В., Громов В.В. Флора водных и прибрежно-водных экосистем Азово-Черноморского бассейна. Краснодар, в печати.
- Громов В.В. Донная растительность верхних отделов шельфа южных морей России: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. С.-Петербург, 1998. 50 с.
- Зенкевич Л.М. Биология морей СССР. М., 1963. 739 с.
- Зинова А.Д., Калугина-Гутник А.А. Сравнительная характеристика флоры южных морей // Биологическая продуктивность южных морей. Киев, 1974. С. 43–51.
- Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. Киев, 1975. 246 с.
- Zinova A.D. Features of the marine algae flora of the Black Sea // Abstr. of pap. of Tenth Intern. Bot. Congr. New York, 1964. P. 36–38.

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АЛЬГОГРУППИРОВОК ПОЧВ НА КОСТРИЦАХ

Бачура Ю.М., Храмченкова О.М.

Гомель, Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Почвенные водоросли, являясь одним из обязательных компонентов наземных биогеоценозов, относятся к организмам, которые можно использовать в качестве индикаторов состояния почвенного покрова (Штина, Некрасова, 1985; Штина и др., 1998). Это обусловлено их высокой чувствительностью к воздействующим факторам и способностью точно и быстро отражать происходящие в почве процессы (Бабьева, Зенова, 1989).

Территории вблизи крупных промышленных городов наиболее подвержены влиянию антропогенных факторов, в том числе и рекреационной нагрузки, которая характеризуется многообразием воздействующих на экосистему факторов, их неравномерностью во времени и пространстве и широким спектром

сопровождающих эти факторы изменений структурных и функциональных параметров экосистем (Рысин, 1983). Воздействие огня считается одним из главных негативных последствий рекреационной деятельности, приводящих к значительным нарушениям биогеоценозов, включая их почвенный покров (Рожков, 2001).

Целью данной работы было изучение особенностей восстановления группировок почвенных водорослей на кострищах.

Пробы отбирали в 2006–2007 гг. на территории УНБ «Чёнки» в пригороде г. Гомеля. Для изучения влияния воздействия огня на почвенные водоросли на 4-х площадках были разведены костры, которые отличались по продолжительности горения (два костра горели по 1 часу, два других – по 2 часа). После их прогорания были отобраны образцы почвы по общепринятой в почвенной альгологии методике (Голлербах, Штина, 1969); была отобрана зола костров, почва под кострами и почва на расстоянии 1 м от костров, в качестве контроля использовали почву на расстоянии 10 м от костров. Повторные отборы проб по той же схеме были произведены через 3, 9 и 12 месяцев после прогорания костров.

Качественный состав водорослей выявляли с помощью классических почвенно-альгологических методов – чашечных культур «со стеклами обрастания» (Штина, Голлербах, 1976). Идентификацию водорослей осуществляли с помощью микроскопа Nikon Eclipse 80i и определителей (Round & al., 1990; Ettl, Gärtner, 1995; Андреева, 1998; Komárek, Anagnostidis, 1999, 2005), при необходимости проводили цитохимические реакции (Костіков, 2001). Все культуры изучали в живом состоянии. При проведении эксперимента ограничили определением родовых названий почвенных водорослей, полученных в культурах; изготовлены микрофотографии водорослей.

Для учета обилия водорослей применяли 3-балльную шкалу (Кабиров и др., 1999). Состав жизненных форм определяли в соответствии с классификацией, разработанной Э.А. Штиной и М.М. Голлербахом (1976).

В результате проведенного исследования на подверженных пирогенному воздействию и контрольных участках почвы было зарегистрировано 43 рода водорослей из 4 отделов, 7 классов, 19 порядков и 32 семейств. Из них 53,5% (23 рода) – представители отдела зеленые водоросли, 20,9% – синезеленые, 14% и 11,6% – диатомовые и желтозеленые водоросли соответственно.

В исследуемых образцах почвы наиболее широко представленными оказались порядки *Oscillatoriales* (5 родов) и *Scenedesmales* (4 рода), остальные порядки включали от 1 до 3 родов. Ведущее положение в исследуемых почвах занимали представители родов *Phormidium* Kütz. ex Gom., *Chlorella* Beijer., *Klebsormidium* Silva et al. (встречены во всех почвенных образцах), а также *Hantzschia* Grun., *Chlamydomonas* Ehr., *Chlorococcum* Menegh., *Chlorosarcinopsis* Hernd., *Stichococcus* Näg. и *Pseudococcomyxa* Korsch. (выявлены практически во всех изученных образцах почвы).

Характеристика альгогруппировок исследуемых почв представлена в таблице.

Характеристика альгогруппировок исследуемых почв

Сроки отбора, мес.	Варианты	Таксономическая структура	Экологическая структура	Кол-во родов
0	1 час	Cyan ₃ Chlor ₉ Xan ₁	X ₅ Ch ₃ P ₃ C ₁ H ₁	13
	2 часа	Cyan ₄ Chlor ₇ Xan ₁	Ch ₃ X ₂ H ₂ P ₂ C ₁ M ₁ hydr ₁	12
	контр.	Cyan ₃ Chlor ₁₄ Xan ₁ Bac ₃	Ch ₇ X ₄ B ₃ P ₃ C ₂ H ₁ amph ₁	21
3	1 час	Cyan ₃ Chlor ₈ Bac ₂	Ch ₅ P ₃ B ₂ C ₁ X ₁ H ₁	13
	2 часа	Cyan ₁ Chlor ₃ Bac ₂	Ch ₃ B ₂ C ₁ H ₁ P ₁	8
	контр.	Cyan ₂ Chlor ₁₅ Xan ₂ Bac ₃	Ch ₇ X ₅ B ₃ H ₂ P ₂ C ₁ amph ₁ hydr ₁	22
9	1 час	Cyan ₃ Chlor ₁₆ Xan ₃ Bac ₅	Ch ₇ X ₅ B ₃ H ₄ P ₃ C ₂ amph ₁	27
	2 часа	Cyan ₅ Chlor ₁₄ Xan ₁ Bac ₄	Ch ₇ B ₄ P ₄ C ₃ X ₃ H ₂ hydr ₁	24
	контр.	Cyan ₂ Chlor ₁₆ Xan ₃ Bac ₂	Ch ₇ X ₆ H ₃ B ₂ P ₂ C ₁ amph ₁ hydr ₁	23
12	1 час	Cyan ₅ Chlor ₂₀ Xan ₃ Bac ₆	Ch ₉ X ₆ B ₆ C ₃ H ₃ P ₃ hydr ₂ M ₁ amph ₁	34
	2 часа	Cyan ₄ Chlor ₁₆ Xan ₁ Bac ₃	Ch ₈ X ₃ B ₃ P ₃ C ₂ H ₂ M ₁ amph ₁ hydr ₁	24
	контр.	Cyan ₃ Chlor ₁₄ Xan ₃ Bac ₄	Ch ₆ X ₄ B ₄ C ₃ H ₃ P ₂ amph ₁ hydr ₁	24

Примечание: Cyan – Cyanophyta, Chlor – Chlorophyta, Xan – Xanthophyta, Bac – Bacillariophyta, индексы указывают число родов в отделе, количество водорослей той или иной экологической формы.

Согласно полученным данным, с течением времени на постпирогенных участках происходит постепенное восстановление состава группировок почвенных водорослей. Так, на одночасовых кострищах наблюдалось увеличение таксономического разнообразия водорослей по сравнению с контрольными участками, что обусловлено комплексным и многосторонним влиянием огня на почву, как среду обитания водорослей. Как известно (Сугачкова, 2000; Пивоварова, Чумачева, 2001), в результате выжигания изменяются некоторые физико-химические показатели почвы, условия освещенности, гидротермический и, на начальных этапах восстановления, температурный режимы.

Увеличение разнообразия водорослей в почвах одночасовых кострищ происходило, в первую очередь, за счет резкого возрастания доли зеленых водорослей в составе альгогруппировок, увеличилась и их степень обилия на стеклах обрастания, особенно представителей родов *Chlamydomonas* Ehr., *Tetracystis* Brown et Bold, *Chlorosarcinopsis* Hernd., *Leptosira* Borzi, *Chlorella* Beijer., *Stichococcus* Näg. Также в почвах костров, горевших 1 час, прослеживалось постепенное увеличение количества водорослей из отделов *Bacillariophyta* и *Xanthophyta*. Состав водорослей отдела *Cyanophyta* варьировал незначительно.

В почвах костров, горевших 2 часа, прослеживалась несколько иная динамика. При постепенном увеличении роли зеленых водорослей в формировании альгогруппировок наблюдалось очень низкое содержание представителей *Xanthophyta*, которые, как известно (Штина, Голлербах, 1976; Штина и др., 1998), наиболее чувствительны к различным антропогенным нагрузкам.

На начальных этапах восстановительных процессов было зафиксировано обеднение состава синезеленых водорослей, на стеклах обрастания вегетировали лишь *Phormidium* Kütz. ex Gom. и *Leptolyngbya* Anagn. et Kom. Восстановление состава синезеленых водорослей произошло лишь через год после сжигания костров.

На двухчасовых кострищах наблюдалось постепенное увеличение числа родов диатомей, при этом необходимо отметить высокую степень обилия представителей родов *Hantzschia* Grun., *Navicula* Bory и *Pinnularia* Ehr., которые, согласно литературным данным (Чумачева, 2001), активно развиваются на участках лишней растительности с достаточным увлажнением.

Сравнительный анализ полученных данных позволил выявить представителей почвенных водорослей, наиболее чувствительных к действию пирогенного фактора (развивались в контрольных образцах и в почвах, отобранных через 9 и 12 месяцев после сжигания костров): *Tribonema* Derbès et Solier, *Xanthonema* Silva, *Heteropedia* Pasch., *Heterococcus* Chod., *Ellipsoidion* Pasch., *Chlorolobion* Korsch., *Leptosira* Borzi, *Myrmecia* Printz, *Cylindrocystis* Menegh., *Mesotaenium* Näg..

Приблизительно поровну во всех исследуемых образцах были развиты представители родов: *Chlorococcum* Menegh., *Chlorella* Beijer., *Pseudococcomyxa* Korsch., *Phormidium* Kütz. ex Gom. и *Klebsormidium* Silva et al. Все перечисленные водоросли обладают определенной степенью устойчивости к неблагоприятным факторам среды и имеют широкий диапазон распространения (Чумачева, 2001).

Характеризуя экологическую структуру альгогруппировок постпирогенных участков, можно отметить доминирование и постепенное увеличение количества представителей Ch-формы, которые, по данным (Штина, Голлербах, 1976), исключительно выносливы в экстремальных условиях (колебания pH, влажность, засоленность) и являются первопоселенцами многих нарушенных территорий.

С течением времени наблюдалось также увеличение количества водорослей, относящихся к B-форме, которые благодаря своей эфемерности развития и быстроте размножения способны интенсивно вегетировать на открытых пространствах (Зенова, Штина, 1990; Чумачева, 2001), что нами и было отмечено. Экологические спектры альгогруппировок почвенных образцов, которые были отобраны на кострищах через 9 и 12 месяцев, характеризовались появлением единичных представителей гидрофильных и амфибиальных форм, что свидетельствует об увеличении влажности исследуемых почв. Также следует отметить достаточно интенсивное развитие во всех анализируемых образцах представителей P-формы, которые, благодаря особенностям своего протопласта (Алексахина, 1984), способны переносить и высушивание, и избыточную влажность среды обитания.

Результаты исследования показали, что почвенные водоросли достаточно чутко реагируют на разную степень огневого воздействия. Наиболее устойчивыми к огневому воздействию оказываются при этом представители отделов *Chlorophyta* и *Cyanophyta*, наиболее чувствительными – водоросли отдела *Xanthophyta*. На качественный состав водорослей влияет также продолжительность горения: с увеличением времени пирогенного воздействия происходит уменьшение числа водорослей способных к вегетации.

Полученные результаты позволяют предположить, что в исследуемых почвах происходит постепенное улучшение условий среды, о чем свидетельствует смена состава и увеличение таксономического разнообразия альгогруппировок почв. Скорость восстановления условий обитания почвенных водорослей приближается к 1 году.

Литература

- Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М., 1984. 98 с.
 Андреева В.М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (*Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales*). СПб., 1998. 352 с.
 Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М., 1989. 336 с.
 Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. М., 1969. 228 с.
 Зенова Г.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. М., 1990. 80 с.
 Кабиров Р.Р., Суханова Н.В., Хайбуллина Л.С. Выделение почвенных альгоценозов методом Браун-Бланке. Уфа, 1999. 35 с. Деп. в ВИНТИ 31.03.99, № 1014–В99.
 Костіков І.Ю., Романенко П.О., Демченко Е.М. та інші. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори). Київ, 2001. 300 с.

Пивоварова Ж.Ф., Чумачева Н.М. Особенности распределения почвенных водорослей на участках кострищ // Сибирский экологический журн. 2001. № 4. С.419–422.

Рожков Л.Н. Основы теории и практики рекреационного лесоводства. Мн., 2001. 292 с.

Рысин Л.П., Маргус М.М. Рекреационное лесопользование в СССР. М., 1983. 128 с.

Сугачкова Е.В. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества почвенных водорослей: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Уфа, 2000. 20 с.

Чумачева Н.М. Стратегия восстановления альгогруппировок после низового пожара // Сибирский экологический журн. 2001. № 4. С.449–454.

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

Штина Э.А., Некрасова К.А. Реакция почвенных водорослей на антропогенные воздействия // Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду. Сб науч. трудов. М., 1985. С.56–62.

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

Ettl H., Gärtner G. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Stuttgart-Jena-New York, 1995. 721 s.

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanokaryota. 1 Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/1. Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm, 1999. 548 s.

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanokaryota. 2 Teil: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/2. München, 2005. 759 s.

Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The Diatoms. Biology & Morphology of the Genera. Cambridge, 1990. 747 p.

ТИП ПИРЕНОИДА КАК НОВЫЙ ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ У ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Болдина О.Н.

Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

В клетках многих водорослей морфологически наиболее заметной структурой является пиреноид. Именно поэтому его часто используют в систематике, в частности, у зеленых водорослей (*Chlorophyta*). У видов *Chlamydomonas*, согласно классическим представлениям (Ettl, 1983), признак «число и положение пиреноидов» вместе с особенностями строения хлоропласта определяет принадлежность вида к одной из 9 групп (рис. 1). Нами были исследованы представители 7 групп.

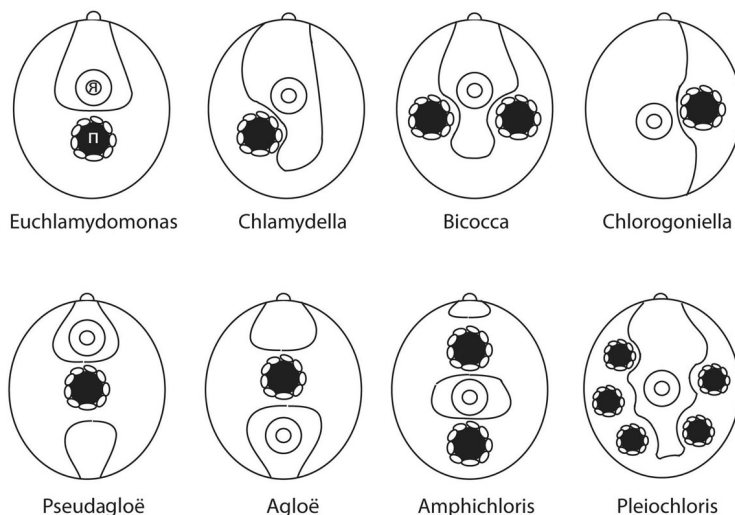


Рис. 1. Особенности строения клеток в группах *Chlamydomonas* (no: Ettl, 1983).

Условные обозначения: п – пиреноид, я – ядро

Изучение тонкой структуры пиреноидов у ряда представителей родов *Chlorococcum* и *Chlamydomonas* (Константинова, Болдина, 2001) позволило выявить 5 основных типов (рис. 2), различающихся формой тилакоидов (трубчатая или уплощенная) и характером крахмальной обкладки (сплошная или фрагментированная).

В роде *Chlamydomonas* наиболее типичной и многочисленной является группа *Euchlamydomonas*. Выявлено, что для группы *Euchlamydomonas* наиболее типичен IV тип пиреноида (*C. angulosa*, *C. augusta*, *C. bullosa*, *C. debaryana*, *C. gelatinosa*, *C. nivalis*, *C. parallelistriata*, *C. reinhardtii*, *C. regina*, *C. spaeroides*).

При этом установлено наличие единого типа пиреноида у штаммов, относимых к одному виду (*C. reinhardtii* – 6 штаммов и *C. debaryana* – 7 штаммов). 2 вида группы *Euchlamydomonas* (*C. nasuta* и *C. pseudomacrostigma*) имеют III тип пиреноида, наиболее характерный для видов группы *Chlamydeella* (*C. elliptica* var. *britannica*, *C. moewusii*, *C. monadina*) и *Amphichloris* (*C. pseudopertusa*, *C. desmidii*). Только у 2 видов группы *Chlamydeella* (*C. noctigama* и *C. planoconvexa*) обнаружен V тип.

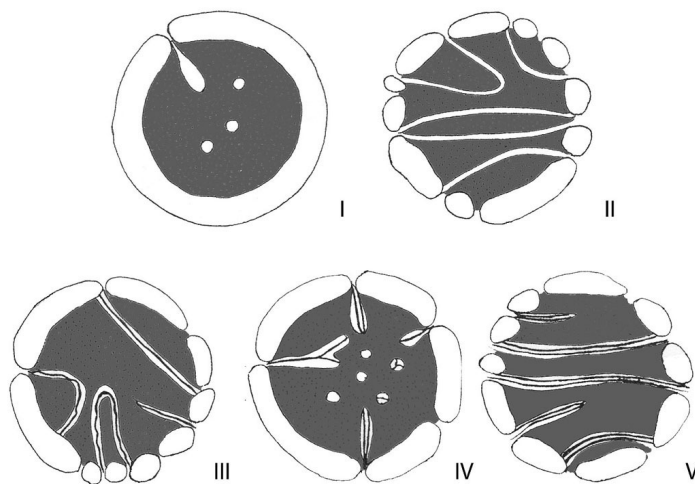


Рис. 2. Основные типы пиреноидов у *Chlamydomonas*.

Большинство представителей группы *Chlorogoniella* (*C. asymmetrica*, *C. baca*, *C. badensis*, *C. minutissima*, *C. proteus*, *C. oblonga*) содержат пиреноид IV типа. Исключение – 2 вида (*C. applanata*, *C. gloephila* var. *irregularis*) с I типом.

В группах с малым числом видов: *Agloe* (*C. mutabilis*), *Pseudagloe* (*C. agloiformis*) и *Pleiochloris* (*C. carrizoensis*) выявлен пиреноид II типа.

Нами были сопоставлены данные строения пиреноидов и результаты сравнения нуклеотидных последовательностей РНК тех же штаммов *Chlorophyta*, проведенные разными исследователями (Proschold et al., 2001, Nozaki et al., 2002). Оказалось, что многие из видов *Chlamydomonas* образовали самостоятельные клады или клады, включающие другие рода *Chlorophyta* (Proschold et al., 2001). Виды *Chlamydomonas* обнаруживались или были включены в 7 из 11 клад изученных видов *Chlorophyta*. Вероятно, поэтому многие клады получили названия от входящих в них видов *Chlamydomonas*. Изучение распределения видов в кладах и ветвях выявило корреляцию между типом пиреноида и расположением вида в кладе и/или на ее ветви.

Так, изученный нами штамм *C. applanata* с редким для видов *Chlamydomonas* типом пиреноида (I) попадает в кладу ‘Polytoma’. *C. radiata*, *C. mutabilis* со II типом пиреноида образуют самостоятельную ветвь в пределах клады ‘Chloromonas’, так же как и *C. carrizoensis*. В пределах этой же клады обнаруживаются самостоятельные ветви: одна, содержащая виды без пиреноидов (*Chloromonas clathrata*, *Chloromonas rosae*); другая – с видами, имеющими IV тип пиреноида (*C. augusta*, *C. bullosa*), что, по-видимому, свидетельствует о недостаточной по числу исследованных объектов изученности данной клады. Тем не менее, тенденция корреляции типа пиреноида и расположения вида в пределах ветви ‘Chloromonas’ – клады сохраняется даже в этом простом случае.

Большинство рассмотренных нами видов *Chlamydomonas* с IV типом пиреноида (*C. reinhardtii*, *C. zebra*, *C. debaryana*, *C. asymmetrica*), а также *C. baca* (Ettl, 1966) образуют ‘Reinhardtii’ – кладу. Примечательно, что эта кладка включает и *Volvox carteri* с аналогичным типом пиреноида.

Сравнение результатов кладистического и ультраструктурного анализов для видов с пиреноидами III и V типа вызывает большие трудности из-за различия в объектах исследования. Но и в данном случае виды с III типом пиреноида: *Chlamydomonas moewusii*, *Chlorococcum echinogyotum*, *Chlorococcum hypnosporum* (Константинова, Болдина, 2001) образуют кладу ‘Moewusii’. Определенная модификация III типа пиреноида найдена у *Chlamydomonas elliptica* var. *britannica* и *C. segnis* (Badour, 1973), размещенных на разных ветвях клады ‘Oogamochlamys’.

Выявленная нами корреляция между типом пиреноида и расположением вида в кладе и/или на ее ветви позволяет предполагать, что тип пиреноида может быть использован как новый таксономический критерий у зеленых водорослей в ранге вида, и, в частности, у *Chlamydomonas*.

Литература

- Константинова И.А., Болдина О.Н. Сравнительный анализ ультраструктуры пиреноидов зеленых монадных и кокцидных водорослей // Физиология растений. 2000. Т. 47, N 5. С. 655–659.
- Badour S.S. Observation on the morphology of reproduction and fine structure of *Chlamydomonas segnis* from delta Marsh Manitoba // Canad. J. Bot. 1973. V. 54, N 1. P. 67–72.
- Ettl H. Vergleichende Untersuchungen der Feinstruktur einiger Chlamydomonas-Arten // Osterr. Bot. Z. 1966. Bd. 113, H 5. S. 477–510.
- Ettl H. Susswasserflora von Mitteleuropa. Chlorophyta. 1. Phytomonadina. Jena, 1983. 807 S.
- Nozaki H., Onishi K., Morita E. Differences in pyrenoid morphology are correlated with differences in the rbcL genes of members of the *Chloromonas* lineage (*Volvocales*, *Chlorophyceae*) // J. Mol. Evol. 2002. V. 55, N 4. P. 414–430.
- Proschold T., Marin B., Schlösser U.G., Melkonian M. Molecular phylogeny and taxonomic revision of *Chlamydomonas* (Chlorophyta). I. Emendation of *Chlamydomonas Ehrenberg* and *Chloromonas Gobi* and description of *Oogamochlamys* gen. nov. and *Lobochlamys* gen. nov. // Protist. 2001. V. 152, N 3. P. 265–300.

**ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРΟΣЛИ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ
(НА ПРИМЕРЕ ВОРКУТИНСКОЙ ТУНДРЫ)**

Волошко Л.Н.

Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

Экосистема высоких широт является очень чувствительным индикатором глобальных перемен и реагирует изменением устойчивости сообществ (Heal et al., 1998). В то же время возрастает антропогенный пресс на водоемы и водотоки Крайнего Севера. В данной ситуации особенно актуальным являются систематические исследования всех компонентов экосистемы. Ключевым моментом мониторинга является выбор чувствительных индикаторов, характеризующих состояние экосистемы.

Золотистые водоросли являются пресноводными жгутиковыми организмами, которые обычно составляют значительную часть биомассы в озерах со средней и низкой продуктивностью (*Chrysophyte algae*, 1995). Обычно считается, что распространение золотистых водорослей связано с олиготрофными условиями. Однако эти водоросли могут обитать и в не очень чистых эвтрофированных водоемах – небольших озерах, прудах и даже лужах (Stonberg, 1986). В олиготрофных озерах они часто составляют 10–75% биомассы планктона (Sandgren, 1988), в мезотрофных и эвтрофных озерах – <20%, а в сильно эвтрофированных водоемах <5%.

Основная задача настоящей работы – исследование биоразнообразия золотистых водорослей в водоемах Воркутинской тундры, прилегающих к угольному карьеру, и оценка их индикаторных возможностей с целью использования в экологическом мониторинге состояния естественных и техногенных экосистем.

Добывающие отрасли оказывают многостороннее воздействие на все компоненты среды в районах их размещения (Гецен и др., 2003). Одним из новых факторов антропогенного загрязнения в регионе является добыча угля открытым способом, начатая на территории Юньягинского месторождения (на расстоянии 50 км от г. Воркута). Основными источниками загрязнения водоемов, прилегающих к карьеру промплощадки шахты, являются сбросы дренажных сильно минерализованных вод и атмосферные выбросы котельной с высоким содержанием тяжелых металлов.

Для характеристики состава золотистых водорослей были выбраны участки с учетом степени антропогенного загрязнения: импактная и буферная зоны, а также фоновый участок. К импактной зоне отнесена территория отработанного, а затем рекультивированного карьера. В буферной зоне, находящейся на расстоянии 1 км от источника загрязнения, обследованы два озера. Заболоченное озеро, расположенное за пределами загрязнения, рассматривалось как фоновое.

В течение 2002–2006 гг. были собраны и обработаны 86 планктонных проб и растительных обрастаний. Планктонные пробы отбирались сетью с ячейкой 10 мкм из поверхностного горизонта, обрастания смывались с водных растений водой в стеклянном стакане. Все собранные образцы фиксировались формалином (2%). Изучение кремниевых структур (чешуек, щетинок и шпиков), составляющих панцирь клетки, проводилось методами трансмиссионной электронной микроскопии (TESLA-BP 500 GSM 35).

В обследованных озерах были выявлены 35 видов, разновидностей и форм золотистых водорослей, в составе которых *Mallomonas* (21 вид), *Synura* (8 видов), *Paraphysomonas* (3 вида), *Chryso-sphaerella* (2 вида) и *Spiniferomonas* (1 вид).

Состав золотистых водорослей в водоеме фонового участка довольно разнообразен. Среди золотистых водорослей выявлены 17 видов, из которых доминировали *Synura echinulata* Korshikov, *S. petersenii* Korshikov f. *petersenii* и *S. petersenii* f. *kufferathii* (Korshikov) Petersen & Hansen. Присутствие в большом количестве всего нескольких видов может свидетельствовать об олиготрофных условиях (Kristiansen, 1984).

В буферной зоне водоемы относительно чистые, однако испытывают влияние угольной пыли терриконов, и там происходит трансформация химического состава воды (Гецен и др., 2000). В водоемах этой зоны происходит заметное увеличение концентрации сульфатов (в 4,5 раза), хлоридов (в 12 раз), магния и кальция (в 3 раза), а содержание фосфора снижается (в 1,7 раза). Состав золотистых водорослей в этих водоемах самый разнообразный – 29 видов. Доминирующими видами были *S. echinulata*, *S. uvella* Stein em. Korshikov, *Mallomonas heterospina* Lund и *M. papillosa* Harris et Bradley. Высокое разнообразие видов с низкой биомассой указывает на более эвтрофированные условия (Kristiansen, 1984).

Следует отметить, что в минерализованных водах этих озер с достаточно высоким содержанием ионов тяжелых металлов у *S. petersenii* отмечены нарушения морфологии кремниевых чешуек наружного клеточного покрова в виде слабой силификации чешуек, чешуек с расширенными порами, с деформацией центрального гребня и с редукцией боковых ребер и ободка (рис.). Появление подобных морфологических деформаций связано с нарушениями метаболизма кремния в присутствии высокого содержания ионов тяжелых металлов (Voloshko et al., 2003).

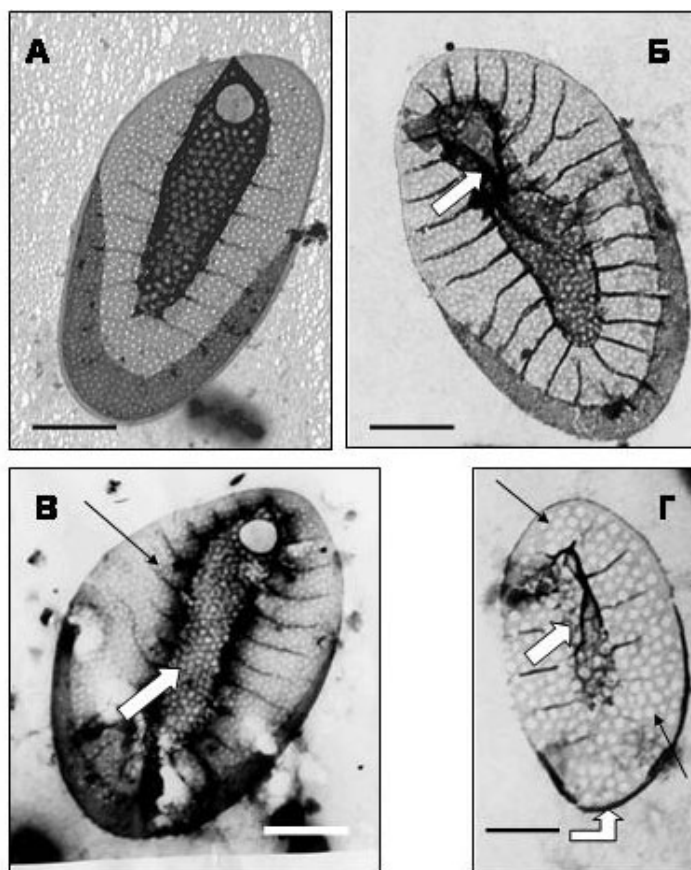


Рис. Деформации кремниевых чешуек панциря клетки *Synura petersenii* в буферной зоне озер Воркутинской тундры вблизи Юньягинского угольного месторождения.

Обозначения: А – чешуйка панциря (норма); Б–Г – деформированные чешуйки; тонкая черная стрелка – редукция ребер и расширенные поры; белая прямая стрелка – деформация центрального гребня; фигурная белая стрелка – редукция периферического ободка. Масштаб: 1 мкм.

Импактная зона испытывает влияние комплекса факторов. Наиболее существенным из них является поступление высокоминерализованных шахтных вод водоотлива, которые откачиваются для осушения участков при разработке глубоких угольных пластов. Минерализация воды в водоемах на территории шахты выше более чем в 10 раз по сравнению с фоновым участком (Гецен и др., 2003). В десятки и сотни раз увеличивается концентрация хлоридов, сульфатов и ионов металлов, рН возрастает с 5.7 до 8.1. В условиях значительной загрязненности водной среды количество видов золотистых падает (с 29 видов в буферной зоне до 14 видов – в импактной зоне). В водоеме непосредственно у промплощадки шахты золотистые водоросли исчезают полностью.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии на водоемы высокой минерализации шахтных вод. По направлению к террикону шахты с увеличением техногенной нагрузки в водоемах происходит смена доминирующих видов и обеднение биоценозов золотистых водорослей, до полного их исчезновения. В

минерализованных водах с достаточно высоким содержанием ионов тяжелых металлов отмечены деформации кремниевых чешуек наружного панциря клеток золотистых водорослей, связанные с нарушениями клеточного метаболизма кремния в присутствии высокого содержания тяжелых металлов. Выявленные морфологические изменения кремниевых структур могут быть использованы при биоиндикации условий окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 03-04-49258, 04-04-63037 и 08-04-10132. Автор глубоко признателен М.В. Гецен и О.В. Гавриловой за консультации и помощь в работе.

Литература

Гецен М.В., Стенина А.С., Патова Е.Н., Дорохова М.Ф., Рубцов А.И., Калмыков А.В., Никитина Л.А., Катаева Р.В., Оборопин Г.И., Лукницкая А.Ф. Первые итоги комплексных исследований на промплощадке закрытой шахты «Юнь-Яга» и прилегающей территории ненарушенной тундры в целях организации биологического мониторинга // Эколого-экономические социальные проблемы Воркутинского промышленного района. Воркута-Сыктывкар: Минприрода РК, 2000. С. 80–110.

Гецен М.В., Горбачевский А.Г., Вяткин С.Г., Рубцов А.И. Природная среда тундры в условиях открытой разработки угольного месторождения // Народное хозяйство республики Коми. 2003. Т. 12, № 1–2. С. 36–44.

Chrysophyte algae (ecology, phylogenia, and development) / Ed. by C.D. Sandgren, J.P. Smol, J. Kristiansen. USA, New York: Cambr. Univ. Press, 1995. 399 p.

Cronberg G. Chrysophycean cysts and scales in lake sediments: a review / Ed. by J. Kristiansen, R.A. Andersen. Chrysophytes. Aspects and Problems. Cambridge University. 1986. P. 281–315.

Heal O.W., Callaghan T.V., Cornelissen K.C. et al. Global change in Europe's cold regions / Ecosystems Research No 27 (Eur 18178 EN). I. European Commission. Copenhagen: Danish Polar Centre, 1998. 220 p.

Kristiansen J. The ultrastructural bases of chrysophyte systematics and phylogeny // CRC Critical Reviews in Plant Science. 1986. Vol. 4. P. 149–211.

Sandgren C.D. The ecology of chrysophyte flagellates. Their growth and perenation strategies as freshwater phytoplankton / Ed. by Sandgren C.D. Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. USA, New York: Cambridge University Press. 1988. P. 9–104.

Voloshko L.N., Gavrilova O.V., Nogina N.V. Silica structures and growth characteristics of chrysopycean algae along pH gradient // Abstr. 5th European Workshop: Biotechnology of Microalgae. Europ. Society of Microalgal Biotechnology (June 23–24, 2003). Germany: Bergholz-Rehbruke. 2003. P. 124–128.

СТРОЕНИЕ КРИПТОСТОМ ФУКУСОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Воскобойников Г.М., Котяш И.В.

Мурманск, Мурманский морской биологический институт Карельского научного центра РАН

Криптостомы – углубления на поверхности слоевищ фукусовых водорослей, из которых растут волоски, были описаны еще в начале 20 века. Однако детально морфология криптостом, их функциональная значимость оставались неизученными до настоящего времени. По литературным данным, криптостомы встречаются не у всех видов фукусовых, так у пельвеции они отсутствуют. В задачу нашей работы входило морфологическое описание этих структур с использованием световой, сканирующей и трансмиссионной микроскопии. Для анализа отбирали фукусовые водоросли с литорали Баренцева моря. Преимущественно в исследованиях использовался *Fucus vesiculosus* (фукус пузырчатый), вид, который широко распространен на литорали северных морей.

Фиксацию и подготовку к исследованиям в световом, сканирующем и трансмиссионном электронных микроскопах осуществляли по общепринятым методам.

Криптостомы располагаются в два ряда недалеко от края таллома, как с одной, так и с другой стороны его плоскости. Их количество варьирует у различных особей. На обеих плоскостях части таллома, находящейся между двумя ветвлениями, присутствует около 80 криптостом. Светооптические наблюдения за живыми объектами показывают, что криптостомы образуются и растут вместе с самим талломом. На одном талломе присутствуют криптостомы на разных стадиях онтогенеза. Нами никогда не обнаруживались криптостомы на центральной жилке слоевища фукуса. Исследование с применением сканирующей микроскопии, анализ постоянных препаратов (толщина 1,5–2 мкм) показал, что формирование криптостом начинается в апикальных частях растения в возрасте 0+ и продолжается в течение длительного периода жизни. Плотность криптостом на 1 см² варьирует на растениях различного возраста: 10–11 криптостом на растениях на 1+; 8–9 на растениях 2+.

Использование метода моделирования серийных срезов показало, что полностью сформированная криптостома уходит вглубь тканей на 210 мкм, а её диаметр в самой широкой части около 162 мкм (рис. 1, 2). Диаметр клеток, формирующих «обкладку» криптостомы, варьирует от 28 мкм во внутреннем слое и до 45 мкм во внешнем. Длина клеток, составляющих волоски, также колеблется от 21 до 32 мкм, а ширина от 9,5 до 11 мкм. Изучение живых объектов и использование сканирующей микроскопии позволяют предположить, что в зимний период волоски исчезают и появляются в период активной вегетации.

При сравнительном исследовании криптостом у разных видов фукоидов мы не отметили каких-либо различий в морфологии. По плотности же на 1 см² поверхности таллома отличия наблюдаются (для растений в возрасте 1+): больше всего криптостом у *F. vesiculosus* – 15, у *F. distichus* – 12, у *F. serratus* – 8.

В экспериментах по влиянию внешних факторов на морфофункциональное состояние фукусовых водорослей отмечалось изменение числа и длины волосков в зависимости от уровня гидродинамики среды обитания. В зимний период в канале отдельных криптостом выявлялись частицы электронноплотного вещества.

В переводе с латинского, «*stypstome*» – потайной пищеварительный канал. Наша работа подтверждает, что криптостомы могут участвовать в поглощении необходимых растению веществ из окружающей среды. Особенную значимость эти сведения приобретают в связи с гипотезой о возможном переходе некоторых макрофитов в темноте на гетеротрофное питание.

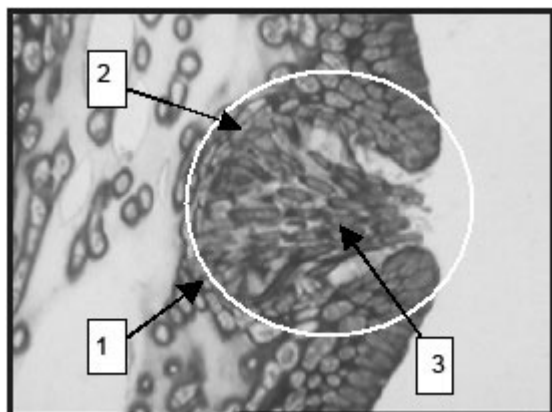


Рис. 1. Продольный срез криптостомы.
Увел. x 100

1. Крипостома. 2. Клетки обкладки. 3. Волоски.

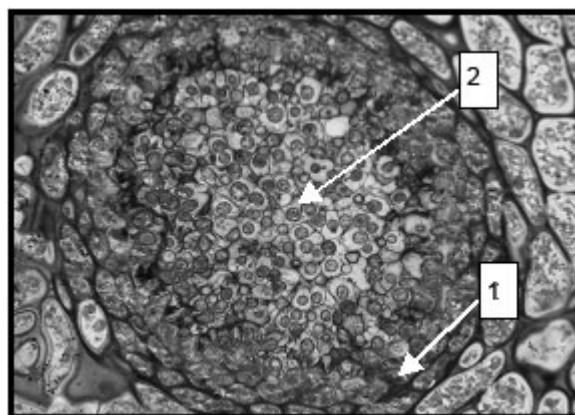


Рис. 2. Поперечный срез криптостомы.
Увел. x 100.

1. Клетки обкладки. 2. Клетки волосков.

ФИТОПЛАНКТОН НЕКОТОРЫХ ПРИТОКОВ СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ

Габышев В.А.

Якутск, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН

Водоросли малых и средних притоков р. Лена до сих пор слабо изучены. В рамках работ по оценке воздействия на окружающую среду постройки и эксплуатации нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО), в 2006 г. было проведено изучение фитопланктона 12 водоемов бассейна среднего течения р. Лена. Среди исследованных водоемов сама р. Лена и девять ее притоков первого и второго порядков, протекающие по Лено-Вилуйскому и Лено-Алданскому междуречьям, а также два озера термокарстового происхождения, расположенные вблизи проектируемого нефтепровода в Лено-Вилуйском междуречье. До проведения наших исследований имелись сведения о водорослях лишь некоторых из этих водоемов: Средней Лене, рекам Амге и Туолбе. В соответствии с проектом, линия нефтепровода пересечет данные водоемы, в результате вероятно ухудшение экологической обстановки. Цель работы: изучение особенностей состава и распределения фитопланктона в водоемах в районе участка проектируемого нефтепровода системы ВСТО, создание основы для биомониторинга при ожидаемом усилении техногенного воздействия на водные экосистемы бассейна среднего течения р. Лена. В сборе полевого материала принимали участие сотрудники института: А.И. Климовский, А.Д. Степанов. Данные по гидрохимии исследованных водоемов предоставлены сотрудниками отдела гидрохимии ИБПК СО РАН.

В планктоне исследованных водоемов выявлено 125 видов водорослей (130 таксонов рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида) из пяти отделов, 8 классов, 13 порядков, 37 семейств, 59 родов. Основу фитопланктона на 94,4% составляют диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли. На уровне классов выделяются *Pennatophyceae* (42,1% видового состава), *Chlorophyceae* (24,6%) и *Conjugatophyceae* (10,3%); на уровне порядков – *Raphales* (30,2%) и *Chlorococcales* (23,0%). Наиболее крупные по числу видов 10 семейств включают 73 вида водорослей (58,2% от общего числа видов), которые принадлежат к отделам диатомовых, зеленых и синезеленых. Первые три позиции в спектре семейств принадлежат *Fragilariaceae* (8,7% видового состава), *Desmidiaceae* (7,1%) и *Scenedesmaceae* (5,6%). Одновидовых семейств – 14, т.е. более трети всех семейств. Одно- и двувидовые роды составляют 78,3% родового списка. Анализ родового спектра водорослей

исследованных водоемов указывает на неравномерность распределения видов по родам. Так, 12 ведущих родов, составляющих около 20,0% всего родового состава, охватывают 53,0% общего числа видов. Пропорции флоры 1,6:3,3:3:4. Родовая насыщенность 2,1. Вариабельность вида 1,0.

По классификации О.А. Алекина (1970), исследованные водоемы мало- и среднеминерализованы, общее количество растворенных веществ варьирует от 94,0 до 427,6 мг/л, что обуславливает преобладание в фитопланктоне олигогалобов (44,6% видового состава). Величина рН изменяется от 6,19 до 8,25, поэтому значительна доля индифферентов (23,1% видового состава) и алкалифилов (14,6%). По географической принадлежности основу фитопланктона составляют космополиты и бореальные виды (36,2%); доля арктоальпийских видов невелика 9,2%. Суровые природные условия объясняют присутствие в планктоне стенотермных холодолюбивых диатомей – *Hantzschia arcus* (Ehr.) Patr., *H. arcus* var. *linearis* (Holmboe) Patr.

Река Лена. Переход нефтепровода через р. Лену расположен в 2100 км от устья реки. Площадь водосбора Лены на этом участке составляет 560 тыс. км². Фитопланктон р. Лена развит в видовом отношении – выявлен 51 вид и разновидность водорослей из трех отделов. Основу фитопланктона составляют диатомеи (86,6–95,9% общей биомассы водорослей). Доля зеленых водорослей в пробах – от 0,3% до 7,2%, золотистых – от 0,6% до 6,2% биомассы фитопланктона. Уровень развития водорослевых сообществ на гидробиологическом разрезе реки не однороден. Река на участке отбора проб имеет ширину 1350 м, единое русло, без островов и протоков, дно и берега крупногалечные, течение по фарватеру 1,7 м/с. В 15 км выше по течению реки на левом берегу находится г. Олекминск, ниже которого вплоть до перехода нефтепровода в прибрежной зоне расположены дачные участки. В данных условиях фитопланктон левобережья и фарватера испытывает влияние антропогенных факторов. Например, содержание аммонийного азота в левобережье и на фарватере составляет 0,44 мг/л и превышает ПДК. Это выражается в более высоком уровне развития фитопланктона в левобережье (1289,6 тыс. кл/л, 0,4699 мг/л) и на фарватере (1372,8 тыс. кл/л, 0,4854 мг/л). В правобережном потоке численность и биомасса фитопланктона ниже (39,9 тыс. кл/л, 0,0370 мг/л). Индексы сапробности для левобережья и фарватера высокие – 2,20 и 2,19, что соответствует β–α–мезосапробной зоне загрязнения. Характерная особенность фитопланктона левобережья и фарватера – бурное развитие *Nitzschia acicularis* W. Sm., где доля этого вида в общей численности составляла соответственно 30,7% и 25,8%. В правобережном потоке – 4,4%. Индекс сапробности правобережья – 1,40. По имеющимся данным о состоянии р. Лены в начале 80–х годов прошлого века (Васильева И.И. и др., 1984) индекс сапробности реки в районе г. Олекминска не превышал 1,60, а вид *Nitzschia acicularis* не был отмечен среди доминантов. Уровень видового разнообразия Шеннона–Уивера (H_b) высокий: в левобережье – 3,04, по фарватеру – 3,81, в правобережье – 3,66.

Река Амга правый приток р. Лены второго порядка, длина реки 1462 км, площадь бассейна 69,3 тыс. км², берега и дно сложены галькой, скорость течения – 0,9 м/с. Фитопланктон представлен тридцатью видами и разновидностями из трех отделов. Численность водорослей планктона – 27,82 тыс. кл/л, биомасса – 0,0213 мг/л. Преобладают диатомеи и формируют 77,9% общей биомассы, 20,2% составляют зеленые и 1,9% золотистые. Индекс сапробности – 1,90. Индекс H_b высокий для речного планктона и варьирует по точкам отбора проб от 3,00 до 3,28.

Река Туолба правый приток Лены, длина реки 395 км, площадь водосбора 15,8 тыс. км², берега и дно галечные, скорость течения – 1,9 м/с. В планктоне выявлено 20 видов и форм водорослей. Количественные показатели развития водорослей планктона – 36,63 тыс. кл/л, 0,0340 мг/л. Основу биомассы фитопланктона реки составляют диатомеи – 90,3%, зеленые – 9,4%, желтозеленые – 0,3%. Индекс сапробности – 1,89. Индекс H_b понижен и варьирует от 1,96 до 2,52.

Река Бирюк левый приток р. Лены, длиной 267 км и площадью водосбора 9,7 тыс. км², скорость течения реки 1,0 м/с, берега песчано-илистые. В планктоне выявлено 19 видов и форм водорослей. Количественные показатели развития фитопланктона – 1,50 тыс. кл/л, 0,0009 мг/л. Основу биомассы планктонных альгогруппировок реки составляют диатомеи (88,9% общей биомассы фитопланктона), вклад зеленых меньше (11,1%). Вследствие массового развития одного вида – *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simon., индекс H_b понижен и варьирует в пределах 1,68–2,15. Индекс сапробности – 1,79.

Река Меличан левый приток Лены второго порядка, протекает по заболоченным торфяникам Лено–Вилюйского междуречья, длина реки 144 км, площадь бассейна 4,9 тыс. км², скорость течения 0,6 м/с. В пробах найдено 5 видов водорослей. В планктоне реки доминирует один вид, представитель синезеленых – *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Его биомасса составляет в пробах от 49,5% до 100,0% биомассы фитопланктона (общая биомасса водорослей – 0,01011 мг/л, численность – 218,79 тыс. кл/л). Следует отметить, что р. Меличан единственная среди исследованных рек, где содержание минерального фосфора характеризуется сотыми долями мг P/л, что не лимитирует развитие водорослей. На остальных реках фосфор либо отсутствует, либо составляет тысячные доли мг P/л. Индекс H_b очень низкий – от 0,01 до 1,00. Уровень сапробности – 1,70.

Река Туолбачан правый приток Лены, длина реки 185 км, площадь водосбора 3,9 тыс. км², берега и дно галечные, скорость течения – 0,9 м/с. Водорослевые сообщества планктона представлены 29 видами и разновидностями. Биомасса фитопланктона 0,00531 мг/л, ее основу составляют диатомовые (64,0%) при значительном участии зеленых (35,8%), доля золотистых незначительна – 0,2%; численность – 1,29. Индекс сапробности – 1,52. Индекс H_b высокий для речного планктона и варьирует в пределах 2,53 – 3,50.

Река Большая Черепаниха левый приток р. Лены, длина реки 125 км, площадь бассейна 1,8 тыс. км², скорость течения 0,8 м/с, дно и берега галечные. В планктоне выявлено 14 видов и форм водорослей. Общая биомасса фитопланктона 0,00251 мг/л, на долю диатомовых приходится 79,7% биомассы фитопланктона, зеленые составляют 19,9%, вклад золотистых незначителен; численность – 0,72 тыс. кл/л. Индекс Нб низкий – 1,98. Сапробный индекс – 1,83.

Река Малая Черепаниха левый приток р. Лены, длина реки 65 км, площадь бассейна 469 км², скорость течения 0,6 м/с, дно и берега песчано-илистые. Фитопланктон включает 13 видов и форм. Количественные показатели развития водорослей планктона – 0,89 тыс. кл/л, 0,0006 мг/л. Диатомовые в составе фитопланктона дают 83,3% биомассы, зеленые – 16,7%. Индекс сапробности водотока повышен – 2,26. Индекс Нб для речного планктона высокий – 2,77.

Река Баял – небольшой водоток длиной около 40 км, являющийся правым притоком р. Лены второго порядка, скорость течения 0,6 м/с, берега песчано-галечные. Фитопланктон реки представлен 23 видами и разновидностями водорослей. Основу его биомассы составляют диатомовые (69,6% общей биомассы планктона) при участии зеленых (29,5%), доля синезеленых незначительна (0,8%). Биомасса фитопланктона 0,00474 мг/л, численность – 13,04 тыс. кл/л. Индекс сапробности водотока – 1,59. Индекс Нб высокий и варьирует по точкам отбора проб в пределах 2,90–3,02.

Безымянный ручей на мари Лено-Вилуйского междуречья является левобережным притоком р. Лены второго порядка, берега ручья песчано-илистые. Фитопланктон представлен девятью видами и разновидностями водорослей. Основу фитопланктона составляют диатомеи, доля желтозеленых незначительна. Количественно фитопланктон развит слабо (0,52 тыс. кл/л, 0,00123 мг/л). Индекс Нб – 2,48. Сапробный индекс – 1,18.

Термокарстовые озера расположены на мари Лено-Вилуйского междуречья вблизи трассы проектируемого нефтепровода, берега озер торфянистые, глубина 1,5–2,0 м. **Озеро Арылах** имеет размеры 2×3 км. Фитопланктон в видовом отношении беден и насчитывает 6 видов и форм. Основу биомассы фитопланктона составляет представитель синезеленых – *Aphanizomenon flos-aquae* (99,1% общей биомассы). Общая численность и биомасса фитопланктона соответственно 1305,99 тыс. кл/л, 0,2242 мг/л. Индекс Нб очень низкий – 0,09. Индекс сапробности – 1,70.

Безымянное озеро размером 1,3×0,8 км. Фитопланктон насчитывает 14 видов и форм водорослей. Основу планктона составляют синезеленые (56,3% общей биомассы) и зеленые (25,0%) водоросли, вклад диатомовых меньше (18,8%). Общий уровень развития планктона для озера, как стоячего водоема небольшой (351,78 тыс. кл/л, 0,0048 мг/л). Индекс Нб низкий – 2,27. Индекс сапробности – 1,63.

Исследованные водоемы по видовому составу и количественному развитию фитопланктона характеризуются как северные олиготрофные. В видовом и количественном отношении фитопланктон наиболее развит в реках с большей площадью водосбора – рр. Лене, Амге, Туолбе. Основу биомассы фитопланктона большей части водоемов составляют диатомовые водоросли (64,8–100% общей биомассы), с участием зеленых (9,8–35,2%). В фитопланктоне рек со скоростью течения более 1,0 м/с доля зеленых в общей биомассе не превышает 11,1%; в формировании биомассы водорослей планктона медленнотекущих рек участие зеленых выше. В водоемах расположенных на заболоченных торфяниках Лено-Вилуйского междуречья (р. Меличан, термокарстовые озера) повышена роль синезеленых водорослей (56,3–99,1% общей биомассы фитопланктона). Полученные данные о планктонных сообществах водорослей являются основой для создания базы биомониторинга в условиях нарастания техногенных нагрузок на водные экосистемы бассейна Средней Лены.

Литература

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 443 с.
Васильева И.И., Ремигайло П.А., Соколова Л.С. Санитарно-биологическая характеристика отдельных участков рек Лены, Олекмы, Чаруодокана // Биологические проблемы Севера: БНТИ. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1984. С. 10–12.

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ

Гайсина Л.А.¹, Фазлутдинова А.И.¹, Сафиуллина Л.М.¹, Пурина Е.С.², Абузарова Л.Х.¹,
Кокорина Л.В.¹, Мухаметова Г.М.¹, Бакиева Г.Р.¹

¹Уфа, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы

²Бирск, Бирская педагогическая академия

Водоросли относятся к древнейшим организмам, обитающим на Земле. Почвенные водоросли являются экологической группой водорослей, жизнь которых связана с почвой как средой обитания. Многие виды этой группы являются космополитами, обитающими во всех типах почв практически по всему земному шару,

включая безжизненные пустыни. Эдафотрофные водоросли подвергаются воздействию целого ряда экологических факторов, важнейшими из которых являются температура и реакция среды.

В ходе многолетних исследований было изучено влияние экстремальных экологических факторов на особенности биологии и морфологии широко распространенных видов почвенных водорослей: *Trichromus variabilis* (Kützing ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagnostidis, *Cylindrospermum michailovskoënsse* Elenkin (Cyanobacteria), *Klebsormidium flaccidum* (Kützing) Silva et al. (Streptophyta), *Xanthonema exile* (Klebs) Silva (Xanthophyta), *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) Hibberd (Eustigmatophyta), *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve et Grunow (Bacillariophyta). Изоляты были выделены из почвенных проб, отобранных на территории Республики Башкортостан, Челябинской и Иркутской области. В экспериментах использовали культуры водорослей, которые выращивали на жидких и агаризованных питательных средах: Громова № 6 в модификации Голлербаха (*E. magnus*), Бристоль в модификации Голлербаха (*K. flaccidum*, *X. exile*), Чу-10 (*T. variabilis*, *C. michailovskoënsse*), среда Рихтера (*H. amphioxys*). Исследовали влияние температур от 20 до 100°C с интервалом 10°C (2°C в экспериментах с *E. magnus* и *X. exile*) и реакции среды в диапазоне от 2 до 12 с интервалом 0,5. Контролем была температура 20°C и pH=6. Изучали влияние факторов на биологические особенности и размерные признаки водорослей (длину нитей и линейные размеры клеток), а также описывали возникающие морфологические нарушения. Во всех градациях факторов измеряли по 50 нитей и 50 клеток. Все испытания проводились с использованием жидких питательных сред. При статистической обработке результатов исследований использовали среднюю арифметическую и ее ошибку, медиану, стандартное отклонение и значение коэффициента вариации (Лакин, 1990). Для оценки уровня изменчивости на основании коэффициента вариации использовали шкалу А.С. Мамаева (1968). Достоверность результатов исследований определяли с помощью критерия Стьюдента.

Проведенные эксперименты продемонстрировали, что *X. exile* могла выдерживать высокие положительные температуры до 48°C включительно, однако при $t=46-48^{\circ}\text{C}$ происходило нарушение целостности клеточной оболочки у 50–70% клеток. При нагревании в интервале от 30 до 44°C морфология клеток не изменялась. Проведенные исследования показали, что через 2 недели после действия температуры 32–44°C происходило массовое образование зооспор, после которого наблюдалось развитие водорослей. Высокие температуры (кроме $t=30^{\circ}\text{C}$) вызывали удлинение нитей. С увеличением температуры отмечались колебания изменчивости по всем морфологическим признакам и уменьшение изменчивости при высоких значениях температуры. Исследования показали, что наибольшее влияние высокие температуры оказали на длину нитей и наименьшее – на ширину клеток. При pH=2–2,5 и pH=10,5–12 наблюдалось полное разрушение клеточного содержимого. Значения pH от 3 до 3,5 вызывали изменение формы 5–10% клеток с цилиндрической на эллипсоидную. В диапазоне pH от 4 до 8 клетки сохраняли морфологический статус, при pH=8,5–10 происходило обесцвечивание цитоплазмы. Проведенные исследования показали, что изменение pH среды вызывало уменьшение длины нитей и увеличение длины клеток. Резкое сужение клеток отмечалось при pH=7. Сдвиг pH среды даже на 0,5 от контроля в сторону подкисления или подщелачивания вызывал изменение статистических показателей по всем анализируемым признакам.

E. magnus сохранял морфологический статус при 20–52°C. Температуры 30–40°C вызывали образование апланоспор, а температура 50°C – зооспор (Gaisina et al., 2006). Установлено достоверное влияние температуры 32–36°C и 40–54°C на диаметр клеток *E. magnus*. Экстремально высокие температуры вызывали морфологические изменения в клетках *E. magnus*, такие как появление бурых пятен, деструктуризацию и грануляцию протопласта, и полное разрушение клеток водоросли. При pH=2 и pH=11–12 наблюдалось полное разрушение клеточного содержимого *E. magnus*. При pH=2,5–4 20–90% клеток погибали, наблюдалось обесцвечивание и выход протопласта наружу. Однако часть клеток сохраняла целостность клеточных оболочек, и было возможно произвести измерение диаметра водоросли. В диапазоне pH от 4,5 до 8,5 морфология клеток не изменялась. При pH=9–10,5 30–80% клеток *E. magnus* были гранулированными и имели бледно-желтый протопласт. Результаты исследования показали, что сдвиг pH среды достоверно влиял на диаметр клеток водоросли, кроме величин pH=5,5 и pH=6,5. Значения коэффициента вариации соответствовали пониженному и среднему уровням изменчивости, кроме pH=3,5, при котором коэффициент вариации соответствовал повышенному уровню изменчивости.

При нагревании отмечалось изменение окраски клеток *H. amphioxys* от бурой, при температуре 30–40°C, до зеленовато-бурой, при температуре 50–70°C и далее до светло-зеленой. По градиенту температур наблюдалось усиление признаков нарушения: клетки были сгруппированы в небольшие колонии, а их пиреноиды имели неправильную, деформированную форму. Мелкие клетки оказались менее подверженными воздействию высоких температур, в то время как наибольшему влиянию подвергались крупные клетки. Полученные данные показали, что действие активной кислотности на *H. amphioxys* носило разнообразный характер в зависимости от значения pH. Показателем реакции популяции водорослей на кислую среду, оказалось преобладание клеток с бледной окраской, имеющих сильно лизированные протопласты и деформированные пиреноиды. Кроме того, при низких значениях pH (до 4,5–5,5) наблюдалось снижение подвижности клеток. По мере возрастания pH до нейтральных значений, перечисленные выше

признаки нивелировались. В щелочном диапазоне среды побледнение окраски наблюдалось при pH=8,5–9, а уменьшение подвижности – при pH=11–11,5. Форма пиреноидов оставалась стабильной вплоть до гибели клеток, которая наступала в интервале pH=11,5–12,5. Наиболее выраженная реакция диатомей на pH наблюдалась в кислотном варианте. Кислая реакция среды отрицательно влияла на морфологическое состояние подавляющего большинства клеток диатомей, особенно вблизи крайних показателей. Кроме того, было замечено, что клетки *H. amphioxys* в исследованных диапазонах pH, имели тенденцию к снижению своих линейных размеров относительно контроля. Данные колебания морфометрических показателей были ограничены некоторыми максимальными и минимальными значениями этих признаков, которые были строго специфичны и составляли следующие спектры изменчивости. У клеток *H. amphioxys* длина варьировала в пределах: 33–31,5 – 28 мкм; ширина: 8,5–8,4 – 7,5 мкм.

Высокие температуры вызывали уменьшение длины нитей *K. flaccidum*. Длина клеток при нагревании изменялась незначительно. Ширина клеток уменьшалась при 30–40°C и увеличивалась при 50°C. Было установлено достоверное влияние температуры 30–50°C на длину нитей, а также температур 30°C и 50°C на длину клеток (Gaysina, Purina, 2007). Нагревание приводило к увеличению изменчивости длины нитей водоросли. Температура 50°C вызывала грануляцию цитоплазмы и деформацию нитей. При 60–100°C наблюдали обесцвечивание и полное разрушение клеточного содержимого. Значения pH=2–3 и pH=9–12 вызывали гибель клеток водоросли. Изменение реакции среды вызывало удлинение нитей водоросли, которое было достоверным в большинстве случаев. Кроме того, при смещении pH от контроля наблюдались скачкообразные изменения изменчивости длины нитей. В кислом интервале pH наблюдались грануляция, появление бурых пятен, обесцвечивание цитоплазмы. В щелочном интервале морфологические нарушения проявлялись в виде обесцвечивания и грануляции клеточного содержимого.

Температура 40°C вызывала удлинение нитей *C. michailovskoëense*. При высоких температурах в интервале 50–100°C наблюдали полное разрушение и обесцвечивание содержимого клеток. Влияние положительных температур на размерные признаки *C. michailovskoëense* по коэффициенту Стьюдента в большинстве случаев было достоверным. С увеличением температуры отмечались колебания изменчивости всех морфологических признаков. Исследования показали, что наибольшее влияние высокие температуры оказывали на длину нитей, а наименьшее – на ширину клеток. Значения pH=2–3,5 и pH=10,5–12 вызвали деформацию клеток и полное разрушение клеточного содержимого *C. michailovskoëense*. Изменение pH оказывало достоверное влияние на длину нитей, вызывая их укорачивание. В интервале pH=4,5–5,5 и pH=8,5–10 наблюдали уменьшение значений медианы. При изменении pH отмечалось увеличение амплитуды колебаний изменчивости длины нитей от пониженного до повышенного уровня, в то время как в контроле (при pH=6) наблюдался средний уровень изменчивости. Изменение pH оказывало достоверное влияние на весь спектр анализируемых признаков (ширину клеток, длину и ширину гетероцист, длину и ширину спор). При pH=10 наблюдали массовое развитие спор.

Высокие температуры вызывали увеличение ширины клеток *T. variabilis*. Длина нитей при этом уменьшалась, так как многие нити были фрагментированы. Нагревание до 32°C вызывало образование спор. Значения pH=2–5 и pH=10–12 вызывали гибель водоросли. Морфологические нарушения проявлялись в обесцвечивании протопласта и полном разрушении клеточного содержимого. *T. variabilis* проявлял большую устойчивость к щелочному диапазону реакции среды: если при низких значениях pH отмечалась гибель водоросли, то при pH=10,5 и pH=12 наблюдали массовое развитие спор.

Эксперименты показали, что наиболее устойчивыми к высоким температурам были виды *E. magnus* и *H. amphioxys* (табл. 1). Наиболее кислотоустойчивым видом был *K. flaccidum*. В литературе имеются сведения о встречаемости некоторых видов рода *Klebsormidium* в кислых местообитаниях (Freshwater algae of North America, 2003). *C. michailovskoëense* и *H. amphioxys* были наиболее устойчивыми к щелочному диапазону реакции среды (табл. 1). Для диатомовых водорослей характерна устойчивость к экстремальным значениям температуры и реакции среды. Так, например, в термальных источниках они встречались при температуре от 15°C до 70°C и pH от 1 до 9 (Балашова, 1998).

Таблица 1

Границы сохранности морфологического статуса почвенных водорослей при воздействии экстремальных экологических факторов

Фактор	Температура	Реакция среды
Вид		
<i>T. variabilis</i>	40°C	5,5–9,5
<i>C. michailovskoëense</i>	40°C	4–10
<i>K. flaccidum</i>	40°C	3,5–8,5
<i>X. exile</i>	44°C	4–8
<i>E. magnus</i>	52°C	4,5–8,5
<i>H. amphioxys</i>	50°C	5–10

В ходе проведенных исследований было установлено, что наибольшую устойчивость к экстремальным значениям высокой температуры и реакции среды проявляли виды *H. amphioxys*, *E. magnus*, *K. flaccidum*, *C. michailovskoënsë*.

Экстремальные значения исследованных экологических факторов в большинстве случаев оказывали достоверное влияние на размерные признаки водорослей, однако характер этих изменений зависел от вида водоросли.

Повышение температуры и изменение реакции среды оказывало влияние на размножение водорослей: образование аплаано- и зооспор *E. magnus* при температурах 30–40°C и 50°C соответственно, зооспор *X. exile* при 32–44°C, спор *T. variabilis* при 32°C и pH=10,5, спор *C. michailovskoënsë* при pH=10.

Установлено влияние высоких положительных температур и экстремальных значений pH на фрагментацию нитей *K. flaccidum*, *X. exile*, *T. variabilis*, *C. michailovskoënsë*.

Высокая положительная температура и экстремальные значения pH вызывали разнообразные морфологические нарушения клеток водорослей: грануляцию протопласта, изменение окраски, обесцвечивание, деформацию клеток и полное разрушение протопласта.

Литература

Балашова Н.Б. Диатомовые водоросли термальных источников России и сопредельных территорий // Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков. Тез. докл. II (X) съезда Русского ботанического общества (26–29 мая 1998 г.). СПб., 1998. Т. 2. С. 85.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М: Высш. шк., 1990. 352 с.

Мамаев С.А. О закономерностях колебания амплитуды внутривидовой изменчивости количественных признаков в популяциях высших растений // Журн. общей биологии. 1968. Т. 29, № 4. С. 44–45.

Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Edited by John D. Wehr and Robert G. Sheat. Academic Press. An Imprint of Elsevier. Amsterdam-Boston-London-New York-Oxford-Paris-San Diego-San Francisco- Singapore-Sydney-Tokyo, 2003. 918p.

Gaisina L.A., Safiullina L.M., Khaibullina L.S. *Eustigmatos magnus* (B. Peter.) Hibb. (*Eustigmatophyta*) resistance to high temperatures // Algae and their changes over time. Proceedings of the 25th International Phycological Conference Poznan-Lagow-Stubice. 16–19 May 2006. 74p.

Gaysina L., Purina E. Study on *Klebsormidium flaccidum* (Kützinger) Silva et al. (Streptophyta) resistance to extreme ecological factors // International Symposium on Biology and Taxonomy of Green Algae V. Smolenice, Slovakia, 2007. P. 26.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Гуламанова Г.А., Шкундина Ф.Б.

Уфа, Башкирский государственный университет

Первые сведения о фитопланктоне озер Республики Башкортостан появились по результатам экспедиции Академии наук СССР (1929–1931 гг.). Однако описывались лишь немногочисленные массовые виды. В 1941–1942 гг. украинскими альгологами под руководством профессора Я.В. Ролла было предпринято обследование оз. Кандры-куль (Ролл, 1947). Выявлено 113 видов и разновидностей водорослей.

Систематические исследования фитопланктона озер Башкортостана начались с 1978 г. (Шкундина, 1983). Подробно было обследовано озеро Кандры-куль. Эпизодически брались пробы на озерах Аслы-Куль, Упканны-Куль, Большое и Святое (Шкундина, 1989). В Кандры-Куле 172 вида и разновидности водорослей были обнаружены более одного раза. 137 видов и разновидностей водорослей отмечены для озера впервые. В пробах фитопланктона в озере Аслы-Куль было обнаружено 56 видов и разновидностей водорослей. В оз. Упканны-Куль зарегистрировано 48 видов и разновидностей водорослей, в оз. Святое – 47, в оз. Большое – 36 видов и разновидностей. По числу видов в Упканны-Куле и в оз. Большое преобладали зеленые водоросли, в оз. Святое – диатомеи.

В 1999–2001 гг. были изучены пойменные озера р. Белой в Бирском районе Башкортостана (Шкундина, Денисова, 2002). В фитопланктоне исследованных озер было обнаружено 302 вида и разновидности водорослей, из 7 отделов, 13 классов, 26 порядков, 47 семейств и 67 родов. Преобладают по числу видов зеленые и диатомовые.

Целью настоящего исследования явилось изучение таксономического состава фитопланктона разнотипных озер Республики Башкортостан. Для исследования были выбраны пять озер, расположенных в лесостепной и степной зонах: оз. Татышево, оз. Шамсутдин (пойменные), оз. Кандры-куль, оз. Аслы-куль (карстовые), оз. Якты-куль (тектоническое). Методика сбора и обработки материалов соответствовали общепринятым подходам в изучении водорослей (Водоросли, 1989).

За период исследования 2005–2007 гг. выявлено 333 вида, разновидности и формы водорослей. По числу видов отделы распределились следующим образом: *Chlorophyta* – 127 видов и разновидностей, *Bacillariophyta* – 110, *Суанопрокариота* – 52, *Euglenophyta* – 22, *Dinophyta* – 10, *Chrysophyta* и *Xanthophyta* – по 6 видовых и внутривидовых таксонов (табл. 1.).

Таблица 1

Таксономический спектр фитопланктона исследованных водоемов

Отдел	число					
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов, разн.
<i>Суанопрокариота</i>	1	3	5	15	37	52
<i>Euglenophyta</i>	1	1	1	3	18	22
<i>Dinophyta</i>	1	1	1	3	8	10
<i>Chrysophyta</i>	1	1	1	5	6	6
<i>Bacillariophyta</i>	3	12	19	31	77	110
<i>Xanthophyta</i>	3	3	3	4	6	6
<i>Chlorophyta</i>	2	7	20	45	103	127
Итого	12	28	50	106	255	333

Значение относительного видового разнообразия составило для *Chlorophyta* – 38%, *Bacillariophyta* – 33,3%, *Суанопрокариота* – 15,5%, *Euglenophyta* – 6,6%, *Dinophyta* – 3%, *Chrysophyta* и *Xanthophyta* – по 1,8%.

К группе показателей систематического разнообразия относятся «пропорции флоры», а также родовой коэффициент – родовая насыщенность видовыми и внутривидовыми таксонами. По мнению некоторых авторов, более богатые флоры отличаются повышенными значениями этих показателей (Шмидт, 1984). Для флоры исследованных озер получены низкие значения общего родowego коэффициента – 2,4. По-видимому, это объясняется наличием большого числа маловидовых родов (из 106 родов 63 одно- или двуви́довые). В результате сравнения значений родowego коэффициента по отделам стало очевидным, что наибольшим видовым богатством характеризуется отдел *Euglenophyta* (родовой коэффициент – 6,0). Менее разнообразны в видовом отношении *Dinophyta* (2,6), *Суанопрокариота* и *Bacillariophyta* (по 2,5). Зеленые водоросли (*Chlorophyta*) занимают лишь пятое место по значению родowego коэффициента – 2,3, несмотря на свое лидирующее положение по числу видов.

В результате анализа родовой насыщенности внутривидовыми таксонами получены следующие результаты: на первом месте остаются *Euglenophyta* с более высоким значением родowego коэффициента (7,3). На второе место, с большим отрывом от эвгленовых водорослей, выходят *Bacillariophyta* – 3,6, список замыкают *Chrysophyta* с родowym коэффициентом 1,2.

Анализ спектра ведущих таксонов различного ранга, входящих в состав планктонной альгофлоры исследованных озер показал следующее: на уровне порядков первое место с большим преимуществом занимает *Chlorococcales* – 26,4 %, на втором месте *Naviculales* – 11,7%, за ними следуют *Chroococcales* – 9,9%. Последующие места, с небольшим отрывом, поделили между собой *Desmidiiales* и *Euglenales* (7,8 и 6,6% соответственно). Последующую группу образуют порядки *Cymbellales*, *Fragilariales* и *Oscillatoriales*, с практически равным вкладом (от 4,5 до 3,9%). Участие во флоре остальных порядков незначительно.

Как известно, общая доля ведущих семейств в составе флоры колеблется в пределах 50–60% и составляет таксономическое лицо флоры (Юрцев, 1989). В спектре 10 ведущих семейств представлены 5 отделов, при этом зеленые водоросли занимают максимальное число ранговых мест – четыре, три из которых располагаются в головной части спектра. Три ранговых места в списке ведущих семейств занимают диатомовые водоросли. Спектр замыкают три семейства (*Chlorellaceae*, *Bacillariaceae*, *Peridiniaceae*), составляющие во флоре 3% каждое.

Одной из особенностей флоры водорослей различных природных зон являются родовой спектры, отражающие основные типологические особенности водоемов конкретного региона. В родовой спектры входят наиболее крупные роды из разных отделов, однако информативным является также ранговое место рода, число таксонов в нем и вклад этого рода в формирование флоры (Сафонова, 1983). Анализ родowego спектра флоры водорослей озер показывает следующее. Спектр родов включает представителей 7 ведущих семейств. Из родowego спектра выпали представители *Chroococcaceae*, *Fragilariaceae*, *Peridiniaceae*. В головной части спектра находятся роды диатомовых и зеленых водорослей. В отделе *Euglenophyta* помимо рода *Euglena* представлен еще род *Trachelomonas*, хотя и на 10-ом месте, что свидетельствует об активном участии в формировании флоры еще одного отдела – *Euglenophyta*.

Более подробно рассмотрим видовое разнообразие планктонной альгофлоры каждого из озер (табл. 2).

В фитопланктоне оз. Татышево выявлено 250 видов и разновидностей водорослей. Вклад видового разнообразия фитопланктона озера составляет 75% от общего числа обнаруженных водорослей. Выявлено 46 видов и разновидностей водорослей, характерных только для данного озера и не обнаруженных в остальных.

Таксономическая структура исследованных озер

Озера	число						% от общего числа видов и разновид.
	отделов	классов	порядков	семейств	родов	видов, (видов,разн.)	
Татышево	7	12	25	43	89	206 (250)	75,0
Шамсутдин	7	11	24	39	71	150 (181)	54,3
Кандры-куль	7	11	26	41	70	126 (156)	46,8
Аслы-куль	7	11	24	35	60	107 (128)	38,4
Якты-куль	6	9	16	28	46	83 (106)	31,8

В формировании видового разнообразия активное участие принимали следующие порядки: *Chlorococcales* (72 таксона), *Naviculales* (32 таксона), *Chroococcales* (27 таксонов), составившие половину всей альгофлоры. По числу видов лидирует отдел *Chlorophyta* – 96 видовых и внутривидовых таксонов. Наиболее значимые роды *Ankistrodesmus* Corda (13 видов), *Scenedesmus* Meyen (8 видов), *Cosmarium* Corda и *Tetraëdron* Kütz. (по 7 видов). В отделе *Bacillariophyta* насчитывалось 73 вида и внутривидовых таксона. Отдел включает 3 класса, наиболее многочисленный из которых – *Bacillariophyceae* (58 видов и разновидностей). Синезеленые водоросли (*Cyanoprokaryota*) насчитывали 45 видов и разновидностей. К ведущим порядкам относятся *Chroococcales* и *Oscillatoriales*, в совокупности включающие 39 видовых и внутривидовых таксонов из 13 родов. Высокое видовое разнообразие синезеленых, наряду с зелеными и диатомовыми водорослями, свидетельствует о повышенной эвтрофикации этого озера. Отдел *Euglenophyta* представлен 19 видами и внутривидовыми таксонами. Остальные отделы (*Xanthophyta*, *Dinophyta*, *Chrysophyta*) играли незначительную роль в формировании видового разнообразия и составили 7% от общего числа видов.

В фитопланктоне оз. Шамсутдин обнаружено 99 видов и разновидностей водорослей. По числу таксономических единиц преобладают зеленые и диатомовые водоросли (67 и 51 вид), что составляет 65% от числа обнаруженных видов. На уровне порядков в отделе *Chlorophyta* первое место занимает порядок *Chlorococcales* – 73,1%, гораздо меньшее участие принимает порядок *Desmidiiales* – 19,4%, остальные порядки (*Chlamydomonadales*, *Ulotrichales*, *Volvocales*) составили 7,4% видового состава отдела. Отдел *Bacillariophyta* представлен 51 видом и разновидностью водорослей. Отдел *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) представлен 35 видами и разновидностями водорослей, что составляет 19,3% от общего числа видов. На уровне родов наиболее разнообразно были представлены роды *Gloeocapsa* (Kütz.) Hollerb., *Merismopedia* (Meyen) Elenk., *Aphanothece* Näg., *Anabaena* Bory (по 5 видов и разновидностей). Также были обнаружены широко распространенные токсинообразующие виды из родов *Microcystis* (Kütz.) ex Lemm., *Synechocystis* Sauv., *Snowella* Chodat. Далее по убыванию следовали эвгленовые – 9 видовых и внутривидовых таксонов, желто-зеленые и золотистые – по 3, динофитовые – 2. Суммарная доля этих отделов составляет 14,6%.

Для остальных озер характерна иная структура фитопланктона: по видовому разнообразию преобладали диатомовые водоросли, на втором месте – отдел *Chlorophyta*, за ними, со значительно меньшим количеством видов, – синезеленые водоросли. Участие остальных отделов было незначительно и менялось в зависимости от водоема.

В оз. Кандры-куль в фитопланктоне обнаружено 156 видов и разновидностей водорослей. По количеству видов доминировали диатомовые водоросли (43% от общего числа). Отдел зеленые водоросли были представлены 53 видами и разновидностями, синезеленые – 21 видом, эвгленовые – 7 видами, участие остальных отделов было незначительно. Диатомовые водоросли насчитывали 67 видов и внутривидовых таксонов из 22 родов, 17 семейств, 12 порядков, 3 классов. Среди родов по числу видов выделялись роды *Navicula* Bory (12 видов и разновидностей), *Cymbella* Ag. (7), *Pinnularia* Ehr., *Nitzschia* Hass., *Synedra* Ehr. (по 5 видов). В отделе *Chlorophyta* наибольшее разнообразие принадлежало хлорококковым водорослям – 73,8% от числа видов зеленых водорослей, на втором месте *Desmidiiales* – 17%, остальные порядки принимали гораздо меньшее участие в сложении альгофлоры и вместе составили 13,2% видового разнообразия отдела (4,5% всей альгофлоры). В озере единично встретилась *Spirogyra* Link, широко распространенная в хорошо прогреваемых, предпочтительно чистых водоемах.

В оз. Аслы-куль обнаружено 128 видов водорослей. Систематическая структура фитопланктона аналогична с фитопланктоном оз. Кандры-куль: доминировали диатомовые водоросли (43%), за ними следовали зеленые (31,2%) и синезеленые (14%). Участие во флоре остальных отделов составило 11,7%. Среди родов преобладали *Navicula* Bory, *Cosmarium* Corda, *Gomphonema* (Ag.) Ehr.

В оз. Якты-куль выявлено 106 видов водорослей из 6 отделов. По числу видов лидировали диатомовые водоросли. Отдел *Chlorophyta* был представлен 35 видами. Синезеленые водоросли составили 12% от общего числа видов, наибольшим видовым разнообразием характеризовался род *Gloeocapsa* (Kütz.) Hollerb. Другие отделы представлены значительно меньшим числом видов, их общий вклад составил

10,3%. Из эвгленовых обнаружен один вид *Phacus longicauda* (Ehr.) Duj. var. *longicauda*. Желтозеленые водоросли выявлены не были.

Таким образом, в пойменных озерах (Татышево, Шамсутдин) наблюдается увеличение числа таксонов, происходит рост таксономического разнообразия синезеленых, хлорококковых и эвгленовых водорослей. В период весеннего половодья эти озера соединяются с рекой, флора их обогащается за счет заносных видов. Летом, в результате испарения, уровень воды в них снижается, биогенная нагрузка, напротив, усиливается, что вызывает массовое развитие водорослей. Помимо этого, эти озера испытывают возрастающую хозяйственную нагрузку, быстро возрастает рекреационная нагрузка, особенно в период летнего массового отдыха, что стало причиной нарастания в них процессов эвтрофирования. В трех остальных озерах (Кандры-куль, Аслы-куль, Якты-куль), с большей площадью и глубиной, качественные показатели фитопланктона ниже. По-видимому, это связано с геоморфологическими, химическими и физическими особенностями озер.

Литература

- Водоросли. Справочник / Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
- Ролл Я.В. Матеріалі до вивчення біологічних особливостей озера Кандры-Куль // Вісник Київського ботанічного саду. 1947. Вип. VIII. С. 4–32.
- Сафанова Т.А. Родовой спектр водорослей – показатель особенностей альгофлоры. Материалы VI закавказ. конф. по спор. раст. Тбилиси, 1983. С. 35–36.
- Шкундина Ф.Б. Альгофлора некоторых озер Башкирии // Гидробиологические исследования на Урале. Свердловск, 1989. С. 70–83.
- Шкундина Ф.Б. Сезонные изменения фитопланктона озера Кандры-Куль // Биол. Науки. 1983. № 2. С. 60–64.
- Шкундина Ф.Б., Денисова Н.В. Фитопланктон как показатель антропогенного эвтрофирования пойменных озер р. Белой // Вестник Башкирского университета. 2002. № 1. С. 63–65.
- Шмидт В.М. Математические методы в ботанике: Учеб. Пособие. Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1984. 288 с.
- Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. Проблемы истории высокогорных ландшафтов северо-востока Сибири. Л.: Наука, 1989. 235 с.

ПОДХОД К ГЕОГРАФИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ЦИАНОПРОКАРИОТ НА ПРИМЕРЕ ФЛОРЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Давыдов Д.А.

Кировск, Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН

Географический анализ видов *Cyanoprokaryota* на сегодняшний день разработан слабо. Устойчивое мнение о космополитном распространении группы и большинства ее представителей, сложившееся исторически (Geitler, 1932, цит. по: Еленкин, 1936), существенно затрудняет проведение географического анализа, так как в большинстве печатных работ внимания их распространению не придается, не приводятся типы распространения и ареалогические анализы. Критика такого подхода рассматривалась Э.Г. Кукком (1969). Между тем, изучение географического распространения и экологии цианопрокариот необходимо как для уточнения систематического статуса таксонов, так и для сравнительно-флористических исследований.

Затруднения, испытываемые при отнесении вида к тому или иному географическому элементу, имеют ряд причин. Во-первых, многие цианопрокариоты относятся к гидрофитным организмам, их распространение приурочено к водным экосистемам и часто имеет интразональный характер. Ареалы видов наземных местообитаний имеют более конкретные очертания, но такие *Cyanoprokaryota* уступают по численности гидрофитам и водно-наземным видам. Во-вторых, цианопрокариоты (особенно наземные и водно-наземные виды) приурочены к микронизмам, в которых общие географические и климатические условия нивелируются, а решающее значение имеют узкоэкологические факторы среды. Учитывая древний возраст происхождения, цианопрокариоты имели возможность адаптироваться и колонизировать все подходящие биотопы, поэтому, многие виды принято считать убиквистами. Молекулярно-генетические исследования морфологически идентичных таксонов из различных географических областей демонстрируют наличие дивергенции генотипов в удаленных популяциях (Rudi & al., 1998, цит. по: Komarek, Anagnostidis, 1998). Это свидетельствует в пользу гипотезы Н.Н. Воронихина (1950), который считал, что в континентальных водоемах различных регионов один и тот же вид водорослей отличается по составу внутривидовых таксонов. Наблюдается довольно типичная для прокариот ситуация, когда генотипическое разнообразие превышает фенотипическое, и, следовательно, многие морфотипы могут иметь ареалы, охватывающие обширные пространства по всему Земному шару или на значительной его территории. Но у всех широко распространенных видов цианопрокариот, изученных на сегодняшний день, существует экологическая спецификация, и реальных убиквистов не обнаружено (Komarek, Anagnostidis, 2005).

Для морских видов фитогеографическая принадлежность устанавливается гораздо легче, так как существует разработанное зональное районирование прибрежной полосы Мирового океана (Зинова, 1962). Специальные работы, посвященные выделению и характеристике географических элементов флор наземных областей, немногочисленны (Donat, 1926; Ширшов, 1935; Кукк, 1969; Костиков, 1991). Предлагаемый подход к географическому анализу цианопрокариот в значительной степени основан на опыте, имеющемся в бриологии и лихенологии. При установлении закономерностей географического распространения цианопрокариот, как и у мохообразных и лишайников, чрезвычайно важно учитывать экологические характеристики местообитаний вида (Кукк, 1969; Толмачев, 1986). Выработанные принципы применялись для анализа 220 видов цианопрокариот, встречающихся на территории Мурманской области (Давыдов, 2006). Большинство цианопрокариот изученной флоры широко распространены и на других территориях.

Опираясь на исследования А.С. Лазаренко (1956), географический элемент рассматривается как реальное явление, которое изменяется не только в пространстве, но и во времени. Элемент имеет не только свое пространственное проявление, но и свою историю, генезис. Ареал вида отражает историю вида и зависимость распространения от современных условий (Толмачев, 1958).

Помимо встречаемости вида, при анализе принимались во внимание особенности экологии, а также, по возможности, активность вида в биоценозе. Важным фактором при отнесении вида к тому или иному типу ареала был принцип «центра тяжести» (Юрцев, 1968), т.е. обычность и обилие вида в конкретной зоне или регионе. Этот принцип, на мой взгляд, требует дополнения характеристикой экологического оптимума. Если вид в пределах своего ареала имеет два или более различных местообитания, одно из которых (выделенное по обилию и частоте встречаемости) отражает его зону экологического оптимума, а все остальные – пессимума, то такой вид относится к тому географическому элементу, в пределах которого расположены его оптимальные местонахождения. К примеру, субаэрофит *Synechococcus elongatus* (Näg.) Näg. отнесен к бореальному элементу, так как его местонахождения в арктической, неморальной и аридной зонах относятся к не совсем свойственным данному виду местообитаниям в планктоне водоемов.

Многочисленные представители *Cyanoprokaryota*, встречающиеся как в северном, так и в южном полушарии – биполярные виды, рассматриваются в пределах той группы, к которой они относятся на основании своего распространения в северном полушарии. Выделение отдельных аркто-антарктических, нотобореальных и т.п. элементов не производится. Принципиальная схожесть условий микроместообитания в соответствующих зонах обоих полушарий, на мой взгляд, вполне позволяет принять такой подход. Долготные группы принимаются в традиционной трактовке – выделение и название дается по меридиональным секторам (европейский, евразийский и т.п.).

Виды изученной флоры были отнесены к 7 географическим элементам: арктическому, арктомонанному, монанному, арктобореальному, арктобореальномонанному, бореальному, космополитному.

К группе **арктических** относятся виды, распространенные главным образом в пределах арктической флористической области в понимании Юрцева и др. (1978). Типичных представителей, кроме *Microcystis pulverea* f. *irregularis* (B.-Peters.) Elenk., по-видимому, нет, большинство проникают в соседние районы Субарктики. В основном, арктическими являются гидрофиты и амфибиальные виды, обитающие в озерах и заболоченных участках. Всего к арктическому элементу отнесено 6 видов (2,7% от общего числа), это представители евразийского типа ареала *Aphanocapsa conferta* (W. et G.S. West) Kom.-Legn. et Cronb. и *Phormidium ingricum* (Voronich.) Anagn. et Kom., *Microcystis pulverea* f. *irregularis* и биполярные *Calothrix parietina* (Näg.) Thur., *Schizothrix antarctica* F.E. Fritsch, *Tolypothrix penicillata* (Ag.) Thur. ex Born. et Flah. Столь незначительное, на первый взгляд, число арктических цианопрокариот, тем не менее, является характерной чертой флоры. В пределах всего российского сектора, включая Шпицберген, Арктики и Гипоарктики [в понимании Б.А. Юрцева (1966)] арктических видов 10, что составляет порядка 3% общей флоры, а в границах собственно Арктики – 9. Редкость подлинно арктических видов неоднократно подчеркивалась для водоемов высоких широт (Гецен, 1973, 1985).

Вслед за Лазаренко (1956) и Н.А. Константиновой (2000), я считаю более правильным именовать арктоальпийские виды, как это принято (например, Никулина, 1975; Патова, 2004), арктомонантными, так как эти цианопрокариоты экологически приурочены не к альпийским местообитаниям (альпийским сообществам), а вообще к горным. В элемент включены цианопрокариоты, встречающиеся в Арктике, а также в горах, преимущественно в верхних их поясах. При этом экологические условия местообитания в обоих случаях сходны – каменистые берега ручьев, скальные выходы, временные водоемы и водотоки, реде пятна голого грунта. Элемент насчитывает 16 видов (7,2%). Характерным является то, что ядро арктомонантного элемента составляют виды семейства *Microcystaceae*, преимущественно рода *Gloeocapsa* (*G. alpina* (Näg.) Brand, *G. compacta* Kütz., *G. punctata* Näg., *G. rupestris* Kütz., *G. sanguinea* (Ag.) Kütz.).

В отличие от арктомонантных, **монантные виды** не встречаются в Арктике, при этом, обычно, они не приурочены к какому-либо поясу, а обитают по всему профилю гор. Сюда включены виды редко обнаруживаемые в водных местообитаниях – в основном это аэрофитные цианопрокариоты, предпочитающие свобод-

ные от другой растительности субстраты (скалы, каменистые выходы, голый грунт). В Мурманской области насчитывается три вида, не встречающихся за пределами европейской части: *Gloeocapsa rupicola* Kütz. – редкий вид, произрастает на влажных скалах, *Tolypothrix fasciculata* Gom. обитает на влажных скалах, на голом грунте, иногда обнаруживается в горных водопадах. *Pleurocapsa aurantiaca* Geitl. – эпилит на камнях в ручьях и реках. К евразийскому типу ареала относится единственный вид *Synechocystis salina* Wisl. Два редко встречающихся вида, *Gloeocapsopsis pleurocapsaoides* (Nov.) Kom. et Anagn. и *Gloeothece heufleri* Grun. in Rabenh., имеют дизъюнктивный тип ареала. Всего монтанных видов 7, что составляет 3,2% флоры.

Арктобореальные виды широко распространены в пределах арктической и бореальной зон и при этом не проявляют определенной приуроченности к какой-либо из них. Экологическая ниша таких видов позволяет им находить подходящие местообитания, как в тундровой зоне, так и в тайге. Около половины из них являются гидрофитами. Арктобореальные виды (21) составляют 9,5% флоры *Cyanoprokaryota* Мурманской области. Характерной чертой группы является то, что около 20% арктобореальных видов составляют представители семейства *Merismopediaceae*.

Выделение **арктобореально-монтанного географического элемента** было обосновано Н.А. Константиновой (2000) при анализе распространения печеночных мхов. Как и у печеночников, к арктобореально-монтанному элементу относятся цианопрокариоты с широкой экологической амплитудой, распространенные в Арктике, Субарктике, а также в горах. В группу попадают виды, встречающиеся как в тундровой, так и в лесной зоне; в горных областях они обитают обычно по всему профилю. Из 10 арктобореально-монтанных видов (4,5%), семь относятся к хроококковым (*Aphanothece pallida* (Kütz.) Rabenh., *Chroococcus cohaerens* (Bréb.) Näg., *Ch. minimus* (Keissl.) Lemm., *Gloeocapsa atrata* Kütz., *Gloeothece confluens* Näg., *Synechocystis aquatilis* Sauv., *S. sallensis* Skuja), причем, это циркум- и биполярные виды, с преимущественно наземным распространением.

К бореальному географическому элементу отнесены виды, распространение которых приурочено в основном к бореальной зоне. Некоторые из них заходят и в арктическую флористическую область, и в зону широколиственных лесов, однако чаще всего встречаются именно в таежной зоне. Всего к бореальному географическому элементу относится 36 видов цианопрокариот (16,2%). Эта группа занимает во флоре Мурманской области второе место после космополитов. «Костяк» группы составляет *Anabaena spp.* (10 видов).

Космополитные виды. Сюда относятся виды, распространенные по всему или почти по всему Земному шару. По сути, абсолютных космополитов, встречающихся от Арктики до Антарктики, не может быть очень много. Тем не менее, к космополитам отнесено наибольшее количество видов – 98 (44,1%), обитающих в Мурманской области. В этот географический элемент на современном этапе исследований объединены ряд гетерогенных групп. Во-первых, многочисленные виды имеют действительно космополитное распространение, но они встречаются в очень специализированных местообитаниях, что особенно очевидно у экстремофилов (например, в термальных или гиперсоленых водах и т.п.) (Komarek, Anagnostidis, 1998). Во-вторых, широкопластичные виды, которые обладают обширными, возможно почти космополитными ареалами, теоретически, должны составлять небольшой процент видов. В-третьих, морфологически трудноразличимые виды с большим числом фенотипически близких популяций. Последняя группа «псевдокосмополитов» (*Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. ex Born. et Flauh., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Aphanocapsa planctonica* (G.M. Smith) Kom. et Anagn., *Limnothrix redekei* (van Goor) Meff., *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. и т.д.) может быть детально географически охарактеризована только с привлечением методов молекулярной биологии.

В настоящее время, из космополитов можно выделить группу голарктических видов, не заходящих за пределы данного флористического царства, но в силу широкой экологической амплитуды распространенных в разных зонах более или менее равномерно. В Мурманской области встречается 8 видов (3,6%), распространенных только в пределах Голарктики [*Aphanocapsa grevillei* (Hass.) Rabenh., *A. holsatica* (Lemm.) Cronb. et Kom., *A. incerta* (Lemm.) Cronb. et Kom., *Calothrix braunii* Born. et Flah., *Leptolyngbya tenuis* (Menegh. ex Gom.) Anagn. et Kom., *Nodularia spumigena* Mert., *Planktothrix rubescens* (D.C. ex Gom.) Anagn. et Kom., *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Born. et Flah.) Kom. et Anagn.].

Виды с неясным распространением. Имеющийся объем доступных данных не позволил отнести 26 видов (11,7%) флоры Мурманской области к какому-либо географическому элементу, большинство из них имеют в своем ареале значительные дизъюнкции.

Подводя итог географическому анализу флоры *Cyanoprokaryota* Мурманской области, можно сделать ряд выводов. 1) Наибольший процент во флоре имеют космополитные виды. 2) Значительная доля принадлежит бореальной группе видов (бореальной, арктобореальной, арктобореально-монтанной географические элементы). 3) В Мурманской области широко представлены виды, ареалы которых связаны с горами (монтанные, арктомонтанные, арктобореально-монтанные), данный факт напрямую отражает особенности рельефа территории. 4) высокоширотные группы (прежде всего арктические, а также арктобореальные виды) уступают по численности бореальному элементу, что отражает принадлежность территории к Субарктике.

Предложенный подход к выделению географических элементов и типов ареалов для видов *Cyanoprokaryota* объективно отражает особенности флоры Мурманской области, поэтому, на мой взгляд, может использоваться при проведении флористических анализов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 07-04-00443.

Литература

- Воронихин Н.Н. Принципы флористических исследований в области альгологии водоемов континента // Проблемы ботаники. М., 1950. Вып. 1. С. 184–208.
- Гецен М.В. Водоросли бассейна Печоры: Состав и распространение. Л., 1973. 147 с.
- Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л., 1985. 165 с.
- Давыдов Д.А. Цианопрокарियोты и их роль в процессе азотфиксации в наземных экосистемах Мурманской области: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2006. 22 с.
- Еленкин А.А. Синезеленые водоросли СССР. Общая часть. М.-Л., 1936. 984 с.
- Еленкин А.А. Синезеленые водоросли СССР. Специальная (систематическая) часть. Вып. 1. М.-Л., 1938. 985 с.
- Зинова А.Д. К вопросу о фитогеографическом (зональном) районировании прибрежной полосы Мирового океана // Комиссия по рыбохоз. исслед. зап. части Тихого океана: Тез. конф. по современным исследованиям фауны и флоры. Л., 1962. С. 1–11.
- Константинова Н.А. Анализ ареалов печеночников севера Голарктики // *Arctoa*. 2000. Т. 9. С. 29–94.
- Костиков И.Ю. К вопросу о зональных особенностях состава почвенных водорослей // *Альгология*. 1991. Т. 1, № 4. С. 15–22.
- Кукк Э.Г. О проблемах экологии и географического распределения сине-зеленых водорослей // *Биология сине-зеленых водорослей*. Вып. II. М., 1969. С. 9–20.
- Лазаренко А.С. Основні засади класифікації ареалів листяних мохів Радянського Далекого Сходу // *Укр. бот. журн.* 1956. Т. 13, № 1. С. 31–40.
- Никулина В.Н. Фитопланктон // *Биологическая продуктивность северных озер*. Тр. Зоол. ин-та. Л., 1975. Т. LVII. С. 37–52.
- Патова Е.Н. *Cyanophyta* в водоемах и почвах восточноевропейских тундр // *Бот. журн.* 2004. Т. 89, № 9. С. 1403–1419.
- Толмачев А.И. Ареал вида и его развитие // *Проблема вида в ботанике*. М.-Л., 1958. С. 67–75.
- Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск, 1986. 196 с.
- Ширишов П.П. Эколого-географический очерк пресноводных водорослей Новой Земли и Земли Франца-Иосифа // Тр. Аркт. ин-та. Л., 1935. Т. 14. С. 73–162.
- Юрцев Б.А. Гипоарктический ботанико-географический пояс и происхождение его флоры. Комаровские чтения XIX. М.-Л., 1966. 94 с.
- Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. Проблемы истории высокогорных ландшафтов Северо-востока Сибири. Л., 1968. 235 с.
- Юрцев Б.А., Толмачев А.И., Ребристая О.В. Флористические ограничения и разделение Арктики // *Арктическая флористическая область* Л., 1978. С. 9–164.
- Donat A. Ueber die geographische Verbreitung der Susswasseralgen in Europa // *Feddes repert. spec. nov. regni veget.* 1926. Bd. XLVI. N. 3.
- Komarek J., *Anagnostidis K. Cyanoprokaryota*. I. *Chroococcales* // *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19 (1). Jena-Stuttgart-Lubeck-Ulm, 1998. 548 p.
- Komarek J., *Anagnostidis K. Cyanoprokaryota*. II. *Oscillatoriales* // *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19 (2). Jena-Stuttgart-Lubeck-Ulm, 2005. 759 p.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭПИФИТНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРЕДУРАЛЬЯ

Дубовик И.Е., Климина И.П.

Уфа, Башкирский государственный университет

Эпифитные водоросли на коре древесных растений урбанизированных территорий изучены фрагментарно. Нами проведены маршрутные исследования эпифитных водорослей, обитающих на коре следующих деревьев: клен платанолистный (*Acer platanoides* L.), клен американский (*Acer negundo* L.), тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), яблоня лесная (*Malus sylvestris* Mill.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), черемуха обыкновенная (*Radus avium* Mill.), береза бородавчатая (*Betula verrucosa* Ehrh.), тополь черный (*Populus nigra* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.).

Последние четыре форофита были выбраны как объекты для стационарного исследования в промышленной и рекреационной зонах г. Уфы.

Пробы отбирали на высоте 150 см от поверхности почвы и анализировали по общепринятой альгологической методике (Водоросли, 1989). При идентификации водорослей использовали метод чистых и накопительных культур, также проводили прямое микроскопирование разрастаний. Чистые культуры водорослей выделяли на агаризованной среде (1.5%) в чашках Петри, накопительные – получали в колбах Эрленмейера с жидкой средой Громова № 6 (Штина, Голлербах, 1976). Кроме таксономического анализа альгофлоры учитывали спектр эковиоморф (Штина, Голлербах, 1976; Штина и др., 1981; Алексахина, Штина, 1984).

Нами идентифицировано 123 вида и внутривидовых таксона водорослей, обитающих на коре деревьев (табл. 1).

Таблица 1

Таксономическая структура эпифитной альгофлоры

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид /разновидность, форма
<i>Cyanophyta</i>	1	3	8	17	31 (25%)
<i>Chlorophyta</i>	1	5	14	35	58 (47%)
<i>Bacillariophyta</i>	1	2	6	8	14 (11%)
<i>Xanthophyta</i>	2	3	9	13	19 (15%)
<i>Euglenophyta</i>	1	1	1	1	1 (1%)
ВСЕГО	6	14	38	75	123

Ведущая роль принадлежит трём отделам: *Chlorophyta* (47% от общего числа видов), *Cyanophyta* (25,2%) и *Xanthophyta* (15,4%), меньшее число видов в отделе *Bacillariophyta* (11,4%). Незначительно положение отдела *Euglenophyta* (1%). Преобладание зелёных водорослей на коре живых деревьев отмечалось ранее (Водоросли, 1989; Кузяхметов, 1995; Воронкова, 1998; Дубовик, 2002; Егорова, 2006).

Лидирующее положение по видовому разнообразию занимают семейства *Chlorococcaceae* и *Microcystaceae* (10 и 9 видов и внутривидовых таксонов соответственно). В число ведущих, кроме указанных, попадают 4 семейства: *Nostocaceae*, *Chlorellaceae*, *Naviculaceae*, *Pleurochloridaceae* (7 видов и внутривидовых таксонов).

Наибольшей встречаемостью (более 50%) в пробах характеризовались типичные эпифитные представители *Desmococcus vulgaris* (Nag.) Brand emend. Vischer. и *Trentepohlia umbrina* (Küts.).

В спектре эковиоморф ($Ch_{44}X_{14}C_{13}B_{13}H_{12}P_{11}Cf_7amph_4hydr_3Pf_1M_1$) явно преобладали представители *Ch*-формы, виды убиквисты, устойчивые к перенесению неблагоприятных условий. Часто встречались *Synechococcus elongatus* Nageli, *Rhabdogloea smithii* (R. et F. Chodat) Komarek (*Cyanophyta*); *Trebouxia arboricola* Puym, *Mychonastes homoshaera* Skuja, *Chorella vulgaris* f. *vulgaris* Beijer., *Tetracystis aggregata* Brown et Bold (*Chlorophyta*); *Pleurochloris magna* Boye-Pet. (*Xanthophyta*).

Стационарные исследования позволили идентифицировать 56 видов и внутривидовых таксонов водорослей (табл. 2), которые распределились по трём отделам следующим образом: *Cyanophyta* – 20 видов (35,7 % от общего числа обнаруженных видов), *Chlorophyta* – 31 (55,3 %), *Xanthophyta* – 5 (9 %).

По уменьшению видового разнообразия эпифитных водорослей дерева располагались в следующий ряд: *Betula verrucosa* (33 вида) → *Populus nigra* (27) → *Sorbus aucuparia* (21) → *Picea obovata* (19).

Ведущая роль по числу видов принадлежит семействам: *Chlorococcaceae* (9), *Microcystaceae*, *Nostocaceae* (6), *Pseudanabaenaceae*, *Ulotrichaceae*, *Chlorellaceae* (4 вида и внутривидовых таксона).

Лидирующими родами явились: *Nostoc* (5), *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Trentepohlia*, *Chlorococcum* (3 вида и внутривидовых таксона).

Проведенные исследования не позволили выявить четких закономерностей сезонной динамики видового разнообразия альгоэпифитона (табл. 2).

Таблица 2

Распределение эпифитных водорослей по сезонам*

таксон	Вид форофита															
	тополь				рябина				ель				берёза			
	Л	О	З	В	Л	О	З	В	Л	О	З	В	Л	О	З	В
<i>Cyanophyta</i>	2	6	3	4	3	1	1	4	3	2	2	3	2	7	1	6
<i>Chlorophyta</i>	3	9	6	5	7	7	3	3	5	6	6	2	9	6	5	6
<i>Xanthophyta</i>	–	–	2	–	1	–	–	–	–	–	–	–	2	1	–	–
Всего	5	15	11	9	11	8	4	7	8	8	8	5	13	14	6	12

Спектр эковиоморф: $Ch_{27}P_7CF_5X_5C_4H_4amph_2PF_1hydr_1$

* Примечание: Л – лето, О – осень, З – зима, В – весна.

Анализ эпифитной альгофлоры по морфотипам (Пивоварова, Факторович, 2001) показал преобладание одноклеточных неподвижных водорослей, которые составили 26 таксонов рангом ниже рода (46% от общего числа). Нитчатые формы занимают второе место – 14 (25%), в том числе ветвящихся и неветвящихся водорослей. Несколько меньшее количество колониально-одноклеточных и колониально-нитчатых морфотипов – 9 (16 %) и 6 (11%) соответственно, меньше всего видов принадлежит к группе одноклеточных подвижных водорослей – 1 (2 %).

В рекреационной зоне города выявлено большее видовое разнообразие водорослей, чем в промышленной 42 и 33 вида соответственно. Эта тенденция наблюдалась на всех исследованных форофитах (табл. 3). Коэффициент Сёренсена, полученный при сравнении альгоэпифитона этих зон, составил 60 %.

Таблица 3

Число видов эпифитных водорослей в промышленной (П) и рекреационной (Р) зонах

таксон	Вид форофита							
	тополь		рябина		ель		берёза	
	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
<i>Cyanophyta</i>	4	7	4	3	3	4	6	9
<i>Chlorophyta</i>	7	13	6	11	6	8	5	13
<i>Xanthophyta</i>	1	1	1	–	–	–	2	1
Всего	12	21	11	14	9	12	13	23

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить довольно высокое биоразнообразие эпифитных водорослей городов Предуралья с преобладанием представителей отдела *Chlorophyta*. В рекреационных зонах урбанизированных территорий выявляется большее видовое разнообразие водорослей, чем в промышленных. Полученные данные могут быть использованы для мониторинга состояния городских экосистем.

Литература

Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 149 с.
 Водоросли. Справочник под ред. Вассера С.П. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
 Воронкова Е.А. Эпифитные водоросли на *Betula pendula* (*Betulaceae*) и *Tilia cordata* (*Tiliaceae*) // Бот. журн. 1998. Т. 83, № 11. С. 40–42.
 Дубовик И.Е. Перемещение водорослей аэрофитона и их поселение на различных субстратах // Альгология. 2002. Т. 67, № 1. С. 125–132.
 Егорова И.Н. Эпифитная альгофлора Прибайкалья: видовое разнообразие и экологические особенности: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2006. 19 с.
 Кузяхметов Г.Г. Эпифитные водоросли в консорциях древесных растений // Экология и охрана окружающей среды. Ч. 3. Пермь, 1995. С. 19–20.
 Пивоварова Ж.Ф., Факторович Л.В. Почвенные водоросли пойменных субстратов континентальной дельты реки Шивилинг-Хем Убсунурской котловины Тувы // Сибирский экологический журн. 2001. № 4. С. 435–443.
 Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.
 Штина Э.А., Антипина Г.С., Козловская Л.С. Альгофлора болот Карелии и её динамика под воздействием естественных и антропогенных факторов. Л.: Наука, 1981. 269 с.

АЭРОФИТНЫЕ ВОДОРΟΣЛИ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

Егорова И.Н.

Иркутск, Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН

Байкальская Сибирь – горная страна. В административном отношении она включает территории Иркутской и Читинской областей и республики Бурятия. Резко пересеченный рельеф Байкальской Сибири, положение ее в центре материка вдали от основных водных бассейнов, обуславливают здесь континентальный климат с варьированием от умеренного до ультраконтинентального. Основные черты климата – длинная холодная зима, короткая засушливая, ветреная весна, засушливая первая половина и вторая избыточно влажная летнего периода, прохладная, затяжная осень. Особенности рельефа и климата территории обуславливают сложную мозаику растительности, представленную высокогорными альпийскими, горно-лесными и горно-степными сообществами. Господствующий тип растительности – лесной, занимающий более 60% всей площади Байкальской Сибири. Основными лесообразующими породами являются сосна, лиственница, пихта, кедр, ель, береза, по долинам рек – тополь (Картушин, 1968; Гвоздецких, Михайлов, 1978; Пешкова, 1985).

Водоросли, поселяющиеся на поверхности различных наземных субстратов, таких как камни, скалы, растения, принадлежат к группе аэрофитных организмов. На территории Байкальской Сибири работы по этой группе немногочисленны. Так, Т.А. Сафонова (2000, 2001, 2002) изучала в Приольхонье и Хамар-Дабане Иркутской области водоросли каменистых субстратов – литофиты. Нами, в Прибайкалье Иркутской области и Республике Бурятия, изучался видовой состав водорослей-эпифитов, живущих на коре местных и ряда интродуцированных древесных пород (Егорова, 2004, 2006, 2007; Егорова, Судакова, 2005). С 2007 г. в Иркутской и Читинской областях нами изучаются водоросли, ассоциированные с мохообразными.

В настоящее время, основные исследования сосредоточены в лесных экосистемах, значительно менее подробно исследования затронуты степные сообщества. Крайне скудны работы в альпийских высокогорьях. В целом, имеющиеся данные об изученности аэрофитных водорослей Байкальской Сибири являются лишь начальным этапом работ в этом направлении.

При составлении списка использована система отделов водорослей, принятая Н.П. Масюк и И.Ю. Костиковым (Масюк, Костиков, 2002). Таксоны рангом ниже отдела расположены согласно системам соответствующих отделов: *Cyanophyta* (Komarek, Anagnostidis, 1986, 1989; Anagnostidis, Komarek, 1988, 1990; Голлербах, Коссинская, Полянский, 1953); *Bacillariophyta*, *Eustigmatophyta*, *Xanthophyta*, *Chlorophyta* (Ettl, Gartner, 1995; Матвиенко, Догадина, 1978; Мошкова, Голлербах, 1986; Андреева, 1998).

Всего выявлено 212 видов водорослей из 5 отделов: синезеленые – 101 вид (47,6% видового состава альгофлоры), зеленые – 89 видов (42,0%), желтозеленые – 15 (7,1%), диатомовые – 5 (2,4%), эустигматовые водоросли – 2 (0,9%). Наибольшим числом видов представлены отделы синезеленых и зеленых водорослей, что характерно для аэрофитной альгофлоры (Михайлюк, Дариенко, Демченко, 2004).

Высокое видовое разнообразие синезеленых водорослей объясняется их преимущественным развитием на каменистых субстратах, особенно карбонатных. В целом, наибольшим числом видов представлены роды *Leptolyngbya* (15 видов), *Gloeocapsa* (12), *Nostoc* (10), *Phormidium* (7), *Scytonema* (6), *Tolypothrix*, *Calothrix* (по 5 видов). Вторую позицию по видовому разнообразию занимают зеленые водоросли, хорошо представленные на растительных субстратах. Здесь выделяются роды *Tetracystis* (с 7 видами), *Chlamydomonas*, *Trentepohlia*, *Klebsormidium* (по 6), *Chlorella* (5), *Chlorococcum*, *Stichococcus* (по 4 вида). Также найдены в большинстве на растительных субстратах желтозеленые водоросли. Невысокая видовая представленность водорослей этого отдела в целом находит отражение и в представленности на родовом уровне. Максимум в роде отмечается 2 вида. Это такие роды, как *Pleurochloris*, *Monodus*, *Botrydiopsis*, *Characiopsis*, *Heterococcus*, *Xanthonema*. Диатомовые водоросли одни из наиболее требовательных к наличию воды организмы, и в наземной среде обитания их видовое разнообразие невелико. Как наиболее распространенную можно выделить лишь водоросль из рода *Hantzschia*. Единичны находки эустигматовых водорослей, обнаруженные виды – типичные аэрофиты *Eustigmatos* и *Monodopsis*.

Анализ аэрофитных альгофлор, выявленных на различных субстратах дает следующую картину.

Водорослей-литофитов найдено 83 вида. Из них 76 видов – синезеленые водоросли – 91,7% видового состава альгофлоры, 6 видов – зеленые – 7,2%, 1 вид – диатомовые водоросли – 1,2% (без учета диатомовых, найденных в виде пустых створок, на орошаемых водой камнях на берегу оз. Байкал по Т.А. Сафоновой, 2001). В доминантном отделе по числу видов выделяются три порядка (пор.). Представители пор. *Chroococcales* – 27 видов – колониальные водоросли, заселяющие как поверхность камней, так и способные внедряться внутрь субстрата (эндофиты). Из пор. *Oscillatoriales* зафиксирован 21 вид преимущественно нитчатых водорослей, некоторые из них также способны к эндофитному образу жизни. Также 21 видом обладает и пор. *Nostocales*. Это нитчатые и колониальные водоросли, азотфиксаторы. Что касается водорослей из других отделов, несомненно, дальнейшие работы выявят их более высокое разнообразие, особенно из отделов зеленых и желтозеленых водорослей.

В составе альгофлоры, выявленной на коре древесных субстратов, 138 видов водорослей. Ведущая роль у отдела зеленых водорослей, к которым принадлежат 80 видов (58,0% от общего числа). Значительно беднее видовое разнообразие синезеленых – 37 (26,8%) и желтозеленых водорослей – 14 видов (10,2% состава альгофлоры). Единичны диатомовые – 5 видов (3,6%) и эустигматовые водоросли – 2 (1,4%), которые, тем не менее, способны массово разрастаться на стволах древесных пород. В целом, доминирование зеленых водорослей является отличительной чертой альгофлоры на растительных субстратах в умеренной зоне. Из этого отдела богатством видов отличаются пор. *Chlorellales* с 34 видами и пор. *Chlorococcales*, в котором найдено 11 видов. Преимущественно это одноклеточные организмы. Из синезеленых водорослей ведущая позиция у порядков *Oscillatoriales* и *Nostocales*, в которых отмечено по 14 видов. Вдвое меньше по сравнению с предыдущими порядками разнообразие представителей пор. *Chroococcales*. В отделе желтозеленых водорослей доминирует пор. *Mischococcales* – с 10 одноклеточными видами.

На данном этапе исследования водорослей, ассоциированных с мохообразными, растущими на камнях, почве и на стволах деревьев, выявлено 38 видов. Из них 23 вида – зеленые водоросли (60,5% от общего числа), 11 – синезеленые – (28,9%), 3 – диатомовые – (7,9%), 1 вид желтозеленых водорослей (0,7%). На уровне

порядков повторяются черты, свойственные и альгофлоре на древесных субстратах. В отделе зеленых водорослей доминирует пор. *Chlorellales* с 7 видами, несколько менее представлен пор. *Chlorococcales* – 5 видов. По предварительным данным, вероятно, будет выявлено более высокое по сравнению с альгофлорой древесных субстратов разнообразие водорослей пор. *Chaetophorales*, в котором сейчас насчитывается 4 вида. Это водоросли, многоклеточный таллом которых представляет собой пакеты или разветвленные нити. В отделе синезеленых водорослей 7 видов принадлежат к пор. *Oscillatoriales* и 4 – к пор. *Nostocales*. Из диатомовых водорослей наиболее обычна водоросль рода *Hantzschia*. Предварительные исследования водорослей мохообразных, показали, что их видовой состав во многом обусловлен качеством субстрата, на котором растут мхи.

Сравнение видového состава альгофлор различных экотопов дало следующие результаты. Альгофлора древесных субстратов, в которой выявлено больше всего видов, включает 60,5% видového состава альгофлоры мохообразных и 18,6% видов водорослей-литофитов. Последняя низкая цифра объясняется, на наш взгляд, слабой выявленностью зеленых и желтозеленых водорослей на камнях. Альгофлора каменистых субстратов включает лишь 13% видов водорослей, ассоциированных с мохообразными.

Таким образом, аэрофитная альгофлора Байкальской Сибири сложена синезелеными, зелеными, желтозелеными, диатомовыми и эустигматовыми водорослями. В проведенных исследованиях не были зарегистрированы красные водоросли (*Rhodophyta*), которые также могут входить в состав аэрофитона (Виноградова, 1989). Найденные водоросли – преимущественно микроскопические формы. Невооруженным глазом их видно лишь при массовом развитии, когда они окрашивают субстрат в красный, зеленый, желтый, синий или черный оттенки. Несмотря на свои микроскопические размеры эта группа организмов играет большую и еще во многом не изученную роль в экосистемах.

Литература

- Андреева В.М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (*Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales*). СПб., 1998. 351 с.
- Виноградова О.Н. Водоросли вневодных местообитаний // Водоросли. Справочник. Киев: Наук. думка, 1989. С. 126–130.
- Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. М.: Высш. Шк., 1978. 448 с.
- Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Синезеленые водоросли. (Определитель пресноводных водорослей СССР; вып. 2). М., 1953. 652 с.
- Егорова И.Н. Разнообразие синезеленых водорослей на коре деревьев и экологические аспекты их развития в Южном Прибайкалье // Проблемы сохранения разнообразия растительного покрова Внутренней Азии. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием (7–10 сентября 2004 г.). Часть I. Улан-Удэ, 2004. С. 132–134.
- Егорова И.Н., Судакова Е.А. Эпифитные водоросли Южного Предбайкалья // Новости систематики низших растений. СПб.: Изд-во С-Петербург. ун-та, 2005. Т. 38. С. 47–57.
- Егорова И.Н. Эпифитные водоросли Прибайкалья: видовое разнообразие и экологические особенности. Автореф. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2006. 19 с.
- Егорова И.Н. Дендрофильные альгосинузии Хамар-Дабана (Прибайкалье) // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 4. С. 477–489.
- Картушин В.М. Агроклиматические карты Иркутской, Читинской областей и Бурятской АССР. М., 1968. 9 карт.
- Матвієнко О.М., Догадіна Т.В. Жовтозелені водорості – *Xanthophyta*. (Визначник прісноводих водоростей УРСР; вып. 10). К., 1978. 512 с.
- Михайлюк Т.И., Дариенко Т.М., Демченко Э.Н. Водоросли гранитных обнажений регионального ландшафтного парка «Гранитно-Степное Побужье» (Николаевская область, Украина) // Новости сист. низш. раст. С-Пб.: Наука, 2004. Т. 37. С. 53–71.
- Мошкова Н.А., Голлербах М.М. Зеленые водоросли. Класс улотриксовые (1). Порядок улотриксовые. (Определитель пресноводных водорослей СССР; вып.10). Л., 1986. 360 с.
- Пешикова Г.А. Растительность Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск: Наука, 1985. 145 с.
- Сафонова Т.А. Синезеленые водоросли (*Cyanoprocaruota*) на каменистых субстратах Прибайкалья // Turczaninowia. 2002. Т. 5, вып. 1. С. 68–75.
- Сафонова Т.А. Водоросли аэролитофитона Прибайкалья (Россия) // Сиб. экол. журн. 2001. Т. VIII, № 4. С. 405–412.
- Сафонова Т.А., Макрый Т. В., Казановский С. Г. Водоросли, мхи и лишайники карбонатных экотопов степей Приольхонья // Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность. СПб., 2000. С. 366–368.
- Anagnostidis K., Komarek J. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. – *Oscillatoriales* // Arch. Hydrobiol. Algol. Stud. 1988. Suppl. 80, H. 1–4. P. 327–472.
- Anagnostidis K., Komarek J. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5 – *Stigonematales* // Ibid. 1990. Suppl. 86. P. 1–73.
- Ettl H., Gartner G. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Stuttgart. 1995. 720 S.
- Komarek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2. – *Chroococcales* // Arch. Hydrobiol. Algol. Stud. 1986. Suppl. 73, H. 2. P. 157–226.
- Komarek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – *Nostocales* // Arch. Hydrobiol. Algol. Stud. 1989. Suppl. 82, H. 3. P. 247–345.

АЛЬГОКОМПЛЕКСЫ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРосЛЕЙ БОРА-БРУСНИЧНИКА

Илюшенко А.Е.

Новосибирск, Новосибирский государственный педагогический университет

Лес является одним из основных типов растительного покрова Земли. Несмотря на большие площади лесов в Западной Сибири, особенно сосновых, планомерные комплексные исследования почвенных водорослей как полноправного компонента лесных биогеоценозов носили «спорадический» характер. Поэтому возрастает необходимость всестороннего изучения почвенных водорослей данного региона. Для выявления роли водорослей в поддержании стабильности лесов важными, но малоразработанными являются вопросы, касающиеся взаимоотношения водорослей как внутри синузии, так и отдельных синузий в пределах фитоценоза (Новичкова-Иванова, 1980). Слабая изученность этих вопросов не позволяет во всей полноте отразить структурно-функциональную организацию водорослевых группировок. В связи с этим определенный интерес представляет выявление особенностей фитоценотической организации группировок почвенных водорослей сосновых фитоценозов.

Исследования почвенных водорослей проведены с 1998 по 2001 г. в Приобском лесорастительном районе, который охватывает часть лесостепной зоны в пределах Приобского плато правобережья реки Оби (Таран, 1985). Были исследованы подстилка и почва бруснично-зеленомошного соснового фитоценоза на территории Белоярского лесничества Дубровинского лесхоза Новосибирской области. Согласно классификации В.Н. Сукачева (1972), бруснично-зеленомошный фитоценоз относится к типу бора-зеленомошника – *Pineta hylacomiosa*, а именно к ряду типа бор-брусничник – *P. vacciniisum*.

Материалом для исследований послужили 120 усредненных почвенных образцов, состоящих из 10 индивидуальных проб объемом 5 см³ каждый. Пробы отбирались в подстилке и из слоя 0-5 см с соблюдением правил стерильности.

Культивирование вели классическим почвенно-альгологическим методом чашечных культур со «стеклами обрастания». Почву увлажняли средой Кнопа. Культуры выращивали в установке «Флора-1» при освещении люминесцентными лампами (ЛБ-40). Просмотр начинали через 14-18 дней культивирования и проводили в течение 3-5 месяцев. Использована 15-балльная шкала обилия (Кабилов, Шилова, 1990).

Фитоценотический анализ альгогруппировок сосновых фитоценозов выполнен с помощью метода межвидовых сопряженностей (Cole, 1957; Миркин, Денисова, 1969). Выделение сочетания положительно сопряженных видов водорослей в определенные группы – «корреляционные плеяды» (по П.В. Терентьеву, 1960), именуемые нами как альгокомплексы, осуществляется в виде дендритов, построенных по минимальному корреляционному пути (Ястребов, 1991).

Бор-брусничник занимает равнинные места с достаточно кислыми (рН=4,8-5,4) подзолистыми почвами. Древесный ярус представлен *Pinus sylvestris* со степенью сомкнутости крон 0,5. Разновозрастной подрост сосны до 7 м. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Vaccinium vitis-idaea* L., *Lycopodium clavatum* L. Основными строителями моховых синузий являются *Dicranum undulatum* Ehrh. ex Web. et Mohr и *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt, занимающие 70-80% поверхности. Имеется вкрапление лишайников *Cladina rangiferina* (L.) Harm., *C. arbuscula* (Wallr.) Hale et W. Culb. Подстилка «пружинящая», высотой 12-16 см.

Из 133 видов и внутривидовых таксонов водорослей ($Cyan_{22}Bac_1Xant_{22}Chlor_{88}$), обнаруженных в подстилке и почве бора-брусничника, более 66% от общей флоры приходится на зеленые водоросли, что соответствует зональному типу. В обработку сопряженностей выбрано только от 16 до 21 достоверно значимых вида и внутривидовых таксона, встречаемость которых выше 16%. Рассчитан 1631 коэффициент сопряженности, из которых 401 достоверных положительных связей и 601 отрицательных (P=0,05). Наличие достоверно значимых связей между видами и внутривидовыми таксонами водорослей позволяет выделить альгокомплексы. Под **альгокомплексом** будем понимать естественную эволюционно сопряженную биоэкологическую группу видов и внутривидовых таксонов водорослей в пределах определенного фитоценоза. С помощью альгокомплекса можно раскрыть механизмы пространственного размещения последних в отдельных альгосинузиях и в фитоценозе в целом.

В подстилке бора-брусничника выделен стихококково-микроцистисо-плеврастрово-коккомиксовый комплекс (рис. 1). Этот олигодоминантный комплекс формируется в условиях достаточного увлажнения (влажность подстилки от 71% до 97%) и включает 16 видов и внутривидовых таксонов водорослей, среди которых преобладают зеленые. Доля синезеленых (чуть более 12%) незначительна, но участие в доминантном комплексе делает их функционально значимыми. Следует отметить отсутствие в подстилке желтозеленых водорослей.

В доминантный состав подстилочного альгокомплекса бора-брусничника входят мелкоклеточные колониально-коккоидные и нитчатые морфотипы. Принадлежность доминантных видов к разным жизненным формам (Н-С-Х-Ch) отражается на их избирательной способности концентрировать вокруг себя сопутствующие

шие виды (рис. 1). К примеру, *Microcystis grevillei* с достаточным слизиобразованием является «центром» видов водорослей обитающих в подстилке, но неустойчивых к засухе и экстремальным температурам (*Parietochloris*, *Tetracystis dissociata*). *Coccomyxa confluens*, образующая мощные слизистые слоистые колонии, также способна создавать благоприятные условия для произрастания *Neosporogiococcum cohaerens*, в том числе и доминанта *Stichococcus bacillaris*.

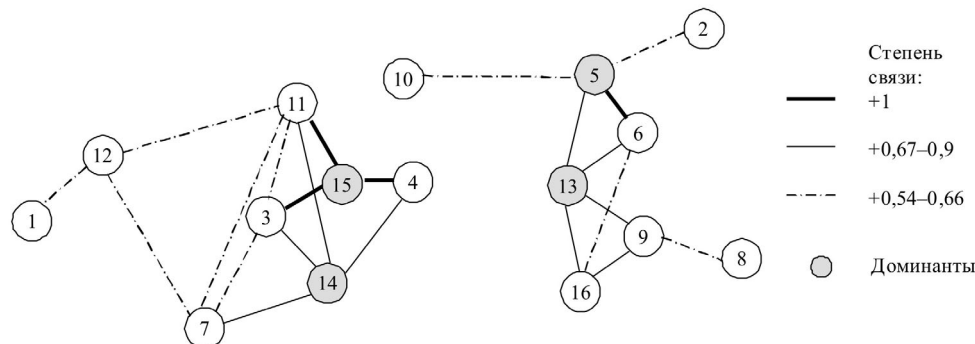


Рис. 1. Устойчивые положительные сопряженности видов и внутривидовых таксонов водорослей стихококково-микроцистисо-плеврастро-коккомиксового комплекса в подстилке бора-брусничника

1 – *Neosporogiococcum aladamense*; 2 – *N. cohaerens*; 3 – *Parietochloris cohaerens*; 4 – *P. pseudoalveolaris*; 5 – *Coccomyxa confluens*; 6 – *C. curvata*; 7 – *C. sudglobosa*; 8 – *Coenochloris signiensis*; 9 – *Choricystis chodatii*; 10 – *Tetracystis aplanospora*; 11 – *T. dissociata*; 12 – *Chlorhormidium flaccidum* var. *flaccidum*; 13 – *Srichococcus bacillaris*; 14 – *Pleurastrum terrestre*; 15 – *Microcystis grevillei*; 16 – *Symploca elegans*

Полученная картина соответствует случаю проявления кольчатой мозаичности. «Канву» мозаичности образовали *Microcystis grevillei* и *Coccomyxa confluens*, диффузно распространенные в подстилке, конкурирующие за влагу и способные образовывать два типа биотопических местообитаний. Это скопления *Microcystis grevillei* с группой сопутствующих видов, приуроченные к подстилке травяно-кустарничкового яруса, и *Coccomyxa confluens* с сопутствующими видами под моховым покровом.

Для объяснения причин такого взаимоотношения между видами водорослей бора-брусничника использован метод качественно-количественных сопряженностей (табл. 1).

Таблица 1

Качественно-количественная сопряженность между доминантными видами водорослей в подстилке бора-брусничника

Виды водорослей	<i>Coccomyxa confluens</i>		<i>Microcystis grevillei</i>		<i>Pleurastrum terrestre</i>		<i>Stichococcus bacillaris</i>		
	об.*	ед.**	об.	ед.	об.	ед.	об.	ед.	
<i>Coccomyxa confluens</i>	об.	xxx	xxx	+0,28	-0,73	+0,2	-1	+0,52	+0,32
	ед.	xxx	xxx	-1	+0,55	-0,5	+0,78	-0,25	-0,06
<i>Pleurastrum terrestre</i>	об.	+0,2	-0,5	+1	-0,33	xxx	xxx	-1	0
	ед.	-1	+0,78	-1	+0,81	xxx	xxx	-1	+0,06

Примечание: * – обильно, ** – единично.

В подстилке бора-брусничника *Microcystis grevillei* и *Pleurastrum terrestre* не являются конкурентами (принадлежат к С- и Н-жизненным формам) и могут встречаться при массовом (степень связи +1) или единичном (степень связи +0,81) обилии обоих. Имея тенденцию взаимного тяготения друг к другу, эти виды водорослей при их содоминировании создают микросреду для некоторых сопутствующих (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционные связи доминантных и некоторых сопутствующих видов водорослей в подстилке бора-брусничника

Сопутствующие виды	Доминанты							
	<i>Microcystis grevillei</i>		<i>Pleurastrum terrestre</i>		<i>Stichococcus bacillaris</i>		<i>Coccomyxa confluens</i>	
	об.*	ед.**	об.	ед.	об.	ед.	об.	ед.
<i>Neosporogiococcum cohaerens</i>	+0,11	0	+0,11	-0,5	+0,56	0	+0,36	-0,25
<i>Choricystis chodatii</i>	-1	-0,25	-1	-1	+0,57	+0,44	+0,64	-0,72
<i>Symploca elegans</i>	-0,5	-0,5	-0,67	-0,63	+1	+0,38	+0,45	-0,44

Примечание: * – обильно, ** – единично; 0 – нейтральное отношение

Наиболее значимыми в ценоотическом подборе являются *Stichococcus bacillaris* и *Coccomyxa confluens*. К примеру, с доминированием *Coccomyxa confluens* положительно сопряжены виды водорослей, принадлежащие к различным жизненным формам (Ch-, X-, P-). Такие виды, как *Neosporangiococcum cohaerens*, *Choricystis chodatii* и *Symploca elegans*, растут вместе с коккомиксой, где она доминирует, но малая вероятность встречи этих видов, где она единична. Следовательно, их можно считать характерными видами коккомиксы, которая создает им благоприятные условия среды. Это характеризует *Coccomyxa confluens* как «эдификатора», играющего роль в сложении структуры стихококково-микроцистисо-плеврастрово-коккомиксового подстилочного комплекса бора-брусничника. Следовательно, альгокомплекс подстилки бора-брусничника является устойчивым, т.к. в большинстве случаев имеют место приспособительные отношения, а не конкурентные.

В почве бора-брусничника выделен хламидомонадово-неоспонгиококково-коккомиксовый комплекс, объединяющий 21 вид и внутривидовой таксон (рис. 2). Преобладание зеленых теневыносливых водорослей мезоморфной природы и наличие водорослей амфибионтной природы в спектре жизненных форм ($X_7Ch_6C_5H_1amph_2$) свидетельствуют о благоприятных условиях среды, созданных высшими растениями.

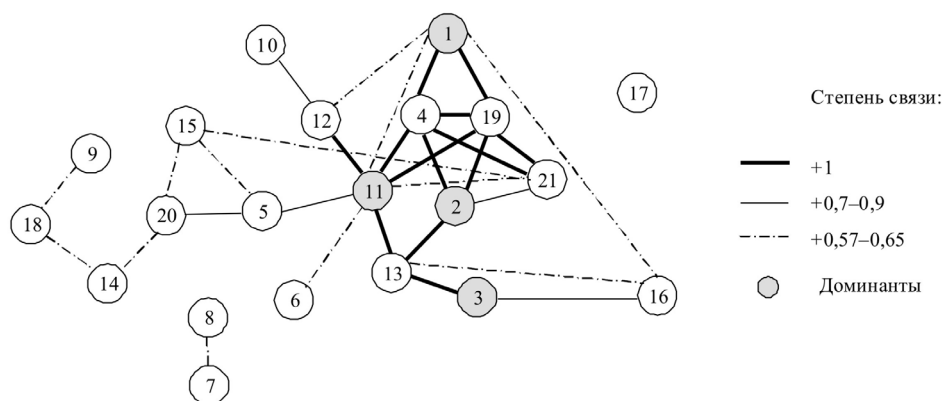


Рис. 2. Устойчивые положительные сопряженности видов и внутривидовых таксонов водорослей в хламидо-неоспонгиококково-коккомиксовом комплексе в слое 0–5 см бора-брусничника

1 – *Chlamydomonas gloeogama*; 2 – *Ch. intermedia*; 3 – *Neosporangiococcum alabamense*; 4 – *Pseudodictyochloris dissecta*; 5 – *P. multinucleata*; 6 – *Parietochloris pseudoalveolaris*; 7 – *Trochisciopsis insignis*; 8 – *Bracteacoccus cohaerens*; 9 – *B. minor*; 10 – *Gloeocystis polydermatica*; 11 – *Coccomyxa confluens*; 12 – *Coenocystis oleifera* var. *oleifera*; 13 – *Chlorella vulgaris* f. *vulgaris*; 14 – *Choricystis chodatii*; 15 – *Teracystis aplanospora*; 16 – *T. dissociata*; 17 – *Chlorhormidium flaccidum* var. *flaccidum*; 18 – *Pleurochloris magna*; 19 – *Botryochloris simplex*; 20 – *B. cumulata*; 21 – *Microcystis grevillei*

Функциональную организованность комплекса обеспечивают также водоросли-доминанты (рис. 2). Особенно это характерно для диффузно распространенных в почве видов *Chlamydomonas gloeogama* и *Coccomyxa confluens* (степень связи при обилии обоих +0,83). Доминанты обеспечивают «ценоотический подбор» сопутствующих видов. К примеру, комфортность амфибионтного *Botryochloris simplex* в большей степени зависит от видов р. *Chlamydomonas* (степень связи от +0,36 до +0,71), которые способны образовывать обильную слизь и удерживать некоторое количество воды.

Следовательно, подстилочный стихококково-микроцистисо-плеврастрово-коккомиксовый и почвенный хламидомонадово-неоспонгиококково-коккомиксовый комплексы бора-брусничника позволяют раскрыть механизмы совместного существования водорослей в фитоценозе. Характер ассоциирования водорослей в подстилке и почве бора-брусничника определяется ценоотическими взаимоотношениями между ними, а также с условиями среды, созданными высшими растениями.

Все выше изложенное позволяет обратить внимание на необходимость более глубоких фитоценоотических исследований почвенных водорослей как полноправного компонента лесных биогеоценозов.

Литература

- Кабилов Р.Р., Шилова И.И. Почвенные водоросли свалок и полигонов твердых бытовых и промышленных отходов в условиях крупного промышленного города // Экология. 1990. № 5. С. 10–18.
- Миркин Б.М., Денисова А.Б. Опыт изучения сопряженностей между видами луговых ценозов с использованием коэффицента Коула // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 1969. Т. LXXIV (5). С. 85–95.
- Новичкова-Иванова Л.Н. Почвенные водоросли фитоценозов Сахаро-Гобийской пустынной области. Л., 1980. 256 с.
- Сукачев В.Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Т. 1. Л., 1972. 418 с.
- Таран И.В. Рекреационные леса Западной Сибири. Новосибирск, 1985. 228 с.
- Терентьев П.В. Дальнейшее развитие метода корреляционных плеяд // Применение математических методов в биологии. Л., 1960. С. 27–36.
- Ястребов А.Б. Методы изучения мозаичности растительного покрова с применением ЭВМ. Л., 1991. 200 с.
- Cole LaMont C. The measurement of partial interspecific association // Ecology. 1957. Vol. 38, № 2. P. 226–233.

ИЗМЕНЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПРИ ИХ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Кирпенко Н.И., Рыбак Н.В.

Украина, Киев, Институт гидробиологии НАН Украины

Интенсивность фотосинтеза является одним из главных показателей при изучении состояния планктонных сообществ. Среди множества физиологических процессов микроводорослей их фотосинтетическая активность одной из первых реагирует на воздействие каких-либо факторов внешней среды (Багнюк, Миرونюк, 2005). К последним следует отнести также метаболитное взаимовлияние гидробионтов, в том числе и водорослей. Ранее было замечено, что при совместном выращивании водорослей сразу после смешивания их культур или добавления фильтратов культур других видов, в большинстве случаев, происходит резкое изменение интенсивности фотосинтеза вновь образованной двухвидовой культуры (Кирпенко, Рыбак, 2006). В связи с этим, было проведено сравнительное изучение фотосинтетической активности некоторых синезеленых и зеленых водорослей в моновидовых и смешанных культурах.

В опытах использовали водоросли *Microcystis aeruginosa* Kütz. em. end. Elenk. HPDP-6, *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew. HPDP-109, *Chlorella vulgaris* Beijer. HPDP-119, взятые на логарифмической стадии роста. Смешанные культуры готовили путем посева на свежую питательную среду монокультур водорослей примерно в равном соотношении по количеству клеток, так чтобы плотность смешанной культуры была близка к таковой монокультур.

При изучении функциональной активности зеленых водорослей *Chlorella vulgaris* и *Desmodesmus communis*, выращиваемых отдельно и совместно, установлено, что в результате аллелопатического взаимодействия интенсивность роста обоих видов в смешанной культуре значительно снижалась (табл. 1).

Таблица 1

Численность клеток (тыс./мл) некоторых зеленых и синезеленых водорослей при их раздельном и смешанном культивировании

Длительность выращивания, сут	В монокультуре		В смешанной культуре		Общая численность смешанной культуры
	1	2	1	2	
<i>Chlorella vulgaris</i> (1)+ <i>Desmodesmus communis</i> (2)					
Исх*	290±20	270±60	165±15	155±5	320±15
1	755±88	430±50	180±30	273±27	453±30
3	1020±10	600±126	510±70	690±65	1200±70
8	980±20	1375±75	870±153	810±130	1680±153
15	5550±50	5000±25	2125±125	1750±150	3875±150
<i>Microcystis aeruginosa</i> (1) + <i>Chlorella vulgaris</i> (2)					
Исх	450±7	570±85	210±18	275±46	485±50
1	405±11	305±3	175±39	125±26	300±40
3	360±29	245±18	126±4	170±11	296±15
7	332±11	860±28	110±15	500±17	610±17
14	410±36	2100±14	190±10	1004±23	1194±23
<i>Microcystis aeruginosa</i> (1)+ <i>Desmodesmus communis</i> (2)					
Исх	340±60	450±30	215±10	200±25	415±25
1	300±20	295±45	200±11	575±29	775±30
3	290±29	1125±75	235±15	1340±100	1575±100
7	305±15	2090±305	200±35	2550±150	2750±150
14	380±30	4697±610	375±28	5525±412	5900±420

*Здесь и далее «Исх» означает отбор через 0,5 час после смешивания культур

Удельная скорость роста этих видов в смешанной культуре составила 0,79 делений/сутки (*Chlorella vulgaris*) и 0,69 (*Desmodesmus communis*) по сравнению с 1,21 и 1,17 в монокультурах.

Microcystis aeruginosa в данной серии опытов характеризовался длительной лаг-фазой, интенсивный рост его начинался только после двух недель культивирования. Однако даже в таком малоактивном состоянии он оказывал значительное аллелопатическое воздействие на другие виды. Например, интенсивность роста *Desmodesmus communis* в его присутствии увеличивалась более чем в 2 раза, удельная скорость роста составляла 1,9 делений/сутки по сравнению с 0,67 в монокультуре (см. табл. 1).

В то же время, скорость роста *Chlorella vulgaris* в смешанной культуре с *Microcystis aeruginosa* в условиях данного опыта практически не отличалась от таковой в ее монокультуре, ускорилось лишь прохождение лаг-фазы. Однако изменения фотосинтетической активности этих двух видов при их аллелопатическом взаимодействии носили более существенный характер (табл. 2).

Интенсивность чистого (мг O₂/л·час) и удельного (10⁻⁶ мг O₂/л·час·кл) фотосинтеза моно- и смешанной культур водорослей

Длительность выращивания, сут	Монокультуры				Смешанная культура	
	1		2		Чистый	Удельный
	Чистый	Удельный	Чистый	Удельный		
<i>Chlorella vulgaris</i> (1)+ <i>Desmodesmus communis</i> (2)						
Исх	0,78±0,15	2,69	0,9±0,02	3,33	0,95±0,02	3,0
1	1,06±0,12	1,40	1,23±0,37	2,86	1,1±0,07	2,43
3	1,24±0,22	1,21	1,73±0,21	2,88	3,31±0,97	2,76
8	2,21±0,28	2,25	2,74±0,28	1,99	2,01±0,07	1,20
15	3,57±0,03	0,64	3,55±0,14	0,71	2,95±0,11	0,76
<i>Microcystis aeruginosa</i> (1) + <i>Chlorella vulgaris</i> (2)						
Исх	0,1±0,01	0,22	0,43±0,05	0,75	0,14±0,03	0,29
1	4,6±0,16	11,35	5,72±0,08	18,75	0,24±0,02	0,80
3	0,12±0,02	0,33	0,2±0,01	0,82	0,07±0,02	0,24
7	0,43±0,08	1,29	0,58±0,08	0,67	0,49±0,06	0,80
14	0,18±0,05	0,44	2,17±0,21	1,03	0,91±0,08	0,75
<i>Microcystis aeruginosa</i> (1) + <i>Desmodesmus communis</i> (2)						
Исх	0,12±0,02	0,35	1,19±0,19	2,64	1,83±0,16	4,41
1	0,23±0,03	0,77	1,58±0,12	5,35	1,49±0,17	1,92
3	0,4±0,07	1,38	1,97±0,04	1,75	2,68±0,26	1,70
7	0,57±0,1	1,87	1,98±0,09	0,95	4,52±0,13	1,64
14	0,12±0,02	0,36	5,26±0,13	1,12	5,58±0,37	0,95

В целом, динамика изменений интенсивности фотосинтеза смешанных культур зачастую не совпадала с таковой количества клеток. Кроме того, значительно отличалась также интенсивность фотосинтеза смешанных культур водорослей по сравнению с монокультурами. В отдельные периоды, вследствие аллелопатического взаимодействия водорослей в смешанных культурах, наблюдалось либо значительное возрастание, либо не менее значительное снижение этого показателя по сравнению с одновидовыми культурами. Особенно велики были эти различия в первые трое суток наблюдений.

Например, если скорость роста *Chlorella vulgaris* и *Microcystis aeruginosa* в монокультурах и смешанной культуре отличалась несущественно, интенсивность чистого и удельного фотосинтеза их смешанной культуры в начальные сроки выращивания снизилась до очень низкого уровня, в отличие от величины этого показателя, установленной для каждого вида в отдельности. Это может свидетельствовать об аллелопатическом угнетении функциональной активности водорослей в двухвидовой культуре.

Напротив, в случае совместного выращивания *Microcystis aeruginosa* и *Desmodesmus communis* удельный фотосинтез их смешанной культуры (рассчитанный на клетку) в первые 0,5 часа после смешивания суспензий видов характеризовался значительно более высокой величиной, чем в монокультурах, что напоминает стрессовую реакцию на появление вида-конкурента.

Совсем иная закономерность наблюдается при сравнении данных, полученных для третьей пары водорослей – *Chlorella vulgaris* и *Desmodesmus communis*. Несмотря на значительные различия в скорости роста водорослей при их раздельном и совместном выращивании, динамика изменений величины чистого фотосинтеза их монокультур и двухвидовой культуры отличалась несущественно (за исключением третьих суток). А величина удельного фотосинтеза смешанной культуры часто занимала промежуточное положение между показателями отдельных монокультур. Очевидно, в данном случае аллелопатическое взаимовлияние в большей степени отразилось на ростовых, а не метаболических процессах водорослей.

Таким образом, при совместном выращивании различных водорослей в результате аллелопатического взаимодействия видов изменяется как интенсивность роста, так и фотосинтетическая активность водорослей. Анализ полученных данных по изменению интенсивности роста позволяет выделить такие типы реакции на совместное выращивание: взаимное угнетение, угнетение или стимуляция одного из видов. Фотосинтетическая активность смешанных культур водорослей также отличается от таковой монокультур, однако характер изменений интенсивности роста и фотосинтеза не всегда совпадает. В одних случаях аллелопатическое взаимодействие в большей степени затрагивает ростовые, в других – метаболические процессы водорослей.

Литература

Багнюк В.М., Миронюк В.И. Газообмен *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl. (Cyanophyta) и *Chlorella vulgaris* Beijer. (Chlorophyta) в присутствии нафтаола, солей меди и железа // Актуальные проблемы современной альгологии. Тез. докл. На 3 Междун. конф. / Под ред. Т.В. Догадиной. Харьков, 2005. С. 16–17.

Кирпенко Н.И., Рыбак Н.В. Взаимовлияние водорослей в смешанных культурах // Физиология микроорганизмов в природных и экспериментальных системах (памяти проф. М.В. Гусева). Мат-лы Междун. науч. конф., Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, биол.ф-т, 16–19 мая 2006 г. М.: Изд-во МАКСпресс, 2006. С. 23.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИКРОВОДОРΟΣЛЕЙ БЕНТОСА И ПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ

Ковалева Г.В.

Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН

В настоящее время в планктоне открытой части Азовского моря известно около 605 видов микроводорослей (Прошкина-Лавренко, 1963; Пицък, 1963; Студеникина и др., 1999; и др.). Бентосным и перифитонным микроводорослям уделялось гораздо меньше внимания (Мережковский, 1902; Арнольди, 1922, 1928; Шехов, Губина, 1969; Ковалева, 2000 а, б; Борисюк, 2001; Ковалева, Оноприенко, 2002), поэтому ранее, в прибрежной части Азовского моря и лиманах было обнаружено 174 вида микроводорослей (из которых только 117 являются бентосными). В связи с этим, исследования микроводорослей прибрежной части Азовского моря, особенно бентосных и перифитонных форм, являются актуальными.

Материал для этой работы был собран в береговых экспедициях по российскому побережью Азовского моря (ежемесячно с мая 1997 г. по декабрь 1998 г., а также в разные сезоны 1999–2001 гг.). Были исследованы микроводоросли прибрежной части Азовского моря, включая некоторые лиманы и заливы.

Микроводоросли исследованных водоемов представлены 449 видами и 43 внутривидовыми таксонами из 166 родов, относящихся к 96 семействам, 53 порядкам, 13 классам и 9 отделам водорослей. Для анализа показателей систематического разнообразия микроводорослей рассчитали пропорции флоры, а так же родовой коэффициент – родовая насыщенность видовыми и внутривидовыми таксонами (табл. 1).

Таблица 1

Пропорция и родовая насыщенность альгофлоры

Отдел	Пропорции флоры ¹	Родовая насыщенность таксонами	
		видовыми	внутривидовыми
<i>Bacillariophyta</i>	1 : 1,7 : 6,2 : 7,1	1 : 3,8	1 : 4,3
<i>Chlorophyta</i>	1 : 1,6 : 2,9 : 2,9	1 : 1,8	1 : 1,8
<i>Dinophyta</i>	1 : 2,1 : 3,7 : 3,8	1 : 1,7	1 : 1,8
<i>Cyanophyta</i>	1 : 2,3 : 3,6 : 3,6	1 : 1,6	1 : 1,6
<i>Chrysophyta</i>	1 : 1,3 : 2,5 : 2,5	1 : 2,0	1 : 2,0
<i>Euglenophyta</i>	1 : 1,7 : 5,7 : 6,0	1 : 3,4	1 : 3,6
<i>Cryptophyta</i>	1 : 2,7 : 5,3 : 5,3	1 : 2,0	1 : 2,0
<i>Haptophyta</i>	1 : 1,3 : 1,3 : 1,3	1 : 1,0	1 : 1,0
<i>Raphidophyta</i>	1 : 3,0 : 4,0 : 4,0	1 : 1,3	1 : 1,3
Всего	1 : 1,7 : 4,7 : 5,1	1 : 2,7	1 : 3,0

Получены относительно высокие значения родовой коэффициента (табл. 1), хотя средний родовой коэффициент невысок (2,7). Сравнение родовой коэффициента по отделам показало, что наибольшее видовое богатство характерно для отделов *Bacillariophyta* (родовой коэффициент – 3,8) и *Euglenophyta* (3,4), *Chrysophyta* и *Cryptophyta* (по 2,0). Анализ родовой насыщенности внутривидовыми таксонами не изменил этих соотношений. Анализ видового разнообразия микроводорослей на родовом уровне показал, что в состав 10 ведущих родов вошли: *Navicula* (29 видов), *Nitzschia* (24), *Chaetoceros* (18), *Amphora* (14), *Cymbella* (13), *Cocconeis* (11), *Fragilaria* (9), *Tryblionella* (9), *Gomphonema* (8) – из отдела *Bacillariophyta* и *Chromulina* (8 видов) – из *Chrysophyta*.

По количеству видов, в состав 10 ведущих семейств вошли представители отдела *Bacillariophyta*, *Dinophyta* и *Cyanophyta*. Виды, входящие в состав 10 ведущих семейств, составляют 44,12% от всей флоры.

Анализ пропорций флоры (табл. 1) показал, что наибольшее количество родов, входящих в одно семейство, характерно для отделов *Raphidophyta* (3,0), *Cryptophyta* (2,7), *Cyanophyta* (2,3), *Dinophyta* (2,1). По количеству видов в семействе (табл. 1) первое место занимает отдел *Bacillariophyta* (6,2), а затем идут *Euglenophyta* (5,7) и *Cryptophyta* (5,3), *Raphidophyta* (4,0).

В состав 15 ведущих порядков вошло 303 вида из 82 родов, что составляет 63,48% от всей флоры. Наибольшее видовое разнообразие характерно для порядков *Naviculales* (12,92% от общего числа видов), *Bacillariales* (8,91%), *Cymbellales* (6,46%), *Fragilariales* (5,57%). На долю других 11 порядков приходится менее 5% от общего числа видов.

Неоднородность материалов (разные сезоны, частота и методы сбора) не позволяют провести сравнительный таксономический анализ всех отделов водорослей в рамках исследованных районов. Репрезентативное сравнение родовой насыщенности видовыми и внутривидовыми таксонами (родовой коэффициент) возможно

¹ Пропорции флоры рассчитывали по соотношению: количество родов; видов; видов вместе с внутривидовыми таксонами – в 1 семействе.

для представителей отдела *Bacillariophyta* (табл. 2), поскольку диатомовые водоросли изучали наиболее подробно и равномерно во всех районах.

Средние значения родовой насыщенности: 2,14 – для видов и 2,29 – для внутривидовых таксонов (табл. 2) характерны для всех исследованных районов, за исключением северного и западного побережья Таганрогского залива, а также восточного побережья моря.

Таблица 2

Родовая насыщенность в отделе *Bacillariophyta* для разных районов

Район	Количество		% от общего числа видов	Родовая насыщенность таксонами	
	родов	видов		видовыми	внутривидовыми
Северное побережье Таганрогского залива	17	30	10,5	1,8	1,9
Южное побережье Таганрогского залива	34	86	30,2	2,5	2,2
Западный район Таганрогского залива	18	35	12,3	1,9	2,2
Восточное побережье моря	32	48	17,1	1,5	1,6
Лиманы Восточного Приазовья	33	77	27,0	2,3	2,5
Керченский пролив, побережье косы Чушка	35	70	24,6	2,0	2,3
Протоки на косе Чушка	16	37	13,0	2,3	2,4
Динской и Таманский заливы	40	110	38,6	2,8	3,2
Средние значения	28,13	61,63	21,66	2,14	2,29

Сравнение средних значений количества родов и видов в разных районах позволяют оценить полноту изучения флоры и целесообразность выделения флористических районов. В среднем, на один район приходится 28,13 род и 61,63 вида, что составляет 22,4 % от общего числа видов, выявленных во флоре прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов. Только для флоры четырех районов (северное, западное побережье Таганрогского залива, восточное побережье моря и протоки на косе Чушка) отмечены значения ниже средних показателей (табл. 2), что свидетельствует о бедности систематической структуры водорослей данного района из-за специфических условий местообитания.

Для сопоставления особенностей таксономической структуры микроводорослей прибрежья и планктона открытой акватории моря использовали список планктонных водорослей Азовского моря (Студеникина и др., 1999). Сравнение показало, что, несмотря на явное доминирование в прибрежных районах диатомовых, ранжирование трех ведущих отделов в открытой акватории моря и прибрежье остается сходным: преобладает отдел *Bacillariophyta*, второй по значимости – *Chlorophyta*. Третье и четвертое место делят *Dinophyta* и *Cyanophyta*. Для открытой части моря (Студеникина и др., 1999) на долю *Cyanophyta* приходится 17,3%, а *Dinophyta* – 16,04%, в прибрежной соответственно – 7,35% и 6,46%.

Исходя из анализа литературных данных и собственного материала, основным признаком разделения на экологические группы является отношение микроводорослей к субстрату. Главное сходство местообитания перифитона и бентоса – наличие твердого субстрата (в противовес планктону, где водоросли должны приспосабливаться к парению в толще воды). В мелководной прибрежной зоне это сходство местообитаний особенно заметно, поэтому разница в систематической структуре между микрофитобентосом и микроперифитоном практически отсутствует. Даже типично бентосные виды из родов *Diploneis*, *Gyrosigma*, *Hantzschia*, *Lyrella*, *Mastogloia* и др. регулярно встречаются в перифитонном сообществе, также как и эпифитные формы из родов *Amphora*, *Symbella*, *Epithemia*, *Gomphonema* и др. часто отмечаются в бентосе. Представители родов *Cocconeis*, *Navicula*, *Nitzschia* являются доминирующими как в бентосном, так и в перифитонном сообществе. На этом основании анализировали две экологические группы – планктон и бентос, где водоросли перифитона включены в бентос.

Диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*) из класса *Coscinodiscophyceae* являются преимущественно планктонными формами (48 видов). Наибольшее видовое разнообразие характерно для родов *Chaetoceros* (18), *Thalassiosira* (8), к родам *Coscinodiscus* и *Cyclotella* относятся по 4 вида. Только три вида из этого класса (*Melosira moniliformis*, *Hyalodiscus scoticus*, *Podosira hormoides*) встречаются в обрастаниях.

Из класса *Fragillariophyceae* в планктоне присутствуют лишь два вида: *Asterionella formosa* и *Thalassionella nitzschioides*. Причем первый отмечен исключительно в опресненных районах, а второй – в осолоненной части Азовского моря и Керченском проливе. Большинство диатомовых из этого класса являются бентосными формами (42 вида). Самыми разнообразными по числу видов являются роды *Fragilaria* (12 видов), *Synedra* (8), *Licmophora* (5), *Diatoma* (4). Виды из родов *Synedra* и *Diatoma* встречаются в основном в опресненных участках моря и лиманах, а виды рода *Licmophora* – только в районе Керченского пролива, при солености выше 10–12‰.

Класс *Bacillariophyceae* представлен в планктоне 11 видами: *Nitzschia acicularis*, *N. lorensiana*, *N. reversa*, *N. tenuirostris*, *Nitzschia sp.*, *Bacillaria paxillifer*, *B. socialis*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *Entomoneis paludosa*. Чаще всего в планктоне встречаются *Nitzschia acicularis*,

N. tenuirostris. К классу *Bacillariophyceae* относится подавляющее большинство бентосных форм (217 видов и разновидностей). Самые разнообразные по количеству видов роды *Navicula* (28 видов и 7 разновидностей), *Nitzschia* (19 и 1), *Amphora* (14 и 3), *Cocconeis* (11 и 10).

Из отдела **Chlorophyta** в планктоне опресненных районов чаще всего встречались представители класса *Chlorophyceae*, порядка *Chlorococcales* (из родов *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus*), а в осолоненных районах – виды из класса *Prasinophyceae*, порядка *Chlorodendrales* (*Tetraselmis*, *Pyramimonas*, *Nephroselmis*). Представитель класса *Chlorophyceae*, порядка *Ulotrichales* – *Binuclearia lauterbornii* встречается практически повсеместно по всей акватории моря и в лиманах.

Отдел **Cyanophyta** в планктоне представлен только микроводорослями из класса *Cyanophyceae*, среди которых часто обнаруживали виды из порядков *Chroococcales* (родов *Merismopedia*, *Synechocystis*, *Gomphosphaeria*, *Coelosphaerium*, *Microcystis*) и *Oscillatoriales* (*Planktolynghya*, *Planktothrix*, *Phormidium*, *Lyngbya*). В летний сезон *Aphanizomenon flos-aqua*, *Nodularia sputigena* (порядок *Nostocales*) и *Microcystis aeruginosa* (*Chroococcales*) часто вызывают «цветение» воды в Таганрогском заливе.

Виды из отдела **Chrysophyta** встречаются в прибрежном планктоне Азовского моря и лиманах преимущественно в холодные сезоны года (осень, зима). Чаще других отмечены представители класса *Chrysophyceae*, порядка *Ochromonadales* из родов *Ochromonas* (*O. oblonga*) и *Chromulina* (*Ch. microplancton*, *Ch. parvula*, *Ch. rosanoffii*). Виды из класса *Dictyochophyceae*, порядка *Pedinellales* (*Apedinella spinifera*, *Pseudopedinella tricostata*) в массе развиваются в южной части побережья Азовского моря (Темрюкский, Динской, Таманский заливы).

Отдел **Cryptophyta** в планктоне Азовского моря и лиманах представлен одним классом *Cryptophyceae* и порядком *Cryptomonadales*. Наиболее массовы виды из семейства *Cryptomonadaceae* (*Plagioselmis punctata*, *P. prolonga*, *Hemiselmis simplex*, *Cryptomonas erosa*). Представители отдела *Dinophyta* отмечены преимущественно в летний сезон. Виды из порядка *Prorocentrales* (*Prorocentrum micans*, *P. cordatum*) развиваются в массе в прибрежном планктоне моря и Таганрогского залива, а представители порядка *Gymnodiniales* (рода *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Amphidinium*) и *Peridinales* (*Proto-peridinium*, *Diplopsalis*, *Heterocapsa*) чаще вегетируют в южных осолоненных районах моря. Из отдела **Euglenophyta** в планктоне присутствуют виды из родов *Euglena* (*E. viridis*, *E. acusformis*) и *Eutreptia* (*E. globulifera*, *E. lanowii*). Виды из отделов **Haptophyta** и **Raphidophyta** встречаются редко и, преимущественно, в планктоне осолоненных районов моря.

Литература

- Арнольди В.М. Кубанский (Витязевский) лиман. Альгологическая экскурсия. // Журн. Русского бот. общ. 1922. Т. 7. С. 47–51.
- Борисюк М.В. Диатомовые водоросли перифитона Азовского моря как показатели качества воды // Биология – наука 21-го века: Тез. 5-ой Пушкинской школы-конф. молод. учен. Пушино, 2001. С. 8.
- Ковалёва Г.В. Видовой состав и сезонная динамика перифитонных микроводорослей в опресненной зоне Таганрогского залива // Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. Апатиты, 2000 а. С. 219–227.
- Ковалёва Г.В. Видовой состав и сезонная динамика эпифитонных диатомовых водорослей Динского залива и северо-западной части Таманского лимана // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону, 2000 б. С. 56–61.
- Ковалёва Г.В., Оноприенко М.П. Перспективы использования перифитонных микроводорослей в качестве индикаторов сапробности прибрежных экосистем (на примере Азовского моря) // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. М., 2002. С. 150–158.
- Мережковский К.С. Заметка о диатомовых водорослях Геническа (Азовское море) // Зап. Новоросс. Общ. Естествоиспыт. 1902. Т. XXIV, Вып. II. С.33–71.
- Пицък Г.К. О качественном составе фитопланктона Азовского моря // Тр. Севастоп. биолог. станц. 1963. Т. XVI. С. 71–89.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря. М.-Л., 1963. 190 с.
- Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов-на-Дону, 1999. 175 с.
- Шехов А.Г., Губина Г.С. Макрофиты и фитопланктон плавневых кубанских лиманов // Бот. журн. 1969. Т. 54. С. 1283–1287.

МАКРОВОДОРОСЛИ АКВАТОРИИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА, ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ЗАКАЗНИКА «ГЛАДЫШЕВСКИЙ» И ПРИЛЕГАЮЩИХ К ООПТ ВОД

Ковальчук Н.А.

Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова

Финский залив (ФЗ) вытянут с запада на восток на 420 км. Максимальная его ширина 120 км. Это второй по величине (после Ботнического) залив Балтийского моря. Западная граница ФЗ проходит по линии, соединяющую мыс Ханко, о. Осмууссар, мыс Пысаспеа; восточной границей является устье реки Невы. В отличие от дру-

гих крупных заливов – Ботнического и Рижского, отделенных от Центральной Балтики, соответственно, Аландским и Моозундским архипелагами, ФЗ имеет непосредственную связь с Центральной Балтикой, поэтому она оказывает весьма сильное влияние на гидрологический и гидрохимический режим акватории залива.

Водные массы ФЗ формируются под влиянием поступления солоноватых вод из Центральной Балтики и стока рек, впадающих в залив. В Восточную часть ФЗ впадает достаточно много рек, (Нева на востоке, Луга, Нарва, Систа и др. на южном побережье, Сайменский канал и множество рек и ручьев на северном побережье). Вследствие этого около 28% от среднего годового стока в Балтийское море приходится на ФЗ (Федосов, Зайцев, 1960). Поэтому в ФЗ имеется градиент солёности: если в западной части залива солёность воды составляет около 5–7‰, то у острова Гогланд она равняется примерно 4,5–5 ‰, постепенно понижаясь с продвижением на восток до 1–2 ‰ и падает в Невской губе до 0‰ (Остов, 1971). При продвижении от западной, устьевой части ФЗ к восточной границе залива, весьма существенно изменяются и ряд других важнейших гидрологических и гидрохимических условий.

Основываясь на данных о солёности воды, годовой амплитуде колебаний температуры воды на поверхности и в придонном горизонте, продолжительности ледового периода, оптических свойствах воды и морфологических особенностях дна, И.М. Остов (1971) выделил 5 гидрологических районов ФЗ: 1 – Пресноводный мелководный район; 2 – Переходный район; 3 – Солоноватоводный район; 4 – Восточный глубоководный район; 5 – Западный глубоководный район. В российском секторе залива расположены все районы за исключением Западного глубоководного района).

Макроводоросли в массе развиваются в мелководной прибрежной зоне всех 4-х районов, расположенных в российском секторе ФЗ и играют важную роль в функционировании прибрежных экосистем. Однако, флора бентосных макроводорослей российского сектора ФЗ крайне мало изучена (особенно при сравнении с состоянием дел в финских и эстонских водах (см., напр. Nielsen, Kristiansen, Mathiesen, L. & Mathiesen, H. (eds), 1995). Поэтому оценка их видового биоразнообразия в российском секторе Финского залива имеет важное научное и прикладное значение.

Исследования проводились в Переходном районе ФЗ, для которого характерно преобладание крайне низких, менее двух промилле, значений солёности воды, наличие в зимнее время ледового покрова и низких температур водных масс (Остов, 1971). Вышеперечисленные гидрологические, гидрохимические и климатические условия, равно как и наличие сильного антропогенного пресса на прибрежные экосистемы ФЗ (Кудерский, 1994), весьма неблагоприятно сказываются на развитии в данном районе многих видов морских водорослей.

Пробы отбирались в 2003–2005 гг. на глубинах 0 м, 0,5 м, 1,5 м, 3 м, 5 м и 6,5 м вдоль северного берега Переходного гидрологического района ФЗ: около гор. Зеленогорска, у пос. Ушково и в акватории, относящейся к ООПТ «Гладышевский». Дно в районе исследования преимущественно песчаное, с пятнами камней и валунов.

В результате камеральной обработки 90 проб, составлен систематический список красных, бурых и зеленых водорослей. В данном списке приводятся сведения об обилии, приуроченности к субстратам и глубинам для 16 видов. Виды расположены по системе принятой в сводке Nilsen R. et al. (1995), с некоторыми уточнениями.

Список видов макроводорослей

Отд. *Chlorophyta*

Пор. *Ulotrichales*

Сем. *Chaetophoraceae*

1. *Pringsheimiella scutata* (Reinke) Marchew — встречается регулярно, эпифит на рдестах и кладофоре. Для российского сектора ФЗ ранее было известно одно местонахождение – в акватории ООПТ «Стрельнинский берег» (Ковальчук, 2005). Для Переходного района ФЗ вид указывается впервые.

2. *Syncoryne reinkei* R. Nielsen & P.M. Pedersen — встречается редко, эпифит, на рдестах и кладофоре. Для ФЗ ранее было известно одно местонахождение – в акватории ООПТ «Стрельнинский берег» (Ковальчук, 2005). Для Переходного района ФЗ вид указывается впервые.

Сем. *Ulotrichaceae*

3. *Ulothrix subflaccida* Wille — встречается редко, у уреза воды.

4. *U. zonata* (F. Weber & D. Mohr) Kütz. — встречается редко, преимущественно у уреза воды и в зоне заплеска.

Сем. *Ulvaceae*

5. *Ulva intestinalis* L. — встречается спорадически, на валунах, на глубинах 0–0,2 м. Для Переходного района ФЗ вид указывается впервые.

6. *U. prolifera* O. Müll. – встречена единично, на валуне, на глубине около 0,2 м. у западной границы ООПТ. Для Переходного района ФЗ вид указывается впервые.

Пор. *Cladophorales*

Сем. *Cladophoraceae*

7. *Cladophora aegagropila* L. Rabenh. – обнаружена на песчаных мелководьях ФЗ, входящих в состав ООПТ. Встречается спорадически в интервале глубин 0,5–2 м. Вид включен в Красную Книгу Ленинградской области (2000). В российском секторе ФЗ отмечался в Выборгском заливе и в окрестностях Сестрорецка, а также в акватории ООПТ «Стрельнинский Берег» (Ковальчук, 2005).

8. *C. glomerata* (L.) Kütz. — встречается в массе: доминирует на твердых субстратах, образует эпифитную синузию на рдестах.

9. *C. rupestris* (L.) Kütz. – встречен единично на валунной россыпи на глубине около 5 м.

10. *Rhizoclonium implexum* (Dillw.) Kütz. – встречается редко, на *C. glomerata*. В ФЗ вид отмечен западнее м. Дубовский, северо-западнее о. Большой Березовый (Кукк, 1979) и в акватории ООПТ «Стрельнинский Берег» (Ковальчук, 2005). В Переходном районе ФЗ вид обнаружен впервые.

11. *R. riparium* (Roth) Harv. — встречается редко, эпифит на *C. glomerata*. В российском секторе ФЗ известно несколько находок западнее м. Серая Лошадь (Кукк, 1979), в Выборгском заливе (Herlin, 1947) и в акватории ООПТ «Стрельнинский Берег» (Ковальчук, 2005). В Переходном районе ФЗ вид обнаружен впервые.

Пор. *Zygnematales*

Сем. *Spirogyraceae*

12. *Spirogyra* sp. – небольшие всплывшие куртинки (стерильные экземпляры) обнаружены в небольших заводях в месте впадения Черной речки в ФЗ.

Сем. *Zygnemataceae*

13. *Zygnema* sp. – стерильные экземпляры зигнемы обнаружены в небольших заводях в месте впадения Черной речки в залив.

Отд. *Phaeophyta*

Пор. *Ectocarpales*

Сем. *Ectocarpaceae*

14. *Pilayella littoralis* (L.) Kjellm. – встречена в выбросах в конце мая. В Переходном районе ФЗ вид отмечен впервые.

Сем. *Lithodermataceae*

15. *Pseudolithoderma subextensum* (Waern) S. Lund – встречается на глубинах 2,7–6,2 м. Включен в Красную Книгу Ленинградской области (2000), где отмечены несколько находок в акваториях, относящихся к Выборгскому и Кингисеппскому районам и у г. Зеленогорск.

Отд. *Rhodophyta*

Пор. *Hildenbrandiales*

Сем. *Hildenbrandtiaceae*

16. *Hildenbrandtia rubra* (Sommerf.) Menegh. – встречается на камнях и валунах на глубинах 2,7–6,2 м. Включен в Красную Книгу Ленинградской области (2000). В Переходном районе ФЗ вид обнаружен впервые.

Таким образом, в обследованной акватории обнаружено 16 видов водорослей. Наиболее важную роль в формировании видового разнообразия играют зеленые водоросли, представленные 13 видами из 8 родов, 3 порядков. Ведущими по числу видов являются порядки *Ulotrichales* и *Cladophorales* (представлены шестью и пятью видами, соответственно).

Бурые водоросли представлены 2 видами, относящимися к 2 родам и 2 семействам, принадлежащим к порядку *Ectocarpales*. Обнаружен также 1 вид красных макроводорослей, относящихся к порядку *Hildenbrandiales*.

Восемь видов макроводорослей (*Pringsheimiella scutata*, *Syncoryne reinkei*, *Ulva intestinalis*, *U. prolifera*, *Rhizoclonium implexum*, *R. riparium*, *Pilayella littoralis*, *Hildenbrandtia rubra*) указываются впервые для Переходного района ФЗ. Три из обнаруженных в акватории видов занесены в Красную книгу природы Ленинградской области.

Полученные данные, позволили скорректировать сложившиеся представления об экологии ряда видов макроводорослей и уточнить имеющиеся данные о географическом распределении макроводорослей в Финском заливе.

Отборы проб выполнены при финансовой поддержке, полученной по Программе фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования»: Проект 2.1.1.2. «Оценка распространения и некоторые количественные характеристики популяций промысловых видов макроводорослей в морях России» (2003–2005гг.). Обработка проб выполне-

ны при финансовой поддержке, полученной по Программе фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования» (Проект – «Оценка обилия ценопопуляций промысловых и перспективных для промысла видов водорослей-макрофитов, направленная на расширение биоресурсной базы морей европейской части России» 2006–2008 гг.)

Литература

- Ковальчук Н.А. Макроводоросли., с. 31 – В кн.: Стрельнинский берег природы – комплексный памятник природы/ Под ред. Е.А. Волковой, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмова. Санкт-Петербург, 2005. 56 с. + 14 вкл.
- Кудерский Л.А. Влияние хозяйственной деятельности на экосистему Балтийского моря // Тр. ГосНИОРХ. 1994. Вып. 328. С. 111–130
- Кукк Х.А. Донная растительность Финского залива у берегов СССР. Дисс. ... канд. биол. наук. Таллин, 1979. 210 с.
- Остов И.М. Характерные особенности гидрологического и гидрохимического режима Финского залива как основа его рыбохозяйственного освоения // Изв. ГосНИОРХ. 1971. Т. 76. С. 18–44.
- Федосов В.М., Зайцев Г.Н. Водный баланс и химический режим Балтийского моря и его заливов // Тр. ВНИРО. 1960. Т. 42. С. 7–1.
- Красная книга природы Ленинградской области / Под ред. Н. Н. Цвелева. Т. 2. Санкт-Петербург, 2000. 672 с.
- Herlin N. Algologische Studien im Meerbusen von Wyborg // Mem. Soc. Fauna et Flora Fennica. 1946–1947. Vol. 20. P. 151–153.
- Nilsen R., Kristiansen A., Mathiesen L., Mathiesen H. (Eds.) Distributional index of the benthic macroalgae of the Baltic Sea area // Acta Botanica Fennica. 1995. Vol. 155. 51 p.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ АМУРСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ

Коженкова С.И.

Владивосток, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

Морские водоросли-макрофиты, как и планктонные микроводоросли, могут служить биологическими индикаторами степени загрязнения воды органическими стоками. В связи с этим представляет интерес изучение сапробности различных видов фитобентоса мелководных районов, в частности, зеленых водорослей, которые, с одной стороны, могут служить индикаторами загрязнения морской среды органическими веществами, с другой – нередко выступают сезонными сообществообразователями в литоральной зоне.

Для дальневосточных морей России проблема эвтрофирования еще не стала такой острой, как на побережье Европы, что объясняется несравнимо меньшей численностью населения и слабым развитием промышленности и сельского хозяйства. В настоящее время на Дальнем Востоке можно отметить несколько «горячих точек», наиболее «яркой» из которых является Амурский залив Японского моря.

Амурский залив в течение многих лет является приемником сточных вод городов Владивосток и Уссурийск, а также крупной курортной зоны. В 1980-е гг. в Амурский залив ежегодно поступало до 120 млн. м³ сточных вод, при этом около 90% стоков не подвергалось очистке. В настоящее время объем сточных вод уменьшился и составляет 70 млн. м³ в год, однако доля неочищенных стоков осталась на прежнем уровне. Основное количество стоков (90%) поступает от предприятий водно-коммунального хозяйства. Главными компонентами в их составе являются органические вещества, взвешенные и биогенные неорганические вещества (преимущественно азот и фосфор) (Нигматулина, 2005).

Информация о зеленых водорослях, произрастающих в Амурском заливе, немногочисленна и получена различными исследователями в 1920–80-е годы (Зинова, 1928; Funahashi, 1966; Богданова, 1969; Суховеева, Паймеева, 1974; Гусарова, 1990). Биология видов достаточно подробно изучена, имеются также данные о влиянии на их развитие таких экологических факторов, как температура и соленость (Виноградова, 1979; Перестенко, 1980). Вместе с тем, сведений о действии органического загрязнения морской среды на вегетацию различных видов *Chlorophyta* немного. Целью настоящей работы было изучение современного видового состава зеленых водорослей Амурского залива в связи условиями существования.

Наблюдение за водорослями Амурского залива проводили с марта по ноябрь 2005 г. Водоросли собирали с различной регулярностью на 17 станциях с трех горизонтов глубин: верхней литорали, нижней литорали, сублиторальной каймы до глубины 1 м, а также из выбросов. Параллельно отбирали пробы воды, в которых определяли концентрацию растворенного кислорода, перманганатную окисляемость, БПК₅ и содержание фосфатов (Коженкова и др., 2006).

В ходе исследования обнаружено 25 видов зеленых водорослей-макрофитов. Впервые в Амурском заливе отмечены 9 видов: *Blandingia minima* (Nageli ex Kutzing) Kylin 1947, *Capsosiphon groenlandicus* (J. Agardh) K.L. Vinogradova 1974, *Cladophora opaca* Sakai 1964, *Protomonostroma undulatum* (Wittrock) K.L. Vinogradova

1969, *Pseudulvella consociata* Setchell & N.L. Gardner 1920, *Ulothrix flacca* (Dillwyn) Thuret 1863, *U. implexa* (Kutzing) Kutzing 1849, *Urospora penicilliformis* (Roth) Areschoug 1866 и *Urospora wormskjoldii* (Mertens ex Hornemann) Rosenvinge 1893. При этом *P. consociata* впервые обнаружена в дальневосточных морях. В сводке по зеленым водорослям данного региона К.Л. Виноградова (1979) указывала на распространение вида на тихоокеанском побережье Северной Америки. Нами вид найден в б. Перевозная в июле в верхней литорали на каменисто-песчаном грунте при температуре воды 18.6°C.

Анализ распространения видов показал, что чаще других встречаются *Ulva fenestrata* Postels et Ruprecht 1840 (на 10 станциях), *Enteromorpha linza* (L.) J. Agardh 1883 и *E. prolifera* (O.F. Muller) J. Agardh 1883 (на 6 станциях). Десять видов водорослей являются редкими: они отмечены лишь на одной из станций: *Chaetomorpha linum* (O.F. Muller) Kutzing 1849, *C. opaca*, *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen) J. Agardh 1883, *E. intestinalis* (L.) Nees 1820, *Kornmannia leptoderma* (Kjellman) Bliding 1969, *P. consociata*, *Spongomorpha heterocladia* Sakai 1954, *U. flacca*, *U. implexa* и *U. wormskjoldii*. Только в выбросах обнаружены *Codium yezoense* (Tokida) K.L. Vinogradova 1979 и *P. undulatum*. Остальные 10 видов (*B. minima*, *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh 1823, *C. groenlandicus*, *Chaetomorpha moniligera* Kjellman 1897, *Cladophora stimpsonii* Harvey 1859, *Enteromorpha clathrata* (Roth) Greville 1830, *Monostroma grevillei* (Thuret) Wittrock 1866, *Spongomorpha duriuscula* (Ruprecht) F.S. Collins 1909, *Ulvaria splendens* Ruprecht 1850 и *U. penicilliformis*) отмечены на 2–5 станциях.

Максимальное видовое разнообразие (15 видов) выявлено у восточного побережья залива с высоким антропогенным прессом. Наиболее массовыми в этой части акватории являются *B. minima*, *E. linza*, *E. prolifera*, *S. duriuscula*, *U. fenestrata* и *U. penicilliformis*, относящиеся к группе полисапробных видов. В местах сброса сточных вод эфемерные зеленые водоросли, характеризующиеся коротким жизненным циклом, являются доминантами фитоценозов прибрежной зоны. Красные и бурые водоросли представлены одним-двумя видами. Многолетние виды отсутствуют (Коженкова, Мизонова, 2007).

В литературных источниках, опубликованных в XX столетии, для Амурского залива указывалось 20 видов зеленых водорослей. Сравнение наших данных с литературными показало, что в 2005 г. не были обнаружены 5 видов: *Codium fragile* (Suringar) Hariot 1889, *Cladophora prolifera* (Roth) Kutzing 1843, *Enteromorpha compressa* (L.) Nees 1820, *E. erecta* (Lyngbye) Carmichael и *Ulva lactuca* Linnaeus 1753.

U. lactuca и *E. erecta* отмечены Е.С. Зиновой (1928). *U. lactuca* указана в бухтах Золотой Рог, Улисс, Патрокл, Диомид и в Амурском заливе у Тигровой сопки. Отмечено, что вид растет в литоральной зоне, на каменисто-песчаных и песчано-илистых с камнями грунтах, на глубине 0.5–2 м, образует густые заросли близ берега, произрастает также в опресненных местах. Позднее в обобщающей работе по зеленым водорослям дальневосточных морей К.Л. Виноградова (1979) указывала этот вид в синонимах *U. fenestrata* – единственного вида рода *Ulva* в морях Дальнего Востока России. В то же время у берегов Японии отмечают 11 видов ульвы, включая *U. fenestrata* и *U. lactuca* (Yoshida, 1998).

E. erecta собрана зоологом В. Ивановым в 1922 г. в вершине Амурского залива «... у Седанки...», где «...прикрепляется к камням и гальке в верхней части литоральной зоны...» (Зинова, 1928, стр. 27). Виноградова (1979) указывает вид в синонимах *E. prolifera* f. *prolifera*. Учитывая, что другими исследователями *U. lactuca* и *E. erecta* в Амурском заливе не отмечались, их произрастание в обследованной акватории не подтверждается.

E. compressa отмечена Е.С. Зиновой (1928) в б. Патрокл и в Амурском заливе у ж/д ст. Океанская. Виноградовой (1979) вид указывается в синонимах трех видов энтероморф: *E. prolifera* f. *prolifera*, *E. clathrata* и *E. flexuosa*. Однако, кроме Е.С. Зиновой, *E. compressa* упоминает и японский исследователь Фунахашии (Funahashi, 1966), обработавший коллекцию водорослей, собранную в 1926–1929 гг. в окрестностях г. Владивостока советским ученым А. Кузнецовым. Он указывал, что вид произрастает в верхней и средней части литоральной зоны. В современной сводке по флоре водорослей Японии (Yoshida, 1998) *E. compressa* также приведена. Поэтому нельзя исключить возможность произрастания вида и в Амурском заливе, что следует проверить.

C. fragile указан Л.Г. Богдановой (1969) для прол. Старка и б. Перевозная. М.В. Суховеевой и Л.Г. Паймеевой (1974, стр. 135) вид отмечен в Амурском заливе «...От мыса Фирсова до ст. Океанской, мыс Ограновича, бухты Перевозная и Безымянная, пр. Старка...». По данным Г.Н. Воловой с соавторами (1980), *C. fragile* встречается в бухте Алексеева (о. Попова). Там же была отмечена *Cladophora rugulosa* G. Martens 1868 (современное название *C. prolifera*). Образцы водорослей в этой работе определены Ю.С. Петровым (БИН АН СССР).

Таким образом, с учетом литературных данных сводный список зеленых водорослей Амурского залива насчитывает 28 видов.

В обобщающей работе Л.П. Перестенко (1980) по флоре зал. Петра Великого указывается 31 вид зеленых водорослей. Такие виды, как *Chaetomorpha cannabina* (Areschoug) Kjellman 1889, *Cladophora speciosa* Sakai 1964, *Enteromorpha perestenkoae* K.L. Vinogradova 1974, *Urospora sphaerulifera* Setchell

et Gardner в Амурском заливе не отмечались, что связано, по-видимому, с особыми требованиями данных видов к условиям среды (например, скалы с постоянным прибоем, литоральные ванны или др., что не характерно для Амурского залива). Другие виды, отмеченные в работе Перестенко (1980), – *Acrochaete repens* Pringsheim 1863, *Bolbocoleon piliferum* Pringsheim 1862, *Blastophyza rhizopus* Reinke 1889, *Entocladia pterosiphoniae* Nagai, *Pringsheimiella scutata* (Reinke) Marchewianka 1925, являются микроскопическими эндофитами или эпифитами, и произрастание их в Амурском заливе требует уточнения.

Современное исследование флоры зеленых водорослей Амурского залива расширило сведения о видовом составе и распределении макрофитов в различных частях акватории. Установлено, что наибольшее видовое разнообразие *Chlorophyta* характерно для восточного побережья залива, подверженного сильному антропогенному влиянию вследствие поступления неочищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в морскую среду. К эвтрофированию различные виды зеленых водорослей относятся по-разному, среди них выделяются олиго-, мезо- и полисапробные виды. Большинство видов *Chlorophyta* из Амурского залива являются полисапробами, в массе развивающимися в условиях высокого содержания в среде органических веществ.

Литература

- Богданова Л.Г. Водоросли, обитающие в местах произрастания анфельции в Приморье // Вопросы ботаники на Дальнем Востоке. 1969. С. 205–209.
- Виноградова К.Л. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зеленые водоросли. Л.: Наука, 1979. 147 с.
- Волова Г.Н., Жакина Т.И., Микулич Л.В. Бентос бухты Алексеева (Залив Петра Великого) // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН, 1980. С. 32–56.
- Гусарова И.С. Растительность побережья южной части острова Попова залива Петра Великого // Систематика и экология гидробионтов Дальневосточного Морского Заповедника. Владивосток, 1990. С. 22–29.
- Зинова Е.С. Водоросли Японского моря (Зеленые) // Известия тихоокеанской научно-промысловой станции. 1928. Т. 2. 51 с.
- Коженкова С.И., Христофорова Н.К., Гордеева В.С., Саломай М.С. Распространение и экология зеленых водорослей рода *Enteromorpha* в Амурском заливе // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий. Материалы междунар. научно-практ. конф. 26–28 октября 2006 г., Владивосток. Владивосток: Изд-во Дальневост ун-та, 2006. С. 106–109.
- Коженкова С.И., Мизонова Т.О. «Эфемерное» растительное сообщество как результат высокой антропогенной нагрузки на морскую среду // Материалы международной научно-практической конференции «Морская экология – 2007», 3–5 октября 2007 г. Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2007. С. 40–46.
- Нигматулина Л.В. Воздействие сточных вод контролируемых выпусков на экологическое состояние Амурского залива // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2005, 19 с.
- Перестенко Л.П. Водоросли залива Петра Великого. Л.: Наука, 1980. 231 с.
- Суховеева М.В., Паймеева Л.Г. Видовой состав, распределение водорослей и морских трав в Амурском заливе (Японское море) // Известия ТИНРО. 1974. Т. 92. С. 133–152.
- Funahashi S. Marine algae from Vladivostok and its vicinity // The Bull. Japanese Society of Phycology. 1966. Vol. 14, № 3. P. 23–41. (на япон. яз.)
- Yoshida T. Marine algae of Japan. Tokyo: Uchida Rokakuho Publishing, 1998. 1222 p.

ИСТОРИЯ АЛЬГОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

Комулайнен С.Ф.¹, Чекрыжева Т.А.²

¹ Петрозаводск, Институт биологии Карельского научного центра РАН,

² Петрозаводск, Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Альгологические исследования на территории Восточной Фенноскандии, которая объединяет территории от Ладожского и Онежского озер до побережья Баренцева моря (Мурманская область, Республика Карелия и частично Ленинградская область) имеют давнюю историю. Однако практически до 60-х годов XX столетия исследования альгофлоры проводились на основе фрагментарных сборов. Могут быть выделены три основных этапа: 1) до 20-х годов XX века, 2) до конца 50-х годов, 3) с начала 60-х до настоящего времени (Комулайнен, 2007; Комулайнен и др. 2006).

Первые сведения о водорослях, найденных в водоемах Кольского полуострова, содержатся в работе Валенберга (С. Wahlenberg). В дальнейшем они были дополнены исследованиями Ниландера и Селана (E. Nylander, Th. Saelan), Лиллиеборга (W. Lilljeborg), Рихарда (I. Richard), Клеве (P.T. Cleve), Борга (O. Borge), Хирна (K.E. Hirn), Елфинга (F. Elfving) Левандера (Levander). В статьях, опубликованных в конце 19 и начале 20 веков, дается описание отдельных групп водорослей в водоемах региона, приводятся небольшие сводки обнаруженных видов. Многие из этих исследований основаны на сборах выполненных Кихилманом (A.O. Kihlman) во время экспедиций по Лапландии и Кольскому полуострову, которые име-

ли в первую очередь географические и этнографические задачи. В эти же годы первые данные об альгофлоре Карелии приведены Х.Я. Гоби в статье опубликованной после поездки по Ладожскому озеру.

До середины 20-х годов прошлого столетия исследования носили нерегулярный характер. Это были преимущественно альгологические сборы в случайно выбранных на маршруте озерах и реках (В.М. Арнольди, С.М. Вислоух; Я.В. Ролл; Gronblad). Однако именно эти работы положили начало составлению альгофлоры водоемов Восточной Финноскандии. Наиболее фундаментальной является монография Е.Н. Болохонцева: «Ладожское озеро как источник водоснабжения г. С.-Петербурга», которая стала классической в истории альгологических исследований в России.

Второй этап альгологических исследований на Европейском Севере России связан с целенаправленно организованными экспедициями центральных научных учреждений страны в конце 20-х годов, когда развернулись комплексные гидробиологические работы на Европейском Севере, связанные с его промышленным освоением и стремлением получить достоверные данные о биопродукционных и рыбохозяйственных возможностях водоемов. Большой вклад в изучение альгофлоры водоемов Кольского полуострова внесли участники Кольского альгологического отряда Главного ботанического сада СССР (Я.В. Ролл, Н.Н. Воронихин, Е.К. Косинская), Мончегорской экспедиции Ленинградского областного гидрометеорологического управления (А.Д. Зинова, А.А. Нагель) и Государственного гидрологического института (А.В. Каныгина).

К сожалению, в большинстве программ альгологический раздел отсутствовал, и в результате затянулся, прежде всего, инвентаризационный период. В 20^х-30^х годах сборы водорослей производились участниками различных экспедиций, которые имели свои собственные задачи. Такие сборы были проведены выдающимися российскими ботаниками и флористами: Л.Г. Раменским, В.П. Савичем, Ю.Д. Цинзерлингом. Для обработки они передавались А.А. Еленкину и частично В.С. Вислоуху и Е.К. Косинской. С различной полнотой они использовались при составлении флористических сводок. В эти же годы исследования фитопланктона были выполнены на различных водоемах в районе г. Печенги (Петсамо), который в тот период входил в состав Финляндии (С. Cedercreutz, Н. Jarnefelt, Н. Luther).

Детальные исследования распространения диатомовых водорослей проводились на территории Европейского Севера России В.Н. Порецким, В.К. Черновым, С.М. Вислоухом, Р.Р. Колбе, А.Д. Пельш и В.С. Шешуковой, которые выполнялись главным образом в связи с поисками диатомитов в Карелии на Кольском полуострове, а также в финской Лапландии (Cleve-Euler, Krasske, Round).

Материалы по диатомовым водорослям в четвертичных отложениях Карелии приводятся в статьях В.С. Шешуковой и К. Мёлдера (K. Mölder), в которых, кроме ископаемой диатомовой флоры четвертичных отложений Карелии, подробно рассматриваются проблемы, связанные с долгоживущей дискуссионной идеей о позднеледниковом Беломорско-Балтийском соединении.

С этим же периодом связаны ставшие классическими, но, к сожалению, и единственными работы, касающиеся изучения сообществ прикрепленных водорослей в реках региона. Речь идет о работах В.К. Чернова, В.С. Порецкого и П.Н. Ширшова. В работах В.К. Чернова анализируется флористический состав планктона и обрастаний притоков Онежского озера – рек Водлы, Суны, Шуи, Лососинки и Неглинки. Исследователь предпринимает попытку районирования Карелии по водорослевой растительности ее водоемов. В частности, автором установлено, что из водорослей обрастаний постоянными для всех рек являются *Achnanthes minutissima*, *Rhopalodia gibba*, *Fragilaria virescens*, *Cymbella ventricosa*, *Eunotia veneris* и *Gomphonema acuminatum* var. *coronatum*. Им же отмечено, что многочисленные в реках западного побережья Онежского озера *Epithemia turgida*, *E. zebra*, *Didymosphenia geminata*, *Gomphonema constrictum*, *G. parvulum* отсутствуют в водотоках Пудожского района. Автор указывает на уменьшение разнообразия нитчатых зеленых водорослей и бедность состава протококковых и вольвоксовых на фоне разнообразия десмидиевых водорослей в водоемах Карелии. Исследования, посвященные «амфибиотическим» зонам озер, указывают на лимитирующее влияние изменения уровня воды в распространении различных групп водорослей на уреже воды. Отмечено, что наибольшей приспособляемостью к жизни в таких условиях отличаются диатомовые водоросли.

Наблюдениями за структурой и пространственной динамикой водорослевых обрастаний тех же рек занимался В.С. Порецкий. Им было отмечено влияние скорости течения воды на развитие различных водорослей. В работах дан общий систематический список встреченных водорослей – 197 видов, разновидностей и форм. Особое внимание автор уделяет изучению группы диатомовых водорослей в составе обрастаний, как наиболее разнообразной и постоянно доминирующей в альгоценозе.

П.Н. Ширшов детально анализирует структуру ценозов водорослевых обрастаний в реке Туломе, рассматривает особенности их формирования при изменении гидрологического режима в реке, сравнивает видовой состав альгофлоры рек, расположенных в различных климатических зонах. Кроме того, автором рассматриваются морфологические, биологические и экологические особенности отдельных таксонов.

Наряду с большой научной значимостью данных исследований для характеристики флоры прикрепленных водорослей в реках региона следует отметить и общий для всех работ недостаток – отсутствие системности

и непродолжительность наблюдений. Поэтому указанные исследования не дают возможности судить о пространственной и сезонной динамике сообществ прикрепленных водорослей.

Третий этап можно определить как стационарно-экспедиционный, связанный с постановкой задач по всесторонней характеристике основных типов биоценозов. С этим периодом связано проведение многочисленных исследований, выполненных как сотрудниками научных учреждений, находящихся в пределах Карелии, так и целенаправленно организованными экспедициями центральных научных учреждений страны. Основное внимание уделялось таксономической и трофической структуре гидробиоценозов в крупных озерах.

В 70-е годы 20-го века на территории Карелии были начаты исследования в области почвенной альгологии. В период с 1975 по 1985 гг. было проведено исследование альгофлоры торфяных почв Карелии и ее структура на вырубках северной тайги (Э.А. Штина, Г.С. Антипина). В дальнейшем изучалась почвенная альгофлора суходольных лугов, отвалов Костомукшского железорудного комбината и городских территорий.

Большой вклад в изучение диатомовых водорослей на Кольском полуострове вносят сотрудники Института проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН (Л.Я. Каган, Д.Б. Денисов). Изучение диатомовых комплексов позволило установить антропогенные преобразования в экосистемах озер, выявить исторические тренды изменения значений pH, определить направленность структурной перестройки биоценозов. Особый интерес представляют собой работы Л.Я. Каган по использованию диатомей как индикаторов уровня антропогенной нагрузки на водоемы. Результатом многолетних исследований явилось создание Л.Я. Каган базы данных по диатомовым водорослям. База содержит информацию более чем по 468 таксонам диатомей и включает экологические характеристики, биогеографию, толерантность к различным факторам.

Исследованиям диатомовых в четвертичных отложениях Карелии, начатые в 30-е годы были продолжены сотрудниками Института геологии Карельского НЦ РАН (Г.Ц. Лак, Т.С. Шелехова), и Института Озероведения РАН (А.В. Лудикова). В результате исследований выделены породобразующие комплексы, определено их качество по численности створок в сопоставлении с данными химического анализа. Одним из основных направлений, которое развивается в последние годы на базе изучения донных отложений озер в лаборатории четвертичной геологии и геоэкологии Института геологии Карельского научного центра РАН, стало изучение истории развития малых озер Карелии по ископаемой диатомовой флоре. Сопоставление данных диатомового анализа с палинологическим дало возможность выделить геохронологические рубежи и установить время седиментации осадков.

Детальные комплексные исследования структуры сообществ автотрофных организмов были проведены сотрудниками Института озероведения на Ладожском, Онежском озерах и озерах Кольского полуострова. Для понимания роли и места альгоценозов в озерах здесь первостепенное значение имеют работы Н.Н. Давыдовой и Н.А. Петровой, выполненные в период с конца 50-х до начала 90-х годов и посвященные всестороннему изучению донных и планктонных сообществ водорослей. Часто работы на Ладожском озере проводятся совместно с учеными Финляндии (А.-Л. Holopainen).

Большое внимание уделялось изучению воздействия на водоемы различных антропогенных факторов, поэтому объектом альгологических наблюдений, как на Европейском Севере России, так и в Финской Лапландии становятся озера, характерные для их ландшафта. Здесь проводятся исследования сотрудниками Зоологического (В.Н. Никулина) и Ботанического (Л.Н. Волошко, А.Ф. Лукницкая) институтов РАН, Карельского и Кольского научных центров РАН (И.Г. Вислянская, Т.А. Чекрыжева и А.Н. Шаров), Петрозаводского государственного университета (Т.А. Иешко, Т.А. Чекрыжева, И.И. Попченко), Института озероведения РАН (Г.И. Летанская), а также различных научно-исследовательских организаций Финляндии (Н. Jarnefelt, J. Kristiansen, P. Eloranta, P. Heinonen).

В это же время сотрудниками Института водных проблем Севера (ИВПС) КарНЦ РАН осуществляются работы по инвентаризации и биоразнообразию современной планктонной флоры водных экосистем охраняемых природных территорий Карелии (национальные парки «Паанаярви», «Дружба», «Тулос», «Калевальский», «Койтайоки» с ландшафтным заказником «Толвоярви» и др.). К настоящему времени альгологическими исследованиями сотрудников ИВПС охвачено около 300 разнообразных водоемов, расположенных на территории Карелии.

Значительно реже в исследованиях анализируется структура фитопланктона в реках, известны лишь работы И.С. Трифионовой, выполненные на реке Кеми, на притоках Ладожского озера, И.Г. Вислянской – на притоках Онежского озера, Т.А. Чекрыжевой – в реках бассейна Белого моря, А.И. Калугина – в системе Кенти-Кенто и Ф.Е. Раунда (F.E. Round) – в некоторых реках Северной Финляндии.

Из исследований, посвященных изучению прикрепленных сообществ водорослей в озерах, наибольшее значение имеют многолетние исследования М.А. Рычковой, проведенные на Ладожском и Онежском озерах. Полученные автором данные характеризуют таксономическую структуру и сукцессию перифитона на различных субстратах (камнях, сваях и восьми видах макрофитов) и распространение группировок в

озерах, а также дают представление не только о динамике альгоценозов перифитона в целом, но и экологии отдельных видов. Анализу структуры альгоценозов обрастаний в притоках Ладожского озера посвящены исследования Е.В. Станиславской. Автором в результате детального изучения структуры фитоперифитона в реках не только определен видовой состав, но и приведены количественные характеристики, описывающие продукционный потенциал сообществ прикрепленных водорослей.

Исследования перифитона в реках были начаты С.Ф. Комулайненым в 1972 и были посвящены изучению структуры водорослевых обрастаний в притоках Онежского озера. Их результаты были обобщены в монографии «Лососевые реки Онежского озера». В дальнейшем работы посвященные анализу таксономического состава, экологии и продукционных характеристик фитоперифитона были продолжены на территории Карелии, Мурманской и Ленинградской областей. Показано, что альгоценозы перифитона играют важную средообразующую роль в экосистеме малых рек и представляют собой целостную биологическую систему, в которой видовое разнообразие, структурные и функциональные характеристики тесно взаимосвязаны и находятся в непрерывной зависимости от изменяющихся экологических условий.

Успехи многих разделов современной гидробиологии не означают, что флористика в альгологии исчерпала себя. Особенно актуальны альгологические исследования в водоемах высоких широт, так как роль водорослей в экосистемах при возрастании экстремальности условий природной среды становится неизмеримо выше в сравнении с цветковыми растениями. Несмотря на значительное число работ, все еще остается актуальной инвентаризация альгофлоры водоемов Восточной Фенноскандии. До настоящего времени отсутствуют обобщающие сводки, которые бы отражали разнообразие альгофлоры территорий в отличных по морфометрии и трофности водоемах. Это затрудняет анализ структуры исследованных водотоков и не позволяет оценить место малых рек в формировании разнообразия альгофлоры. Активизация альгологических исследований позволит получить ценный материал для решения вопросов биогеографии и обсуждения истории формирования и динамики биоты и может служить источником сравнительных данных, которые помогут в будущем планировать систему наблюдения, охрану и рациональное использование природных ресурсов в условиях взаимодействующего влияния природных и антропогенных факторов.

Литература

Комулайнен С.Ф. Альгологические исследования в озерно-речных системах Севера Европейской части России // Альгология. 2007. 17(2). С. 220–229.

Комулайнен С.Ф., Антипина Г.А., Вилянская И.Г., Иешко Т.А., Лак Г.Ц., Чекрыжева Т.А., Шаров А.Н., Шелехова Т.С. Библиография работ по водорослям Европейского Севера России (Республика Карелия, Мурманская область). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. 66 с.

**ВОДОРΟΣЛИ ВОДОЕМОВ РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ДЖУНКУН»
(ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)**

Копырина Л.И.

Якутск, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН

Впервые для альгофлоры Якутии получены предварительные данные по видовому составу, численности и биомассе водорослей водоемов ресурсного резервата «Джункун» Мирнинского района Юго-западной Якутии. Ранее работы по водоемам бассейна р. Вилюй были проведены в районе Вилюйского водохранилища, от устья р. Вилюй до р. Малая Ботубуйа (Разнообразие растительного ..., 2005).

Материалом для исследования послужили 48 проб фитопланктона и 15 проб фитоперифитона, собранные полевым отрядом геоботанической экспедиции ИБПК СО РАН из 7 водоемов ресурсного резервата «Джункун», в августе 2006 г. Альгологические пробы отбирались на левом берегу р. Улахан-Ботубуйа (выше 1 км от впадения р. Арбангда-Сизэнэ); в районе устья правого берега ручья Арбангда-Сизэнэ; из ручья Дьукку-Уулаах (в 2 км выше устья) и распадка ручья; из устья ручья Ханас Дьукку-Уулаах; озера Кубалаах; заболоченного озера (в 2 км от оз. Кубалаах) и болота.

Сбор и обработка материала проводились по общепринятым в альгологии методам исследований (Водоросли, 1989; Голлербах, Полянский, 1951). Идентификация водорослей проводилась автором в лаборатории растительных ресурсов Института биологических проблем криолитозоны СО РАН. Для количественного учета клеток водорослей использована световая микроскопия (микроскоп Laboval-3) и счетная камера Нажотта объемом 0,01 см³ в трехкратной повторности. Расчет численности и биомассы проведен обычным счетно-объемным методом.

По результатам исследований фитопланктона и фитоперифитона водоемов ресурсного резервата определено 210 видов или 226 видов и разновидностей водорослей, относящихся к 91 роду, 61 семейству,

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БОТАНИКИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

27 порядкам, 13 классам и 6 отделам. Ведущая роль принадлежит отделам диатомовых – 72 (34,3% от общего числа видов), зеленых – 57 (27,1), синезеленых – 45 (21,4%). В фитопланктоне и фитоперифитоне исследованных водоемах найдены 26 новых для альгофлоры Якутии видов из 5 отделов: золотистых – 10 видов, зеленых – 8, диатомовых – 4, синезеленых – 3 и динофитовых 1 вид (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический спектр водорослей водоемов ресурсного резервата «Джункун»

Отдел	Число						Новые для Якутии виды	% от общего числа видов (210)
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов и разновидностей		
<i>Cyanophyta</i>	3	6	16	20	45	47	3	21,4
<i>Dinophyta</i>	1	2	2	2	3	3	1	1,4
<i>Chrysophyta</i>	2	5	5	8	17	17	10	8,1
<i>Bacillariophyta</i>	2	4	15	25	72	84	4	34,3
<i>Xanthophyta</i>	2	2	4	6	16	16	–	7,6
<i>Chlorophyta</i>	3	8	19	30	57	59	8	27,1
Всего	13	27	61	91	210	226	26	100

Среди двенадцати ведущих семейств, объединяющих 119 (55,1%) видов и разновидностей преобладают 3 отдела: диатомовые – 59 (27,3%), синезеленые и зеленые по 21 (по 9,7%) и золотистые – 10 (4,6) видов и разновидностей водорослей. Первые ранговые места занимают семейства *Oscillatoriaceae*, *Desmidiaceae* по 14 видов и разновидностей, *Cymbellaceae* – 12, *Fragilariaceae* – 11, *Dinobryonaceae*, *Gomphonemataceae*, *Epithemiaceae* по 10, *Eunotiaceae* – 9 и *Characiopsidaceae* – 8 видов и разновидностей водорослей.

Ведущие десять родов включают 82 вида и разновидности (37,9%) водорослей и представлены диатомовыми – 3 вида и разновидностями, синезелеными – 20, зелеными – 17 и желтозелеными – 7 видов и разновидностями. Первые ранговые места распределяются следующим образом: *Cymbella* – 11 видов; *Gomphonema* и *Cosmarium* по 10; *Eunotia* – 9; *Epithemia* – 8; *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Characiopsis*, *Spirogyra* по 7 видов и разновидностей водорослей.

Таблица 2

Число таксонов (видов и разновидностей) и количественные показатели по исследованным водоемам (численность – тыс. кл/л / биомасса мг/л)

отдел	Тип водного объекта						
	р. Улахан-Ботуобуйа	р. Арбангда-Сиэнэ	р. Дьукку-Уулаах	р. Ханас Дьукку-Уулаах	оз. Кубалаах	заболоченное озеро	болото
<i>Cyanophyta</i>	16	4	13	2	9 (11)	9	2
<i>Dinophyta</i>	3	–	–	1	–	–	–
<i>Chrysophyta</i>	1	1	–	–	–	4	13
<i>Bacillariophyta</i>	39 (42)	23	29 (29)	25 (29)	8	5 (6)	4 (6)
<i>Xanthophyta</i>	–	1	1	–	1	8	6
<i>Chlorophyta</i>	22 (23)	9	17 (18)	11	7	2	6
Всего	81 (85)	38 (38)	60 (61)	39 (43)	25 (27)	28 (29)	31 (33)
Общая численность и биомасса	<u>4,28</u> 0,82	<u>3,40</u> 0,06	<u>8,99</u> 0,47	<u>4,73</u> 0,26	<u>477,36</u> 7,56	–	–

Полученные нами данные о видовом составе, численности и биомассе позволяют провести сопоставление фитопланктона между исследованными водоемами.

Среди изученных водоемов наибольшее число видов найдено в р. Улахан- Ботуобуйа – 81 вид (85 видов и разновидностей) из 5 отделов, где преобладали диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли. Затем следуют р. Дьукку-Уулаах – 60 (61); р. Ханас Дьукку-Уулаах – 39 (43); р. Арбангда-Сиэнэ – 38 (38); болото – 31 (33); заболоченное озеро – 28 (29); оз. Кубалаах – 25 видов и (27 видов и разновидностей) (табл. 2).

Исследованные водоемы по количественным показателям характеризуется слабым развитием фитопланктона, но среди них выделяется оз. Кубалаах (табл. 2), где фитопланктон озера развит до 477,36 тыс. кл/л при биомассе 7,56 мг/л, счет видов из синезеленых водорослей – 473,04 тыс. кл/л при биомассе 6,59 мг/л, где вид *Aphanizomenon flos-aquae* вместе с формами составили 375,84 тыс. кл/л при биомассе 4,21 мг/л и *Anabaena flos-aquae* 64,8 тыс. кл/л при биомассе 2,4 мг/л.

Слабое развитие фитопланктона наблюдались в р. Дьукку-Уулаах – 8,99 тыс. кл/л при биомассе 0,47 мг/л за счет диатомовых – 5,79 тыс. кл/л, биомасса 0,042 мг/л, в сложении которых участвовали виды родов: *Tabellaria*, *Achnanthes*, *Gomphonema*, *Eunotia*, *Cocconeis*, *Synedra* и *Cymbella*; р. Ханас Дьукку-Уулаах – 4,73 тыс. кл/л, биомасса 0,26 мг/л за счет диатомовых – 3,94 тыс. кл/л, биомасса 0,17 мг/л, при биоразнообразии в 20 видов доминантом выступала *Melosira undulata*; р. Улахан-Ботубуйа – 4,28 тыс. кл/л при биомассе 0,82 мг/л, в основном за счет нитчатых зеленых водорослей, численность которых составила 3,64 тыс. кл/л при биомассе 0,75 мг/л; р. Арбангда-Сиэнэ – 3,40 тыс. кл/л, при биомассе 0,06 мг/л за счет диатомовых, где также доминировал вид *Melosira undulata*.

Видовое богатство альгофлоры исследованных водоемов в целом, а также отдельных водотоков, кроме оз. Кубалаах и болота определяют диатомовые водоросли. Преобладание диатомовых водорослей отражает специфику фитопланктона речных систем бореальной и субарктической зон (Васильева, 1989; Гецен, 1975; Левадная, 1986; Комулайнен, 2004 и др.).

Из зеленых водорослей в видовом разнообразии доминировали водоросли из семейства *Desmidiaceae*, которые по числу таксонов занимают первое место среди всех выявленных семейств. В первую очередь это виды родов *Closterium* и *Cosmarium*. Следует, однако, отметить, что при формировании количественных показателей из зеленых большое значение играли виды с нитчатой структурой таллома. Это виды родов *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Oedogonium*, *Ulothrix*, *Stigeoclonium*, *Chaetophora*, которые часто в массе присутствовали во всех исследованных водоемах.

Особый интерес представляют синезеленые планктонные водоросли, доминирующие по численности, которые в массе развиваются в позднелетнем планктоне виды родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Coelosphaerium*, *Oscillatoria*, *Lyngbya*, а также часто встречались типичные реофилы: *Tolypothrix*, *Calothrix* и *Gloeotrichia*. На листьях мха в распадке р. Дьукку-Уулаах в массе обнаружены виды из рода *Nostoc*.

Оценивая роль водорослей из других отделов в формировании видового состава в исследованных водоемах, необходимо отметить высокую встречаемость золотистых водорослей, среди которых обильно развивались *Dinobryon divergens*, а также встречены новые виды родов *Bicosoeca*, *Epipyxis*, *Stokesiella*, *Pseudokephyrion*, в альгоценозах обростаний на мхах в болоте.

Среди выявленных видов интересным является представитель сифоновых желтозеленых водорослей – *Vaucheria borealis* из р. Дьукку-Уулаах (в 2 км выше устья) ресурсного резервата «Джункун», найденная на мхе. Слоевеище крупное, оболочка плотная, ширина слоевища – 104 мкм, ооогонии – ширина 75–76 мкм, длина 86–106 мкм; антеридии – ширина 32–40 мкм, длина 120–168 мкм.

По имеющимся данным, некоторые виды рода *Vaucheria* могут накапливать в слоевищах железо, кальций, йод, марганец, серу, фосфор, рутений, церий, иттрий, прометий и ртуть. В некоторых случаях, развитие отдельных видов может служить показателем присутствия в окружающей среде тех или иных химических элементов. Некоторые виды, вероятно, можно использовать в качестве биологических индикаторов загрязнения воды (Определитель зеленых ..., 1980).

По предварительным результатам исследований водорослей водоемов ресурсного резервата «Джункун», выявлено 210 видов или 226 видов и разновидностей водорослей из 6 отделов. По видовому разнообразию преобладали диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли, по численности доминировали синезеленые водоросли, а по биомассе – зеленые водоросли. Найдено 26 новых для альгофлоры Якутии видов.

Литература

- Васильева И.И. Анализ видового состава и динамики развития водорослей водоемов Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1989. 48с.
- Водоросли: Справочник (Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др.). Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
- Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука, 1985. 165 с.
- Голлербах М.М., Полянский В.И. Пресноводные водоросли и их изучение. М.: Сов. наука, 1951. Вып. 1. 178 с.
- Комулайнен С.Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. 182 с.
- Левадная Г.Д. Микрофитобентос реки Енисей. Новосибирск, 1986. 286 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 13. Зеленые, красные и бурые водоросли. Л.: Наука, ЛО, 1980. 248 с.
- Разнообразие растительного мира Якутии / В.И. Захарова и др.; Отв. редактор Н.С. Данилова. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2005. 328 с.

**НЕПРЕРЫВНОСТЬ И ДИСКРЕТНОСТЬ В РАЗНЫХ МАСШТАБАХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННЫХ ВОДРОСЛЕЙ**

Кузяхметов Г.Г.

Уфа, Башкирский государственный университет

На основе многолетних оригинальных исследований и литературных источников доказано, что почвенные водоросли являются постоянной и составной частью фотосинтетического блока степных и лесостепных экосистем. Их место, роль и пространственная организация раскрыты с привлечением целого ряда структурных и функциональных показателей сложения альгоценозов. Выявлены географические и экологические закономерности распространения водорослей в наземных экосистемах, биотопической дифференциации альгопопуляций, имеющие актуальное значение в решении многоуровневой организации наземных экосистем, дифференциации экологических ниш и реализации стратегий жизни на разных уровнях организации живых организмов.

Единство строения биоты, взаимосвязей и взаимоотношений ее компонентов проявляется на всех уровнях пространственной иерархии, где основную организующую роль играет фотосинтетический блок. Растительность, фитоценозы, отдельные растения и подстилка, трансформируя абиотическую среду, определяют пространственную структуру остальных компонентов экосистем. Распространение водорослей, их состав также определяется, наряду с почвенно-климатическими, фитоценозическими факторами. Широтная и долготная дифференциация растительности обуславливает клинальные изменения альгофлоры и альгоценозов по градиентам природных зон и континентальности.

Состав водорослей определяется характером почвы и растительности. Благодаря микроскопическим размерам, зачатки водорослей легко распространяются атмосферным воздухом. Однако не все виды, попадающие на определенное место, могут реализовать свою стратегию, расширить пространство экологической ниши, войти в состав формирующегося или существующего здесь альгоценоза, происходит экотопический и ценобиотический отбор (Работнов, 1983). На формирование альгоценозов, в первую очередь, влияют эдафо-климатические (гидротермический режим, механический состав, содержание гумуса, биогенных элементов и др.) и фитоценозические факторы (проективное покрытие растительности, структура фитоценоза, корневые выделения растений и др.). Важное значение имеют отношения ценобионтов самой почвы. Результатом такого отбора является постоянный видовой состав водорослей в однотипных фитоценозах и почвенных разностях.

Пространственная организация альгоценозов представляет единство континуума и дискретности. Наличие континуума в распространении водорослей доказана присутствием водорослей на всех различного масштаба площадях, за исключением почвенных микрозон, где дискретность достаточно высока. Континуальность альгоценозов обеспечивается экологической индивидуальностью входящих в их состав видов, которые распределены на разных частях осей пространства. Дискретность, связанная с локальным распределением водорослей в микрозонах почвы, явление динамичное, при благоприятных условиях они могут расширить пространство до макроскопических размеров в виде водорослевых матов «цветения» почвы.

Дискретность в пространственном распределении альгоценозов наблюдается при чередовании участков со сплошным травостоем или подстилкой, где локализованы сообщества водорослей диффузного типа, с оголенной поверхностью почвы с макроскопическими эпигейными ценозами водорослей. Разрушение растительного покрова, уплотнение поверхности почвы при пастьбе скота, появление мелких неровностей почвы увеличивают дискретность альгоценозов.

Анализ распределения альгоценозов и популяций отдельных видов водорослей в пределах от почвенных микрозон, фитоценоза до региона, природных зон позволяет выделить следующие масштабы их пространственной организации:

1. В микромасштабе пространства (на стеклах обрастания и на трансекте из площадок размером 2x2 мм) популяции водорослей характеризуются агрегированным распределением. Подстилка сглаживает дискретное распределение водорослей на поверхности почвы. При неблагоприятных условиях (сухость поверхности почвы для диатомовых и наличие подстилки для синезеленых) степень агрегированности возрастает.

2. В степном фитоценозе при благоприятных условиях возникают узловые точки на нескольких площадках размером 5x10 см с максимумом численности и обилия видов, где локализована большая часть (выше 60%) всего разнообразия видов. Основная масса и разнообразие синезеленых и диатомовых водорослей сосредоточена в верхнем слое почвы и на ее поверхности. Континуальность в распределении обеспечивается водорослями с широкой экологической амплитудой. В вертикальном распределении водорослей в лесном фитоценозе выделились специфические ценозы альгоэпифитов с иной экологической нишей. Степень дискретности эпигейного яруса зависит от наличия и мощности подстилки (Кузяхметов, 2007).

3. В фитогенных полях степных злаков (*Festuca valesiaca*, *Stipa pennata*) формируется мозаичность в пространственном распределении водорослей. В слое 0–1 см максимальная численность и разнообразие водорослей наблюдались на расстоянии 5–6 см от края дерновины типчака. В пространстве фитогенного поля *Stipa pennata* отмечен скачок всех структурных показателей альгоценоза на расстоянии 10–11 см, где была выявлена наибольшая видовая насыщенность. Влияние более мощных растений ковыля, по сравнению с типчаком, проявилось и на глубине 4–5 см. Установлено влияние нанорельефа на горизонтальное распределение популяций водорослей, на понижениях с глубиной свыше 10 см альгоценозы формируются с участием влаголюбивых видов из отделов *Cyanophyta*, *Bacillariophyta* и *Chlorophyta* (Кузяхметов, 1981).

4. В мезомасштабе пространства, маркируемом растительными сообществами, дифференциация связана со структурой фитоценозов, определяющей гидротермический режим биотопов в микро- и мезорельефе. На разных элементах мезорельефа выявлены альгоценозы, несущие черты как мезофильных лугов, так и сухих степей. Микрорельеф способствует дифференцированному размещению сообществ водорослей, приспособленных к условиям биотопа, плотной упаковке ниш в пределах небольшого пространства и тем самым устойчивости альгоценозов. Ложбина гривы и склон северной экспозиции оказывают благоприятное влияние на формирование альгоценозов со сложной структурой и большой видовой насыщенностью.

5. В макромасштабе, маркируемом геоботаническими районами, варьирование альгофлоры определяется почвенно-климатическими факторами и структурой растительности. Большим разнообразием видов отличаются два лесостепных и степной район. В переходной лесостепи и в степных районах Предуралья разнообразие синезеленых увеличивается с изреживанием растительности и повышением карбонатности черноземов. К северу в серых лесных почвах отмечено увеличение числа видов нитчатых зеленых и хламидомонад, желтозеленых из *X*-формы, которые по густому травостойу разнотравно-ковыльных степей проникают на юге в северные варианты степей, а сухостепные виды из родов *Schizothrix*, *Microcoleus*, *Phormidium* по низкотравно-типчачковым сообществам на склонах южной экспозиции – в северные и северо-восточные районы лесостепи. На осях градиентов эдафо-климатических и фитоценологических факторов разные виды распределены индивидуально, что подтверждает континуальность распределения водорослей. Вершины колоколообразных кривых встречаемости у разных видов расположены в различных классах градиентов и имеют различную высоту (Кузяхметов, 2002).

6. В мегамасштабе по широтно-зональному градиенту и градиенту континентальности к югу и к востоку в альгофлорах происходит перестройка спектров ведущих порядков, семейств, родов и жизненных форм, увеличение доли *Oscillatoriales* и уменьшение разнообразия *Chlamydomonadales*, *Heterococcales*, *Ulotrichales*, *Tribonematales*. При этом прослеживается определенная тенденция к снижению видового богатства водорослей в почвах от луговых степей к опустыненным.

7. Мощным фактором пространственной организации флоры водорослей и альгоценозов является режим сельскохозяйственного использования земель. Альгофлора пахотных почв степи и лесостепи характеризуется преобладанием представителей *Chlorophyta*, распределение видов по ведущим порядкам и семействам и жизненным формам отражает зональные особенности флор. В степной зоне ведущее положение, наряду с *Chlorococcales*, занимают синезеленые из порядков *Oscillatoriales* и *Nostocales*, а в лесостепной зоне в головную часть продвинуты порядки *Heterococcales* и *Raphales*. На уровне ведущих родов влияние зональных факторов ослаблено, отчетливо проявляется связь флор с агроценологическими факторами. Установлено сходство альгофлор пахотных серых лесных почв и черноземов подзоны луговых степей и остепненных лугов и оригинальность флоры водорослей пахотных обыкновенных и южных черноземов. При трансформации экосистем происходит агроэкологическая дифференциация альгофлоры, выражающаяся в резком уменьшении разнообразия *Cyanophyta*, усилении роли представителей *Chlorococcales*, в изменении систематической структуры по полям севооборотов и посевов трав. По градиенту уменьшения интенсивности агротехнического воздействия на почву от паровых полей до посевов трав увеличивается доля синезеленых водорослей. Система севооборотов, удобрений и обработки почвы, изменяя стабильность и экологическую емкость местообитания, оказывают влияние на структуру, устойчивость альгоценозов почвы, на количественные характеристики отдельных популяций. Формирование и функционирование альгоценозов в большей мере зависят от проективного покрытия растений, обеспечивающих быстроту затенения поверхности почвы растущими культурами.

Литература

- Кузяхметов Г.Г. Анализ горизонтальной неоднородности альгосинузий, связанной с нанорельефом // Бот. журн.. 1981. Т. 66, № 6. С. 815–825
- Кузяхметов Г.Г. Влияние почвенно-климатических и фитоценологических факторов на пространственное распределение водорослей в почвах Предуралья // Альгология. 2002. Т. 12, № 1. С. 111–124.
- Кузяхметов Г.Г. Ярусное распределение водорослей в лесных сообществах лесостепи Предуралья // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 4. С. 469–477.
- Работнов Т.А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1983. 292 с.

К ФЛОРЕ ПРЭСНОВОДНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ:
ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ИЗ ГРУППЫ КОНЬЮГАТ (КЛАСС *ZYGNEMATOPHYCEAE*)
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ»

Лукницкая А.Ф.

Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

Пресноводная альгофлора Северо-запада России до сих пор остается неравномерно и недостаточно изученной. Полнее всего (но также заметно неравномерно) обследована флора пресноводных водорослей Ленинградской области, далее по степени изученности идут Новгородская, а затем Псковская области.

Растительный покров Псковской области, образованный высшими растениями, изучен к настоящему времени довольно хорошо, чего нельзя сказать о водорослях многочисленных водоемов и водотоков, (а их в области насчитывается более 4000), хотя они все более заметно напоминают о себе «цветением» озер и рек, обилием «тины» на береговых отмелях.

Среди многочисленных озер Псковской области только Псковско-Чудское озеро является наиболее исследованным, как по времени начала исследований (1912 г.), так и по количеству опубликованных данных, но списки приводимых водорослей характеризуют лишь небольшую часть их представителей. По другим водоемам этой области можно найти лишь скудные данные о сообществах водорослей, а списки видов приводятся не во всех работах. В настоящее время готовится к изданию книга «Водоросли водоемов Псковской области» (Судницина, в печати), в которой на основе анализа литературных и частично оригинальных данных автора составлен систематический список водорослей, насчитывающий более 1000 таксонов из различных отделов водорослей (к сожалению, не для всех отделов водорослей проведен критический пересмотр систематики и таксономии, принимаемый в настоящее время).

Южная часть Псковской области, на территории которой находится Национальный парк «Себежский», обследована, по сравнению с мало изученными в отношении пресноводных водорослей другими районами, совершенно недостаточно. Национальный парк «Себежский» практически не изучался. Для этого парка из класса *Zygnematophyceae* приведены лишь 6 видов из фитопланктона, собранного единожды в летний период (Судницина, 1999).

Как известно, в последнее время все больше и больше внимания уделяется особо охраняемым природным территориям (ООПТ) как эталонам растительности для сравнения с территориями, несущими антропогенную нагрузку.

Национальный парк «Себежский» был основан в 1997 году с целью сохранения уникального природного комплекса южной части Псковской области. Общая площадь водного фонда составляет 7150 га. На территории парка протекают 20 рек, и расположено большое количество озер ледникового происхождения: Нечерица, Себежское, Осыно, Ороно, и др. Многие из больших и малых озер парка соединены между собой многочисленными речками и протоками. Средняя глубина озер – 3–5 м, максимальная – 7–12 м. Несколько озер – Себежское, Ороно, Вятитерево, Глыбочино, Белое, Озерявы и Нечерица – представляют собой единую систему водоемов, которая имеет выход в р. Западная Двина и далее в Балтийское море. В парке представлены водоемы различной морфометрии и трофности, разные по времени и пути формирования.

Нами обследовались разнотипные водоемы и водотоки (более 50) Национального парка «Себежский» в летние месяцы 2005–2007 гг. Водоемы, расположенные на территории этого парка, как упоминалось выше, практически не изучались. В настоящее время полностью обработаны пробы 2005 года, поэтому полученные данные носят пока предварительный характер.

На данный момент подробно изучается систематический состав зеленых пресноводных водорослей из группы конъюгат (класс *Zygnematophyceae*) и синезеленых водорослей с выявлением среди них видов, вызывающих «цветение» в водоемах парка.

В процессе детальной камеральной обработки материала было выявлено 97 видов и внутривидовых таксонов водорослей из класса *Zygnematophyceae*, относящихся к 21 роду: *Actinotaenium* – 2 вида, *Closterium* – 13 видов, *Cosmarium* – 31 вид, *Cosmoastrum* – 7 видов, *Cylindrocystis* – 1 вид, *Bambusina* – 1 вид, *Euastrum* – 6 видов, *Gonatozygon* – 2 вида, *Micrasterias* – 4 вида, *Netrium* – 2 вида, *Penium* – 1 вид, *Pleurotaenium* – 3 вида, *Raphidiasstrum* – 1 вид, *Spondylosium* – 1 вид, *Staurastrum* – 14 видов, *Staurodesmus* – 4 вида, *Teilingia* – 1 вид, *Tetmemorus* – 1 вид, *Mougeotia* – 1 вид, + sp. sp. ster., *Spirogyra* – 1 вид, + sp. sp. ster., *Zygnema* – sp. sp. ster.

Были встречены два представителя редких десмидиевых водорослей *Staurastrum gracile* var. *cyathiforme* W. et G.S. West и *S. leptocladium* var. *cornutum* Wille, которые в дальнейшем следует занести в Красную Книгу природы Псковской области.

Кроме того, важно отметить, что в этом парке помимо изучаемой группы водорослей была встречена редкая разновидность зеленых хлорококковых водорослей – *Pediastrum duplex* var. *gracillimum* W. et G.S. West; вид

красных водорослей, занесенный в Красную Книгу природы Ленинградской области – *Batrachospermum moniliforme* Roth; а также редкий вид перидиниевых водорослей – *Ceratium carolinianum* (Bail.) Jörg. Род *Phacus* из эвгленовых водорослей вызывал «цветение» в канаве около дер. Осыно.

Во многих пробах в заметном количестве присутствовали представители из других отделов водорослей: *Dinobryon* (*Xanthophyta*), *Pediastrum* sp., *P. duplex* var. *gracillimum*, *Scenedesmus* sp., *Dictyosphaerium* sp. (*Chlorophyta*); *Euglena* sp., *Phacus* sp. (*Euglenophyta*), *Asterionella* sp., *Tabellaria* sp., *Fragilaria* sp. (*Bacillariophyta*); *Eudorina* sp., *Chlamydomonas* sp., *Volvox* sp. (*Chlorophyta*); *Chara* sp. (*Charophyta*); *Peridinium* sp., *Ceratium hirundinella*, *C. cornutum*, *C. carolinianum* (редкий вид) (*Dinophyta*).

Всего на обследованной территории заповедника, как было указано выше, выявлено 97 видов и внутривидовых разновидностей, относящихся к 21 роду водорослей из класса *Zygnematophyceae* (*Conjugatophyceae*). Наибольшей видовой насыщенностью отличаются роды *Cosmarium* (31), *Staurastrum* (14) и *Closterium* (13). Отрадно отметить нахождение видов рода *Micrasterias* (4 вида), особенно *M. sol*, которые в последнее время встречаются все реже и реже.

Следует подчеркнуть, что видовой состав и количественное распределение пресноводных зеленых водорослей из группы конъюгат могут служить одним из наиболее чутких показателей состояния водных экосистем. Создание и изучение ООПТ в России как эталонов нетронутой природы, необходимо для сохранения биологического разнообразия и поддержания устойчивого экологического развития.

Ниже приводится список наиболее распространенных и редких видов, относящихся к 3-м семействам конъюгат. Представители сем. *Zygnemataceae*, к сожалению, встречались лишь в стерильном (неопределяемом) состоянии.

Класс *Zygnematophyceae*

Сем. *Mesotaeniaceae*

Cylindrocystis brebissonii Menegh.
Netrium digitus (Ehr.) Itzigs et Rothe
N. oblongum (De Bary) Lütkem.

Сем. *Closteriaceae*

Closterium acerosum (Schrank) Ehr.
C. aciculare Tuffen West
C. acutum (Lyngb.) Bréb.
C. ehrenbergii Menegh.
C. idiosporum W. and G.S. West
C. kuetzingii Bréb.
C. lunula (Müll.) Nitzsch.
C. moniliferum (Bory) Ehr.
C. parvulum Näg.
C. peracerosum Gay
C. striolatum Ehr.
C. venus Kütz.
Closterium sp. (единственная клетка плохой сохранности).

Сем. *Desmidiaceae*

Actinotaenium cucurbita (Bréb.) Teil.
A. cucurbitinum (Biss.) Teil.
Bambusina brebissonii Kütz.
Cosmarium asphaerosporum Nordst. – «цветение» в озере.
C. bioculatum Bréb.
C. botrytis Menegh.
C. cucumis (Corda) Ralfs
C. depressum Näg. Lund.
C. granatum var. *granatum* Bréb.
C. granatum var. *subgranatum* Nordst.
C. humile (Gay) Nordst.
C. impressulum Elfv.
C. lapponicum Borge.
C. lundellii Delp.
C. margaritifera Menegh.
C. meneghinii Bréb.

C. orbiculatum Ralfs
C. phaseolus Bréb.
C. protractum (Näg.) De Bary
C. punctulatum Bréb.
C. quadratum (Gay) De Tony
C. reniforme (Ralfs) Arch.
C. sphagnicolum W et G.S. West
C. subexavatum W. et G.S. West
C. subprotumidum Nordst.
C. trachypleurum Lund. var. *minus* Racib.
C. trilobulatum Reinsch
C. turpinii Bréb.
C. undulatum var. *crenulatum* (Näg.) Wittr.
Cosmoastrum breviaculeatum (G.M. Smith) Pal. – Mordv.
C. gladiosum (Turn.) Pal. – Mordv.
C. dispar (Bréb.) Pal. – Mordv.
C. muricatum (Bréb.) Pal. – Mordv.
C. orbiculare var. *orbiculare* (Ralfs) Pal. – Mordv.
C. orbiculare var. *depressum* (Roy et Biss.) Pal. – Mordv.
C. punctulatum (Bréb.) Pal. – Mordv.
Euastrum affine Ralfs
E. bidentatum Näg.
E. denticulatum (Kirchn.) Gay
E. dissimile (Nordst.) Schmidle
E. dubium Näg.
E. gemmatum Bréb.
Micrasterias crux-melitensis (Ehr.) Hass. var. *crux-melitensis*
M. crux-melitensis var. *superflua* Turn.
M. sol (Ehr.) Kütz.
M. truncata (Corda) Bréb.
Pleurotaenium minutum (Ralfs) Delp.
P. trabecula (Ehr.) Näg.
P. sp. – (полуклетка плохой сохранности).
Spondylosium pulchellum Arch.
Staurastrum chaetoceros (Schrod.) G.M. Smith
S. gracile Ralfs var. *gracile*
**S. gracile* var. *cyathiforme* W. et G.S. West
S. hexacerum (Ehr.) Wittr.
**S. leptocladum* Nordst. var. *cornutum* Wille
S. longipes (Nordst.) Teil.
S. paradoxum Meyen
S. polymorphum Bréb.
S. pseudopelagicum W. et G.S. West
S. vestitum Ralfs
Stauroidesmus cuspidatus (Bréb.) Teil.
S. dejectus (Bréb.) Teil.
S. spetsbergensis (Nordst.) Teil.
S. triangularis (Lagerh.) Teil.
Teilingia granulata (Roy et Biss.) Bourr.
Tetmemorus brebissonii (Menegh.) Ralfs
Raphidiastrum bifidum (Ehr.) Pal. – Mordv.

Сем. Gonatozygaceae

Gonatozygon aculeatum Hast.
G. monotaenium De Bary

Сем. Peniaceae

Penium polymorphum Perty

Большинство приведенных видов относятся к бентосным организмам, однако виды в родах *Actinotaenium*, *Staurastrum*, *Cosmarium*, *Cosmoastrum*, *Micrasterias* хорошо приспособлены к планктонному образу жизни.

Литература

Судницина Д.Н. Летний фитопланктон некоторых озер Себежского национального парка // Проблемы экологии и региональной политики Северо-Запада России и сопредельных территорий. Материалы международной общественно-научной конференции. Псков, 1999. С. 21–23.

Судницина Д.Н. Водоросли водоемов Псковской области. Разнообразие водорослей водоемов и водотоков Псковской области (Предварительные данные). Псков. (в печати)

**АЛЬГОФЛОРА ЗАПОВЕДНЫХ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА:
МАКРОФИТОБЕНТОС**

Маслов И.И.

Ялта, Никитский ботанический сад

Национальный научный центр УААН, природный заповедник «Мыс Мартьян»

Исследуемые водоросли-макрофиты относятся к трем отделам – зеленые водоросли (*Chlorophyta*), бурые водоросли (*Phaeophyta*) и красные водоросли (*Rhodophyta*).

Сводные данные по флористическому составу водорослей-макрофитов заповедных объектов Черного и Азовского морей (Маслов, 2002) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика флористического состава водорослей-макрофитов заповедных акваторий

Место сбора	Отдел (число видов / % видов)			Всего
	<i>Chlorophyta</i>	<i>Phaeophyta</i>	<i>Rhodophyta</i>	
Черноморский биосферный заповедник	41/39,8	20/19,4	42/40,8	103/100
Филиал Крымского природного заповедника Лебяжьих островов	21/36,8	4/7,0	32/56,2	57/100
ППМ «Прибрежный аквальный комплекс у Джангульского оползневого побережья»	19/27,5	12/17,4	38/55,1	69/100
ППМ «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Атлеш»	11/17,7	14/22,6	37/59,7	62/100
Урочище Аязьма заказника «Мыс Айя»	6/14,6	11/26,8	24/58,6	41/100
Урочище Батилиман заказника «Мыс Айя»	11/18,7	13/22,0	35/59,3	59/100
ППМ «Прибрежный аквальный комплекс у скалы Дива и горы Кошка»	6/14,6	8/19,5	27/65,9	41/100
ППМ «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Ай-Тодор»	7/16,7	9/21,4	26/61,9	42/100
Природный заповедник «Мыс Мартьян»	11/19,6	11/19,6	34/60,8	56/100
ППМ «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Плака»	6/14,3	10/23,8	26/61,9	42/100
ППМ «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Чауда»	10/26,3	10/26,3	18/47,4	38/100
Опукский природный заповедник	12/23,1	12/23,1	28/53,8	52/100
Казантипский природный заповедник	17/51,5	3/9,1	13/39,4	33/100
ППМ «Прибрежный аквальный комплекс у Арабатской стрелки»	4/25,0	3/18,8	9/56,2	16/100

Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев, в составе альгофитоценозов доминируют красные водоросли. В Черноморском заповеднике, на Лебяжьих островах и в аквальном комплексе у Джангульского оползневого побережья на втором месте стоят зеленые водоросли и на третьем – бурые. У заповедных объектов ЮБК на втором месте стоят бурые водоросли, а зеленые на третьем. Только в заповеднике «Мыс Мартьян» количество зеленых и бурых водорослей одинаково. Такая же картина отмечается в акваториях аквального комплекса у мыса Чауда и Опукского природного заповедника. У заповедных объектов Азовского моря доля зеленых водорослей возрастает – в акватории Казантипского природного заповедника они выходят на первое место, превышая красные и бурые водоросли (рис. 1).

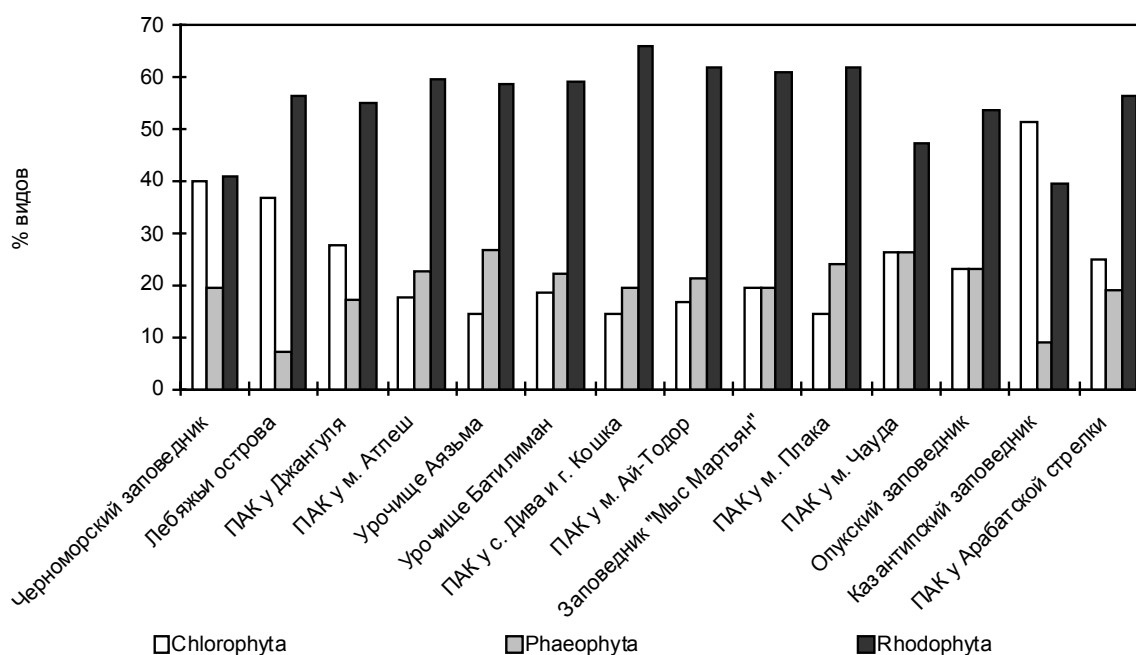


Рис. 1. Флористический состав водорослей-макрофитов заповедных акваторий

В распределении зеленых, бурых и красных водорослей по заповедным объектам, представленных на рисунке, выявляются определенные различия. Так, в распределении зеленых водорослей намечается тенденция уменьшения их относительного количества при продвижении от севернее расположенных заповедных объектов к южнее расположенным. В отношении красных водорослей наблюдается обратная картина – уменьшение их относительного количества по направлению от южно расположенных объектов к северным.

Исследуемые заповедные объекты находятся в различных флористических районах, опоясывающих побережье Крыма. При анализе соотношения видов водорослей различных отделов, отмеченных в заповедных акваториях каждого флористического района (рис. 2), была выявлена следующая закономерность:

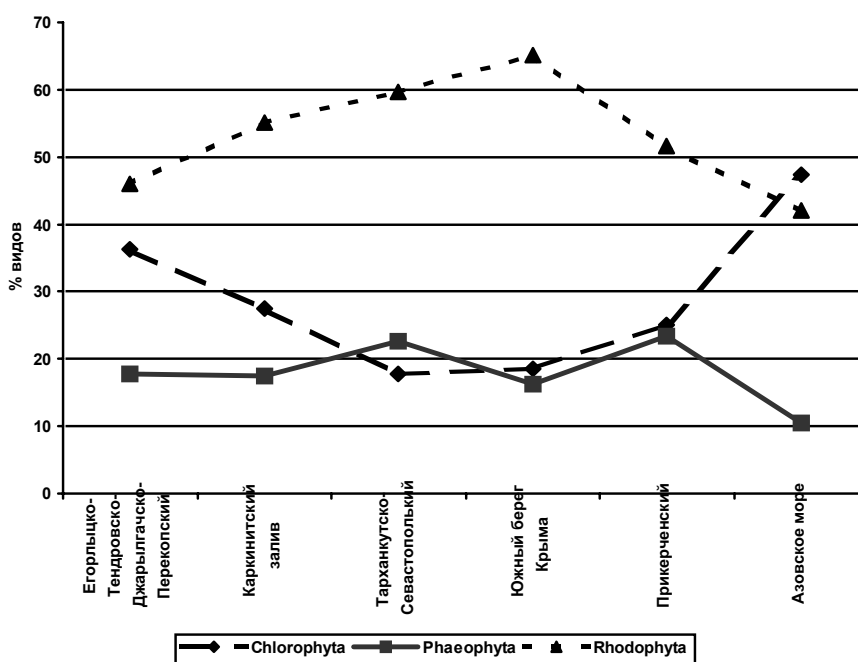


Рис. 2. Флористический состав водорослей-макрофитов заповедных акваторий по флористическим районам

1. В составе фитобентоса процентное соотношение зеленых водорослей уменьшается в направлении от северных (холодноводных) флористических районов к южным (тепловодным) флористическим районам.

2. В составе фитобентоса процентное соотношение красных водорослей увеличивается в направлении от северных (холодноводных) флористических районов к южным (тепловодным) флористическим районам.

Сводные данные по флористическому составу водорослей-макрофитов естественных акваторий Черного и Азовского (Маслов, 2001) морей представлены в табл. 2.

Распределение водорослей различных отделов в естественных акваториях подчинено закономерности, выявленной нами для макрофитов заповедных акваторий. Так в районе мыса Каменный и озера Донузлав доминируют красные водоросли, затем идут зеленые и бурые. В акваториях мысов Бугас и Чикен (Южный берег Крыма) доминируют красные водоросли, затем бурые и зеленые. В районе Керченского пролива (мыс Малый, Таманский залив) и далее в Азовском море и Сиваше доля зеленых водорослей в фитоценозах начинает увеличиваться и они становятся доминирующими, а красных водорослей уменьшаться.

Таблица 2

Характеристика флористического состава водорослей-макрофитов естественных акваторий

Место сбора	Отдел (число видов/% видов)			Всего
	<i>Chlorophyta</i>	<i>Phaeophyta</i>	<i>Rhodophyta</i>	
мыс Каменный	6/26,1	4/17,4	13/56,5	23/100
озеро Донузлав	10/29,4	5/14,7	19/55,9	34/100
мыс Бугас	10/21,3	11/23,4	26/55,3	47/100
мыс Чикен	8/18,2	9/20,5	27/61,3	44/100
мыс Малый	8/44,4	2/11,2	8/44,4	18/100
Таманский залив	11/50,0	4/18,2	7/31,8	22/100
мыс Чаганы	4/50,0	2/25,0	2/25,0	8/100
Сиваш	5/71,4	1/14,3	1/14,3	7/100

Таким образом, соотношение зеленых, бурых и красных водорослей в альгофитоценозах заповедных и естественных акваторий подчинено одним и тем же закономерностям. Подтверждается, что в Черном море доминируют красные водоросли, а в Азовском море – зеленые водоросли.

Полученные данные расширяют наши представления о закономерностях распределения видов по флористическим районам (Водяницкий, 1949; Калугина-Гутник, 1975).

Литература

Водяницкий В.Н. О естественноисторическом районировании Чёрного моря, в частности, у берегов Крыма // Тр. Севастоп. биол. ст. АН СССР. М.-Л., 1949. Т. 7. С. 249–255.
 Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. К.: Наукова думка, 1975. 248 с.
 Маслов И.И. Фитобентос соленоводной акватории озера Донузлав (Крым, Украина) // Вісник Луганського державного педагогічного університету ім. Тараса Шевченка. 2001. № 11 (43). С. 44–49.
 Маслов И.И. Макрофитобентос некоторых заповедных акваторий Черного моря (Украина) // Альгология. 2002. Т. 12, № 1. С. 81–95.

ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ У ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ

Медведь В.А., Потрохов А.С., Зиньковский О.Г.

Киев, Институт гидробиологии НАН Украины

Перекисное окисление липидов (ПОЛ), протекающее в основном в биомембранах животных и растительных клеток, является одним из важнейших биохимических факторов регулирования физиологических систем организма.

Регуляция ПОЛ осуществляется сбалансированной системой антиоксидантной защиты, представляющей собой единую синхронно функционирующую систему, связанную с биохимическими структурами, поставляющими агенты конъюгации и эндогенные антиоксиданты.

Известно, что каждому организму при нормальных условиях присущ свой физиологический уровень свободнорадикальных процессов и перекисного окисления липидов, необходимый для регулирова-

ния липидного состава и проницаемости мембран и ряда биосинтетических процессов. Данное стационарное состояние определяется функционированием сложной и тканеспецифичной систем ингибиторов свободнорадикального окисления (Владимиров, Арчаков, 1972).

Образование избыточного количества перекисных продуктов, которое имеет место при действии ряда факторов внешней среды (ультрафиолетовое излучение, ионизирующая радиация, ионы поливалентных металлов и т.д.), приводит к нарушению структурной и функциональной организации клеточных мембран, изменению их проницаемости и ионного баланса в клетках, разобщению окислительного фосфорилирования, окислению тиольных групп белков и дезактивации ферментов (Барабой и др., 1991; Кения и др., 1994; Козлов и др., 1972; Меньшиков, Зенков, 1993).

Перекисное окисление липидов у микроводорослей изучено недостаточно. В то же время, такая информация важна в теоретическом плане и необходима для решения проблем оценки и прогнозирования экологических последствий антропогенного воздействия на гидробионты.

Целью настоящего исследования являлось изучение перекисного окисления липидов у 16 видов микроводорослей в альгологически чистых культурах на стационарной фазе роста, в том числе 4 синезеленых: *Calothrix braunii* Born. et Flah., *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., *Nostoc* sp., *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom. f. *uncinata* (Ag.) Kondrat. и 12 зеленых: *Acutodesmus dimorphus* (Turp.) Tsar., *Chlorella vulgaris* Beijer, *Coelastrum astroideum* De-Not., *Desmodesmus subspicatus* (Chod.) Hegew. et A. Schmidt, *Desmodesmus opoliensis* (P. Richt) Hegew., *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew., *Desmodesmus magnus* (Meyen) Tsar., *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom. – Legn., *Scenedesmus obtusus* (W. et G.S. West) Tzar., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Tetraedron caudatum* (Corda) Hansg., *Selenastrum gracile* Reinsch. из коллекции ИГБ НАН Украины.

Исследуемые водоросли выращивали в стерильных условиях непроточной накопительной культуры при температуре 23–25 °С и освещении лампами дневного света в течение 16 ч (интенсивность 4000 лк) на среде Фитцджеральда в модификации Цендера и Горэма N 11 (Методы..., 1975).

Определяли диеновую конъюгацию липидов – появляется на начальных этапах перекисного окисления (Стальная, 1977), гидроперекиси липидов (ГПЛ) – обнаруживаются на более поздних этапах перекисного окисления (Романов, Стальная, 1977), малоновый диальдегид (МДА) – конечный продукт перекисного окисления липидов (Стальная, Гаришвили, 1977), количество липидов (Knight, Anderson, Rawle, 1972) и активность фермента антиоксидантной защиты каталазы (Починок, 1976).

Полученные результаты (рис. 1) свидетельствуют, что культуры водорослей одного возраста, выращенные в стандартных условиях, характеризуются неодинаковым уровнем перекисного окисления липидов.

Среди представителей синезеленых водорослей максимальной величиной конечного продукта перекисного окисления липидов (МДА) характеризовался основной возбудитель «цветения» воды *Microcystis aeruginosa*, а минимальной – представители перифитона – *Nostoc* sp. и *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom. f. *uncinata*.

У зеленых водорослей высокий уровень МДА отмечен у *Coelastrum astroideum*, *Desmodesmus communis*, *D. opoliensis*, *D. magnus*, *Monoraphidium contortum*, низкий – у *Acutodesmus dimorphus*, *Chlorella vulgaris* и *Tetraedron caudatum*.

Промежуточный продукт окисления липида – ГПЛ образуется в результате окисления полиненасыщенных жирных кислот липидов. Отмеченные нами отличия в уровнях ПОЛ можно объяснить с одной стороны, значительной вариабельностью содержания жирных кислот у разных видов микроводорослей (Басова, 2005), с другой, неодинаковым уровнем активности антиоксидантных ферментов, в частности каталазы (см. рис. 1), которая нейтрализует образовавшуюся при окислении липидов перекись водорода.

Исследования показали, что основной возбудитель «цветения» воды *Microcystis aeruginosa* характеризуется повышенной активностью МДА и самыми низкими величинами активности каталазы по сравнению с исследованными перифитонными *Cyanophyta* и планктонными *Chlorophyta*. Возможно поэтому планктонные синезеленые водоросли оказались более чувствительны, к действию фенолов как растительного, так антропогенного происхождения, тяжелых металлов (медь, свинец), что и проявилось в уменьшении количественных показателей их развития (Сакевич и др, 2005; Клоченко, Медведь, 1999).

Отмеченные нами значительные отличия величин перекисного окисления липидов и активности каталазы объясняют различную степень антиоксидантной защиты у представителей альгофлоры, что может быть одним из факторов, регулирующих состав альгосообществ при усилении антропогенного загрязнения сопровождающегося увеличением в воде концентрации абиотической перекиси водорода – наиболее устойчивой формы активного кислорода в воде. Видовое разнообразие фитопланктона в этих условиях будут формировать в основном представители альгофлоры, характеризующиеся более высокой устойчивостью к ее действию.

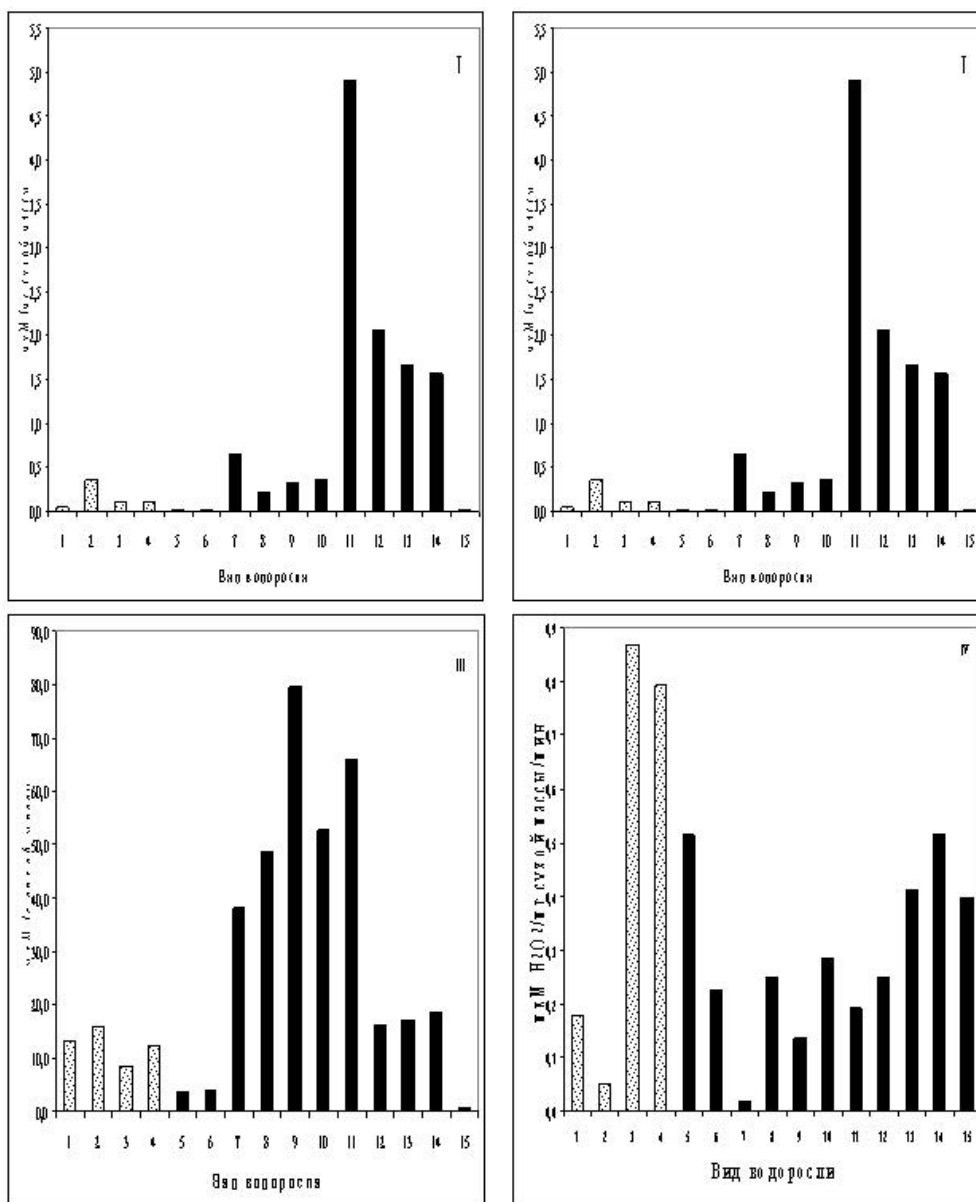


Рис. 1. Показатели перекисного окисления липидов (I- диеновые конъюгаты, II – ГПЛ, III – МДА) и активность антиоксидантного фермента каталазы (IV) синезеленых

(*Calothrix braunii* – 1, *Microcystis aeruginosa* – 2, *Nostoc sp.* – 3, *Phormidium autumnale f. uncinata* – 4) и зеленых (*Acutodesmus dimorphus* – 5, *Chlorella vulgaris* – 6, *Coelastrum astroideum* – 7, *Desmodesmus communis* – 8, *Desmodesmus opoliensis* – 9, *Desmodesmus magnus* – 10, *Monoraphidium contortum* – 11, *Pediastrum borianum* – 12, *Scenedesmus obtusus* – 13, *Selenastrum gracile* – 14, *Tetraedron caudatum* – 15) водорослей

Литература

Барабой В.А., Орел В.Э., Карнаух И.М. Перекисное окисление и радиация. Киев: Наукова думка, 1991. 256 с.
 Басова М.М. Жирнокислотный состав липидов некоторых видов микроводорослей // Альгология. 2005. Т. 15, № 4. С. 415–436.
 Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Наука, 1972. 252 с.
 Кения М.В., Лукаш А.И., Гуськов Е.П. Роль низкомолекулярных антиоксидантов при окислительном стрессе // Успехи соврем. биол. 1993. Т. 113, вып. 4. С. 456–470.
 Козлов Ю.П., Данилов В.С., Каган В.Е. и др. Свободнорадикальное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Изд-во моск. ун-та, 1972. 88 с.
 Менищикова Е.Б., Зенков Н.К. Антиоксиданты и ингибиторы радикальных окислительных процессов // Успехи соврем. биол. 1993. Т. 113, вып. 4. С. 442–455.
 Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Сиренко Л.А., Сакевич А.И., Осипов Л.Ф. и др.). Киев: Наукова думка, 1975. 247 с.

- Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. К.: Наукова думка, 1976. С. 172–174.
- Романова Л.А., Стальная И.Д. Метод определения гидроперекисей липидов с помощью тиоцианата аммония // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. С. 64–66.
- Стальная И.Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. С. 63–64.
- Стальная И.Д., Гаршивили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. С. 66–68.
- Сакевич А.И., Курпенко Н.И., Медведь В.А., Усенко О.М., Горбунова З.Н. Влияние полифенолов высших водных растений на функциональную активность планктонных водорослей // Гидробиол. журн. 2005. Т. 41, № 4. С. 104–116.
- Клоченко П.Д., Медведь В.А. Влияние свинца и меди на некоторые показатели жизнедеятельности зеленых и синезеленых водорослей // Гидробиол. журн. 1999. Т. 35, № 6. С. 52–62.
- Aikenst J., Adix N.F. Peroxy radical (HOO[•]) initiated lipidperoxidation: the role of fatty acid hydroperoxides // J. Biol. Chem. 1991. Vol. 266, N 23. P. 15091–15098.
- Knight J.A., Anderson Sh., Rawle J.M. Chemical basis of the sulfo-phospho-vanilin reaction for estimating total serum lipids // Clinical chemistry. 1972. Vol. 18, N 3. P. 199–202.

СОСТАВ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬГОФЛОРЫ СУЗДАЛЬСКИХ ОЗЕР

Павлова О.А.

Санкт-Петербург, Институт озераедения РАН

Суздальские озера являются наиболее крупными естественными водоемами в черте Санкт-Петербурга. До начала 70-х гг. прошлого века единственными сведениями о фитопланктоне озер были данные А.А. Еленкина (1924) о «годовой смене» массовых форм (34 вида) в Среднем озере в 1921 г., Б.Л. Гутельмахером и В.Н. Никулиной (Гутельмахер, Никулина, 1974; Гутельмахер, 1986) были определены состав и количественные показатели доминирующих видов водорослей в Верхнем и Нижнем озерах. Регулярные сезонные исследования фитопланктона всех трех водоемов проводятся нами с 1995 г. Результаты были опубликованы в ряде работ (Трифонова и др., 2003; Павлова, Трифонова, 2005, и др.). В настоящей статье обобщены данные многолетних исследований состава альгофлоры Суздальских озер.

Видовой состав. За период исследований в фитопланктоне Суздальских озер было обнаружено 360 видов (387 таксонов водорослей рангом ниже рода), принадлежащих к 8 отделам (табл.). Максимальное количество таксонов отмечено в мелководном эвтрофном Нижнем Суздальском озере – 306, в Верхнем и Среднем озерах – 218 и 234 форм соответственно. По числу видов везде доминируют зеленые (34–38%), диатомовые (23–33%), эвгленовые (6–12%) и синезеленые (8–12%) водоросли, что характерно для водоемов умеренных широт (Трифонова, 1990; Михеева, 1999, и мн. др.). Отличительной особенностью является достаточно большое разнообразие Euglenophyta, особенно в Нижнем озере (более 12%). Обильная и богатая флора эвгленовых характерна для эвтрофных и загрязняемых водоемов (Сафонова, 1987; Трифонова, 1990, и др.). На Северо-Западе России представители группы заметную роль играют в притоках Ладожского озера, особенно в малых реках южного и юго-западного направления, где они составляют до 12–18% видового состава (Павлова и др., 2006), а также в малых водоемах Валаамского архипелага (Воякина, 2007). По коэффициентам флористической общности Сёренсена по составу фитопланктона Суздальские озера близки, степень сходства составляет 65–68%.

Таблица

Количество таксонов рангом ниже рода (N) и соотношение (%) отделов водорослей в фитопланктоне Суздальских озер

Отделы, классы и порядки	Верхнее Суздальское		Среднее Суздальское		Нижнее Суздальское		Общее число таксонов	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Суанophyta	26	11,9	19	8,1	34	11,1	38	9,8
Euglenophyta	13	6,0	18	7,7	38	12,4	40	10,4
Dinophyta	13	6,0	9	3,8	16	5,2	16	4,1
Cryptophyta	7	3,2	7	3,0	8	2,6	8	2,1
Chrysophyta	14	6,4	20	8,6	17	5,6	23	5,9
Bacillariophyta	60	27,5	77	32,9	70	22,9	120	31,0
Centrophyceae	11	5,0	11	4,7	15	4,9	17	4,4
Pennatophyceae	49	22,5	66	28,2	55	18,0	103	26,6
Xanthophyta	2	0,9	4	1,7	8	2,6	8	2,1
Chlorophyta	83	38,1	80	34,2	115	37,6	134	34,6
Chlorococcales	58	26,6	62	26,5	82	26,8	96	24,8
Desmidiales	19	8,7	11	4,7	23	7,5	27	7,0
ВСЕГО	218		234		306		387	

Наиболее разнообразны порядки *Chlorococcales* – 96 таксонов (25% общего числа форм), *Raphales* – 78 (20%), *Euglenales* – 40 (10%), *Desmidiiales* – 27 (7%) и *Chroococcales* – 20 (5%). К основным по флористическому богатству родам относятся 5 родов из 3 отделов – *Scenedesmus*, *Fragilaria*, *Trachelomonas*, *Navicula*, *Cosmarium*, включающие более 21% всех обнаруженных таксонов. Среди зеленых водорослей ведущими являются представители родов *Scenedesmus* (22 таксона), широко распространенные во всех трех водоемах, *Cosmarium* (11), отмечаемые главным образом в Верхнем и Нижнем озерах, и *Pediastrum* (9), наиболее обильные в Верхнем озере. Значительного разнообразия достигают эвгленовые *Trachelomonas* (17), большинство которых встречены в эвтрофном Нижнем озере, и *Euglena* (10), характерные для Среднего и Нижнего озер. Из диатомовых по числу видов во всех водоемах преобладали представители родов *Fragilaria* – 19 форм, и *Navicula* (14); виды рода *Cymbella* (10) чаще всего отмечались в Среднем озере. Более 20% всех обнаруженных форм принадлежат к группе родов, представленных 5–7 таксонами. К ним относятся виды родов *Peridinium*, *Oocystis*, *Staurastrum*, *Cryptomonas*, *Cyclotella*, встреченные нами во всех водоемах. Для Среднего озера характерны также золотистые из родов *Dinobryon*, *Kephyrion* и *Mallomonas*, диатомеи *Gomphonema*, *Eunotia*. В Нижнем озере обычными являются десмидиевые из рода *Closterium*, синезеленые *Anabaena*, диатомовые *Aulacosira* и эвгленовые *Phacus* и *Strombomonas*.

Основу альгофлоры Суздальских озер создают зеленые водоросли, представленные 134 таксонами из 6 порядков и 2 классов (табл.). Во всех трех озерах по числу видов преобладают хлорококковые, составляющие 70–78% общего количества таксонов *Chlorophyta* и наиболее распространенные в летнем планктоне. Максимальное количество видов и внутривидовых форм порядка *Chlorococcales* наблюдалось в Нижнем озере (82). В число постоянных компонентов планктона входят виды *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb., *Tetraedron minimum* (A. Br.) Hansg., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Coelastrum reticulatum* (Dang.) Senn, *Botryococcus braunii* Kütz., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood. и др. Только в высокоэвтрофном Нижнем озере встречены такие виды, как *Polyedriopsis spinulosa* (Schmidle) Schmidle, *Lagerheimia genevensis* (Chod.) Chod., *Micractinium bornhemense* (Corn.) Korsch. и др. Десмидиевые в Суздальских озерах достаточно разнообразны и составляют 14–23% списка *Chlorophyta*. По составу и обилию представителей *Desmidiiales* водоемы заметно различаются. Из 27 обнаруженных форм общими для исследованных озер являются только 9 – *Closterium acutum* (Lyngb.) Bréb., *Cosmarium bioculatum* Bréb., *Staurastrum paradoxum* Meyen и др. Максимального разнообразия десмидиевые достигают в Нижнем озере, часть видов – *Staurodesmus crassus* (W. et G.S. West) Florin, *S. cuspidatum* Bréb., *Closterium acerosum* (Schr.) Ehr. и др., характерна только для этого водоема.

Диатомовые водоросли по разнообразию занимает второе место после зеленых и составляют 31% общего числа таксонов; более разнообразен класс *Pennatophyceae* – 79–86% общего числа *Bacillariophyta*. Состав, распределение и обилие диатомовых в озерах заметно различаются. Наиболее богатая флора отмечена в Среднем озере, что связано с увеличением числа случайно-планктонных видов. Из центрических для планктона Верхнего и Среднего озер наиболее характерны *Cyclotella bodanica* Eulens., *C. pseudostelligera* Hust., для Нижнего озера – *Stephanodiscus subtransilvanicus* Gasse и *C. meneghiniana* Kütz. Виды рода *Aulacoseira*, типичные доминанты планктона мезотрофных озер Карельского перешейка (Трифорова, 1990), практически отсутствуют в двух первых озерах, но нередко доминируют весной в Нижнем озере. Это, скорее всего, связано с многократно меньшими концентрациями железа в воде Верхнего и Среднего водоемов, к которому представители рода весьма чувствительны (Гусева, 1952). Наиболее массовым видом является *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim., в 2005–2006 гг. биомассу майского планктона определяла *A. granulata* (Ehr.) Sim. Из пеннатных диатомовых наиболее часто встречаются *Asterionella formosa* Hass., *Diatoma tenuis* Ag. и представители рода *Fragilaria*. Планктонные виды *Fragilaria* – *F. crotonensis* Kitt., *F. danica* Kütz., *F. tenera* (W. Sm.) Lange-Bert., и *A. formosa* в различных соотношениях доминируют весной во всех озерах. Также по результатам анализа постоянных препаратов (Павлова, Афанасьева, 2007) к наиболее распространенным относятся *Achnanthes minutissima* Kütz., *Amphora ovalis* Kütz., *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Cl., *Cymbella ventricosa* Kütz., *Fragilaria construens* (Ehr.) Grun., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Nitzschia acicularis* W. Sm. и др.

Эвгленовые водоросли составляют 6–12% альгофлоры Суздальских озер. Наименьшее количество таксонов отмечено в мезотрофном стратифицированном Верхнем озере. *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein emend. Defl. и *T. volvocina* Ehr. являются постоянными компонентами планктона во всех водоемах; в Нижнем озере также встречаются различные виды *Euglena*, *Phacus* и *Strombomonas*.

Видовое богатство представителей отдела *Cyanophyta* в Суздальских озерах ниже, чем зеленых, диатомовых и эвгленовых водорослей. Широко распространены во всех озерах *Snowella lacustris* (Chodat) Kom. et Hind., *Woronichinia compacta* (Lemm.) Kom. et Kom.-Legn., *Aphanocapsa delicatissima* W. et G.S. West, *Microcystis wesenbergii* Kom., для Верхнего озера характерна *Anabaena lemmermanii* P. Richt. и *A. planctonica* Brunth., для Нижнего – *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. и виды рода *Aphanizomenon*. В течение периода исследований наблюдалось постепенное увеличение разнообразия синезеленых, особенно в Нижнем озере, где эта группа представлена наиболее обильно.

Золотистые водоросли представлены 23 таксонами из 2 порядков, большинство относится к родам *Dinobryon*, *Kephyrion* и *Mallomonas*. Максимальное разнообразие *Chrysophyta* наблюдается в Среднем озере, где они составляют до 9% общего числа форм (табл.). В основном развитие этой группы приурочено к весеннему сезону, в этот период доминируют *Dinobryon divergens* Imh. и *Chrysococcus rufescens* Klebs. В летнем планктоне присутствуют нанопланктонные формы *Pseudokephyrion schilleri* Cong., *Kephyrion moniliferum* (Schmid) Bourg. и др., а также *Mallomonas mirabilis* Cong. и *M. tonsurata* Teil.

Таксономическое разнообразие в Суздальских озерах динофитовых и криптофитовых водорослей было сходным (табл.); первые составляют 4–6%, вторые – около 3% общего списка. Считается, что для большинства видов *Dinophyta* характерна узкая амплитуда приспособляемости к условиям среды, и потому в настоящее время около 90% описанных в литературе таксонов относятся к разряду редких (Крахмальный, 1995). В исследованных водоемах нами отмечены в основном формы, более устойчивые к антропогенному воздействию – *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh., *Peridiniopsis elpatiewskyi* (Ostenf.) Bourr., *Peridinium cinctum* (O.F.M.) Ehr. и др. В то же время разнообразие группы в последние годы постепенно увеличивается. Состав криптофитовых образуют широко распространенные виды: *Chroomonas acuta* Uterm., *Cryptomonas marssonii* Skuja, *C. curvata* Ehr. Массовая вегетация этой группы приурочена к холодному времени года и низким температурам воды.

Эколого-географическая характеристика водорослей. Сведения о географическом распространении имеются для 315 таксонов водорослей. Планктонная альгофлора Суздальских озер представлена в основном космополитными видами (82% общего количества), аркто-альпийские формы составляют около 5%. Большинство обнаруженных водорослей (68% общего числа форм с известной характеристикой) являются истинно-планктонными организмами. В мелководном нестратифицированном Нижнем озере высока роль литоральных (10%) и бентосных (8%) форм, включающих помимо пенистых диатомей зеленые нитчатые водоросли из родов *Ulothrix*, *Oedogonium* и др. По отношению к солености воды (Давыдова, 1985), все обнаруженные водоросли являются пресноводными, олигогалобами, большую часть которых составляют индифференты – 75–76% общего числа таксонов. Из 199 видов и разновидностей водорослей, являющихся индикаторами активной реакции среды, 9 – ацидофилы, 103 – индифференты, 87 – алкалофилы.

Виды-индикаторы сапробности составляют 71% от общего числа таксонов, большинство из них относятся к β-мезосапробам и β-мезо-олигосапробам (58%), характеризующим условия средней степени загрязнения. Обитатели зон высокого загрязнения – α-мезо-, α-мезо-р- сапробы составляют около 9%, роль ксеносапробов – показателей чистых вод, не превышает 3%. Больше всего видов-индикаторов загрязнения обнаружено в эвтрофном Нижнем озере, где часто встречаются α-мезосапробы *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Euglena polymorpha* Dang., *Oscillatoria princeps* Vauch., *Chlorogonium maximum* Skuja и др.

Литература

- Воякина Е.Ю. Фитопланктон внутренних водоемов Валаамского архипелага и прилегающей акватории ладожского озера. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб., 2007. 22 с.
- Гусева К.А. «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним // Тр. ВГБО. Т. 4. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 3–94.
- Гутельмахер Б.Л. Метаболизм планктона как единого целого. Л.: Наука, 1986. 155 с.
- Гутельмахер Б.Л., Никулина В.Н. О механизме сохранения и нарушения баланса между первичной продукцией и потреблением ее фильтраторами зоопланктона // Антропогенное эвтрофирование водоемов. Тез. докл. I Всесоюз. Симпоз. Черноголовка, 1974. С. 82–85.
- Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли-индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
- Еленкин А.А. О годовой смене фитопланктона во 2-ом озере в Озерках (окр. Ленинграда) // Ботан. мат-лы Ин-та Спор. раст. Гл. Бот. сада РСФСР. 1924. Т. III, вып. 1–12. С. 56–62.
- Крахмальный А.Ф. *Dinophyta* континентальных водоемов Украины // Альгология. 1995. Т. 5, № 3. С. 263–269.
- Михеева Т.М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. Минск, 1999. 396 с.
- Павлова О.А., Афанасьева А.Л. Диатомовые водоросли в планктоне водоемов Санкт-Петербурга // Морфология, клеточная биология, экология, флористика и история развития диатомовых водорослей. Материалы X Междунар. науч. конф. стран СНГ, 9–14 сентября 2007 г. Минск: БГПУ, 2007. С. 110–113.
- Павлова О.А., Трифонова И.С. Таксономический состав фитопланктона городских водоемов Санкт-Петербурга // Новости сист. низших растений. 2005. Т. 38. С. 62–75.
- Павлова О.А., Трифонова И.С., Афанасьева А.Л. Таксономический состав и экологическая характеристика альгофлоры // Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов. СПб., 2006. С. 35–70.
- Сафонова Т.А. Эвгленовые водоросли Западной Сибири. Новосибирск, 1987. 192 с.
- Трифорова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.
- Трифорова И.С., Генкал С.И., Павлова О.А. Состав и сукцессия диатомовых водорослей в планктоне городских водоемов Санкт-Петербурга // Бот. журн. 2003. Т. 88, № 11. С. 43–53.

РЕДКИЕ ВИДЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ-МАКРОФИТОВ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ К ВНЕСЕНИЮ В КРАСНУЮ КНИГУ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Патова Е.Н., Шабалина Ю.Н., Стерлягова И.Н.

Сыктывкар, Институт биологии Коми научного центра УрО РАН

В пресноводных экосистемах северных регионов водоросли, образующие макроскопические талломы, немногочисленны. В основном это представители зеленых, красных, синезеленых и харовых водорослей. Многие из них имеют узкую экологическую приуроченность и предпочитают для поселения чистые не затронутые хозяйственной деятельностью водоемы. С увеличением антропогенной нагрузки, расширением хозяйственной деятельности все актуальнее становятся проблемы, связанные с охраной природных водоемов и сохранением разнообразия их обитателей, в том числе и водорослей. К настоящему времени на территории Республики Коми выявлено восемь редких видов водорослей-макрофитов, занесенных в несколько региональных Красных книг, которые рекомендованы и к включению в Красную книгу Республики Коми.

Из цианопрокариот к редким относится *Nostoc pruniforme* Ag. ex Born. et Flah. Колонии шаровидные или эллипсоидные, иногда слегка бугристые неправильно-эллипсоидные, сплошные или с центральной полостью, заполненной слизью. Их диаметр достигает 1–4 см, сырой вес 1–12 г. Перидерм толстый (до 1–2 мм толщиной), зеленовато-коричневый до оливкового и черного цвета. Вегетативные клетки коротко- или удлиненно боченкообразные, реже шаровидные, без газовых вакуолей, в перидерме шир. 5–8 мкм и дл. 3,2–7,5 мкм, в центре 5–7,5 мкм шир. и 3,8–7,5 мкм дл. Гетероцисты шаровидные, крупные в перидерме 5–8,5 мкм, в центре колонии – 6,2–10 мкм в диаметре. Акинеты шаровидные или эллипсоидные, 10–12 мкм дл. и 9–10 мкм шир., с гладкими бесцветными оболочками. Обитает в стоячих пресных водоемах, кальцефил. Отмечен в чистых, не испытывающих антропогенного влияния водоемах, с нейтральной и слабощелочной реакцией водной среды. Предпочитает водоемы с грунтами с повышенным содержанием кальция. В массе разрастается в литоральной зоне хорошо прогреваемых озер. Колонии формируются на песчаном или илистом дне в освещенных местах без зарослей макрофитов. После формирования гормогониев в колонии образуется воздушная полость, и водоросль всплывает на поверхность. Обычно развивается в массе к концу вегетационного сезона (середина августа – начало сентября). Иногда вызывает «цветение» воды. Вид является фиксатором молекулярного азота. Местонахождения малочисленны. Вид исчез из водоемов в окрестностях городов Сыктывкар и Воркута, где он был отмечен в 60-е – 70-е годы прошлого столетия. Относительно благополучно состояние популяций в малонаселенных и труднодоступных районах на Полярном и Приполярном Урале в бассейнах рр. Кара, Уса, Кожым, Бол. и Мал. Паток (Национальный парк «Югыд ва»), а также на территории памятника природы «Параськины озера» в бас. р. Ухта. Лимитирующие факторы: уязвим в связи с краткой продолжительностью жизни, узкой экологической приуроченностью, общим загрязнением и эвтрофикацией водоемов, а также нарушением местообитаний и загрязнением водоемов в результате разработки полезных ископаемых. Вид внесен в Красные книги Республики Татарстан (1995), Ленинградской (2000), Кировской (2001) и Вологодской областей (2004). Предлагаемая категория охраны: 3 (R) – редкий вид.

Из красных водорослей к редким видам могут быть отнесены три. *Lemanea fluviatilis* Ag. – очень редкая водоросль. Слоевище 5–30 см длиной, скудно или иногда обильно разветвленное, реже простое, в основании отчетливо утончающееся или часто на хорошо отграниченной тонкой ножке. Водоросль окрашена в розовато-красный, темно-фиолетовый или темно-бурый, в сухом состоянии в черный цвет. Ветви не волосовидные. Узлы несильно выступающие. Междоузлия перетянутые или цилиндрические. Клетки цилиндрические. Веточки редко заканчиваются волосками разной длины. Репродуктивные органы расположены в основании боковых веточек группами по 3–4 в форме бугорков красно-бурого цвета. Карпогонные ветви состоят из 2–4 клеток (Виноградова и др., 1980). Отмечены всего две находки популяций этого вида на территории Республики Коми: на Полярном Урале в водотоках верхнего и среднего течения р. Кара, на Приполярном Урале в бассейне р. Щугор. Обитает только в чистых, пресных, быстро текущих ручьях, реках, проточных озерах. Характерным местообитанием являются крупные валуны и галька, поросшие водными мхами, на порогах горных рек и ручьев с быстрым течением и интенсивным перемешиванием воды. Эпилит, прикрепляется к субстратам нижним концом таллома. Встречается в водотоках на высоте до 880 м над ур. м., с рН 6,7–7,8, температурой 6,8–12,3°C, на глубине 2–15 см, требователен к прозрачности воды. Численность и динамика популяций вида на территории Республики Коми не изучены, местонахождения единичны. Плотность популяций в местах сборов низкая. Уязвимость вида обуславливается низкой конкурентоспособностью вида. Он вытесняется водными мхами, зелеными и синезелеными эпилитными водорослями. Лимитирующим фактором является узкая экологическая приуроченность вида к порожистым водотокам с крупновалунными и каменистыми

грунтами и чистой водой. Вид обладает высокой чувствительностью к уровню загрязнения воды и повышению мутности. Уязвим в связи с загрязнением водоемов в результате изыскательских работ и разработки месторождений твердых полезных ископаемых, нарушением местообитаний в результате строительства линейных сооружений для транспортировки нефти и газа. Охраняется на территории Национального парка «Югыд ва». Необходимо включение в список особо охраняемых водоемов-местообитаний вида на Полярном Урале (в верховьях и среднем течении р. Кара). Включен в «Красную книгу Ненецкого АО» (2006). Предлагаемая категория охраны: 3 (R).

Редким малоизученным видом является *Audouinella hermannii* (Roth) Duby. Слоевище, разветвленное до 1–5 см длиной. Окраска талломов от темно-красного до черного цвета. Ветвление разностороннее, веточки тоньше основной нити. Редкий вид, имеющий узкую экологическую приуроченность. Распространение на территории Республики Коми изучено слабо: одно местонахождение в оз. Бол. Балбанты (бас. р. Балбанью) (Стерлягова, Патова, 2008). Обитает в озерах и водотоках с медленным течением, среди зарослей водных мхов и харовых водорослей. Плотность популяций и динамика численности не изучена. Уязвим в связи с ограниченным распространением, малочисленностью популяций. Лимитирующими факторами являются: нарушение местообитаний и загрязнение воды в результате разведки и добычи полезных ископаемых. Местонахождения вида расположены на особо охраняемой территории, относящейся к Национальному парку «Югыд ва». Необходимы мониторинг состояния популяций и выявление новых местонахождений. Рекомендуемая категория охраны: 5 (Cd) – обычный, но с резко сокращающейся численностью.

В биологическом надзоре нуждается также *Batrachospermum moniliforme* Roth. Слоевища достигают длины 2–6 см, сильно слизистые, зелено- или оливково-серые или буроватые, более или менее обильно разветвленные, с отчетливым главным «стеблем». Растение однодомное. Нижняя часть таллома обычно грубая, кожистая. Ветви почти одинаковой ширины, собраны в мутовки, которые могут иметь шаровидные, эллипсоидные, бочонкообразные формы, обособленные или смыкающиеся. Мутовочные веточки из (6) 8–16 (20) клеток, обильно разветвленные, прямые в верхней части иногда заканчиваются волоском. Распространение на территории Республики Коми: тундровая зона – в водотоках и озерах верхнего течения бассейнов рр. Кара, Уса, Колва, в таежной зоне – в водоемах бассейнов рр. Светлый Вуктыл, Мал. и Бол. Паток, Щугор, Балбанью, Кожым (Гецен и др., 1994; Шубина, 1986). Встречается спорадически и малочисленными популяциями на камнях и водных растениях в чистых водоемах со стабильным температурным режимом: быстро текущих холодных ручьях, реках, родниках, а также в озерах. Лимитирующими факторами являются: нарушение гидрологического режима местообитаний, техногенное загрязнение водоемов в результате разведки и добычи нефти и газа, твердых полезных ископаемых, а также прокладка линейных сооружений для транспортировки углеводородов. Охраняется на территории Национального парка «Югыд ва», Печоро-Илычского биосферного заповедника и ряда комплексных заказников. Включен во многие региональные Красные Книги. Рекомендуемая категория охраны: 5 (Cd).

Из редких харовых водорослей обнаружен вид *Nitella opaca* (Bruz.) Ag. – двудомное растение, обычно 20–30 см высотой, довольно крепкое, грязно-зеленое, иногда почти черное, не инкрустированное известью, иногда с равномерной или кольцевой инкрустацией. Стебли довольно тонкие, слабо ветвящиеся. Междоузлия обычно сильно вытянутые, превосходящие по длине листья в 2–3 раза, до 9 см дл. Мутовки бесплодные из 6–7 длинных листьев. Листья однократно вильчатые, с (1) 2–3 члениками второго порядка. Органы репродуктивного размножения расположены только в развилке листьев. Оогонии по (1) 2 (3), эллипсоидные или слабо яйцевидные, антеридии круглые (Krause, 1997). На территории Республики Коми встречаются немногочисленные популяции в ряде озер Большеземельской тундры (Бол. Харбей-то), в крупных ледниковых и горно-долинных озерах на Полярном (бас. рр. Кара, Бол. и Мал. Уса) и Приполярном Урале (бас. рр. Мал. и Бол. Паток, Щугор, Балбанью, Кожым), в водоемах бас. р. Вычегда. Обитает в пресных, преимущественно в стоячих водоемах, также в реках. На илистом, каменисто-илистом, илисто-песчаном дне. При благоприятных условиях в достаточно глубоких водах, в тундровых озерах отмечен на глубине 1–6 м. Местонахождения этого вида на территории Коми Республики малочисленны. Плотность популяций в местах сборов низкая. Динамика численности не изучена. Уязвим в связи с краткой продолжительностью жизни и узкой экологической приуроченностью. К лимитирующим факторам относятся: снижение прозрачности и загрязнение воды в водоемах в результате влияния объектов горнорудного и нефтегазового комплексов, а также стоков коммунально-бытового хозяйства. Охраняется на территории Национального парка «Югыд ва». Необходим мониторинг за состоянием популяций и охрана новых мест обитания вида. Включен в Красные книги Республики Татарстан (1995) и Ненецкого АО (2006). Категория охраны: 5 (Cd).

По литературным данным отмечена находка редкого вида *Tolypella spicata* (R.D. W.) R.D. W., встреченного в России только на территории Большеземельской тундры (НАО и Республика Коми) (Жакова, 1995). В Республике Коми отмечен в водоемах бас. р. Бол. Роговая, оз. Бол. Харбей-то. Растет на дне тундровых озер с

низкой минерализацией воды, на глубине 1–6 м на галечно-глинистом и глинисто-песчаном с наилком и камнями, на илисто-глинистом грунтах с низким содержанием *Ca* и высоким содержанием *P*. Сведения об экологии и биологии малочисленны. Рекомендуемая категория охраны: 3 (R).

Рекомендована в Красную книгу РК *Chara vulgaris* L. emend. Wallr. Растение однодомное, средних размеров, 15–20 (50) см высотой, умеренно кустистое, довольно сильно инкрустированное известью, серовато- или буровато-зеленое. Стебли крепкие, около 0.5 мм в диаметре. Междоузлия в верхней его части равны по длине листьям, в средней и нижней длиннее их до 2–3 раз. Мутовки из 7–9 (11) листьев различных размеров, преимущественно около 1 см дл., разнообразно изогнутые, из (1) 3–4 (5) члеников с корой и голого 2–4-клеточного концевого членика; верхушечная клетка конусовидная, заостренная, различной длины. Репродуктивные органы всегда объединенные, преимущественно одиночные, на 3–4 нижних листовых узлах. Оогонии широкоэллипсоидные, слабо яйцевидные, несколько суживающиеся к вершине. Ооспоры эллипсоидные или цилиндрически-эллипсоидные от бледно-желтого до темно-коричневых, с тонкой, эластичной, иногда гранулированной наружной оболочкой. Антеридии круглые (Голлербах, Красавина, 1983). На территории Республики Коми отмечено одно местонахождение в трех карстовых озерах водного памятника природы «Параськины озера» (бас. р. Ухта), где активная реакция водной среды близкая к нейтральной или слабощелочная (рН = 7.45–8.4). По основным ионам, вода озер относится к сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевому типу. Водоросль-кальцефил, обитает преимущественно в прибрежной зоне небольших водоемов с чистой, прозрачной водой. Образует густые заросли на илистом дне озер, речных заводей. Плотность популяций и динамика численности не изучена. Уязвим в связи с ограниченным распространением, малочисленностью популяций, узкой экологической амплитудой (обитает только в слабощелочных пресноводных водоемах со слабопроточной прозрачной водой и известковыми грунтами). К естественным лимитирующим факторам относится сокращение вегетационного периода в холодные годы. Уязвимость вида обуславливается повышенным требованием к содержанию кальция и высоким значениям рН в водной среде. Лимитирующим фактором является снижение прозрачности воды и антропогенное загрязнение водоемов. Охраняется на территории водного памятника природы «Параськины озера». Включена в «Красную книгу Ненецкого АО» (2006). Категория охраны: 3 (R).

К редким видам, нуждающимся в бионадзоре, может быть отнесена *Chara fragilis* Desv. Растения высотой 16–40 см. Междоузлия 30–40 мм дл., диаметр стебля 350–400 мкм. Длина листа 10–19 мм. На территории Республики Коми три находки: в озере бас. р. Мал. Паток, карстовом озере в бас. верхнего течения р. Вычегда и сапропелевом оз. Пионерское (Средний Тиман). Уязвим в связи с малочисленностью популяций. Имеет узкую экологическую амплитуду. Лимитирующим фактором является снижение прозрачности и загрязнение воды в водоемах в результате влияния объектов горнодобывающего производства и рекреационных нагрузок. Одно из местонахождений вида охраняется на территории Национального парка «Югыд ва». Категория охраны: 5 (Cd).

Таким образом, на территории Республики Коми в разнотипных водоемах тундровой и таежной зон отмечено восемь видов водорослей-макрофитов из трех отделов, которые рекомендованы для включения в Красную книгу Республики Коми. Основными лимитирующими факторами развития водорослей являются загрязнение водной среды в результате разведки и добычи нефти и газа, других месторождений твердых полезных ископаемых, а также прокладка линейных сооружений для транспортировки углеводородов.

Литература

- Виноградова К.Л., Голлербах М.М., Заур Л.М., Сдобникова Н.В. Зеленые, красные и бурые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. Л., 1980. Вып. 13. 248 с.
- Гецен М.В., Стенина А.С., Патова Е.Н. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург, 1994. 148 с.
- Голлербах М.М., Красавина Л.К. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 14. Харовые водоросли. Л.: Наука, 1983. 190 с.
- Жакова Л.В. *Tolypella spicata* (Nitellaceae) – новый для флоры России вид Charophyta // Бот. журн. 1995. Т. 80, № 8, С. 109–113.
- Красная книга Вологодской области. Растения и грибы. Вологда, 2004. Т. 2. 360 с.
- Красная книга Кировской области. Животные, растения, грибы. Екатеринбург, 2001. 288 с.
- Красная книга природы Ленинградской обл. Т. 2. Санкт-Петербург, 2000. 672 с.
- Красная книга Ненецкого Автономного округа. Нарьян-Мар, 2006. 450 с.
- Стерлягова И.Н., Патова Е.Н. Водоросли водоемов в бассейнах рек Кожым и Щугор (Приполярный Урал) // Науч. докл. Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 2008. Вып. 499. 37 с.
- Шубина В.Н. Гидробиология лососевой реки Северного Урала. Л., 1986. С. 25–38.
- Krause W. Charales (Charophyceae). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 18. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1997. P. 148–150.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ГОРНОГО АЛТАЯ

Пивоварова Ж.Ф., Факторович Л.В., Круне Т.И.

Новосибирск, Новосибирский государственный педагогический университет

Горы Южной Сибири – одна из наиболее крупных горных стран России. Одним из узлов является Алтае-Саянская горная страна, западную часть которой представляет Горный Алтай – самое высокое звено глыбово-складчатых поднятий. Географическое положение страны в центре материка, большая удаленность от морей, контрастный значительно приподнятый над уровнем моря рельеф, обуславливают резко континентальный климат. Между тем, в пределах горной страны формируются специфические климатические условия в зависимости от экспозиции, от географического положения. Таким образом, в условиях горных степей юго-восточного Алтая характерной чертой являются широко развитые процессы почвенного криогенеза, высокие температуры в сочетании с пониженным режимом увлажнения в летний период. Вместе с тем, среднегорные таежные экосистемы северо-восточного Алтая характеризуются высокой влажностью воздуха, которая умеряет летние температуры, исключает засухи и создает условия, благоприятные для развития лесной и луговой растительности. Здесь, в прибрежной части Телецкого озера, формируются ландшафты среднегорного эрозийного рельефа, отличающиеся высокой динамичностью, связанной с интенсивной деятельностью водных потоков, впадающих в Телецкое озеро.

Предметом исследования явились почвенные водоросли Чуйской и Курайской степей, относящихся, по геоботаническому районированию Е.М. Лавренко (1954), к Чуйскому высокогорному степному округу Алтае-Саянской провинции Евразийской степной области. Кроме того, альгологические исследования проведены в долине реки Тевенек Прителецкой части Алтайского государственного заповедника северо-восточного Алтая, относящейся к Телецко-Западно-Саянскому округу Урало-Алтайской провинции Евразийской хвойно-лесной области.

Естественно ожидать, что в таких условиях среды водоросли вынуждены были выработать систему адаптации, направленную на поддержание не только гомеостатического состояния, но и на гомеорезис. Адаптации осуществляются не только на видовом уровне, но и на биогеоценологическом, что выражается в соотношении систематических групп и жизненных форм водорослей в определенных типах ландшафтов, в специфике их пространственно-функциональной организации и в формировании флороценологических комплексов.

Наиболее жесткими условиями характеризуется Чуйский высокогорный степной округ, в котором особенно выделяется в этом отношении Чуйский степной район по сравнению с Курайским. В Чуйском степном районе обнаружено 58 видов и внутривидовых таксонов водорослей, а в Курайском – 85. Косвенным доказательством экстремальности условий среды может служить соотношение синезеленых и зеленых водорослей (показатель аридности), который для всего округа составляет 2,8:1. Этот показатель весьма близок к таковому для пустынных регионов Сахаро-Синдской подобласти (Новичкова-Иванова, 1980) и еще более ярко отражает большую суровость условий в Чуйском районе по сравнению с Курайским. Коэффициент аридности для районов составляет 3,7 и 2,3 соответственно. О бедности флор может свидетельствовать отношение числа семейств к числу родов, выраженное в процентах. В Чуйском районе этот показатель составляет 85,7, а в Курайском – 57,8. Отношение числа семейств к числу видов 51,7% против 30,6% соответственно. Коэффициент ранговой корреляции (тау-коэффициент) структуры альгофлор двух геоботанических районов составляет 0,61 и может свидетельствовать о генетическом родстве, позволяющем относить их к одному геоботаническому округу. Видовой состав обнаруженных в этом округе почвенных водорослей относительно беден (табл. 1).

Таблица 1

Таксономическая структура альгофлоры Чуйского степного округа

Таксон	<i>Cyanophyta</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Xantophyta</i>	<i>Bacillariophyta</i>	<i>Euglenophyta</i>	Всего
Класс	3	1	4	2	1	11
Порядок	5	4	5	2	1	17
Сем-во	10	7	7	5	1	30
Род	19	13	12	9	1	54
Вид	59	21	20	12	2	114

Долевое участие одновидовых родов в сложении альгофлоры лежит в интервале от 64,4% в Курайском степном районе до 68,6% – в Чуйском районе. Малая родовая насыщенность видами свидетельствует об аллохтонном пути формирования альгофлоры этого высокогорного округа. Десять ведущих семейств объединяет 78,9% всей флоры (табл. 2), что характерно для высокогорных флор. Кроме того, в спектр ведущих пяти семейств, входит семейство *Schizotrichaceae*, характерное для экстремальных условий среды.

Таким образом, вся внутренняя организованность альгофлоры с одной стороны является индикационным признаком, а с другой – свидетельствует о целом комплексе адаптации, гораздо более высокого ранга, чем только видовой уровень.

Таблица 2

Спектр ведущих семейств альгофлоры исследованных геоботанических округов

Семейство	Чуйский высокогорный степной округ			Телецко-Западно-Саянский хвойно-лесной округ		
	число видов	место	%	число видов	место	%
<i>Oscillatoriaceae</i>	30	1	26,3	42	1	30,2
<i>Pleurochloridaceae</i>	12	2	10,5	19	2	13,7
<i>Naviculaceae</i>	8	3	7,0	7	4–5	5,0
<i>Schizothrichaceae</i>	6	4	5,3	7	4–5	5,0
<i>Chlamydomonadaceae</i>	5	5–6	4,4	14	3	10,1
<i>Gloeocapsaceae</i>	5	5–6	4,4	–	–	–
<i>Nitzschaceae</i>	–	–	–	6	6	4,3
<i>Nostocaceae</i>	4	7–12	3,5	5	7–9	3,6
<i>Ulotrichaceae</i>	4	7–12	3,5	5	7–9	3,6
<i>Neochloridaceae</i>				5	7–9	3,6
<i>Chlorococcaceae</i>	4	7–12	3,5	4	10–12	2,9
<i>Microcystidaceae</i>	4	7–12	3,5			
<i>Coccolobactraceae</i>	4	7–12	3,5			
<i>Heterotrichaceae</i>				4	10–12	2,9
<i>Chlorellaceae</i>				4	10–12	2,9
<i>Oocystaceae</i>	4	7–12	3,5			
Всего	90		78,9%	122		87,8%

Альгологические исследования в пределах дельтового и лесного профилей долины реки Тевенек При-телецкой части Алтайского государственного заповедника выявили 139 видов, разновидностей и форм почвенных водорослей (табл. 3).

Таблица 3

Таксономическая структура альгофлоры Телецко-Западно-Саянского хвойно-лесного округа

Таксон	<i>Cyanophyta</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Xantophyta</i>	<i>Bacillariophyta</i>	Всего
Класс	2	1	1	1	5
Порядок	3	7	2	2	14
Сем-во	5	11	3	2	21
Род	10	16	10	4	40
Вид	59	39	28	13	139

Отношение числа семейств к числу родов и видов составляют 52,5% и 15,1% соответственно, а долевое участие одновидовых родов – 40% (16 родов).

Экологические условия этого района полностью противоположны тем, которые характерны для степей юго-восточного Алтая. Тем не менее, в пределах этих профилей, на относительно небольшом их протяжении, условия меняются довольно резко. Впадая в озеро, река образует дельту. Это открытое место с несформированным почвенным профилем, резким перепадом суточных температур, перманентным увлажнением и пионерными группировками высших растений. Дальше от озера (300–400 м от дельты) почвенные альгогруппировки формируются в условиях лесных фитоценозов с благоприятным режимом увлажнения и щадящими температурами.

В зависимости от удаленности от акватории озера абсолютно противоположно меняется вклад представителей отделов *Cyanophyta* и *Chlorophyta*. Ближе к воде, в условиях дельты их долевое участие составляет 53% и 23% соответственно. Между тем, в почвах лесных фитоценозов уже 21% и 40% соответственно. Общую картину усиливают виды отдела *Xantophyta*, их вклад возрастает от дельты к лесным фитоценозам с 15% до 27% соответственно. Отдел диатомовых водорослей представлен 10–11%, что вообще характерно для почвенных альгогруппировок.

Анализ альгофлоры двух регионов горного Алтая северо-восточного хвойно-лесного и юго-восточного степного позволяет сделать определенное заключение. Несмотря на разность гипсометрических отметок, особенностей климата, альгофлору того и другого регионов роднит ее горный характер, о чем свидетельствует высокий процент включения видов в головной спектр ведущих семейств (Пивоварова, 1988). Он колеблется в пределах 78,9% для Чуйского высокогорного степного округа и 87,8% – для Телецко-Западно-Саянского хвойно-лесного округа. Первые пять семейств головного спектра обнаруживают явное сходство (табл. 2).

Преобладание семейства *Oscillatoriaceae* является, в первую очередь, следствием доминирования отдела *Cyanophyta* в альгофлоре исследуемых округов. Кроме того, виды данного семейства способны осваивать подвижный песчано-каменистый субстрат, и хорошо приспособлены к экстремальным условиям несформированных речных и песчаных степных почв (Гаель, Штина, 1974). Между тем, экологическая характеристика видов цианобактерий исследуемых округов отличается. В альгогруппировках почв долины реки Тевенек выявлены виды, формы и разновидности, относящиеся к гидроморфным и амфибионтным группам, приуроченным к увлажненным речным субстратам и лесным почвам, с благоприятным режимом влажности.

Спектр ведущих семейств альгофлоры Телецко-Западно-Саянского хвойно-лесного округа отличается от спектра Чуйского высокогорного степного округа наличием семейств *Nitzschiaceae* (4,3%), *Chlorellaceae* (2,9%), *Heterotrichaceae* (2,9%). Виды этих семейств предпочитают почвы с благоприятным гидротермическим режимом. Такие условия формируются в почвах лесных экосистем северо-восточного Алтая.

Наличие в головном спектре семейств *Pleurochloridaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Naviculaceae*, как считает М.В. Гецен (1985), характеризует голарктический характер флоры. Даже в головном спектре явно прослеживается малая видовая насыщенность семейств видами. Высокое положение в семейственном спектре *Schizothricaceae* подчеркивает относительно суровые экологические условия, в которых сформировалась флора водорослей. Не менее показательным является наполняемость родов видами. Для альгофлоры Телецко-Западно-Саянского хвойно-лесного округа отмечено 40% одновидовых родов. Однако для альгофлоры Чуйского высокогорного степного округа этот показатель в 1,7 раза выше и составляет 68%. Именно альгофлору этого геоботанического округа можно считать аллохтонной. Кстати, А.В. Калинина еще в 1948 г. указывала на политопный характер происхождения флоры высших растений Чуйской степи, сложившейся из иммигрантов монгольской, сибирской и туркестанской флор. Доказательством того, что альгофлора Чуйского высокогорного степного округа подпитывалась иммигрантами, является наличие порядка 11% общих видов с альгофлорой монгольских степей.

Таким образом, исследования почвенной альгофлоры северо-восточного и юго-восточного регионов Горного Алтая позволяют утверждать, что эта флора носит горный характер и ее формирование подчиняется, как и флоры высших растений, принципам высотной поясности. Это подтверждается соотношением отделов водорослей, спектром ведущих семейств. Относительно большое доленое участие одновидовых родов косвенно подтверждает аллохтонный характер альгофлор. Вместе с тем, своеобразные климатические особенности того или иного округа накладывают отпечаток на формирование альгофлор каждого из округов. Подтверждением этого является показатель аридности, который для Чуйского степного округа составляет 2,8:1, а для Телецко-Западно-Саянского хвойно-лесного округа – 1,5:1.

Литература

- Гаель А.Г., Штина Э.А. Водоросли на песках аридных областей и их роль в формировании почв // Почвоведение. 1974. № 6. С. 67–75.
- Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л., 1985. 168 с.
- Калинина А.В. Растительность Чуйской степи на Алтае // Геоботаника. 1948. Вып. 5. С. 273–310.
- Лавренко Е.М. Степи Евразийской степной области, их география, динамика и история // Вопросы ботаники. М. – Л., 1954. Вып. 1. С. 157–173.
- Новичкова-Иванова Л.Н. Почвенные водоросли фитоценозов Сахаро-Гобийской пустынной области. Л., 1980. 255 с.
- Пивоварова Ж.Ф. Почвенные водоросли горных степей Азиатской части СССР: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Л., 1988. 32 с.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ОБИ

Романов Р.Е.

Новосибирск, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН

Таксономический состав и структура сообщества как традиционно используемые показатели внутренней структурной и функциональной дифференциации экосистем (Coesel, 2001) отличаются большей инвариантностью, по сравнению с другими параметрами их состояния, и, следовательно, приоритетной индикаторной значимостью для оценки направления и скорости эволюции (сукцессии) экосистем, а также их типизации. Это позволяет использовать их для характеристики базовой, то есть наиболее стабильной, пространственной неоднородности экосистемы.

Речная система Оби – одна из крупнейших речных систем Евразии. Большая часть водосборного бассейна р. Оби расположена в пределах Западно-Сибирской низменности, для которой характерна физико-географическая зональность, выраженная в последовательной смене географических зон в направлении с юга на север. В целом, это речная система с относительно слабо зарегулированным стоком, ее основная часть образована равнинными водотоками. Рассматриваемые особенности географического положения бассейна р. Оби проявляются в том, что разные участки этой речной системы формируются в существенно различающихся условиях среды, а система в целом характеризуется значительной пространственной неоднородностью. Следовательно, речную систему Оби можно рассматривать как уникальный модельный объект для изучения пространственной организации фитопланктона крупной речной системы на основе его таксономического состава. Для многих водотоков, образующих речную систему Оби, имеются необходимые для такого анализа исходные литературные и оригинальные сведения о таксономическом составе фитопланктона. Это является необходимым условием для применения такого подхода и оказалось решающим критерием при выборе объекта исследования.

Для выявления пространственной неоднородности таксономического состава фитопланктона речной системы Оби были использованы данные по 19 различным равнинным участкам: притоки Верхней Оби – реки Барнаулка и Большая Лосиха (ориг. данные), р. Томь (Науменко, 1993), притоки Средней Оби – реки Чулым (Науменко, 1991), Чая (Науменко, 1994), Парабель (Науменко, 1999), Тым (Науменко, 1994), Вах (Науменко, 2001), притоки Нижней Оби – реки Сыня, Войкар, Сось (Экологическое состояние..., 2002), Лонготъеган, Щучья (Экологическое состояние..., 2005), притоки Нижнего Иртыша – реки Демьянка (Науменко, 1988б) и Конда (Науменко, 1988а), а также Верхняя, Средняя и Нижняя Обь (Науменко, 1995), Средний Иртыш (Баженова, 2005). То есть, для сравнения был использован таксономический состав фитопланктона нижнего течения притоков р. Оби первого и второго порядков, а также различных участков главной реки одной из крупнейших речных систем Евразии и ее наиболее крупного притока р. Иртыша.

Сравнение проводили на уровне видов, разновидностей и форм, при этом не учитывали водоросли, идентифицированные до родов. Для обеспечения сопоставимости исходных данных придерживались одинаковой и широкой трактовки объема таксонов (Шмидт, 1980). Таксономический состав фитопланктона различных участков речной системы Оби был сопоставлен с использованием симметричных мер сходства (индекс Сёрнсена-Чекановского). На основе матрицы значений последнего способом «максимального корреляционного пути» построены дендриты (Шмидт, 1980). На результатах сравнения, безусловно, отразились такие субъективные факторы как эффект наблюдателя и разная степень изученности, обуславливающая различную репрезентативность списков. Тем не менее, можно предположить, что их роль ниже объективных факторов и полученные данные характеризуют базовую пространственную неоднородность фитопланктона и условий среды крупной речной системы Евразии.

Дендрит, отражающий сходство таксономического состава фитопланктона различных участков речной системы Оби (рис.), лишь при низких значениях коэффициента (0,41) является цельным. При повышении порога до 0,5 можно различить три группы участков: 1 – притоки Верхней Оби, 2 – р. Томь, Средняя Обь, притоки Средней Оби (исключая р. Тым) и Нижнего Иртыша, 3 – притоки Нижней Оби, за исключением р. Щучья – наиболее крупного северного левобережного притока этого участка Оби. Водосборные бассейны притоков Средней Оби сильно заболочены, сравниваемые притоки Нижней Оби формируют сток на восточном склоне Полярного Урала. Наиболее близки по составу фитопланктона ($K_{sc} > 0,6$) участки речной сети Оби в четырех группах: 1 – притоки Верхней Оби, 2 – Средняя и Нижняя Обь, 3 – реки Томь, Чулым, Парабель, Демьянка, Конда, Вах, 3 – реки Сось и Лонготъеган. Последовательность связи вершин дендрита в значительной степени отражает расположение сравниваемых участков речной системы Оби в пространстве в направлении с юга на север. Значительное сходство таксономического состава фитопланктона притоков Нижнего Иртыша – нижнего течения рек Тобол, Демьянка, Конда было показано ранее ($K_{sc} = 0,6$; Науменко, 1988а).

Результаты сравнения свидетельствуют о значительной пространственной неоднородности речной системы Верхней, Средней и Нижней Оби и об преимущественно более высоком сходстве водотоков внутри этих участков речной сети Оби по таксономическому составу фитопланктона. Необходимо отметить большее сходство Нижней Оби со Средней Обью по сравнению с притоками первого участка. Наибольшее сходство таксономического состава фитопланктона демонстрируют водотоки бассейна р. Оби, формирующие свой сток в одной и той же физико-географической подзоне умеренных широт. Это отражает сходство ведущих факторов окружающей среды и может свидетельствовать о большей зависимости состава фитопланктона равнинных рек от зональных экологических факторов, по сравнению с глобальными и локальными. Зональность таксономического состава и структуры альгофлоры и альгоценозов водоемов и водотоков водосборного бассейна р. Оби была продемонстрирована ранее (Попова, 1964; Сафонова, 1987).

Автор благодарен В.В. Кириллову (ИВЭП СО РАН, г. Барнаул) за ценное обсуждение идеи данной работы.

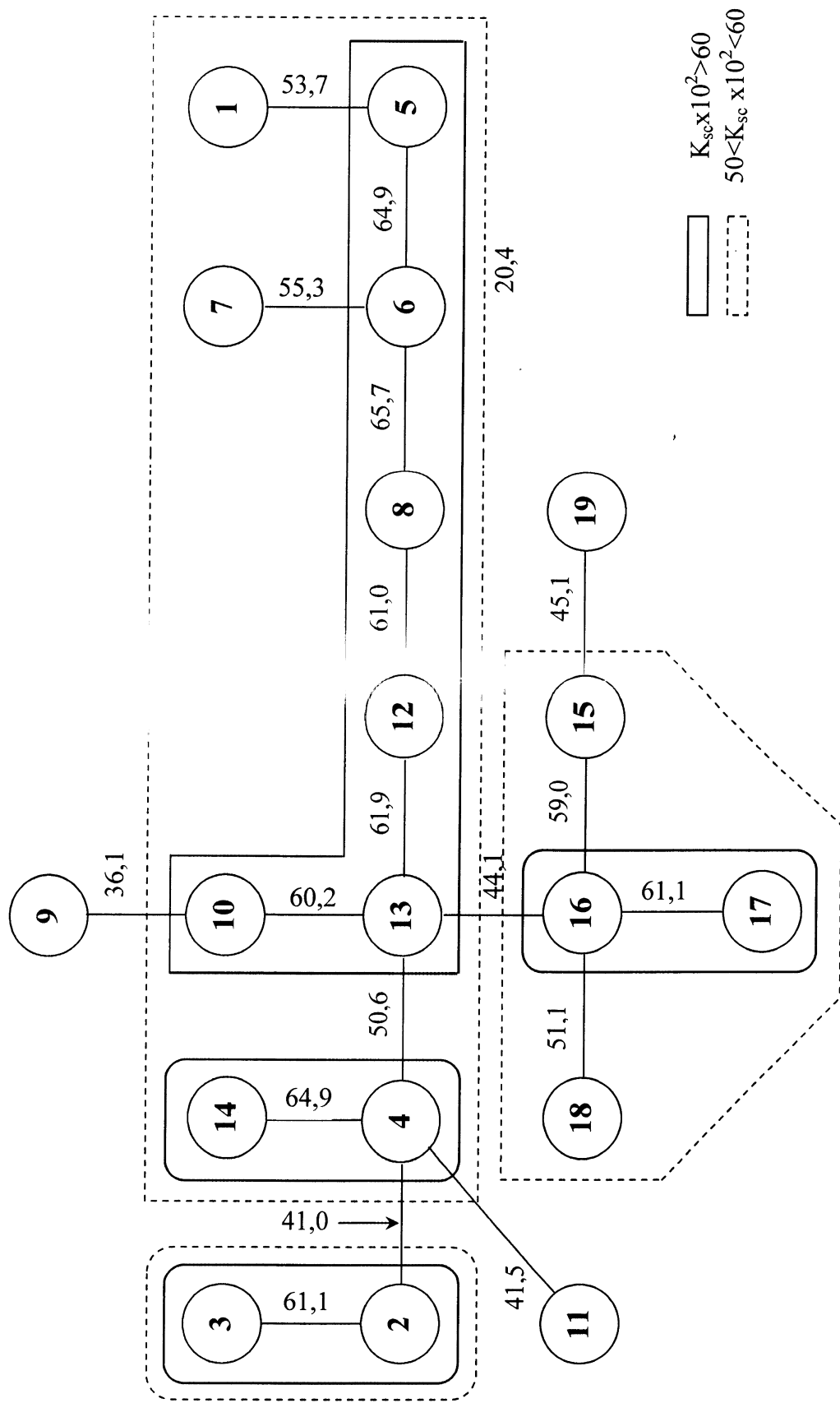


Рис. Дендрит, отражающий сходство таксономического состава фитопланктона различных участков речной системы Оби на основе коэффициента Сёрсенена-Чекановского ($K_{sc} \times 10^2$).

Условные обозначения: 1 – Верхняя Обь, 2 – р. Барнаулка, 3 – р. Большая Лосиха, 4 – Средняя Обь, 5 – р. Томь, 6 – р. Чулым, 7 – р. Чай, 8 – р. Парабель, 9 – р. Тым, 10 – р. Вах, 11 – Средний Иртыш, 12 – р. Демьянка, 13 – р. Конда, 14 – Нижняя Обь, 15 – р. Сыня, 16 – р. Войкар, 17 – р. Соби, 18 – р. Лонготъган, 19 – р. Щучья. Нумерация участков речной системы отражает их положение в пространстве

Литература

- Баженова О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. Омск, 2005. 248 с.
- Науменко Ю.В. Видовой состав фитопланктона р. Чулым и его анализ // Сиб. биол. журн. 1991. Вып. 2. С. 28–34.
- Науменко Ю.В. Водоросли планктона реки Вах (Западная Сибирь) // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Барнаул, 2001. Вып. 7. С. 43–49.
- Науменко Ю.В. Водоросли рек Тым и Чая (бассейн реки Оби) // Бот. журн. 1994. Т. 79, № 11. С. 24–29.
- Науменко Ю.В. Водоросли реки Парабель (Томская область) // Флора и растительность Алтая. Барнаул, 1999. № 4(1). С. 5–10.
- Науменко Ю.В. Водоросли фитопланктона реки Оби. Препринт. Новосибирск, 1995. 56 с.
- Науменко Ю.В. Новые данные о видовом составе водорослей р. Томь // Сиб. биологич. журн. 1993. Вып. 5. С. 67–73.
- Науменко Ю.В. Фитопланктон реки Конды // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1988а. № 14, вып. 2. С. 66–71.
- Науменко Ю.В. Характеристика состава фитопланктона реки Демьянки // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1988б. № 20, вып. 3. С. 48–52.
- Попова Т.Г. Опыт характеристики водорослевого населения водоемов Западной Сибири по широтным зонам // Водоросли и грибы Западной Сибири. Новосибирск, 1964. Ч. 1. С. 21–34.
- Сафонова Т.А. Эвгленовые водоросли Западной Сибири. Новосибирск, 1987. 191 с.
- Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л., 1980. 176 с.
- Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Сыня, Войкар, Сось) / В.Д. Богданов, Е.Н. Богданова, О.А. Госькова и др. Екатеринбург, 2002. 136 с.
- Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Харбей, Лонготъеган, Щучья) / В.Д. Богданов, Е.Н. Богданова, О.А. Госькова и др. Екатеринбург, 2005. 236 с.
- Coesel P.F.M. A method for quantifying conservation value in lentic freshwater habitats using desmids as indicator organism // Biodiversity and conservation. 2001. №10. P. 177-187.

АКТИВИЗАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У *FUCUS VESICULOSUS* (L.) БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПРИ ПРОИЗРАСТАНИИ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОДЫ

Рыжик И.В., Макаров М.В.

Мурманск, Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН

Проблема влияния факторов внешней среды на активность физиологических процессов всегда привлекала внимание исследователей. Особенно острой она стала в настоящее время в связи с увеличивающимся антропогенным загрязнением и изменением климатических условий. Развивающееся новое направление марикультуры – санитарная марикультура, при которой водоросли используются для очистки водоемов от загрязняющих веществ, также требует досконального изучения физиологических процессов.

Цель данного исследования – определить изменения активности физиологических процессов литоральной бурой водоросли *Fucus vesiculosus* при произрастании на искусственном субстрате без привычного для данного вида осушения во время отлива.

Материалы и методы.

В апреле 2007 года 2–3-летние талломы бурой водоросли *Fucus vesiculosus*, собранные на литорали губы Дальнезеленецкая Баренцева моря (69° с.ш. 36° в.д.), были закреплены на полипропиленовых канатах диаметром 10 мм, размещенных на поверхности воды с помощью системы якорей и наплавов. Одиночные растения вплетались в канат на расстоянии 10 см друг от друга. Расстояние между естественными зарослями и искусственным субстратом составляло около 50 м.

В начале (апрель), середине (июль) и конце эксперимента (октябрь) у растений подсчитывали количество дихотомических ветвлений, измеряли длину и массу талломов. У разновозрастных участков таллома (апикальная, средняя части) определяли интенсивность фотосинтеза (при освещенности 90 Вт/м²) и дыхания (методом Винклера и с использованием термооксиметра AQUA-OXY (АО ТРЕНГ, Эстония)), метаболическую активность (МТТ-тест, модифицированный метод, Wan-Chun Chang *et. al.*, 1999). По окончании эксперимента был проведен анализ изменения содержания сухого вещества, удельной поверхности, а также количества и состава фотосинтетических пигментов (Ли, 1978). Контролем являлись растения, произрастающие в естественных зарослях на литорали.

Результаты

Скорость роста растений, произраставших на искусственном субстрате в поверхностном слое воды, была значительно выше. За весенне-летний период (когда скорость роста водорослей наибольшая) длина растений, закрепленных на искусственном субстрате увеличилась в среднем на 3 см и масса на 14 г, в то время как прирост длины растений из природных зарослей составил в среднем 1,4 см и массы на 9 г.

Удельная площадь (отношение площади поверхности к ее массе) растений, закрепленных на искусственном субстрате, также увеличилась по сравнению с растениями из природных зарослей. И хотя в течение весенне-осеннего

периода увеличение удельной поверхности является естественным процессом, данный параметр у растений, постоянно находящихся в воде, оказывается достоверно выше. Кроме того, изменчивость удельной поверхности (стандартное отклонение) растений, произраставших на искусственном субстрате, гораздо ниже, чем в естественных зарослях (5.3% на искусственном субстрате и 8.5% и 9.1% в естественных зарослях в апреле и октябре соответственно).

Содержание сухого вещества в октябре месяце у *Fucus vesiculosus*, произраставших на искусственном субстрате, оказалось ниже, чем у растений из естественных зарослей. Это свидетельствует о большем обводнении растений, произраставших на искусственном субстрате, возможно вследствие постоянного нахождения в воде. Однако увеличение удельной поверхности показывает превышение скорости роста площади поверхности над скоростью прироста сырой массы.

В связи с тем, что таллом фукусовых водорослей является многолетним образованием, наблюдаются различия в уровне метаболической активности (МА), интенсивности фотосинтеза и дыхания разновозрастных участков таллома (апикальная и средняя части). Исследование показало, что у *Fucus vesiculosus*, произраставших в естественных условиях, МА средней, более старой части, в 2 раза ниже, чем апикальной. У растений, перенесенных на искусственный субстрат, МА апикальной части остается на том же уровне, а средней части увеличивается (рис. 1), что вызывает повышение МА таллома в целом.

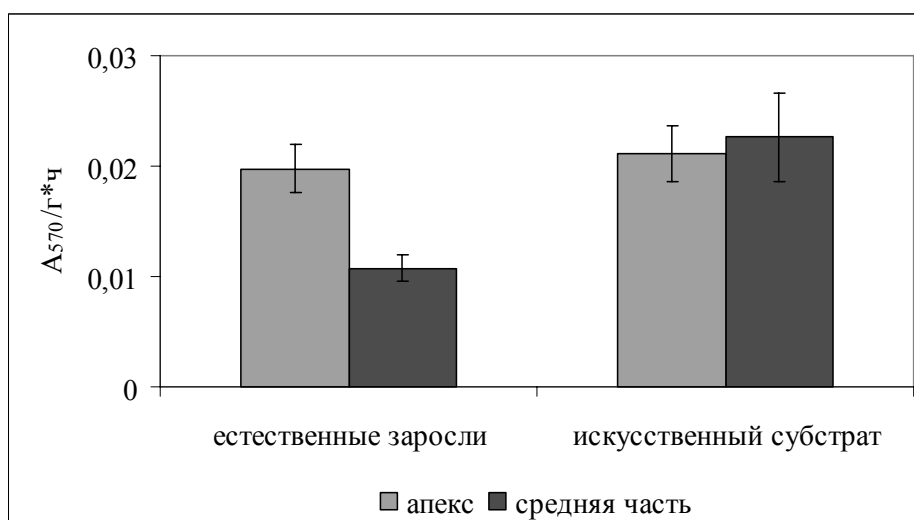


Рис. 1. Метаболическая активность тканей *Fucus vesiculosus* (средняя ± станд. откл)

Количество фотосинтетических пигментов в расчете на площадь и на массу (рис. 2), также выше у *Fucus vesiculosus*, произраставших на искусственном субстрате, хотя соотношение суммы каротиноидов к сумме хлорофиллов не изменилось.

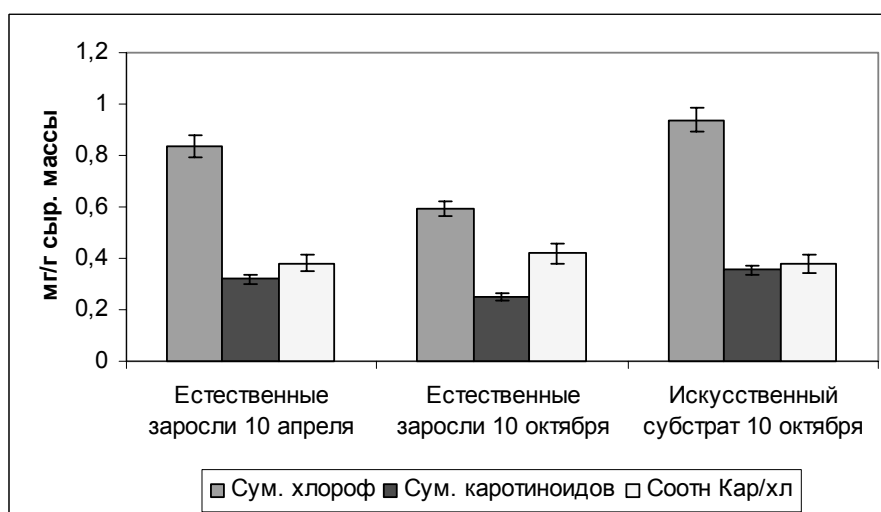


Рис. 2. Количество и соотношение фотосинтетических пигментов *Fucus vesiculosus* (средняя ± станд. откл).

Вероятно, вследствие повышенного содержания фотосинтетических пигментов и увеличения метаболической активности, у растений, перенесенных на искусственный субстрат и постоянно находившихся в воде, отмечалось увеличение интенсивности фотосинтеза и дыхания по сравнению с растениями из естественных зарослей (рис. 3).

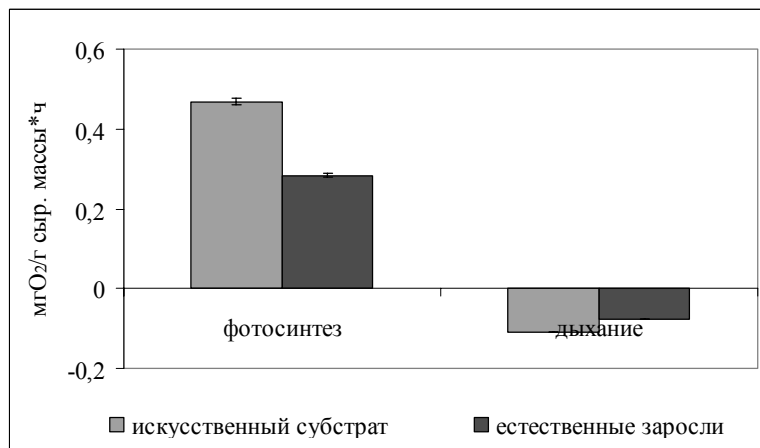


Рис. 3. Интенсивность фотосинтеза и дыхания *Fucus vesiculosus*

В лабораторных условиях при одинаковом уровне освещения интенсивность фотосинтеза литорально-го фукоида *Ascophyllum nodosum* на воздухе несколько выше, чем при нахождении растения в водной среде (Johnston, Raven; 1986). Однако в природе, во время осушения растений при отливе, наблюдается самозатенение растений и ограничение доступного CO₂, что снижает интенсивность общего фотосинтеза.

Произрастание растений на искусственном субстрате в толще воды приводит к изменению многих факторов, оказывающих влияние на литоральные водоросли. Это не только отсутствие осушения во время отлива, но и изменение светового режима (освещенность снижается, но практически отсутствует самозатенение вследствие расправления растений в толще воды и рассеяния направленного света). Увеличивается время нахождения в воде и интенсивность движения воды. Соответственно, повышается приток питательных веществ и отток метаболитов. Данный эффект усиливается еще и увеличением удельной площади растений. Проявление влияния данных факторов выражается в увеличении метаболической активности и скорости роста *Fucus vesiculosus*.

Литература

- Ли Б.Д. Разделение, идентификация и количественное определение фотосинтетических пигментов макробентосных водорослей // Экологические аспекты фотосинтеза морских растений. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 38–54.
- Johnston A., Raven J. The analysis of Photosynthesis in air and water of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. // Oecologia. 1986. V. 69. P. 288–295
- Chang W., Chen M., Lee T. 2.3.5–Triphenyltetrasolium reduction in the viability assay of *Ulva fasciata* (Chlorophyta) in response to salinity stress // Bot. Bull. Acad. Sin. 1999. Vol. 40. P. 207–212.

ОСОБЕННОСТИ АЛЬГОФЛОРЫ ИЗВАРСКИХ ОЗЕР

Станиславская Е.В.

Санкт-Петербург, Институт озероведения РАН

В июне-июле 2003 и 2006 гг. было проведено обследование альгофлоры реки Изварки и Изварских озер, находящихся на территории музея-усадьбы Н.К. Рериха и входящих в состав его садово-паркового комплекса.

Изучались водоросли различных экологических группировок: фитопланктон, перифитон, микрофитобентос и мезофитон. Целью работы было определение видового состава и разнообразия этих группировок, выявление массовых видов, оценка эколого-географических особенностей исследованной альгофлоры. Следует отметить, что ранее эти водоемы в альгологическом отношении не изучались.

Усадьба К.Н. Рериха расположена в пос. Извара Волосовского района Ленинградской области. В систему Изварских водоемов входят два озера (Большое и Малое), соединенные между собой протокой, и

вытекающая из них река Изварка. Эти водоемы относятся к гидрографическому бассейну реки Луги, которая, в свою очередь, впадает в Финский залив. Водоемы и водоток, расположен на территории с особым геологическим строением, которое определяется наличием ледниковых отложений, подстилаемых среднедевонскими или среднеордовикскими известковыми породами. Озера имеют довольно сложную конфигурацию, мелководны, имеют места выхода родниковых вод, что определяет достаточно низкую температуру воды в них на протяжении всего вегетационного сезона. В них, с одной стороны можно выделить зоны повышенной динамики вод (ключи, протока из одного озера в другое с быстрым течением), с другой – существование застойных зон (вся центральная часть озер), в которых происходит накопление большого количества органических веществ. Все это создает условия для гетерогенного пространственного распределения водорослей по акватории исследуемых водоемов. Подстилающие известковые породы определяют высокую минерализацию воды (до 500 мг/л), повышенное содержание гидрокарбонатов (до 400 мг/л) и относительно высокую жесткость воды. Среди особенностей гидрохимического режима водоемов можно также отметить высокие концентрации аммонийного и нитратного азота, которые изменялись от 0,2–0,7 мг/л и от 20–45 мг/л соответственно.

В составе альгоценозов исследованных водоемов обнаружено 116 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 8 отделам. По таксономическим отделам они распределялись следующим образом: *Cyanophyta* – 13, *Euglenophyta* – 2, *Crysoophyta* – 1, *Cryptophyta* – 4, *Dinophyta* – 1, *Bacillariophyta* – 71, *Chlorophyta* – 22, *Xanthophyta* – 2.

По количеству видов во всех сообществах преобладали диатомовые водоросли (61%). Они представлены 14 родами, в основном, пенистых диатомей, из которых наиболее разнообразны были роды *Gomphonema* (9), *Fragilaria* (9), *Nitzschia* (8), *Navicula* (6), *Pinnularia* (5), *Achnanthes* (5). Большая часть обнаруженных видов являются типичными бентосными и перифитонными организмами. Среди них заметного развития достигали *Fragilaria capucina* Desm., *F. construens* (Ehr.) Grun., *F. pinnata* Ehr., *F. leptostauron* (Ehr.) Hust., *Diatoma mesodon* (Ehr.) Grun., *Navicula protracta* (Grun.) Cl., *Pinnularia viridis* var. *elliptica* Meist., *Gomphonema intricatum* Kütz., *G. olivaceum* var. *minutissima* Hust., которые встречались в перифитоне и микрофитобентосе исследованных водоемов. Во всех водорослевых группировках массового развития достигали холодолюбивые диатомей *Meridion circulare* Ag. и *Diatoma vulgare* var. *productum* Grun. На дне водоемов в составе микрофитобентоса были обнаружены виды родов *Amphora*, *Pinnularia*, *Cymatopleura* и *Surirella*, предпочитающие щелочные, высокоминерализованные воды. Из них часто встречались *Amphora libyca* Ehr., *Pinnularia viridis* var. *sudetica* (Hilse) Hilse, *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm и *Surirella splendida* (Ehr.) Kütz.

Менее разнообразны по числу видов были зеленые водоросли (19%), хотя по количественному развитию этот отдел явно преобладал. Всего было определено 8 родов, которые не отличались высокой видовой насыщенностью. Особенностью альгофлоры исследованных водоемов было слабое развитие хлорококковых и десмидиевых водорослей, которые, как правило, в массе встречаются в водоемах различных типов (Трифонов, 1990). По количеству видов лидировали улотриковые водоросли из родов *Ulothrix*, *Microspora*, *Stigeoclonium*, которые определяли основную массу мезофитона, развивающегося в водоемах. В Малом озере преобладали *Ulothrix tenuissima* Kütz., *Ulothrix moniliformis* Kütz., *Stigeoclonium libricum* (Dillw.) Kütz. В оз. Большом, напротив, в массе встречались *Microspora amoena* (Kütz.) Rabenh., *Mougeotia* sp., *Zygnema* sp. а также *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Особый состав мезофитона был выделен в районе ключей у Форелевой башни, где преобладала *Chaetophora elegans* (Roth.) Ag., которая предпочитает чистые воды. В реке Изварке основные скопления водорослей были образованы видами из рода *Spirogyra*.

Синезеленые водоросли в составе альгоценозов были еще менее разнообразны, они составляли 11% от общего количества встреченных видов. В планктоне массовыми были виды родов *Microcystis*, *Gloeocapsa* и *Woronichinia*. Во всех биотопах встречались виды из рода *Oscillatoria*. Наиболее распространенной из них была *Oscillatoria limosa* Ag., которая характерна для многих эвтрофных водоемов Северо-Запада России и является показателем сильного органического загрязнения. В составе перифитона наиболее значительную роль играли виды рода *Calothrix*. В зарослях зеленых нитчатых водорослей развивались *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm., *Lyngbya martensiana* Menegh ex Gom., а у родников, более был развит *Tolypothrix distorta* (Fl. Dan) Kütz.

Криптофитовые, эвгленовые, желто-зеленые и золотистые водоросли немногочисленны, однако большинство из них являются видами индикаторами определенных сапробных условий, и присутствие их в различных альгоценозах было очень показательным. Среди эвгленовых водорослей выделялся полисапроб *Euglena proxima* Dang., который в массовых количествах развивалась в планктоне и бентосе центральной части Большого озера. Желто-зеленые водоросли были представлены видами рода *Tribonema*, которые встречались во всех исследованных водоемах и отличались относительно высоким количественным развитием.

Сведения о географическом распространении водорослей имелись для 96 видов. Как и в большинстве водоемов Северо-Запада, в альгофлоре преобладали космополиты, которые составляли 80% от известных видов. Бореальные виды составляли 14%. Среди них массового развития достигали *D. vulgare* var. *productum*, *Fragilaria leptostauron*, *F. pinnata* var. *lancettula* (Schum.) Hust., *Pinnularia viridis* var. *elliptica*, которые развивались во всех экологических группировках. Аркто-альпийских и голарктических видов было значительно меньше, из них к доминирующим видам относились *Microspora elegans* Hansg., *Lyngbya kuetzingii* Schmidle, *Pinnularia viridis* var. *sudetica*.

По отношению к солености воды, согласно классификации Кольбе (Прошкина-Лавренко, 1953), все найденные виды являлись пресноводными (олигогалобы), большая часть которых относилась к индифферентам, составляющим 75% от всех видов с известной характеристикой. Высокая минерализация вод озер определяла относительно большое количество галофилов (12%), тогда как галофобы составляли всего 5,5%. Для альгофлоры этих водоемов характерно также наличие мезогалобов и полигалобов, которые составляли 6%. Среди мезогалобов выделялась *Euglena proxima*, которая была массовым видом в планктоне и микрофитобентосе.

По отношению к активной реакции среды по шкале Хустеда (Давыдова, 1985), из 76 таксонов к индифферентам относились 28, к алкалифилам – 43, к ацидофилам – 3, к алкалибионтам – 2. Преобладание алкалифилов, среди которых большинство составляли диатомовые водоросли, связано с высокими величинами pH среды, которые формируются в исследуемых водоемах за счет высокой интенсивности фотосинтеза при массовом развитии зеленых нитчатых водорослей. Наиболее массовыми из алкалифилов были многие виды рода *Fragillaria*, *Amphora*, *Diatoma*, а также *Oscillatoria limosa*

По отношению к загрязнению органическими веществами выявлено 90 видов-индикаторов. Большинство из них относились к группе α - β , β - α , β -мезосапробов, составляя 45% от видов с известной характеристикой, что свидетельствует об умеренном загрязнении водоемов. Виды-показатели чистых вод (χ -сапробы, χ -олигосапробы, олигосапробы) составляли 30%. Среди них массовыми были *Meridion circulare*, *Diatoma mesodon*, *Fragilariforma virescens* Ralfs. Кроме того, в альгофлоре выявлены виды с широкой амплитудой значений сапробности (α -сапробы) (18%), которые в одних условиях могут выступать как показатели чистых, в других как индикаторы сильных загрязнений (Барина и др., 2006). Виды-индикаторы сильного органического загрязнения составляли 7% от видов с известной характеристикой. К ним относились такие виды как *Euglena proxima*, *Oscillatoria limosa*, *Stigeoclonium tenue* (Ag.) Kütz, *Nitzschia acicularis* W. Sm. В основном эти виды были сосредоточены в центральной части Большого озера, что характеризовало эту часть акватории озера как наиболее загрязненную. В краевых участках обоих озер, в местах выхода родников развивались, в основном, показатели чистых вод. Таким образом, в целом исследованные водоемы слабо загрязнены, особо выделялась центральная часть Большого озера, где загрязнение органическими веществами было наиболее сильным. В местах выхода родников вода озер была наиболее чистой.

Особенности альгофлоры связаны с морфологическими, гидрологическими и гидрохимическими особенностями изучаемых водоемов. К морфологическим особенностям водоемов можно отнести форму озерных котловин, которые в процессе эволюции озер привели к значительному снижению их глубины. В таких мелководных водоемах типичный планктон практически отсутствует, его образуют водоросли различной экологической ориентации. Так, в планктоне изученных озер среди массовых видов отмечались, в основном, перифитонные и бентосные формы. Таким образом, своеобразие исследованной альгофлоры определяется взаимным проникновением водорослей определенных экологических группировок в различные биотопы.

К гидрологическим особенностям водоемов можно отнести их низкую проточность, что приводит к застою явлениям и ухудшению условий существования организмов, а это в свою очередь снижает разнообразие и может способствовать развитию монодоминантных сообществ. Примером таких сообществ в Изварских озерах было массовое развитие нескольких видов зеленых нитчатых водорослей, которые образовывали значительные скопления по всей акватории водоемов. Столь активной вегетации нитчаток способствует также незначительная глубина исследуемых водоемов. В местообитаниях с быстрым течением (протока, соединяющая озера) можно было наблюдать максимальное видовое разнообразие водорослей. Наличие же в озерах действующих родников приводит к развитию редких холодолюбивых видов, которые также определяют своеобразие альгофлоры Изварских озер.

Высокая минерализация вод способствовала значительному развитию галофилов, мезогалобов и даже полигалобов. Повышенное содержание общего азота и его соединений благоприятствовало бурному развитию зеленых нитчатых водорослей. Их отмирание и разложение приводило к появлению в воде большого количества органических веществ, что обеспечивало массовое развитие эвгленовых водорослей, которые характерны для загрязненных вод. Кроме того, в водоемах отмечены относительно высокие величины pH среды, что, приводило к преобладанию во флоре алкалифильных видов.

Таким образом, своеобразие абиотических условий в исследованных водоемах приводило к формированию достаточно специфической альгофлоры, в которой сочетались чистоводные, холодолюбивые виды, предпочитающие повышенную минерализацию вод, с видами – индикаторами повышенных загрязнений и видами широкого температурного оптимума. Небольшие глубины определяют тесное смешение видов различных экологических группировок, а химизм воды делает возможным преобладание в альгофлоре галофилов и алкалифилов.

Литература

Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.

Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли-индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.

Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли – показатели солености воды // Диатомовый сборник. Л.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 187–205.

Трифонов И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 183 с.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ В ИСТОЧНИКАХ ГОРОДА ВОРКУТЫ (БАССЕЙН ПЕЧОРЫ)

Стенина А.А.

Сыктывкар, Институт биологии Коми научного центра УрО РАН

Источники (родники, ключи) являются одними из наименее изученных водных объектов в отношении водных растений, в том числе водорослей, это особенно относится к районам Крайнего Севера. В республике Коми широко распространены различные источники подземных вод: метановые, железистые, бромистые, сероводородные, минерализованные в разной степени, горячие источники и другие (Республика Коми, 1999). Они расположены в различных районах, но наиболее известны в бассейнах рек Вымь и Печора, особенно в Княжпогостском, Ухтинском, Усинском, Интинском районах. Химический состав воды некоторых скважин изучен, однако сведения о водорослях, играющих большую роль в формировании специфических сообществ в водоемах этого типа, единичны. Имеются данные лишь о ведущих видах диатомовых и синезеленых водорослей (Шабалина, 2005; Биоминералообразование..., 2007) в единичных источниках Ухтинского и Интинского районов. Цель настоящего сообщения – представить результаты исследования видового состава и структуры диатомовых комплексов в фитоперифитоне и эпипелоне пяти родников в бассейне реки Воркуты, которая является притоком реки Печоры второго порядка.

Обследованные родники расположены в городе Воркуте и его окрестностях, на берегах реки Воркуты и ее притоков. Два из них – сероводородные источники – находятся в центре города на берегу ручья Водный, три – в его окрестностях (поселки Северный и Цементнозаводский) на берегах рек Аячъяга и Воркута. Источники образуются в результате выхода пластово-трещинных подземных вод, их минерализация в Воркутинском районе колеблется в пределах 0,6–2,8 г/л (Лечебно-минеральные воды..., 1983). Вода, поступающая из карстованных известняков и доломитов, характеризуется как сульфатно-хлоридная с нейтральной или слабощелочной реакцией (рН 6,9–7,4). Сульфидные воды образуются в нижнекаменноугольных отложениях и содержат сероводород. Температура воды 3°C. Родники, находящиеся в центре города и в районе поселка Северный, используются местным населением как источники питьевой воды. Пробы фитоперифитона и эпипелона отобраны общепринятыми способами, диатомовые водоросли определены в постоянных препаратах, изготовленных с использованием среды Эляшева (Диатомовые..., 1974). Сходство состава диатомовых водорослей определено с помощью коэффициента Сьеренсена-Чекановского, выраженного в долях единицы.

Всего в пяти исследованных источниках выявлено к настоящему времени 47 видов с разновидностями и формами диатомовых водорослей из 12 родов, которые в соответствии с классификацией (Диатомовые..., 1988) относятся к 9 семействам, трем порядкам и двум классам. Разнообразие этой группы водорослей в данных водных объектах формируется главным образом за счет представителей трех широко распространенных семейств: *Naviculaceae* (16), *Bacillariaceae* и *Achnantheaceae* (по 8 таксонов); представители первого семейства составляет 34% и двух вторых – по 17% всего состава диатомовых водорослей. Остальные семейства малоразнообразны и включают от одного до трех таксонов. Отсутствие представителей семейств, относящихся к классу *Centrophyceae*, объясняется мелководностью исследованных источников, в которых нет соответствующего биотопа для развития фитопланктона. Необходимо отметить, что в составе диатомовых водорослей не представлены также семейства *Tabellariaceae* и *Eunotiaceae*, большинство видов которых предпочитают условия низкой минерализации воды. Не развиты также виды семейств *Epithemiaceae* и *Rhopalodiaceae*, что может объясняться отсутствием макрофитов в исследованных родниках. В родовом спектре выявленных диатомовых водорослей преобладают основные роды названных главных семейств – *Navicula* (15 таксонов, или 32%),

Nitzschia и *Achnanthes* (по 8 видов с внутривидовыми таксонами, или по 17%). Они формируют почти половину видового состава родниковой флоры диатомовых, остальные роды малоразнообразны.

Ведущие позиции таксонов высокого ранга находятся в соответствии с экологической структурой групп диатомовых по их приуроченности к местообитаниям. Выявленные водоросли представлены поровну как обитателями донных, так и эпифитных сообществ. Эти группы включают по 17 таксонов, или по 36%. Несколько меньшее количество (10 таксонов, или 17%) составляют виды, развивающиеся одинаково хорошо на дне водоемов и в обрастаниях разных субстратов. Остальные диатомеи представлены видами рода *Diatoma*, которые обитают как в планктоне, так и в бентосе, и видом *Meridion circulare*, обычно одинаково часто встречающимся в планктоне, перифитоне и фитобентосе.

В условиях повышенной солености воды почти половина видового состава диатомовых приходится на группы галофилов (20) и мезогалобов (2 таксона), которые составляют в совокупности 47%. Несколько меньше индифферентных по этому фактору видов (17, или 36%); галофобов мало (6 таксонов, или 13%), хотя в отдельных родниках некоторые из них достигают высокого обилия.

По отношению к pH наибольшую долю – 68% (17 таксонов) составляют диатомовые водоросли, предпочитающие слабощелочную и щелочную реакцию водной среды, что соответствует характеристике вод источников. Им значительно уступают виды-индифференты (8 таксонов, или 17%) и немногочисленные ацидофильные диатомеи (6 таксонов, или 13%).

Группа видов-индикаторов средней и сильной степени загрязнения воды источников легко окисляемыми органическими веществами (бета-, альфа-мезосапробы и промежуточные между ними группы) включает немногим более половины (24 таксона, 51%) выявленного состава диатомовых водорослей. Вдвое меньше количество толерантных видов (10 таксонов, 21%), развивающихся как в чистых, так и в загрязненных водах (бета-мезосапробы-олигосапробы и ксеносапробы-бета-мезосапробы). Немногочисленные виды-индикаторы чистых вод: ксеносапробы-олигосапробы и олигосапробы представлены всего пятью таксонами (11%), в отдельных родниках они встречаются с высоким обилием. Практически половина представителей диатомовых водорослей (49%) относится к видам-индикаторам эвтрофных, мезо-эвтрофных и мезотрофных условий. В совокупности они представлены 23 таксонами. Во всех экологических группах есть немногочисленные виды с неустановленным отношением к основным факторам водной среды.

Биогеографический анализ показал, что основную часть выявленной флоры составляют виды-космополиты (36 таксонов, или 76%). Значительно беднее две другие группы диатомовых водорослей: бореальная (6 таксонов, 13%) и аркто-альпийская (5 таксонов, 11%).

В источниках города Воркуты и окрестностей найдены виды, характеризующиеся как редкие и ограниченно распространенные: *Achnanthes lanceolata* ssp. *dubia* (Grun.) Lange-Bert., *A. linearis* var. *cryptocephala* Sheshukova, *A. marginulata* Grun., *A. subatomoides* (Hust.) Lange-Bert. et Archibald, *Eucocconeis ninckeii* (Guerm. et Mang.) Lange-Bert., *Cymbella reichardtii* Krammer, *Navicula indifferens* Hust., *N. incertata* Lange-Bert., *N. krasskei* Hust., *N. minuscula* Grun. var. *muralis* (Grun.) Lange-Bert., *Nitzschia gandersheimiensis* Krasske.

Наибольшая частота встречаемости в исследованных источниках (100%) характерна для шести видов. Среди них *Achnanthes lanceolata* (Bréb.) Grun. ssp. *lanceolata*, *A. minutissima* Kütz., *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh., *Meridion circulare* (Grev.) Ag., *Navicula minuscula* Grun. и *N. pelliculosa* (Bréb.) Hilse. Эти же виды входят в число основных, встречаясь с оценкой обилия не менее 3 баллов хотя бы в одном из водотоков.

Разнообразие диатомовых водорослей в источниках неоднородно. Наибольшее таксономическое богатство присуще альгоценозам одного из родников в окрестностях г. Воркуты с маленьким родниковым ручейком (33 вида с разновидностями из 10 родов и 8 семейств). В других источниках видовое богатство значительно ниже и колеблется в небольших пределах (11–17 видов с разновидностями, 6–8 родов, 5–8 семейств). Низким разнообразием диатомовых водорослей отличается эпилитон сероводородного источника, расположенного в центре города, в зоне рекреации. Единичные диатомеи были найдены и на камнях в маленьком ключе на скалистом берегу р. Воркуты.

Среди всех выявленных диатомовых 24 таксона с обилием 3–6 баллов по шестибальной шкале можно отнести к основным компонентам альгоценозов. Это в основном представители родов *Navicula* (7) и *Nitzschia* (6 таксонов) и в меньшей степени *Achnanthes* (4), *Cymbella*, *Gomphonema*, *Fragilaria* (по 2) и *Meridion* (1 таксон). В число доминантов с максимальным обилием входят виды почти всех перечисленных родов, кроме *Cymbella* и *Fragilaria*. Представители последних занимают место субдоминантов вместе с отдельными видами родов *Achnanthes*, *Navicula* и *Nitzschia*.

Сообщества водорослей образуются в исследованных источниках в виде пленок на поверхности ила и камней, а также обрастаний на нитчатых водорослях. В эпилитоне и эпипелоне сероводородных источников доминируют (оценка обилия 6 баллов) *Achnanthes minutissima*, *Navicula pelliculosa* и *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm. – индифферентные виды по отношению к содержанию солей в воде, два последних – алкалифилы. К числу субдоминантов (обилие 4–5 баллов) относятся *Cymbella reichardtii*, *Fragilaria vaucheriae*, *Navicula minuscula* и *Nitzschia communis* Rabenh. Им сопутствуют (обилие 3 балла) виды родов *Cymbella*, *Gomphonema*, *Navicula* и *Nitzschia*.

В эпифитоне остальных источников преобладают галлофил *Gomphonema angustatum* и индифферентные виды *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima*, *A. subatomoides*, *Meridion circulare*, *Navicula krasskei*, *N. pelliculosa*. К субдоминантам относятся *Cymbella minuta* Hilse, *Eucocconeis ninckei* (Guerm. et Mang.) Lange-Bert., *Achnanthes bioretii* Germ. и *A. marginulata* (по степени значимости). Среди сопутствующих отмечены виды родов *Gomphonema*, *Navicula* и *Nitzschia*.

Из числа видов, развитию которых благоприятны условия повышенной минерализации воды, нередко встречаются также галофилы *Fragilaria famelica* (Kütz.) Lange-Bert., *Navicula slesvicensis* Grun., *N. veneta* Kütz., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun. var. *parvulum*, *Nitzschia frustulum* (Kütz.) Grun. var. *frustulum*, *N. frustulum* var. *subsalina* Hust., *N. linearis* W. Sm. и мезогалобный вид *Navicula gregaria* Donk. Практически все основные виды являются алкалифилами и алкалибионтами. Многие из перечисленных видов доминирующего комплекса индицируют эвтрофные условия обитания.

Степень сходства как состава, так и доминирующих комплексов диатомовых водорослей в исследованных источниках небольшая, установленные значения коэффициента Сьеренсена-Чекановского ниже среднего и находятся в пределах 0.40–0.45. Общими являются 12 таксонов, из них один массовый вид – *Navicula pelliculosa* встречается во всех источниках.

Впервые полученные данные по составу диатомовых и особенностям их комплексов в холодных источниках бассейна р. Воркуты свидетельствуют о значительном разнообразии, специфике состава и экологической структуры этой группы водорослей в данном типе водных объектов, перспективных для дальнейших альгологических исследований.

Литература

- Биоинтералобразование на сероводородных источниках гряды Чернышева / Т.П. Митюшова, Е.Н. Патова, А.С. Стенина и др. // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров. Биоинтералогия: Матер. Междунар. IV семинара. Сыктывкар, 2007. С. 119–120.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т.1. Л., 1974. 403 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II, вып. 1. Л., 1988. 116 с.
- Лечебно-минеральные воды Тимано-Печорского территориально-производственного комплекса / Л.В. Мигунов, Ю.И. Зытнер, В.А. Дедеев и др. // Сер. препр. «Науч. докл.». Вып. 42. Сыктывкар, 1983. 40 с.
- Республика Коми: Энциклопедия. Т. 2. Сыктывкар, 1999. 573 с.
- Шабалина Ю.Н. Водоросли семейства *Fragilariaceae* (Kütz.) D. T. в водотоках Ухтинского района (Республика Коми) // Актуальные проблемы биологии и экологии: Матер. двенадцатой молод. науч. конф. Сыктывкар, 2005. С. 170–172.

ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ МАКРОВОДОРΟΣЛЕЙ АЗОВСКОГО, ЧЕРНОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ

Степаньян О.В.

Ростов-на-Дону, Азовский филиал ММБИ КНЦ РАН, Южный научный центр РАН

История флористических исследований южных морей России насчитывает более ста пятидесяти лет. Работы по изучению разнообразия морского фитобентоса были проведены в конце 19-го века К.Н. Декенбахом и Л.А. Ришави. В начале 20-го века Н.Н. Воронихин опубликовал первую сводку по флоре Черного моря. В дальнейшем исследования макробиотобентоса в Новороссийской и Севастопольской бухтах, у одесского и крымского побережья, в Азовском море проводили Л.И. Волков, А.Д. Зинова, Н.В. Морозова-Водяницкая, В.Н. Генералова.

В 1960-х гг. появляется монографическое исследование, посвященное флоре южных морей СССР, в котором относительно полно для того времени был описан видовой состав, особенности экологии и биологии макрководорослей Азовского, Черного, Каспийского морей (Зинова, 1967).

Свыше сорока лет проводила исследования на Черном и Азовском море А.А. Калугина-Гутник. Выходят в свет несколько монографий и чек-листов, в которых приводятся уточненные видовые списки макрководорослей южных морей СССР, особенности биологии и экологии массовых видов водорослей. На этом этапе интенсивных исследований флора Черного и Азовского морей была достаточно полно изучена (за исключением побережья Турции). За более чем 20 лет (1960-70-е гг.) для побережья СССР, Румынии и Болгарии было выявлено только 15 новых видов макрководорослей.

Кластерный анализ данных А.А. Калугиной-Гутник (1975) позволил выявить 4 группы водорослей, сходных по встречаемости и обилию видов (рис. 1). Первая группа объединяет макрководоросли северо-западной части Черного моря, вторая – большую часть макрководорослей северо-кавказского побережья и побережья Крыма, третья – водоросли южного и юго-западного побережья Черного моря и четвертая – макрфиты

Азовского, Каспийского моря и «филлофорного поля Зернова». Анализ видового разнообразия по данным А.А. Калугиной-Гутник (1975) с применением метода К-доминант показал, что для Азовского и Каспийского морей, а также для северо-западной части Черного моря и «филлофорного поля Зернова» модель обилия видов в 1960-70 гг. была близка к лог-нормальному распределению. Для остальных районов Черного моря модель обилия видов приближалась к модели разломанного стержня. Модель лог-нормального распределения свидетельствует о доминировании немногочисленных видов при небольшом присутствии других видов, модель разломанного стержня – подчеркивает то, что пообилию виды распределены более менее равномерно, а доминанты не столь четко выражены.

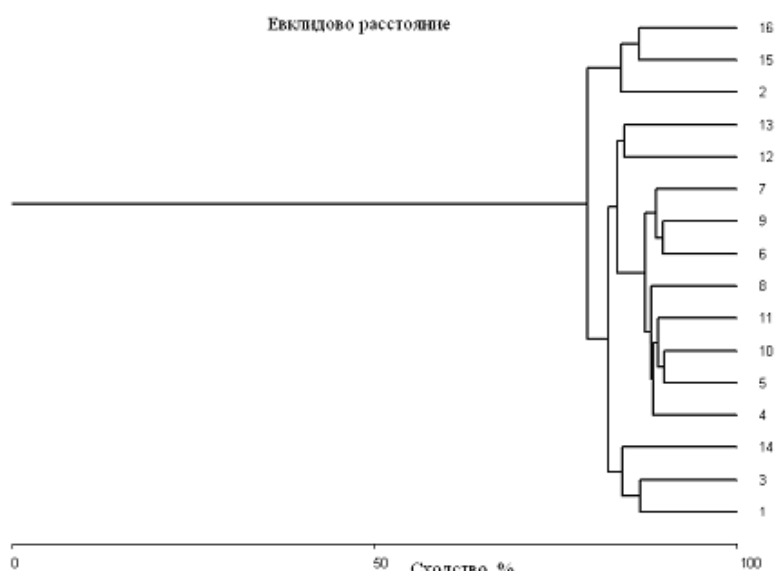


Рис. 1. Фитогеографическое районирование Азовского, Черного и Каспийского морей (по: Калугина-Гутник, 1975).

- Обозначения: 1 – одесский берег; 2 – «филлофорное поле Зернова»;
 3 – Егорлыцко-Тендровско-Джарылгачско-Перекопский район;
 4 – Каркинитский залив; 5 – Тарханкутско-Севастопольский берег; 6 – Севастопольская бухта;
 7 – южный берег Крыма; 8 – Прикерченский район; 9 – Новороссийская бухта;
 10 – северо-восточный берег; 11 – юго-восточный берег; 12 – побережье Турции;
 13 – побережье Болгарии; 14 – побережье Румынии; 15 – Каспийское море; 16 – Азовское море

Анализ данных А.А. Калугиной-Гутник (1975) с применением индекса разнообразия Шеннона позволил выявить районы с максимальным видовым разнообразием. К таким районам в прошлом веке относились северо-восточный берег, Новороссийская бухта, Севастопольская бухта, южный берег Крыма. Видовое разнообразие макроводорослей южных морей СССР в середине 1970-х гг. было выявлено относительно полно, за исключением побережья Турции, на что указывает сама А.А. Калугина-Гутник: для Черного моря выявлено 289 видов, для Азовского – 42 вида.

В начале 1990-х гг. и по сегодняшний день исследования по оценке разнообразия макроводорослей проводятся в российском секторе Азовского и Черного морей, на болгарском и турецком побережье Черного моря (Bavagu et al., 1991; Aysel, Erdugan, 1995; Максимова, Лучина, 2002; Митясева и др., 2003). В связи с переизданием Красной книги Украины, организацией новых морских заповедников в Крыму, российскими исследованиями в северо-восточной части Черного моря, появился ряд флористических сводок (Разнообразие..., 2000; Ткаченко, 2001; Маслов, 2001а; Маслов, 2001б; Садогурский, 2001; Мильчакова, 2002а,б; Мильчакова, Рябогина, 2002; Мильчакова, 2003а,б; Садогурский и др., 2003; Мильчакова, 2007; и др.).

Анализ флоры Черного моря с учетом новых данных по турецкому побережью, а также современных номенклатурных изменений показал, что в настоящее время список водорослей увеличился по сравнению с серединой 1970-х гг. Большинство новых видов водорослей, также как и максимальное видовое разнообразие приходится на турецкое побережье (табл.). При сопоставлении полученных нами данных с результатами предыдущих исследований, выявлено, что для северо-восточной и восточной частей Черного моря видовое разнообразие макроводорослей уменьшилось, а для южной и юго-западной части моря возросло, при этом, макроводоросли турецкого побережья образуют обособленный комплекс, наименее сходный с остальной флорой Черного моря (рис. 2).

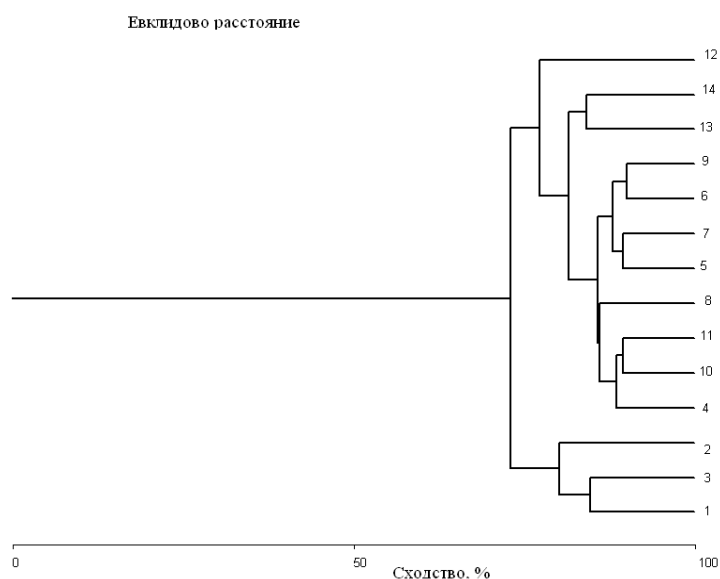


Рис. 2. Современное фитогеографическое районирование Черного моря (обозначения см. рис. 1).

Связано это с тем, что в последнее время в Черном море увеличиваются находки новых видов водорослей – представителей тепловодной флоры. Но как отмечают сами исследователи, возможно, отчасти это происходит из-за увеличения интенсивности исследований, особенно в южном секторе Черного моря.

Оценка разнообразия макроводорослей южных морей

номер района	название района	Индекс Шеннона
1	«филлофорное поле Зернова»	1,03
2	Азовское море	1,56
3	одесский берег	1,60
4	Каспийское море	1,67
5	Егорлыцко-Тендровско-Джарылгачско-Перекопский район	1,92
6	юго-восточный берег	2,01
7	побережье Болгарии	2,03
8	побережье Румынии	2,04
9	Каркинитский залив	2,04
10	северо-восточный берег	2,07
11	Прикерченский район	2,09
12	Новороссийская бухта	2,14
13	Тарханкутско-Севастопольский берег	2,15
14	Севастопольская бухта	2,19
15	южный берег Крыма	2,26
16	побережье Турции	2,27

Появление новых видов водорослей в южной части Черного моря, вероятно, связано с повышением температуры и изменением солености в прибрежной зоне Черного моря (уменьшение в северо-западной части моря и увеличение в юго-западной и южной частях), возрастанием эвтрофирования прибрежных вод (Мильчакова, 2002б). Указанные явления, по нашему мнению, приводят к уменьшению ареала и исчезновению редких и малочисленных представителей холодноводного комплекса водорослей Черного моря. По всей видимости, этим же объясняется существенное снижение видового разнообразия на северо-западном побережье Черного моря (одесский берег и «филлофорное поле Зернова»), где индекс разнообразия уменьшился на 28,4% и 12,1% соответственно.

Существенное влияние на изменение разнообразия водорослей вносят таксономические ревизии последнего времени. Число видов в некоторых родах сократилось в 2 раза. Названия многих видов и даже родов сведены в синонимы. Некоторые родов макроводорослей претерпели существенную ревизию и были разделены на несколько родов (например, *Laurencia*, *Phyllophora*). За счет детального исследования турецкого побережья значительно увеличилось число видов в родах *Polysiphonia*, *Ceramium*, *Cladophora*, *Ulva*, *Cystoseira*, на порядок у *Colaconema* (= *Audouinella*).

В настоящее время видовой список макроводорослей Черного, Азовского и Каспийского морей (за исключением харовых водорослей) насчитывает 371 вид. В сравнении с данными 30-ти летней давности количество макроводорослей увеличилось на 79 видов. Число видов макроводорослей в фитогеографических районах Черного моря изменилось, но в целом соответствует районированию проведенному А.А. Калугиной-Гутник.

Работа проведена при поддержке проектов РФФИ № 06-05-96700-юг, Программ Президиума РАН «Организация и проведение морских экспедиций», «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология», ФЦП «Мировой океан» тема № 8 «Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов Азовского моря».

Литература

- Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Л.: Наука, 1967. 220 с.
- Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. Киев: Наукова думка, 1975. 245 с.
- Максимова О.В., Лучина Н.П. Современное состояние макрофитобентоса у побережья Северного Кавказа: реакция фитали на эвтрофикацию Черноморского бассейна // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука, 2002. С. 297–308.
- Маслов И.И. Фитобентос заповедной акватории «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Атлеш» (Черное море) // Экология моря. 2001а. Вып. 56. С. 30–34.
- Маслов И.И. Фитобентос прибрежного аквального комплекса у мыса Ай-Тодор, Черное море (Украина) // Альгология. 2001б. Вып. 11, № 2. С. 194–200.
- Митяева Н.А., Максимова О.В., Георгиев А.А. Флора макроводорослей северной части российского побережья Черного моря // Экология моря. 2003. Вып. 64. С. 24–28
- Мильчакова Н.А. Бурые водоросли Черного моря: систематический состав и распространение // Альгология. 2002. Т. 12, № 3. С. 324–337.
- Мильчакова Н.А. О новых видах флоры макрофитов Черного моря // Экология моря. 2002. Вып. 62. С. 19–24.
- Мильчакова Н.А. Систематический состав и распространение зеленых водорослей-макрофитов (*Chlorophyceae* Wille s.l.) Черного моря // Альгология. 2003. Т. 13, № 1. С. 70–82.
- Мильчакова Н.А. Макрофитобентос // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. С. 152–208.
- Мильчакова Н.А. Региональные аспекты разнообразия флоры черноморских макрофитов // Морской экологический журн. 2007. Т. 6, № 1. Р. 44–54.
- Мильчакова Н.А., Рябогина В.Г. Флористическая характеристика морских акваторий объектов природно-заповедного фонда региона Севастополя (Черное море) // Экология моря. 2002. Вып. 60. С. 5–11.
- Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. 2000. Т. 10, № 4. 309 с.
- Садогурский С.Е. К изучению макрофитобентоса заповедных акваторий Каркинитского залива (Чёрное море) // Альгология. 2001. Т. 11, № 3. С. 342–359.
- Садогурский С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.А., Маслов И.И. Видовой состав фитобентоса природных заповедников Крыма // Бюлл. ГБС РАН. 2003. Вып. 186. С. 86–104.
- Ткаченко Ф.П. Макрофитобентос Одесского залива Черного моря и его динамика // Альгология. 2001. Вып. 11, № 1. С. 115–121.
- Aysel V., Erdugan H. Check-list of Black Sea seaweeds, Turkey (1823–1994) // Tr. J. Botany. 1995. Vol. 19. P. 545–554.
- Bavaru A., Bologa A. S., Skolka H. V. A checklist of the benthic marine algae (except the diatoms) along the Romanian shore of the Black Sea // Rev. Roum. Biol., Biol. veget. 1991. Vol. 36, № 1–2. P. 7–22.

ФЛОРА ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЛАНКТОНА РЕК БАССЕЙНА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Трифорова И.С., Павлова О.А., Афанасьева А.Л.

Санкт-Петербург, Институт озераедения РАН

Фитопланктон 21 притока Ладожского озера и р. Невы изучали в 2000–2005 гг. Исследованные реки можно разделить на четыре группы: 1) реки северного побережья Ладоги: Бурная, Вуокса (старое русло), Хийтолан, Иийоки, Мийнола, Тохма, Янис, Уксун; 2) реки северо-восточного побережья: Тулема, Видлица, Тулокса, Олонка; 3) реки юго-восточного побережья: Свирь, Паша, Оять, Сясь; 4) реки южного и юго-западного побережья: Волхов, Назия, Лава, Морье, Авлога, а также р. Нева.

В альгофлоре исследованных рек обнаружено 658 видов (748 таксонов) водорослей, принадлежащих к 10 отделам, 14 классам, 26 порядкам и 67 семействам. Наиболее разнообразны *Bacillariophyta* – 356 таксонов (48%), *Chlorophyta* – 211 (28%), *Euglenophyta* – 49 (7%), *Chrysophyta* – 45 (6%), *Cyanophyta* – 42 (6%) и *Dinophyta* – 22 (3%). Остальные отделы менее разнообразны. Наибольшим числом таксонов представлены порядки *Raphales* – 250 (33% общего числа обнаруженных форм), *Chlorococ-*

cales – 114 (15%), *Desmidiaceae* – 71 (9%), *Araphales* – 52 (7%), *Euglenales* – 49 (7%), *Thalassiosirales* – 34 (5%), *Ochromonadales* – 30 (4%) и *Chroococcales* – 21 (3%). Из диатомей наибольшей видовой насыщенностью характеризуются такие роды, как *Navicula* (41 таксон), *Eunotia* (35), *Fragilaria* (32), *Achnanthes* (28), *Nitzschia* (23) и *Cymbella* (20), *Pinnularia* (18), *Gomphonema* (16), *Cyclotella* (16), *Stephanodiscus* (13), *Aulacosira* (12), среди зеленых – *Scenedesmus* (25), *Closterium* (23) и *Cosmarium* (17), из эвгленовых – *Trachelomonas* (16), *Phacus* (14), *Euglena* (12). Меньшим количеством видов представлены роды *Peridinium* (10), *Dinobryon* (10), *Kephyrion* (9), *Mallomonas* (8) и *Cryptomonas* (8).

Максимальное таксономическое разнообразие (более 200) отличается фитопланктон наиболее крупных рек, вытекающих из больших озер – Бурной, Вуоксы, Волхова, Свири и Невы. Значительно ниже флористическое разнообразие планктона в малых реках (менее 100).

В большинстве рек по числу таксонов преобладают *Bacillariophyta*. Наиболее существенна их доля (более 50% состава) в малых реках за счет большего числа бентосных форм и обрастателей. Наиболее разнообразны *Pennatophyceae*, определяющие в реках от 58 до 83% общего числа таксонов диатомей. Повсеместно распространены: *Amphora ovalis*, *Asterionella formosa*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella ventricosa*, *Diatoma tenuis*, *Fragilaria crotonensis*, *F. ulna*, *F. virescens*, *Gomphonema parvulum*, *Meridion circulare*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia acicularis*, *N. palea*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa* и др. *Centrophyceae* составляют 34–42% общего числа таксонов диатомовых в крупных реках и только 17–20% – в малых. Наиболее характерны: *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*, *A. islandica*, *A. subarctica*, *Cyclostephanos dubius*, *Cyclotella meneghiniana*, *C. bodanica*, *C. kuetzingiana*, *C. radiosa*, *C. stelligera*, *Stephanodiscus binderanus*, *S. minutulus*, *S. hantzschii* и *Melosira varians*. В некоторых реках обнаружены редкие и/или впервые описанные для Северо-Запада России виды (Генкал, Трифонова, 2001; Трифонова, Генкал, 2001; 2006): *Aulacoseira humilis*, *A. lirata*, *A. perglabra*, *A. tenella*, *A. tenuior*, *A. valida*, *Cyclotella arctica*, *C. atomus*, *C. comensise*, *C. tripartita*, *Stephanodiscus alpinus*, *S. delicatus*, *S. invisitatus*, *S. triporus*, *Skeletonema subsalsum*, *Thalassiosira bramaputrae*, *T. Guillardii*, *T. weissflogii* и др.

Chlorophyta составляют в планктоне рек от 9 до 37% общего числа таксонов. Максимальное разнообразие зеленых, как правило, наблюдается в крупных реках Волхове, Неве, Вуоксе, Видлице, Тулоксе, Ояти, а в малых реках их доля не превышает 15%. Практически во всех изученных реках преобладают хлорококковые водоросли (55% числа таксонов зеленых) из родов *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Coelastrum* и др. Доминирование десмидиевых водорослей наблюдалось только в некоторых северных реках за счет видов из родов *Closterium*, *Cosmarium*, *Cosmoastrum*, *Staurastrum*, *Staurodesmus*. Представители порядка *Volvocales*, а также нитчатые водоросли из порядков *Ulothrichales*, *Zygnematales*, *Oedogoniales* по количеству видов значительно уступали десмидиевым и хлорококковым. Наиболее часто встречаются *Botryococcus braunii*, *Closterium acutum*, *Coelastrum microporum*, *Crucigenia tetrapedia*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Koliella spiculiformis*, *Monoraphidium contortum*, *M. griffithii*, *Pandorina morum*, *Pediastrum tetras*, *Scenedesmus quadricauda*, *Sphaerocystis schroeteri*, *Staurastrum paradoxum*, виды рода *Chlamydomonas* и др.

На долю *Euglenophyta* в планктоне изученных рек приходится около 7% общего таксономического состава водорослей. Расширение списка эвгленовых происходило в основном за счет наиболее загрязняемых малых рек южного и юго-западного побережья – Назиы, Лавы, Морье и Авлоги, где они составляют до 18% состава водорослей. Преобладают виды из родов *Trachelomonas*, *Euglena* и *Phacus*. Значительное разнообразие эвгленовых в этих реках, по-видимому, связано с их более высокой минерализацией и загрязнением.

Chrysophyta в альгофлоре рек бассейна Ладоги составляют около 6% таксономического состава. Большинство видов относится к родам *Dinobryon*, *Kephyrion* и *Mallomonas*. Типичными для многих рек являются *Chrysococcus rufescens*, *Dinobryon divergens*, *D. suecicum*, *Kephyrion moniliferum*, *Mallomonas tonsurata*, *Synura uwella* и др. Максимальное количество видов *Chrysophyta* зарегистрировано в Неве, Вуоксе, Бурной, Тулеме, Свири, Паше и Янисе – 8–12%. Разнообразие золотистых, увеличивается в октябре-ноябре за счет развития видов из родов *Kephyrion* и *Pseudokephyrion*.

Cyanophyta составляют 3–12% таксономического состава фитопланктона изученных реках, причем наиболее заметна их доля в крупных реках – более 10% общего числа таксонов. Наиболее разнообразны сине-зеленые в Неве, Волхове и Вуоксе (25–28 видов), наименее (3–5) – в малых северных реках. По числу таксонов доминируют роды *Anabaena* (7) и *Merismopedia* (4). Наиболее часто встречаются: *Aphanocapsa delicatissima* (= *M. pulvereae*), *Chroococcus turgidus*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Merismopedia warminginiana*, *Microcystis aeruginosa*, *M. wesenbergii*, *Snowella lacustris*, *Woronichinia compacta*, *W. naegelianiana* и др. Практически во всех реках встречены *Planktolyngbya limnetica*, *Limnothrix planktonica*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Phormidium tenue*. Для загрязняемых рек характерны *Planktothrix agardhii*, *Oscillatoria limosa*.

Cryptophyta составляют 3–9% таксономического состава. Из криптононад в исследованных реках широко распространены: *Chroomonas acuta*, *Rhodomonas lacustris*, *Cryptomonas erosa*, *C. marssonii*, *C. ovata*, *C. curvata*. В альгофлоре крупных рек доля *Cryptophyta* минимальна. Наибольшее количество видов криптононад отмечались в реках восточного и северо-восточного побережья Ладоги – Паше, Сяси, Ояти, Олонке, а также малых реках Морье, Тохме, Иййоки, Назиы.

Отдел *Raphidophyta* представлен единственным видом *Gonyostomum semen*. На протяжении периода исследований наблюдалось постепенное распространение *Gonyostomum* в реках ладожского бассейна. В конце 90-х годов вид регистрировался нами в 5 из 13 изученных рек: Уксуне, Тулеме, Видлице, Тулоксе и Олонке (Трифорова и др., 2001). В настоящее время вид не встречается только в Сяси, Лаве и Янисе. В большинстве рек особенно малых, *Gonyostomum* является обычным компонентом летнего планктона.

Альгофлора исследованных рек состоит, главным образом, из космополитных видов (61–85% форм с известной характеристикой). Бореальные виды составляют около 16%, а аркто-альпийские – 12%. Эта группа представлена в основном диатомеями из родов *Aulacoseira*, *Achnanthes*, *Eunotia*, *Frustulia*, *Hannea*, *Stauroneis*, *Tetracyclus*. В малых реках они составляют до 20%, а в большинстве крупных – не более 8%.

Почти половина (374 из 722) обнаруженных водорослей – типично планктонные организмы. К ним относятся большинство зеленых хлорококковых и десмидиевых, эвгленовых, динофитовых, золотистых водорослей и криптононад. В то же время большинство обнаруженных диатомовых – бентические формы или обрастатели. В малых реках Хиитолане, Мийноле, Авлоге и Назии, где по составу доминируют диатомовые водоросли, доля случайно-планктонных форм превышает 40%. Зеленые нитчатые водоросли из родов *Oedogonium*, *Ulothrix* и *Spyrogyra* встречались в основном в Неве, а также в северных и северо-восточных притоках.

По отношению к солености воды в соответствии с классификацией Кольбе (Давыдова, 1985) все обнаруженные водоросли являются пресноводными, олигогалобами, большую часть составляют индифференты – до 73% общего числа таксонов с известной характеристикой. Соотношение индикаторных групп в исследованных реках и в альгофлоре в целом было практически одинаковым. Больше всего галофилов отмечалось среди диатомовых и синезеленых, галофобов – среди диатомей и, в меньшей степени, десмидиевых. Олигогалобные организмы были представлены в основном зелеными хлорококковыми водорослями, мезогалобы – только диатомовыми.

Из 443 таксонов водорослей, являющихся индикаторами активной реакции среды по модифицированной системе Хустеда (Давыдова, 1985) 56 являются ацидофилами, 187 – индифферентами, 200 – алкалифилами. Ацидофилы в альгофлоре рек составляли 3–21%, наибольшее значение они имели в Уксуне, Тулеме, Авлоге и Тохме, минимальное – в Неве, Сяси и Волхове. Количество индифферентов колебалось в пределах 19–84 таксонов (35–48%), алкалифилов – 20–81 (33–56%). Ацидофилы представлены в основном диатомеями из рода *Eunotia*, а также отдельными видами из родов *Aulacosira*, *Fragilaria*, *Navicula*, *Tetracyclus* и некоторыми десмидиевыми и золотистыми из родов *Cosmarium*, *Staurodesmus*, *Mallomonas*, *Synura*. Алкалифилы, в основном, диатомеи из родов *Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Rhizosolenia*, *Amphora*, *Caloneis*, *Epithemia*, *Fragilaria*, *Nitzschia*.

Анализ видового состава на сапробность показал, что около половины (42%) обнаруженных индикаторов относятся к β -мезосапробам. Олигосапробы, β -олиго- и олиго- β -мезосапробы составляют по 18%, а ксеносапробы, показатели чистых вод (включая χ - α -, α - χ - и χ - β -мезосапробные организмы) – 8%. К ним относятся диатомовые – *Meridion circulare*, *Fragilaria virescens*, *Tabellaria flocculosa*, *Achnanthes linearis*, *Cymbella gracilis*, *Frustulia rhomboides*, *Hannea arcus* и виды рода *Eunotia*. Наибольшее количество ксеносапробов встречено в Уксуне, Тулеме. В фитопланктоне крупных рек их доля не превышала 6%. Количество обитателей зон высокого загрязнения – α -мезо-, α -мезо-полисапробов не превышает 7%. Количество α -сапробных видов наибольшее в Волхове и малых загрязняемых притоках Лаве, Мийноле, Назии, Морье (9–14% списка индикаторов). Они представлены диатомовыми: *Stephanodiscus hantzschii*, *Achnanthes lanceolata*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia acicularis*, *N. palea*, эвгленовыми: *Euglena polymorpha*, *Lepocinclis ovum*, криптоноадами: *Cryptomonas erosa*, *C. ovata*, десмидиевыми: *Closterium acerosum*, *C. leibleinii*. Полисапробные виды были встречены в Морье (*Euglena spathyrhyncha*) и Вуоксе (*E. caudata*). В целом, по составу индикаторной альгофлоры исследованные реки можно считать умеренно загрязненными. Индекс сапробности колеблется от 1,2 до 2,4. Наиболее низкие индексы, характерные для олигосапробной зоны, получены для северных и северо-восточных притоков – Уксун, Тулема, Мийнола. Большинство же рек – олиго- β - и β -олигосапробные. В южных притоках Сясь, Паша и Волхов, а так же в Олонке и Морье индексы сапробности были, как правило, выше 2, что соответствует β -мезосапробной степени. Как правило, во всех реках наблюдается увеличение индекса сапробности весной и осенью за счет массового развития α -сапробных криптононад.

Кластерный анализ исследованных рек по совокупности гидрохимических данных и данных по структуре фитопланктона выявил наибольшее сходство между собой крупных рек Волхова, Свири и Бурной. Это подтверждает, что размер рек и озер из которых они вытекают является основным фактором, определяющим структуру речного фито-планктона. Влияние трофического фактора и загрязнения выявляется только при сравнении рек одного размерного класса. Так сходны между собой чистые реки северо-восточного побережья Тулема и Уксун. В отдельные кластеры выделились загрязненные реки Олонка и Морье и реки южного побережья Сясь и Назия, а южные реки Паша и Оять оказались близки с р. Янис. При этом отмечена достаточно стабильная картина распределения рек по кластерам в течение сезона.

Сравнение исследованных рек с другими европейскими реками показывает, что в реках бассейна Ладоги как и в во всех реках умеренной зоны по числу таксонов преобладают диатомовые и зеленые водоросли. На третьем месте обычно находятся синезеленые. Основным отличием северных рек, в том числе притоков

Ладоги, можно считать большое разнообразие золотистых водорослей. По видовому составу фитопланктона большинство северных и северо-восточных притоков Ладоги наиболее сходны с другими реками, берущими начало в озерах Балтийского кристаллического щита (Трифонова, 1973). Южные и юго-западные притоки более сходны с реками волжского бассейна (Охапкин, 1997). Высокое разнообразие эвгленовых водорослей характерно для более южных равнинных и, особенно, малых рек (Охапкин, 1997). Однако, как показывают наши исследования, при эвтрофировании и загрязнении малых северных рек, разнообразие эвгленовых в их планктоне существенно увеличивается. Количество таксонов эвгленовых в загрязняемых малых притоках Авлога и Морье вполне сопоставимо с таковым в южных реках.

Литература

- Генкал С.И., Трифонова И.С. Некоторые новые и редкие виды центрических диатомовых водорослей водоемов Северо-Запада России и Прибалтики // Биология внутренних вод. 2001. Т. 3. С. 11–19
- Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
- Охапкин А.Г. Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и ее притоков). Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Нижний Новгород, 1997. 46 с.
- Трифонова И.С. Состав и продукционная характеристика фитопланктона р. Кеми и озер ее поймы // Биологические исследования на внутренних водоемах Прибалтики. Минск: Вышэйшая школа, 1973. С. 32–34.
- Трифонова И.С., Афанасьева А.Л., Павлова О.А. Таксономический состав фитопланктона основных притоков Ладожского озера и р. Невы // Новости систематики низших растений. 2001. Т. 45. С. 34–55.
- Trifonova I., Genkal S. Species of the genus *Aulacoseira* Thwaites in lakes and rivers of the Russian North-West - Distribution and ecology // Proceedings of the 16th International Diatom Symposium (ed. by A. Economou-Amilli). Athens. Univ. of Athens. 2001. P. 315–323.
- Trifonova I., Genkal S. Planktonic diatoms of the order *THALASSIOSIRALES* from Lake Ladoga, its inflows and some lakes in its catchment // Proceedings of the 18th International Diatom Symposium (ed. by A. Witkowski). Biopress Limited, Bristol, 2006. P. 419–425.

**НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ
В КУЛЬТУРЕ**

Урмыч Е.М., Бердыкулов Х.А., Кулмуратова М.Э.

Ташкент, НИЦ «Ботаника» АН РУз.

В связи возрастанием антропогенного фактора важно учитывать ответную реакцию микроводорослей на изменение внешней среды.

Для поэтапного изучения морфологических, физиологических, экологических, биологических особенностей водорослей необходимо культивирование отобранных штаммов в лабораторных условиях с заданными параметрами освещения, температуры, питательного режима и др. После адаптации к экстенсивным условиям водоросли вводятся в интенсивную культуру. Адаптация к интенсивным условиям дает возможность ускорить цикл развития клеток, что удобно для наблюдения, изучить потенциальную возможность микроводорослей, оптимизировать условия выращивания для получения максимальной скорости роста, интенсивности фотосинтеза и конечной биомассы. Подбор перспективных видов и штаммов осуществляется по определенным критериям: изыскание из водоемов и использование коллекционных культур;

- выделения отобранных проб в чистую культуру;
- сохранение при культивировании альгологической чистоты;
- рост на мало – и среднеминерализованных питательных средах с целью удешевления конечного продукта;
- высокая скорость роста и накопление биомассы;
- высокая интенсивность фотосинтеза, как показатель активности фотосинтетического аппарата;
- биохимические показатели перспективных штаммов.

В Узбекистане в течение ряда лет накоплены данные по культивированию водорослей из родов *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Dunaliella* и др. (Бердыкулов, 1991; Исмаилходжаев, 1994; Абдуллаев 1999; Урмыч 1999).

В частности, нами изучалась адаптация фотосинтетического аппарата водорослей различных таксономических групп к заданным параметрам освещения, температуры, pH среды и др. Среди указанных водорослей имеются галотолерантные штаммы из родов *Chlorella*, *Synechococcus*, галофильные – из рода *Dunaliella*, светоустойчивые – из родов *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Synechococcus*, *Cyanidium*, мезофильные – из родов *Euglena*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Nostoc*.

На таблице приведены отдельные штаммы из родов синезеленых, зеленых и эвгленовых водорослей по фотосинтетической продуктивности и изменению газообмена в сравнительном освещении, с использова-

нием известных минеральных сред, учетом изменения сухой биомассы (г/л с.б), интенсивности фотосинтеза и дыхания по методу Винклера (мгО₂ / г с.б.ч) (Вознесенский 1988;).

Все штаммы относятся к продуктивным видам, т.к/ в интенсивных условиях в течение 8 суток получена продуктивность более 2 г/л с.б. В результате наибольшая продуктивность получена для светостойчивых штаммов – *Chlamydomonas parietaria*, УА-5-22 и солеустойчивых – *Dunaliella salina*, D-9. Следует отметить, что для данных водорослей были получены и более высокие продуктивности, однако в таблице приведены наиболее стабильные значения. Светостойчивые штаммы обладают высокой активностью фотосинтетического аппарата, широкой зоной светового насыщения фотосинтеза, при экспозиции на освещении до 250 Вт/м² ФАР у них не отмечается фотонигибирования и фотовыцветания пигментов. Штаммы характеризуются высокими значениями интенсивности фотосинтеза особенно во время экспоненциальной фазы (498,7 мг О₂ / г с.б.ч для *Chl. vulgaris*, УА- 1–8). Через 7–8 суток, когда отмечается существенное накопление биомассы, интенсивность фотосинтеза снижается в силу самозатенения клеток и ухудшения светового режима. Для всех штаммов характерно снижение активности фотосинтеза и дальнейшее их культивирование в интенсивных условиях нецелесообразно.

Таблица

Фотосинтетическая продуктивность и кислородный газообмен микроводорослей в благоприятных условиях

	Вид, штамм	Питат среда	Освещение Вт/м ² ФАР	Сутки	Сухой вес г/л с.б.	мгО ₂ / г .с. б. ч	
						ИФ	ИД
Светостойчивые	<i>Synechococcus, elongatus.</i>	Громова 6	150	3	1,4	225,5	198,9
				6	1,6	140,4	117,0
				8	2,7	106,6	97,2
	<i>Chlamydomonas parietaria</i>	Громова 6	150	3	1,4	476,6	231,2
				6	3,1	325,6	155,6
				8	5,2	92,5	265,8
	<i>Chlorella vulgaris</i> УА-1–8	Громова 6	100	3	0,9	498,7	302,1
				6	1,3	155,6	188,3
				8	2,4	127,2	175,4
Мезофильные	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> , УА-5–16	Громова 6	50	3	1,2	223,4	115,7
				6	1,9	187,8	82,3
				8	2,7	75,6	65,2
	<i>Nostoc.linckia. calcicola</i>	М. таха	20	3	1,1	205,4	105,6
				6	1,4	176,1	102,3
				8	2,2	101,2	78,6
	<i>Euglena gracilis</i> , УА-4–17	Узим	50	3	1,5	186,2	125,6
				6	2,1	118,5	111,2
				8	3,2	123,8	77,8
Галотолерант-ный	<i>Chlorella vulgaris</i> , УА-1–6	Тамия	50	3	1,0	275,4	277,5
				6	1,8	107,4	235,1
				8	2,5	71,3	112,5
Галофильный	<i>Dunaliella salina</i> , D-9.	Абдуллаева-Камалова	50	3	2,6	323,1	256,5
				6	4,5	122,7	176,4
				8	5,1	112,2	102,7

ИФ – интенсивность фотосинтеза

ИД – интенсивность дыхания

Так одним из преимуществ является получение высоких биомасс за короткие сроки. Интенсивность темнового дыхания во всех вариантах не превышала скорость фотосинтеза, что характерно для благоприятных условий. Светостойчивые штаммы по сравнению с мезофильными характеризуются повышенной активностью дыхания (302 мг О₂ /г с.б.ч-для *Chl. vulgaris*, УА-1–8). Мезофильные штаммы *Ch. reinhardtii*, УА-5–16, *Sc. obliquus*, УА-2–7, *E. gracilis*, УА-4–17 характеризуются максимальным накоплением биомассы на освещении не выше 50 Вт/м² ФАР.

Адаптация водорослей к повышенным концентрациям солей и изучение солеустойчивых видов имеет немаловажное значение, т.к. они имеют особенности по составу и концентрации биохимических веществ. Многие водоемы Узбекистана имеют высокую концентрацию солей.

Среди адаптированных к повышенным концентрациям солей (5 г/л-NaCl) приводится местный штамм *Chl. vulgaris*, УА-1–6, продуктивность которого составила 2,5 г/л с.б.

Интенсивность фотосинтеза и дыхания в экспоненциальную фазу отмечались на одинаковом уровне. Повышенный расход энергии на дыхание необходим в этих условиях как защитная реакция.

Для галофильного штамма *Dunaliella salina*, D-9 концентрация NaCl 87 г/л является благоприятной, в этих условиях отмечается максимальная интенсивность фотосинтеза (323 мг О₂/г с. б. ч) и продуктивность – 5,1 г/л с.б.

Таким образом, оптимизация условий культивирования перспективных штаммов необходима с учетом свето- и солеустойчивости.

Водоросли из родов *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Nostoc*, *Euglena*, *Dunaliella* рекомендуются как перспективных объекты биотехнологии, т. к. не требуют сложных условий культивирования, обладают высокой скоростью накопления биомассы, характеризуются устойчивостью к загрязнению другими микроорганизмами, содержат в своем составе полный набор аминокислот и других биологически активных веществ.

Литература

Абдуллаев А.А. О некоторых результатах исследования рода *Dunaliella* Teod (*Chlorophyta*) в Узбекистане // Альгология. 1999. Т. 9, № 2. С. 5.

Бердыкулов Х.А. Биологические особенности перспективных фототрофных микроводорослей и методы их массового культивирования: Автореф. дис. . . . док. биол. наук. Ташкент, 1991. 37 с.

Вознесенский В.А., Глаголова Т.А. Фотосинтез и дыхание растений в разных условиях среды // Фотосинтез и продукционный процесс. М., 1988. С. 79.

Исмоилходжаев Б.Ш. Физиолого-биохимические особенности зеленых и эвгленевых микроводорослей и перспективы их применения: Автореф. дис. . . . док. биол. наук. Ташкент, 1991. 46 с.

Урмыч Е.М. Оптимизация фотосинтетической продуктивности светоустойчивых штаммов микроводорослей: Автореф. дис. . . . канд. биол. наук. Ташкент, 1999. 21 с.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА И ФИТОПЕРИФИТОНА В ВОДОЕМАХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Чекрыжева Т.А.¹, Комулайнен С.Ф.²

¹Петрозаводск, Институт водных проблем севера Карельского научного центра РАН

²Петрозаводск, Институт биологии Карельского научного центра РАН

Республика Карелия, расположенная на севере Европейской части России, имеет хорошо развитую гидрографическую сеть, относящуюся к бассейнам Белого (57%) и Балтийского морей (43%) (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1972). Основными структурными элементами гидрографической сети Карелии являются водоемы (озера и водохранилища). На территории Карелии насчитывается 61,1 тыс. озер суммарной площадью около 18 тыс. км². Озерность территории составляет 12%, являясь одной из самых высоких в мире. На территории республики протекает 26,7 тыс. водотоков с общим протяжением около 83,0 тыс. км. Густота гидрографической сети составляет в целом 0,53 км/км². Для Карелии характерен специфический «карельский» тип поверхностных вод (Каталог озер и рек Карелии, 2001) с широкой вариабельностью рН (4.2–7.5), суммы ионов (5–200 мг/л), цветности (5–300 град. Pt – Со шкалы). Особенностью гидрохимии карельских водоемов является низкая минерализация вод и высокое содержание природных окрашенных органических соединений гумусовой природы.

Исследования альгофлоры водных экосистем республики Карелия имеют длительную историю, достаточно полно представленную в работе (Комулайнен и др., 2006). Материалом для настоящей работы послужили результаты многолетних (1971–2004 гг.) исследований, выполненных на 273 разнотипных водоемах, расположенных на территории Карелии и относящихся к бассейнам Белого (37 озер, 34 реки) и Балтийского (153 озера, 49 рек) морей. В бассейне Белого моря обследованы озера и реки бассейнов рек Ковда, Кемь, Выг и побережья Белого моря. В бассейне Балтийского моря изучены водоемы бассейнов Онежского (бассейны рек Водла, Суна, Шуя, побережье Онежского озера) и Ладожского озер (бассейны рек Вуокса, Свирь, Северное побережье Ладожского озера) (Комулайнен, Чекрыжева, Вислянская, 2006).

Пробы фитопланктона и перифитона отобраны и обработаны по стандартным (Кузьмин, 1975, 1984) и модифицированным методикам (Комулайнен, Круглова и др., 1989; Комулайнен, 2003). Эколого-географическую характеристику водорослей осуществляли, ориентируясь на системы, принятые в экологии и биогеографии видов и обширные литературные сведения. Видовую идентификацию водорослей выполняли используя отечественные определители, а также многочисленные сводки зарубежных авторов.

К настоящему времени в альгофлоре обследованных озер и рек Карелии установлено 1092 таксона, которые относятся к 221 роду, 96 семействам, 41 порядку, 10 классам и 10 отделам. Распределение таксонов по систематическим отделам оказалось следующим: *Bacillariophyta* – 482 (44%), *Chlorophyta* – 294 (27%), *Cyanophyta* – 146 (13.5%), *Chrysophyta* – 92 (8.5%), *Euglenophyta* – 33 (3%), *Xanthophyta* – 14 (1.5%), *Cryptophyta* – 12 (1%), *Dinophyta* – 11 (1%), *Rhodophyta* – 7 (0.5%) таксонов. Рафидофитовые (*Raphidophyta*) водоросли представлены единственным видом – *Gonyostomum semen* (Ehr.) Deis.

Обнаружено, что 80 (83%) семейств входит в состав четырех отделов: зеленых (32%), синезеленых (24%), диатомовых (19%) и золотистых (8%) водорослей и включает 1014 таксонов или 93%. Соотношение таксонов, когда основу списка (>90%) составляют представители вышеперечисленных отделов водорослей, характерно как для всех обследованных карельских водоемов, так и для других водоемов северо-западных и северо-восточных бореальных и субарктических территорий России и Феноскандии.

Ведущими по таксономическому разнообразию оказались 22 семейства водорослей, объединяющие 815 таксонов, что составляет 74.6% от общего их количества. Первые места по числу таксонов занимают семейства, принадлежащие к разным отделам: *Naviculaceae* (Bacillariophyta) – 131, *Desmidiaceae* (Chlorophyta) – 104, *Fragilariaceae* (Bacillariophyta) – 55, *Eunotiaceae* (Bacillariophyta) – 50 таксонов. Анализ родового спектра выявил группу наиболее таксономически значимых родов. В эту группу входят 26 родов или 12% от общего числа всех родов флоры.

Характерной чертой бореальных флор является большое количество одновидовых семейств и родов. В изученной флоре водоемов Карелии одновидовые семейства составили 28%, а одновидовые роды – 46%.

Диатомовые водоросли в водных экосистемах Карелии являются одной из ведущих по видовому разнообразию групп, что характерно для всех типов водоемов Арктики и Субарктики. Разнообразие диатомей в карельских озерах и реках определяют представители двух классов Pennatophyceae (434 таксона) и Centrophyceae (47 таксонов). В составе диатомовой альгофлоры (482 таксона) наиболее значимыми оказались два порядка – *Raphales* (359 таксонов) и существенно менее разнообразно представленный порядок *Araphales* (75 таксонов). Наиболее богаты таксонами из пенатных водорослей роды *Navicula* (54), *Eunotia* (50), *Pinnularia* (39), *Cymbella* (31), *Nitzschia* (31), *Achnanthes* (28), *Gomphonema* (28), *Fragilaria* (25), а из центрических – *Aulacoseira* (17) и *Cyclotella* (14).

Широко распространенными в альгофлоре всех типов водоемов и наиболее обычными в них оказались представители порядка *Raphales*, такие виды как *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. var. *fenestrata*, *Tabellaria fenestrata* var. *intermedia* Grun. var. *intermedia*, *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz. *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. var. *ulna*. В озерах очень широкое распространение имеют пеннатные диатомеи *Asterionella formosa* Hass. var. *formosa* и *Fragilaria crotonensis* Kitt.

В альгофлоре перифитона рек разнообразие центрических диатомей из родов *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Melosira* и *Aulacoseira* значительно меньше, чем в планктоне озер. Наиболее обычны из рода *Aulacoseira* виды *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Simonsen f. *islandica*, *Aulacoseira italica* subsp. *subarctica* (O. Müll.), *Aulacoseira distans* (Ehr.) Kütz. f. *distans*, *Aulacoseira ambigua* (Grun.) O. Müll. и *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Rolfs f. *granulata*. В озерах виды указанных родов имеют очень широкое распространение.

Зеленые водоросли (294 таксона) по видовому разнообразию уступают только диатомовым. Видовое богатство этой группы определяют, главным образом, представители семейства десмидиевых из родов *Cosmarium* (40), *Closterium* (21), *Staurastrum* (17 таксонов). В планктоне озер десмидиевые водоросли имеют широкое распространение, тогда как в составе альгоценозов перифитона они встречаются единично и не играют большой роли в формировании их структуры. Хлорококковые водоросли широко распространены в озерах, а также в перифитоне притоков озер. Их видовое разнообразие формируется в основном за счет видов из родов *Scenedesmus* (23), *Ankistrodesmus* (18 таксонов). Вольвоксовые – наименее разнообразный порядок зеленых водорослей. Они представлены немногочисленными видами из родов *Chlamydomonas*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Volvox*, *Phacotus*, которые являются обязательным элементом планктона озер.

Из синезеленых водорослей, занимающих по богатству видов третье место (146 таксонов), наиболее разнообразны роды *Anabaena* (24) и *Oscillatoria* (19 таксонов). Ряд видов планктонных синезеленых водорослей из родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Gloeotrichia* в водоемах умеренной зоны вызывают «цветение воды». Эти виды являются типичными для позднелетней альгофлоры карельских озер и при интенсивной летней вегетации могут оказаться возбудителями «цветения».

Видовое разнообразие золотистых водорослей в озерах Карелии формируется за счет видов из родов *Dinobryon* (24), *Mallomonas* (21 таксонов) и ряда нанопланктонных форм из родов *Kephyrion* (9), *Chrysococcus* (6), для которых характерно круглогодичное развитие в фитопланктоне водоемов Арктики и Субарктики.

Эвгленовые водоросли являются обязательным компонентом фитопланктона и их разнообразие в карельских озерах формируется, главным образом, представителями из родов *Trachelomonas* (17 таксонов) *Euglena* (9) и *Phacus* (5).

Доля участия других отделов *Xanthophyta*, *Cryptophyta*, *Dinophyta*, *Rhodophyta* в формировании альгофлоры водоемов Карелии невысокая.

Видовое разнообразие альгофлоры обследованных водоемов определяется главным образом многообразием гидролого-гидрохимических и экологических условий. Для альгофлоры водоемов Карелии характерно преобладание космополитных форм (73%) при существенной доле бореальных (16%) и северо-альпийских

(11%) видов, что свидетельствует о ее холодолюбивости. Большинство видов по характеру местообитания относилось к планктонным (53%) формам. Обитателей бентоса (18%) и обрастаний (14%), представленных в основном диатомовыми водорослями, значительно меньше.

Озера и реки Карелии имеют очень низкую концентрацию растворенных солей. Отношение к солёности воды оказалось возможным оценить для 609 (56%) видов водорослей. Помимо олигогалобов, среди которых преобладают индифференты (67%), встречаются галофильные (9%), которые могут существовать в условиях повышенной минерализации воды и галофобные (14%) виды. Кроме того, выявлены мезогалобные формы (6 таксонов) из числа диатомовых.

Помимо олигогалобов, среди которых преобладают индифференты, встречаются галофильные виды (*Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *Navicula radiosa* Kütz. var. *radiosa*, *Navicula cryptocephala* Kütz. var. *cryptocephala*, *Cocconeis pediculus* Ehr. var. *pediculus*, *Synedra capitata* Ehr., *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Müll. var. *gibba*), которые могут существовать в условиях повышенной минерализации воды.

Для большинства карельских водоемов характерно преобладание по отношению к кислотности водной среды видов-индифферентов (66%) при значительной доле алкалофильных (24%) и ацидофильных (10%) форм. Таких видов – показателей закисленности озера, наряду с диатомовыми (*Frustulia rhomboids* (Ehr.) D.T. var. *rhomboids*, *Eunotia robusta* var. *diadema* (Ehr.) Rolfs., *Eunotia praerupta* Ehr. var. *praerupta*) достаточно много оказалось из золотистых водорослей (роды *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Synura*).

Качество или степень органического загрязнения воды обследованных водоемов оценивалось по 479 (44% от общего списка) выявленным видам-индикаторам сапробности, большинство из которых (404 вида или 84%) относится к олиго-, олиго-β- и β-мезосапробным формам. Ксеносапробы, или водоросли, способные быть показателями очень чистых вод, малочисленны. В основном, это представители диатомовых – *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grun. var. *lanceolata*, *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kütz. var. *arcus*, *Cymbella helvetica* Kütz. var. *helvetica*, *Eunotia lunaris* (Ehr.) Grun. var. *lunaris*, *Meridion circulare* (Grev.) Ag. var. *circulare*. Мало в фитопланктоне озера и видов, характеризующих более сильное загрязнение (β-α и α-сапробные условия). Ими являются представители синезеленых (*Oscillatoria sancta* (Kütz.) Gom. f. *sancta*, *Oscillatoria splendida* Grev., *Oscillatoria tenuis* Ag.), зеленых (*Chlamydomonas incerta* Pasch., *Chlamydomonas reinhardii* Dang., *Gonium pectorale* O.F. Miller), эвгленовых (*Euglena caudata* Hubner var. *caudata*, *Euglena polymorpha* Daug.), диатомовых (*Stephanodiscus hantzschia* Grun. f. *hantzschia*, *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm. var. *acicularis*) водорослей. В то же время выявленные β-мезосапробные виды криптофитовых водорослей родов *Croomonas* и *Cryptomonas* в полисапробной зоне, находящейся, как правило, вблизи от источника загрязнения, могут иметь значительные численности своих популяций и быть индикаторами органического загрязнения.

Оценка качества воды с использованием индикаторных организмов по Пантле-Букку в модификации Сладечека выявила олиго-β-мезосапробный характер вод в обследованных озерах и реках республики, что позволило отнести их к разряду вполне чистых или слабо загрязненных. Рассчитанные индексы сапробности находились в пределах значений 1,0–2,5. Отмечается некоторое повышение сапробности в водоемах, в которые поступают сточные воды с водосборов, от населенных пунктов и промышленных узлов.

Таким образом, анализ флористического состава фитопланктона и фитоперифитона исследованных озера и рек Карелии выявил, что видовое разнообразие альгофлоры в них определяют диатомовые, зеленые, синезеленые и золотистые водоросли, составляющие более >90% флористического списка.

Эколого-географический анализ альгофлоры показал, что для фитопланктона и фитоперифитона водоемов и водотоков Карелии характерно преобладание космополитных форм (73%) при существенной доле бореальных (16%) и северо-альпийских (11%) видов. В водоемах преобладают индифферентные по отношению к солёности и активной реакции среды виды. Большинство видов-индикаторов сапробности относится к олиго-, олиго-β- и β-мезосапробным формам. Выполненная оценка качества воды с использованием индикаторных организмов выявила олиго-β-мезосапробный характер вод в обследованных озерах и реках, что позволило отнести их к разряду вполне чистых или слабо загрязненных.

Литература

- Каталог озера и рек Карелии. Петрозаводск, 2001. 290 с.
 Комулайнен С.Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск, 2003. 43 с.
 Комулайнен С.Ф., Антипина Г.А., Вилянская И.Г., Иешко Т.А., Лак Г.Ц., Чекрыжева Т.А., Шаров А.Н., Шелехова Т.С. Библиография работ по водорослям Европейского Севера России (Республика Карелия, Мурманская область). Петрозаводск, 2006. 66 с.
 Комулайнен С.Ф. Круглова А.Н., Хренников В.В., Широков В.А. Методические рекомендации по изучению гидро-биологического режима малых рек. Петрозаводск, 1989. 41 с.

Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г. Альгофлора озёр и рек Карелии. Таксономический состав и экология. Петрозаводск, 2006. 81 с.

Кузьмин Г.В. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. С. 73–84.

Кузьмин Г.В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан, 1984. 47 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-запад. М., 1972. 525 с.

МАЛОИЗВЕСТНЫЕ СООБЩЕСТВА КРИПТОГАМНЫХ МАКРОФИТОВ В РЕКАХ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Чемерис Е.В., Бобров А.А.

пос. Борок, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

На протяжении ряда лет нами проводится изучение растительного покрова ручьёв, малых и средних рек на севере европейской России. В ходе этой работы было обследовано около 250 водотоков, а территория исследования охватывает бассейны Верхней Волги, Онежского озера и Северной Двины. Она расположена приблизительно между 57°00' и 65°00' с. ш. и 35°00' и 48°00' в. д. В реках помимо сообществ водных сосудистых растений представлены, а при некоторых условиях доминируют, ценозы других систематических групп: макроскопических водорослей, печёночников, мхов, так называемых криптогамных макрофитов. Эти фитоценозы редко попадают в отечественные сводки по растительности водных объектов (Свириденко, 2000; Бобров и др., 2005; Чемерис, Бобров, 2006). Однако они широко распространены, вносят большой вклад в первичную продукцию в водотоках и достаточно разнообразны. Так, для исследованной территории отмечены сообщества, относящиеся к 21 ассоциации, 12 союзам, 7 порядкам и 6 классам классификации направления Браун-Бланке. Ниже приводится краткий обзор выявленных ценозов криптогамных макрофитов. Материал изложен по систематическому принципу. С иерархической системой этих сообществ можно ознакомиться в нашей отдельной работе (Бобров, Чемерис, 2006).

Сообщества макроскопических водорослей. Одни из самых обычных в растительном покрове водотоков территории — ценозы с доминированием зелёных нитчатых и жёлтозелёных сифонных водорослей (*Cladophora* Kütz., *Vaucheria* DC. и др.), как прикреплённых ко дну или субстрату, так и свободно плавающих, образующих скопления (маты) в толще или на поверхности воды. Нами выявлены сообщества с доминированием *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (acc. *Cladophoretum glomeratae* Sauer 1937), *C. fracta* (O.F. Müll. ex Vahl) Kütz. (acc. *Cladophoretum fractae* Sauer 1937), *Vaucheria dichotoma* (L.) C. Agardh (acc. *Nitello-Vaucherietum dichotomae* (S. Pass. 1904) Krausch 1964), *Stigeoclonium tenue* (C. Agardh) Kütz. (acc. *Stigeoclonietum tenue* (Fjerd. 1964) Arendt 1982), характеризующие участки рек со слабым течением и незначительными нарушениями (Fjerd. 1964; Бобров и др., 2005). Вспышки развития этих ценозов часто связаны с умеренным притоком органического загрязнения и осветлением русла в результате хозяйственной деятельности человека. Для более благополучных и с большими скоростями течения участков рек характерны сообщества *Cladophora glomerata* и *Vaucheria sessilis* (Vauch.) DC. (acc. *Vaucherio-Cladophoretum* Weber-Oldecop ex A.A. Bobrov et al., 2005). Также в проточной воде отмечены ценозы *Draparnaldia mutabilis* (Roth) Cedergr. (acc. *Draparnaldietum mutabilis* nom. prov.). Все перечисленные фитоценозы имеют циклический характер развития с пиками в весенний и осенний периоды, распространены они повсеместно и не только в реках (Бобров и др., 2005).

Сообщества красных водорослей встречаются на территории исследования не так широко, вероятно, из-за весьма специфичных требований видов-ценозообразователей к условиям обитания (Eloranta, Kwandrans, 1996). Фитоценозы с доминированием *Lemanea borealis* G.F. Atk., *L. fluitans* (L.) C. Agardh, *L. rigida* (Sirod.) De Toni (acc. *Lemaneetum fluviatilis* Weber-Oldecop 1974) характерны для быстрых (скорость течения до 1–1,5 м/с и более), порожистых, хорошо освещённых участков малых и средних рек с выходами коренных пород. Сообщества *Batrachospermum gelatinosum* (L.) DC. (acc. *Batrachospermetum gelatinosi* Bobrov et Chemeris 2006) встречаются в руслах водотоков с умеренным и слабым течением, при сильном затенении местообитаний, часто в местах выхода грунтовых вод. Ценозы *B. turfosum* Bory и/или *B. keratophyllum* Bory (acc. *Batrachospermetum vagi* Donat 1926) развиваются в тёмноцветных, кислых (pH<6) водотоках со слабым течением, вытекающих из болот и кислых озёр. Циклика развития сообществ пресноводных багрянок напрямую связана с гидрологическим режимом рек (чередованием паводков и межень), они достигают пика к концу июля – началу августа. В географическом отношении сообщества пресноводных багрянок тяготеют к северо-западной части территории исследования (Карелия, запад Архангельской и северо-запад Вологодской обл.), где отмечены на участках рек с выходами коренных пород (известняков, доломитов, гранитов). Исключение составляют ценозы асс. *Batrachospermetum gelatinosi*, спорадически встречающиеся в реках по всему региону.

Сообщества харовых водорослей в целом более характерны для озёрных условий, в реках были выявлены только фитоценозы *Chara vulgaris* L. (acc. *Charetum vulgaris* Corill. 1957). По сути, это эфемерные сообщ-

щества, быстро развивающиеся в реках во второй половине лета в период межени, когда вода максимально прогрета и почти отсутствует течение. После обсыхания местообитаний ценозы исчезают до следующего вегетационного сезона. Из-за короткого периода существования они легко просматриваются. Данные сообщества могут развиваться в речных плёсах, на прибрежных мелководьях, в затоках и других экотопах со спокойной водой. Харовые фитоценозы часто появляются на нарушенных участках русел (около бродов, мест водопоя скота и др.). Незначительное загрязнение органикой также может способствовать их развитию. Ценозы спорадически распространены по всей территории исследования.

Сообщества печёночников характерны для сильно затенённых местообитаний. Они редко занимают большие площади и представляют собой типичные синузии. Так, в расширениях ручьёв и верховий рек местами встречаются фитоценозы плейстофита *Riccia fluitans* L. (acc. Riccietum fluitantis Slavnic 1956 em. R. Tx. 1974). Ценозы с преобладанием *Scapania undulata* (L.) Dumort. (acc. Scapanietum undulatae Schwick. 1944) обитают на гранитных валунах в руслах рек с кислыми водами (pH<6). Сообщества ассоциации изредка встречаются по всему региону. По береговым кромкам и отвесным бортам русла, на регулярно нарушаемом паводками субстрате, весьма обычны сообщества с доминированием *Conocephalum conicum* L. и/или *Pellia epiphylla* (L.) Corda (acc. Pellio-Conocephaletum Maas 1959), образующие узкую длинную кайму по границе между водой и приречным лесом. При вырубке долинных лесов печёночники исчезают, не выдерживая при более интенсивном освещении конкуренции с гигрофитными сосудистыми растениями. Сообщества широко распространены по берегам рек по всему региону.

Сообщества листостебельных мхов исследованных рек очень разнообразны. Самыми типичными, массовыми и распространёнными в руслах являются ценозы с доминированием *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. (acc. Fontinalietum antipyreticae Greter 1936) и *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst. (acc. Leskeo-Leptodictyietum riparii v. Krus. ex v. Hübschm. 1953). Они встречаются на плотных субстратах (валунах, затопленной древесине) при б. м. постоянном обводнении. Фитоценозы *Brachythecium rivulare* Schimp. и *Hygrohypnum luridum* (Hedw.) Jenn. (acc. Brachythecio rivularis-Hygrohypnetum luridi Phil. 1956) занимают более мягкие субстраты (торф, растительную ветошь и др.) в руслах временных водотоков. Распространены повсеместно. В быстрых реках с мягкими водами представлены сообщества *Fontinalis dalecarlica* Bruch et Schimp. (acc. Fontinaletum dalecarlica v. Krus. ex A.A. Bobrov et Chemeris 2006), а в более жёстких и минерализованных водах развиваются ценозы с преобладанием кальцефильного *Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dixon (acc. Oxyrhynchietum rusciformis Gams ex v. Hübschm. 1953). Эти фитоценозы отмечены в реках северной и северо-западной частей региона.

Несколько выделяются на фоне прочих сообщества с доминированием монтанных видов мхов. Они представлены в водотоках, где в руслах есть валунные поля или крупные каменные глыбы. Эти ценозы способны переносить длительное пересыхание, довольствуясь обводнением в паводки и увлажнением атмосферными осадками, но при подъёме воды они выдерживают очень высокие скорости течения (>1.5 м/с). Это ценозы с доминированием *Schistidium rivulare* (Brid.) Podp., *S. apocarpum* (Hedw.) Bruch et Schimp. (acc. Cinclidotetum fontinaloidis Gams ex v. Hübschm. 1953) и *Dichelyma falcatum* (Hedw.) Myr. (acc. Dichelymetum falcati v. Hübschm. 1974). Весьма к ним близки по экологическим свойствам, но предпочитающие большее обводнение, сообщества *Hygrohypnum ochraceum* (Turn. ex Wils.) Loeske и *Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jenn. (acc. Hygrohypnetum ochracei Hertel 1974), также обитающие на камнях в руслах водотоков. Перечисленные выше сообщества спорадически встречаются по всей территории, однако на севере и северо-западе значительно чаще. Максимального развития подавляющее большинство сообществ мхов достигает ближе к осени, когда понижение температур и отмирание сосудистых растений даёт дополнительные преимущества.

Можно заключить, что сообщества криптогамных макрофитов проявляют себя в условиях, при которых невозможно или затруднено формирование ценозов сосудистых растений. Это достигается либо смещением вегетации криптогамов на более ранний или более поздний срок (весну, начало лета, осень), либо способностью обитать в условиях недоступных для сосудистых макрофитов. Определяющими здесь выступают следующие экологические факторы: скорость течения и грунты; pH, минерализация и цветность; резкая смена условий обитания в течение вегетационного периода (чередование затоплений и обсыханий в паводки и межени); а также освещённость/затенённость. Сообщества криптогамных макрофитов представляются крайне низкоорганизованными и имеют, как правило, маловидовой состав. Мозаичность экониш в ручьях, малых и средних реках приводит к тому, что однородные по условиям участки незначительны по размеру, также как и занимающие их ценозы, которые часто представляют собой синузии. При продвижении на север, северо-запад региона, в ландшафты с выходами коренных пород, где в реках чаще представлены твёрдые субстраты, доля сообществ криптогамных макрофитов в растительном покрове водотоков возрастает.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты №№ 01-04-49524, 04-04-49814) и Фонда содействия отечественной науке.

Литература

- Бобров А. А., Куприянова Л. М., Чемерис Е. В. Сообщества макроскопических зелёных нитчатых и жёлтозелёных сифоновых водорослей (Cladophoretea) некоторых регионов России // Растительность России. 2005. № 7. С. 50–58.
- Бобров А. А., Чемерис Е. В. Синтаксономический обзор растительных сообществ ручьёв, малых и средних рек Верхнего Поволжья // Матер. VI Всерос. школы-конф. по водным макрофитам «Гидробиотаника 2005» (пос. Борок, 11–16 октября 2005 г.). Рыбинск, 2006. С. 116–130.
- Свириденко Б. Ф. Флора и растительность водоёмов Северного Казахстана. Омск, 2000. 196 с.
- Чемерис Е. В., Бобров А. А. Криптогамные макрофиты в водных экосистемах: разнообразие, сообщества, экологическая роль // Матер. VI Всерос. школы-конф. по водным макрофитам «Гидробиотаника 2005» (пос. Борок, 11–16 октября 2005 г.). Рыбинск, 2006. С. 71–86.
- Eloranta P., Kwadrans J. Distribution and ecology of freshwater red algae (*Rhodophyta*) in some central Finnish rivers // Nord. J. Bot. 1996. Vol. 16, № 1. P. 107–117.
- Fjerdingsstad E. Pollution of streams estimated by benthic phytomicro-organisms. I. A system based on communities of organisms and ecological factors // Int. Rev. ges. Hydrobiol. 1964. Bd. 49, Hf. 1. S. 63–131.

**СУКЦЕССИОННЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРосЛЕЙ
ПОСТПИРОГЕННЫХ БИОТОПОВ**

Чумачева Н.М.

Новосибирск. Новосибирский государственный педагогический университет

Формирование группировок почвенных водорослей после низового пожара изучали в сосняке зеленомошно-брусничном на территории Белоярского лесничества Новосибирской области. Альгологические исследования проводили в течение двух лет (от момента выжигания до восстановления растительного покрова). Почвенные пробы отбирались послойно на глубину до 20 см на разных участках фитоценоза (в околопневной зоне, на бугорных возвышениях и под растительными группировками). Фоном служил участок, не затронутый огнем.

В результате сравнительного анализа альгогруппировок постпирогенных участков были выявлены группы водорослей, обладающих неодинаковой реакцией на пирогенное влияние. Учитывая резистентность и чувствительность отдельных видов водорослей, был выстроен временной сукцессионный ряд, отражающий этапы заселения постпирогенных биотопов. Каждый этап сукцессии отражал появление определенной группы водорослей.

1. Этап эцезиса длительностью от момента выжигания до 3 месяцев характеризовался поселением водорослей пионерной группы, которая включала виды, устойчивые к прямым (обжиг почвы, повышение температуры) и косвенным (токсичность золы, сдвиг pH в сторону щелочности) изменениям среды. Состав видов:

а) индифферентные виды – представители одноклеточных зеленых и желтозеленых водорослей, отличающихся толерантностью к засухе, засолению и ряду других факторов. Эти виды имеют широкий диапазон распространения. Ранее они были отмечены в качестве первопоселенцев на вулканических полях (Штина, Андреева, Кузьякина, 1992), на начальных этапах зарастания песков Прикаспия (Гаель, Штина, 1974), на техногенных субстратах, в том числе золоотвалах (Неганова, 1975; Кабириков, 1990). Среди них на начальных этапах сукцессии после низового пожара отмечены *Bracteacoccus minor*, *Dictyococcus varians*, *Muriella terrestris*, *Chlorococcum infusionum*, *Pleurochloris magma*;

б) термофильные виды из отделов зеленых и синезеленых, ранее выделенные из горячих источников разных областей земного шара, а также отмеченные в вулканических выбросах Сихотэ-Алиня, на Курилах и острове Кунашир (Андреева, Чаплыгина, 1998). Среди зеленых в нашем варианте на постпирогенных участках отмечены: *Bracteacoccus aggregata*, *Scotiellopsis rubescens*, *Parietochloris cohaerens*, *Chlorella vulgaris*, *Pseudochlorococcum typicum*, *Spongiochloris typica*. Среди синезеленых – представители порядка *Oscillatoriales*: *Plectonema nostocorum*, *Phormidium foveolarum*, *Ph. uncinatum*, *Ph. tenue*, *Symploca muralis*. Большая часть обнаруженных видов была отмечена также на пирогенных участках кострищ березняков г. Новосибирска (Чумачева, 2000);

в) пиротермобильные виды, способные развиваться в почве, смешанной с зольным остатком. Ранее рядом авторов (Неганова, 1975; Штина, Андреева, Кузьякина, 1992; Сугачкова, 2000) была отмечена способность отдельных видов водорослей сохранять жизнеспособность и вегетировать в присутствии золы. Среди них на пирогенных участках сосняка зеленомошно-брусничного были обнаружены *Plectonema gracillimum*, *Desmoteta stigmatica*, *Dictyochloris fragrans*, *Chlorococcum hypnosporum* и др.

Характерной особенностью этого этапа является увеличение общего видового разнообразия в составе альгогруппировок и появление нитчатых синезеленых водорослей, не характерных для хвойных лесов и отступовавших на фоновых участках сосняка зеленомошно-брусничного.

2. Этап колонизации продолжительностью от 3 до 12 месяцев после низового пожара характеризовался заселением пирогенных участков видами из отделов диатомовых и желтозеленых, которые определены как слабоустойчивые. Установлено, что последние избегают прямого действия огня, но положительно реагируют на изменение гидротермических и физико-химических показателей почвенной среды. Состав видов:

а) виды с признаками ксероморфности из отдела диатомовых р. *Hantzschia u Navicula*. Они положительно отзываются на повышение освещенности, отсутствие подстилки и опада (Алексахина, Штина, 1984) и присутствие зольной пищи (Артамонова, 2000). Диатомовые появляются на участках с низким проективным покрытием (10–30%) на хорошо освещенных буграх и в околоснеговой зоне, где увеличивают встречаемость до 80% и входят в состав доминантов. Установлено (Lehmal Heidi, 1999), что более 90 видов диатомовых проявляют устойчивость к различным факторам среды;

б) виды из отдела желтозеленых, склонные к гетеротрофии. Согласно литературным данным, виды способные к гетеротрофному питанию широко распространены в почвах (Штина, Голлербах, 1976). Они отличаются повышенными требованиями к органике и реагируют на появление элементов азота, фосфора, калия. Известно, что в местах гарей усиливаются процессы аммонификации и появляются легкодоступные элементы питания в виде окислов (Арефьева, Колесников, 1964), которые могут быть использованы клетками водорослей. Из числа видов этой группы нами были обнаружены *Tribonema vulgare*, *Pleurochloris imitans*, *Pl. polychloris*, *Pl. commutata*, *Vischeria stellata*, *Chloridella neglecta*, обладающие лабильным обменом веществ;

в) виды, положительно отзывающиеся на обогрев. На гарях при глубоком прогревании почвы усиливаются процессы спорообразования, и происходит более интенсивное развитие олиготермных видов. В нашем варианте из этой группы отмечены виды р. *Ellipsoidion* (*E. simplex*, *E. perminimum*, *E. Solitare*). Все они проявляли приуроченность к глубжележащим слоям почвы (от 10 до 20 см).

Особенностью этапа является включение в состав альгогруппировки видов диатомовых и расширение состава желтозеленых водорослей. Известно, что виды из этих отделов проявляют чувствительность к большинству природных и антропогенных факторов. Следовательно, их появление на пирогенных участках может индцировать определенную степень улучшения условий среды и оздоровление почвы.

3. Этап ремиссии характеризовался тенденцией возвращения состава альгогруппировки к допозарному состоянию и появлению видов, тяготеющих к определенным растительным группировкам в пределах данного фитоценоза. Продолжительность этапа зависела от степени нарушения биотопа, интенсивности зарастания участка и характера высших растений. Состав видов:

а) луговые виды, более активно развивающиеся в отсутствие мохового покрова, грубогумусовой подстилки и повышенной освещенности. Среди них отмечены виды из родов *Macrochloris*, *Spongiochloris*, *Neospongiococcut*, *Tetracystis*. Наиболее устойчивую позицию в этой группе занимали виды *Spongiochloris spongiosa*, *Tetracystis aggregata*, имеющие высокие значения ЭЦЗ. Они активнее развивались в отсутствие полога под бруснично-разнотравной и коротконожково-разнотравной группировкой и у лесосеки;

б) тенелюбивые виды, которые появлялись под пологом сосен при успешном зарастании гаревых участков моховым покровом. Видимо, их заселение происходило воздушным путем из ближайших биотопов. При появлении фрагментов мха в качестве доминантов поверхностного слоя почвы снова выступали виды, характерные для лесных сообществ: *Chlorhormidium flaccidum*, *Heterothrix exilis* и виды р. *Chlamydomonas*. Отмечено появление *Ulothrix variabilis*, *Heterothrix bristoliana*, видов р. *Coccomyxa*.

Особенностью этапа является формирование альгогруппировок, сходных по составу с фоновыми. При этом из состава альгогруппировки постепенно исчезают нитчатые синезеленые и диатомовые водоросли.

В ходе исследования выявлено, что сукцессия почвенных водорослей на участках гари проходит в несколько этапов. На начальных этапах (эцезис) характерно преобладание одноклеточных зеленых водорослей убиквистов, на промежуточных (колонизации) – наиболее полно представлены все отделы, на заключительных (ремиссия) – альгогруппировка соответствует определенному составу растительности и степени зарастания участка. Описанная пирогенная сукцессия встраивается в общий ряд известных в альгологической литературе сукцессий (Кабилов, 1990., Штина, Андреева, Кузякина, 1992., Сугачкова, 2000) и обнаруживает сходные с ними тенденции развития.

Литература

- Андреева В.М., Чаплыгина О.Я. Почвенные хлорококковые и хлорсарциновые водоросли Лазовского заповедника (Приморский край) // Новости систематики низших растений. Л.: АН СССР, 1989. Т. 26. С. 7–17.
- Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
- Арефьева З.Н., Колесников Б.П. Динамика аммиачного и нитратного азота в лесных почвах Зауралья при высокой и низкой температуре // Почвоведение. 1964. № 3. С. 30–43.
- Артамонова В.С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв юго-востока Западной Сибири: Автореф. дисс. ... д.б.н. Новосибирск, 2000. 35 с.
- Галь А.Г., Штина Э.А. Водоросли на песках аридных областей и их роль в формировании почв // Почвоведение. 1974. № 6. С. 67–75.

Неганова Л.Б. Развитие почвенных водорослей на промышленных отвалах как первый этап их зарастания: Автореф. дис. ... к.б.н. Свердловск, 1975. 25 с.

Сугачкова Е.В. Участие почвенных водорослей на первых этапах восстановительных сукцессий лесных экосистем после пожара // Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность. СПб.: Наука, 2000. С. 465–467.

Чумачева Н.М. Почвенные водоросли постпирогенных биотопов // Сборник научных работ студентов и молодых ученых. Новосибирск: ГЦРО, 2000. Вып. 2. С.133–138.

Штина Э.А., Андреева В.М., Кузякина Т.И. Заселение водорослями вулканических субстратов // Бот. журн. 1992. Т. 77, № 8. С. 33–42

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

Lehmal Heidi. Adaptation an niedrige Temperaturen Lipide in Eisdiatomeen // Ber Polarforsch. 1999. № 314. P. 1–119.

ВОДРОСЛИ НА РАЗЛИЧНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Шкундина Ф.Б., Габидуллина Г.Ф.

Уфа, ГОУ ВПО Башкирский государственный университет

Действующим началом при очистке сточных вод в аэротенке на биологических очистных сооружениях является активный ил, который представляет собой частицы разнообразных органических веществ, населенных группами микроорганизмов-аэробов и факультативных анаэробов. Фауна активного ила представлена разнообразными группами простейших (жгутиковыми, саркодовыми, инфузориями), коловратками, круглыми и малощетинковыми червями (олигохетами), реже – водными членистоногими и их личинками. Известно, что представители микрофауны чрезвычайно чувствительны к концентрации органических веществ, количеству растворенного кислорода, наличию токсических соединений и др. Поэтому при разных режимах очистки наблюдается периодическое преобладание различных групп фауны в составе активного ила. Сопутствующими организмами в аэротенках являются водоросли, которые выполняют две основных функции: выделение в окружающую среду кислорода и продуцирование фитонцидов в комплексе с другими физиологически активными веществами.

Водоросли на биологических очистных сооружениях (БОС) следует рассматривать как облигатные виды для вторичных отстойников и факультативные для аэротенков. В первичных отстойниках, в связи с высоким содержанием загрязняющих веществ, обычно развиты только представители вольвоксовых (*Volvocales*) и синезеленых водорослей (цианопрокариот – *Cyanoprokaryota*). Особого внимания заслуживают *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*), для которых доказана высокая устойчивость к действию токсикантов.

В связи со своеобразием экологической обстановки в системе биологической очистки, комплекс обитателей активного ила следует рассматривать как показатель условий среды, то есть состава сточных вод и технологического режима их очистки.

При снижении эффективности очистки в ходе токсического воздействия поступающих сточных вод могут интенсивно развиваться нитчатые бактерии, водоросли и грибы. Развитие нитчатых бактерий больше 20 000 на 1 грамм сухого ила приводит к вспуханию и повышенному выносу активного ила из вторичных отстойников (Соловых, Левин, Пастухова, 2003). Вспухание, в частности, может вызывать интенсивное развитие цианопрокариот.

Для оценки работы очистных сооружений используются индикаторы сапробности (Липеровская, 1977). Биоценозы активного ила относятся к зоне мезосапробности. Сладечек делит эту зону на 4 ступени, которые схематично можно изобразить следующим образом: 1. *Polytoma uvella*; 2. *Hexamitus inflatus*; 3. *Oicomonas socialis*; 4. *Vodo edatus*. Сапробные секвенции характеризуют отдельные стадии очистки.

Водоросли широко используются в токсикологическом контроле воды и пригодны для установления степени токсичности тяжелых металлов, детергентов, пестицидов и др. Так, для токсикологического анализа используют зеленые водоросли родов *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Chlamydomonas* и др. Представили этих групп, отмечены нами в составе активного ила (табл. 1).

Водоросли в составе активного ила различных БОС Республики Башкортостан (гг. Уфа, Давлеканово, Нефтекамск) изучались нами на протяжении ряда лет. Следует заметить, что с этих позиций аэротенки г. Уфы исследовались более детально.

Методика сбора и обработки материала соответствовала общепринятым подходам в изучении водорослей (Водоросли, 1989). В г. Уфе среднесуточный расход сточных вод, поступающих на БОС, составил около 180 тыс. м³/сут. Нагрузка загрязнений по БПК₅ на 1 г беззольного сухого вещества активного ила соответствовала 237 мг/г.сут. Влажность активного ила – 99,5%. Доза ила в аэротенках – 1,5 г/л. Концентрация растворенного кислорода – 4 мг/л. БОС г. Давлеканово построены по упрощенной технологической схеме, без предочистки (первичные отстойники отсутствуют). Стоки попадают сразу в аэротенк. Общая производительность очистных сооружений составляет 2100 м³/сут. Эффективность очистки по ХПК=77,90%, по

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БОТАНИКИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

БПК₅=88,30%. БОС г. Нефтекамска имеют проектную производительность 40 тыс. м³/сут. Вода первоначально поступает в первичные отстойники, которые служат для отделения стоков от взвешенных частиц. На следующем этапе осветленные сточные воды поступают в аэротенки. Аэротенк трехкоридорный, двухсекционный. Далее сточные воды и активный ил поступают в распределительную камеру вторичных отстойников.

Изучение водорослей в аэротенках г. Уфы проводилось с декабря 2005 г. по декабрь 2007 г. Были выявлены представители 4 отделов (40 видов): *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) – 12, *Heterocontophyta* (*Chromophycota*) – 12, *Euglenophyta* – 3, *Chlorophyta* – 13. Наиболее часто встречались *Oscillatoria agardhii*, *Microcystis aeruginosa*, *Trachelomonas sp.*, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp. sp.*

Систематический список водорослей, наиболее часто встречающихся на биологических очистных сооружениях Республики Башкортостан, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Список водорослей, часто встречающихся в активном иле аэротенков БОС гг. Уфы, Давлеканово, Нефтекамска.

Отделы/виды		г. Уфа	г. Давлеканово	г. Нефтекамск
<i>Cyanophyta</i> (<i>Cyanoprokaryota</i>)				
1	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	+	–	–
2	<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chod.	+	–	–
3	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend. Elenk.	+	+	+
4	<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood.) Forti emend. Elenk.	+	–	+
5	<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.	+	+	–
6	<i>Oscillatoria limosa</i> Ag.	–	+	–
7	<i>Oscillatoria brevis</i> (Kütz.) Gom.	–	–	+
8	<i>Oscillatoria mirabilis</i> Bocher.	–	+	+
9	<i>Phormidium mucicola</i> Hub.-Pest. et Naum.	+	–	–
10	<i>Phormidium molle</i> (Kütz.) Gom.	–	–	+
11	<i>Spirulina platensis</i> (Nordstedt) Geitler	+	–	–
12	<i>Spirulina tenuissima</i> Kütz.	+	+	–
13	<i>Schizothrix fresii</i> (Ag.) Gom.	–	+	–
14	<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.	–	+	+
<i>Heterocontophyta</i> (<i>Chromophycota</i>)				
15	<i>Dinobryon sp. sp.</i>	+	–	–
16	<i>Tribonema sp. sp.</i>	+	–	–
17	<i>Pleurochloris magna</i> Boye-Pet.	–	+	–
18	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz. var. <i>veneta</i> (Kütz.) Grunow.	+	–	–
19	<i>Cyclotella melosiroides</i> (Kirchner) Lemmermann	+	–	–
20	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim	+	–	–
21	<i>Melosira varians</i> Ag.	+	–	–
22	<i>Surirella sp. sp.</i>	+	–	–
<i>Euglenophyta</i>				
23	<i>Euglena viridis</i> Ehr.	+	+	–
24	<i>Phacus sp. sp.</i>	+	–	–
25	<i>Trachelomonas sp. sp.</i>	+	+	–
<i>Chlorophyta</i>				
26	<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M. Smith) Kom.- Legn. in Fott	+	–	+
27	<i>Chlamydomonas elliptica</i> Korsh.	+	–	–
28	<i>Chlamydomonas sp. sp.</i>	–	+	–
29	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.	+	+	+
30	<i>Chlorococcum sp. sp.</i>	+	–	–
31	<i>Coelastrum microporum</i> Nag. in A. Br.	+	–	–
32	<i>Crucigenia quadrata</i> Morr.	+	–	–
33	<i>Micractinium quadrisetum</i> (Lemm.) G. Sm.	+	–	–
34	<i>Oocystis lacustris</i> Chod.	+	+	–
35	<i>Scenedesmus obliquus</i> Turpin.	+	–	–

Мы использовали экологическую картотеку видов водорослей (Барина, Анисимова, Медведева, 2006) для выявления экологических характеристик водорослей, развивающихся в аэротенках на БОС г. Уфы. По специфическому местообитанию большинство развивающихся в аэротенке видов были планктонными. Сапробная валентность, показывающая приуроченность к определенной зоне сапробности, изменялась у выявленных видов от 1,6 до 4,5. Большинство видов были β-мезосапробы, 2 вида относились к α-мезосапробам: *Chlorella vulgaris* и *Euglena viridis*. По галобности получено следующее распределение: 4 галофила и 5 индифферентных видов. По географической приуроченности все виды были космополитами, только *Euglena viridis* относилась к бореальным видам.

В активном иле БОС г. Давлеканово в 2005–2006 гг. были найдены 26 видов водорослей из 5 отделов: *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) – 12, *Heterocontophyta* (*Chromophycota*) – 3, *Dinophyta* – 1, *Euglenophyta* – 4,

Chlorophyta – 10. Из цианопрокариот в большом количестве были обнаружены *Oscillatoria limosa* – бентосный галофил, с сапробностью 2,35, космополит; *Oscillatoria agardhii* – планктонный галофил с сапробностью 2,2, космополит и *Schizothrix fresii*.

На БОС г. Нефтекамска было выявлено 15 видов водорослей: *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) – 11, *Heterocontophyta* (*Chromophyta*) – 1, *Chlorophyta* – 3. Часто встречающимися и многочисленными видами были *Synechocystis aquatilis*, *Monoraphidium irregulare*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*, *Oscillatoria brevis*, *O. mirabilis*, *Phormidium molle*, *Chlorella vulgaris*. В 7 пробах выявлены споры грибов. Наибольшее разнообразие видов водорослей отмечено в шести секциях аэротенков и после вторичных отстойников. Наименьшее – в р. Кама и на выходе из очистных сооружений. Наибольшие значения численности и биомассы отмечаются после вторичных отстойников (табл. 2).

Таблица 2

Численность и биомасса систематических групп водорослей и спор грибов на различных стадиях очистки БОС г. Нефтекамска

Отделы	вход	первичные отстойники	после первичных отстойников	аэротенк (6 секция)	после вторичных отстойников	выход	р. Кама, выше сброса
<i>Cyanoprokaryota</i>	5376 0,509	1104 0,279	11640 0,959	19773 0,335	58761 4,979	37522 1,079	4075 0,106
<i>Heterocontophyta</i>	–	–	–	–	–	–	96 0,017
<i>Chlorophyta</i>	–	828 0,070	2232 0,187	2376 0,200	7956 0,668	1128 0,095	1104 0,093
Споры грибов	1920 0,027	168 0,002	2580 0,036	–	–	72 0,001	–
Всего:	7296 0,536	2100 0,351	16452 1,182	22149 0,535	66717 5,647	38722 1,175	5275 0,216

Анализ табл. 1 показывает, что общими из доминирующих видов для активного ила изученных БОС Республики Башкортостан были 2: *Microcystis aeruginosa* (типично планктонный организм, размножаясь в больших количествах, вызывает «цветение» воды; оптимальная температура для роста и развития *M. aeruginosa* составляет 32°C) и *Chlorella vulgaris* (широко распространена в природе, в пресной воде, на сырой почве, на коре стволов деревьев, представителей этого рода используют для доочистки сточных вод). 8 видов являются характерными для 2-х БОС.

Для сравнения видового состава были рассчитаны коэффициенты общности по Сьеренсену. Наиболее похожими по составу водорослей были активные илы Давлеканово и Нефтекамска (38%). Низкая величина сходства (11%) характерна для БОС г. Уфы и г. Нефтекамска, что вероятно объясняется высокой токсичностью сточных вод последнего. Расчет коэффициентов корреляции показал, что на БОС г. Нефтекамска наблюдается достоверная отрицательная зависимость численности и биомассы *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) от концентрации сульфатов и марганца. *Chlorophyta* имели достоверные отрицательные корреляционные связи с концентрацией алюминия, нефтепродуктов, остаточного хлора, фенола и никеля.

Литература

Водоросли. Справочник / Под ред. С.П. Вассер. Киев, 1989. 608 с.
 Соловых Г. Н., Левин Е.В., Пастухова Г.В. Биотехнологическое направление в решение экологических проблем. Екатеринбург, 2003. 295 с.
 Липеровская Е. С. Гидробиологические индикаторы состояния активного ила и их роль в биологической очистке сточных вод. // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. Общая экология, биоценология, гидробиология. 1977. № 4. С. 169–217.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ АЛЬГОЛОГИЯ

<i>Абдуллин Ш.Р.</i> ЦИАНОБАКТЕРИИ И ВОДОРОСЛИ ИКСКОЙ ПЕЩЕРЫ (БАШКОРТОСТАН)	5
<i>Айздайчер Н.А., Маркина Ж.В.</i> ВЛИЯНИЕ ДЕТЕРГЕНТА НА РОСТ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ	7
<i>Асфандиярова Л.З.</i> АНАЛИЗ ПОЧВЕННОЙ АЛЬГОФЛОРЫ ПОСЕВОВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРЕДУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	10
<i>Афанасьев Д.Ф.</i> К АНАЛИЗУ ФЛОРЫ ВОДОРОСЛЕЙ-МАКРОФИТОВ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ	12
<i>Бачура Ю.М., Храмченкова О.М.</i> ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АЛЬГОГРУППИРОВОК ПОЧВ НА КОСТРИЩАХ	13
<i>Болдина О.Н.</i> ТИП ПИРЕНОИДА КАК НОВЫЙ ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ У ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ	16
<i>Волошко Л.Н.</i> ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРОСЛИ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ (НА ПРИМЕРЕ ВОРКУТИНСКОЙ ТУНДРЫ)	18
<i>Воскобойников Г.М., Котьяш И.В.</i> СТРОЕНИЕ КРИПТОСТОМ ФУКУСОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ	20
<i>Габышев В.А.</i> ФИТОПЛАНКТОН НЕКОТОРЫХ ПРИТОКОВ СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ	21
<i>Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Сафиуллина Л.М., Пурина Е.С., Абузарова Л.Х., Кокорина Л.В., Мухаметова Г.М., Бакиева Г.Р.</i> ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ	23
<i>Гуламанова Г.А., Шкундина Ф.Б.</i> ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	26
<i>Давыдов Д.А.</i> ПОДХОД К ГЕОГРАФИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ЦИАНОПРОКАРИОТ НА ПРИМЕРЕ ФЛОРЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	29
<i>Дубовик И.Е., Климина И.П.</i> ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭПИФИТНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРЕДУРАЛЬЯ	32
<i>Егорова И.Н.</i> АЭРОФИТНЫЕ ВОДОРОСЛИ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ	34
<i>Илюшенко А.Е.</i> АЛЬГОКОМПЛЕКСЫ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БОРА-БРУСНИЧНИКА (PINETA VACCINIOSUM)	37
<i>Кирпенко Н.И., Рыбак Н.В.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ИХ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ	40
<i>Ковалева Г.В.</i> ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ БЕНТОСА И ПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ	42
<i>Ковальчук Н.А.</i> МАКРОВОДОРОСЛИ АКВАТОРИИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА, ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ЗАКАЗНИКА «ГЛАДЫШЕВСКИЙ» И ПРИЛЕГАЮЩИХ К ООПТ ВОД	44
<i>Коженкова С.И.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ АМУРСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ	47
<i>Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А.</i> ИСТОРИЯ АЛЬГОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ	49
<i>Копырина Л.И.</i> ВОДОРОСЛИ ВОДОЕМОВ РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ДЖУНКУН» (ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)	52
<i>Кузьяметов Г.Г.</i> НЕПРЕРЫВНОСТЬ И ДИСКРЕТНОСТЬ В РАЗНЫХ МАСШТАБАХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ	55
<i>Лукницкая А.Ф.</i> К ФЛОРЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ: ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ ИЗ ГРУППЫ КОНЪЮГАТ (КЛАСС <i>ZYGNEMATOPHYCEAE</i>) НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ»	57
<i>Маслов И.И.</i> АЛЬГОФЛОРА ЗАПОВЕДНЫХ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА: МАКРОФИТОБЕНТОС	60
<i>Медведь В.А., Потрохов А.С., Зиньковский О.Г.</i> ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ У ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ	62
<i>Павлова О.А.</i> СОСТАВ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬГОФЛОРЫ	65
<i>Патова Е.Н., Шабалина Ю.Н., Стерлягова И.Н.</i> РЕДКИЕ ВИДЫ ВОДОРОСЛЕЙ-МАКРОФИТОВ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ К ВНЕСЕНИЮ В КРАСНУЮ КНИГУ РЕСПУБЛИКИ КОМИ	68

<i>Пивоварова Ж.Ф., Факторович Л.В., Круне Т.И.</i> ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ ГОРНОГО АЛТАЯ	71
<i>Романов Р.Е.</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ОБИ	73
<i>Рыжик И.В., Макаров М.В.</i> АКТИВИЗАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У <i>FUCUS VESICULOSUS</i> (L.) БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПРИ ПРОИЗРАСТАНИИ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОДЫ	76
<i>Станиславская Е.В.</i> ОСОБЕННОСТИ АЛЬГОФЛОРЫ ИЗВАРСКИХ ОЗЕР	78
<i>Стенина А.А.</i> ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В ИСТОЧНИКАХ ГОРОДА ВОРКУТЫ (БАССЕЙН ПЕЧОРЫ) ..	81
<i>Степаньян О.В.</i> ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ АЗОВСКОГО, ЧЕРНОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ	83
<i>Трифонова И.С., Павлова О.А., Афанасьева А.Л.</i> ФЛОРА ВОДОРОСЛЕЙ ПЛАНКТОНА РЕК БАССЕЙНА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА	86
<i>Урмыч Е.М., Бердыкулов Х.А., Кулмуратова М.Э.</i> НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В КУЛЬТУРЕ	89
<i>Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА И ФИТОПЕРИФИТОНА В ВОДОЕМАХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ	91
<i>Чемерис Е.В., Бобров А.А.</i> МАЛОИЗВЕСТНЫЕ СООБЩЕСТВА КРИПТОГАМНЫХ МАКРОФИТОВ В РЕКАХ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ	94
<i>Чумачева Н.М.</i> СУКЦЕССИОННЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ПОСТПИРОГЕННЫХ БИОТОПОВ	96
<i>Шкундина Ф.Б., Габидуллина Г.Ф.</i> ВОДОРОСЛИ НА РАЗЛИЧНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	98

СЕКЦИЯ МИКОЛОГИЯ

<i>Аветисян Г.А., Бабоша А.В.</i> ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА НА РАЗВИТИЕ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ПШЕНИЦЫ	103
<i>Андреанова Т.В.</i> ФИТОТРОФНЫЕ АНАМОРФНЫЕ ГРИБЫ ЗАПОВЕДНИКОВ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ УКРАИНЫ	105
<i>Бетехтина А.А.</i> ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКОТРОФНОСТИ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ	108
<i>Богачева А.В.</i> МИКОБИОТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ДУБНЯКОВ	110
<i>Волобуев С.В.</i> ТРУТОВИКОВЫЕ ГРИБЫ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ХОТЬКОВСКАЯ ДАЧА» (ШАБЛЫКИНСКИЙ РАЙОН, ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	112
<i>Володина А.А.</i> АГАРИКОИДНЫЕ ГРИБЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ КАЛИНИНГРАДСКОГО ПОЛУОСТРОВА	114
<i>Демина Г.В., Исакова А.А.</i> БОЛЕЗНИ <i>INULA HELENIUM</i> L.	115
<i>Дудка И.А., Анищенко И.Н., Терентьева Н.Г.</i> ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ-ХОЗЯЕВ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КОНИДИЙ У ГРИБОВ РОДА <i>PERONOSPORA</i> CORDA	117
<i>Заводовский П.Г.</i> НОВЫЕ НАХОДКИ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБОВ ИЗ ВОДЛОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА	120
<i>Копытина Н.И.</i> ВЫСШИЕ МОРСКИЕ ГРИБЫ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ЛИМАНОВ	122
<i>Крапивина Е.А., Шхагапсоев С.Х.</i> МОНИТОРИНГ ПРИУРОЧЕННОСТИ БИОТЫ МАКРОМИЦЕТОВ К ОСНОВНЫМ ЛЕСООБРАЗУЮЩИМ ПОРОДАМ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА	126
<i>Крутов В.И., Руоколайнен А.В.</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКОБИОТЫ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ ПОРОД КАРЕЛИИ	128
<i>Кызметова Л.А., Абиев С.А.</i> К МИКОБИОТЕ РЖАВЧИННЫХ ГРИБОВ КАЗАХСТАНСКОГО АЛТАЯ	131
<i>Морозова Т.И.</i> МИКРОМИЦЕТЫ КЕДРА СИБИРСКОГО <i>PINUS SIBIRICA</i> DE TOUR В БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ	134
<i>Мухин В.А., Котиранта Х., Ушакова Н.В.</i> ТРУТОВЫЕ ГРИБЫ БЕРИНГИЙСКОГО СЕКТОРА ГОЛАРКТИКИ ..	135
<i>Нам Г.А., Рахимова Е.В., Ермекова Б.Д., Кызметова Л.А., Есенгулова Б.Ж.</i> К МИКОБИОТЕ МУЧНИСТОРОСЯНЫХ ГРИБОВ КАЗАХСТАНСКОГО АЛТАЯ	138
<i>Переведенцева Л.Г., Переведенцев В.М.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАТЕГОРИЙ И КРИТЕРИЕВ МСОП ПРИ СОЗДАНИИ КРАСНОЙ КНИГИ ПЕРМСКОГО КРАЯ (АГАРИКОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ)	141
<i>Предтеченская О.О.</i> АГАРИКОВЫЕ ГРИБЫ ЗАПОВЕДНИКОВ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ	143

<i>Рафикова Г.Ф., Киреева Н.А., Мрясова А.Б.</i> КОМПЛЕКСЫ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ И ТОРФЯНО-ГЛЕЕВЫХ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ	145
<i>Рахимова Е.В.</i> ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПИКНИД <i>SEPTORIA DICTAMNIFUSCA</i> ..	147
<i>Русанов В.А., Лecomцева С.Н., Булгаков Т.С., Карпенко Т.В.</i> РЖАВЧИННЫЕ ГРИБЫ НИЖНЕГО ДОНА	151
<i>Рябченко А.С., Аветисян Т.В., Аветисян Г.А., Бабоша А.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННОГО ЗЕАТИНА НА РАННИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ПШЕНИЦЫ	153
<i>Сазанова Н.А.</i> ЗНАЧЕНИЕ БОЛЕТОВЫХ ГРИБОВ В МИКОБИОТЕ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ	156
<i>Саркина И.С.</i> МИКОБИОТА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА: МАКРОМИЦЕТЫ	159
<i>Свистова И.Д., Сенчакова Т.Ю.</i> МИКРОБНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ НА ПРИМЕРЕ МИКРОМИЦЕТОВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО	162
<i>Ставищенко И.В.</i> СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОТЫ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБОВ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА	165
<i>Стогниенко О.И.</i> МИКОБИОТА ЛИСТЬЕВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ЦЧР	167
<i>Химич Ю.Р.</i> ТРУТОВЫЕ ГРИБЫ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В ПОСЛЕПОЖАРНЫХ СУКЦЕССИЯХ	168
<i>Шубин В.И.</i> О ВЛИЯНИИ СБОРА ГРИБОВ НА ИХ ПЛОДОНОШЕНИЕ	170

СЕКЦИЯ ЛИХЕНОЛОГИЯ

<i>Будаева С.Э.</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИШАЙНИКОВ БУРЯТИИ: ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКОЕ И ЭКОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, СОСТАВ, АНАЛИЗ	177
<i>Гагарина Л.В.</i> ГИАЛЕКТОВЫЕ ЛИШАЙНИКИ (S. L.): ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В МИРЕ И ПЕРСПЕКТИВА ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ «ФЛОРЫ ЛИШАЙНИКОВ РОССИИ»	179
<i>Голубков В.В.</i> ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИШАЙНИКОВ <i>HYPOTRACHINA REVOLUTA</i> (FLK.) NALE И <i>PUNCTELLIA SUBRUDECTA</i> KROG И ИХ ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	181
<i>Давыдов Е.А.</i> ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМАТИКИ И ФИЛОГЕНИИ ЛИШАЙНИКОВ СЕМЕЙСТВА <i>UMBILICARIACEAE</i>	183
<i>Домнина Е.А., Шатино И.А.</i> ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ	186
<i>Жданов И.С., Дудорева Т.А.</i> ЛИХЕНОФЛОРА КАНДАЛАКШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ): ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, ПЕРВЫЕ ИТОГИ	189
<i>Ковалева Н.М.</i> ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОМАССЫ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ НА <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. (НИЖНЕЕ ПРИАНГАРЬЕ)	192
<i>Конорева Л.А.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ ПО ОСНОВНЫМ ТИПАМ МЕСТООБИТАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ЗАПАДА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	193
<i>Лихачева О.В., Истомина Н.Б.</i> ЛИШАЙНИКИ НЕКОТОРЫХ УСАДЕБНЫХ ПАРКОВ ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	196
<i>Литва А.В.</i> ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА	199
<i>Макрый Т.В.</i> ЛИХЕНОФЛОРА ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ	201
<i>Мальшева Н.В.</i> ЛИШАЙНИКИ МОСКВЫ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИХЕНОФЛОР	204
<i>Мелехин А.В.</i> ЛИШАЙНИКИ ЛАПЛАНДСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	205
<i>Меркулова О.С.</i> ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ В СОСТАВЕ ЛИХЕНОФЛОРЫ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА	208
<i>Нотов А.А., Гитов А.Н.</i> НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ КАЛИЦИОИДНЫХ ГРИБОВ И ЛИШАЙНИКОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ЗАВИДОВО»	209
<i>Отнюкова Т.Н.</i> ЛИШАЙНИКИ КАК ИНДИКАТОРЫ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ЛЕСАХ	212
<i>Очирова Н.Н.</i> МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЛИХЕНОФЛОРЫ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ	214
<i>Порядина Л.Н.</i> ЛИХЕНОФЛОРА РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ДЖУНКУН» (ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ) ..	215
<i>Пристяжнюк С.А.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРА СРЕДНЕЙ СИБИРИ)	218

<i>Пыстина Т.Н.</i> БИОТА ЛИШАЙНИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.	221
<i>Родникова И.М., Скирина И.Ф.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИХЕНОФЛОРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ.	224
<i>Романова Е.В.</i> ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОРОДАХ-СПУТНИКАХ Г. НОВОСИБИРСКА.	226
<i>Рябицева Н.Ю.</i> РАЗЛИЧИЕ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ЛИШАЙНИКОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В ЛЕСАХ И РЕДКОЛЕСЬЯХ ПОЛЯРНОГО УРАЛА И ЕГО ПРЕДГОРИЙ.	229
<i>Сионова Н.А., Криворотов С.Б.</i> К ВОПРОСУ О СОХРАНЕНИИ ЛИХЕНОБИОТ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ.	232
<i>Скирина И.Ф., Скирин Ф.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ И КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫХ СВОЙСТВ КОРЫ ДУБА МОНГОЛЬСКОГО (НА ПРИМЕРЕ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ)	234
<i>Слонов Л.Х., Слонов Т.Л.</i> ВТОРИЧНЫЕ ЛИШАЙНИКОВЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ СОДЕРЖАНИЕ В СЛОЕВИЦАХ.	238
<i>Сонина А.В., Мелентьев М.В.</i> ПРИБРЕЖНАЯ ЛИХЕНОБИОТА МЫСА КАРТЕШ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)	241
<i>Суетина Ю.Г.</i> СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ ЛИШАЙНИКА <i>PSEUDEVERNIA FURFURACEA</i> (L.) ZOPF В МЕЗОПОВЫШЕНИИ И МЕЗОПОНИЖЕНИИ СОСНЯКА ЛИШАЙНИКОВО-МШИСТОГО	244
<i>Титов А.Н.</i> ПРОФЕССОР А.А. ЕЛЕНКИН – ОСНОВАТЕЛЬ ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ РОССИИ.	246
<i>Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П.</i> ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛИХЕНОФЛОРЫ ОКИНСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН, РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)	249
<i>Урбанавичюс Г.П.</i> ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СЕМЕЙСТВА <i>PARMELIACEAE</i> В РОССИИ.	252
<i>Фадеева М.А.</i> КРАСНАЯ КНИГА КАРЕЛИИ: КОММЕНТАРИИ К СПИСКУ ЛИШАЙНИКОВ.	255
<i>Фролов И.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ГРУППИРОВОК ЭПИКСИЛЬНЫХ ЛИШАЙНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ БАШКИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА)	258
<i>Ханов З.М.</i> НОВЫЕ ДЛЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ВЫСОКОГОРНОГО ЗАПОВЕДНИКА ВИДЫ ЛИШАЙНИКОВ.	260
<i>Хартухаева Т.М.</i> ЛИШАЙНИКИ КАРБОНАТНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ ДЖЕРГИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА. . .	262
<i>Цуриков А.Г., Храмченкова О.М.</i> ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЛИСТОВАТЫХ И КУСТИСТЫХ ЛИШАЙНИКОВ К ФОРОФИТУ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. ГОМЕЛЯ, БЕЛАРУСЬ)	265
<i>Шустов М.В.</i> ЛИШАЙНИКИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.	267
<i>Эктова С.Н.</i> ЛИШАЙНИКИ В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ ДИНАМИЧНЫХ СУБСТРАТОВ (НА ПРИМЕРЕ П-ОВА ЯМАЛ)	270

СЕКЦИЯ БРИОЛОГИЯ

<i>Афонина О.М.</i> О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ФЛОРЫ МХОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ.	275
<i>Башиева Э.З.</i> ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БРИОФЛОРЫ В СООБЩЕСТВАХ ЛЕСНЫХ СОЮЗОВ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА.	277
<i>Бакалин В.А., Черданцева В.Я.</i> МОХООБРАЗНЫЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ – ОСТРОВНОГО ПУТИ СУБ-АРКТИКА – СУБТРОПИКИ.	280
<i>Бойчук М.А., Горьковец В.Я., Раевская М.Б.</i> ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ НА КОРЕННЫХ ПОРОДАХ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. КУХМО (ВОСТОЧНАЯ ФИНЛЯНДИЯ)	283
<i>Боровичев Е.А.</i> ПЕЧЕНОЧНИКИ ДРЕВЕСНЫХ СУБСТРАТОВ ГОРНОГО МАССИВА САЛЬНЫЕ ТУНДРЫ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	286
<i>Вильнет А.А., Константинова Н.А., Троицкий А.В.</i> МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЛОГЕНИЯ ПЕЧЕНОЧНИКОВ ПОД ПОРЯДКА <i>JUNGERMANNIINEAE</i> НА ОСНОВЕ ITS1-2 ЯДЕРНОЙ ДНК И TRNL-F ХЛОРОПЛАСТНОЙ ДНК. .	288
<i>Воронова О.Г.</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ МХОВ УВАТСКОГО РАЙОНА (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	291
<i>Другова Т.П.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЛОР МХОВ ГОРОДОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.	293
<i>Дулин М.В.</i> СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ФЛОРЫ ПЕЧЕНОЧНИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ.	297
<i>Дьяченко А.П., Дьяченко Е.А., Снитко Л.В., Снитко В.П.</i> НОВЫЕ ДЛЯ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ ВИДЫ МХОВ.	299

<i>Железнова Г.В., Шубина Т.П.</i> ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ СРЕДНЕГО ТИМАНА.	302
<i>Иванова Е.И., Игнатова Е.А.</i> О НАХОЖДЕНИИ РЕДКИХ И ИНТЕРЕСНЫХ ВИДОВ МХОВ В ЯКУТИИ.	303
<i>Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А.</i> ФЛОРА МХОВ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.	305
<i>Константинова Н.А.</i> РАЗНООБРАЗИЕ ПЕЧЕНОЧНИКОВ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ КАВКАЗА.	306
<i>Кузьмина Е.Ю.</i> РЕДКИЕ ВИДЫ ФЛОРЫ МХОВ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ.	309
<i>Курбатова Л.Е.</i> О РАСПРОСТРАНЕНИИ НЕКОТОРЫХ ПРИОКЕАНИЧЕСКИХ ВИДОВ МХОВ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.	312
<i>Леценко Л.В., Максимов А.И., Дьячкова Т.Ю.</i> ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ СКАЛЬНЫХ ОБНАЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИОНЕЖЬЯ (КАРЕЛИЯ).	313
<i>Максимов А.И.</i> ФЛОРА МХОВ КАРЕЛИИ В СОСТАВЕ БРИОФЛОРЫ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ.	316
<i>Писаренко О.Ю.</i> МАТЕРИАЛЫ ПО ЭКОЛОГИИ МАССОВЫХ ЛЕСНЫХ ВИДОВ МХОВ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СИБИРИ.	319
<i>Попова Н.Н.</i> К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ «АКТИВНОСТИ ВИДОВ» ПРИ СРАВНЕНИИ БРИОФЛОР ЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.	322
<i>Потёмкин А.Д.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ПЕЧЕНОЧНИКОВ РОССИИ.	325
<i>Середа В.А., Федяева В.В.</i> МОХООБРАЗНЫЕ КАМЕНИСТЫХ ОБНАЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	328
<i>Софронова Е.В.</i> ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕЧЕНОЧНИКОВ РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ОРУЛГАН-СИС» (ХРЕБЕТ ОРУЛГАН, СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)	331
<i>Телеганова В.В.</i> ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ <i>PTILIUM</i> – ПЕРВЫЙ ДОКАЗАННЫЙ СЛУЧАЙ У БОКОПЛОДНЫХ МХОВ.	333
<i>Тубанова Д.Я.</i> К ФЛОРЕ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ МХОВ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ.	336
<i>Федосов В.Э.</i> ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ БРИОФЛОРЫ АНАБАРСКОГО ПЛАТО И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.	337
<i>Харзинов З.Х.</i> ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФЛОРЫ МХОВ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. ...	339
<i>Чернядьева И.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ МХОВ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА.	341

Научное издание

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ БОТАНИКИ
В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА**

Материалы всероссийской конференции

ЧАСТЬ 2

АЛЬГОЛОГИЯ
МИКОЛОГИЯ
ЛИХЕНОЛОГИЯ
БРИОЛОГИЯ

Материалы публикуются в авторской редакции

Ответственные за выпуск:

Крышень А.М.

Предтеченская О.О.

Фото И. Георгиевского

Рисунок на обложке Т. Анненкова

Сдано в печать 11.08.08 г. Формат 60x84¹/₈. Гарнитура Times New Roman.

Печать офсетная. Уч.-изд. л. 41,0. Усл. печ. л. 40,9. Тираж 400 экз.

Изд. № 107. Заказ № 737.

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50