

ISSN 1818-507X

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
СТАЛИ И СПЛАВОВ

БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. В.Л. КОМАРОВА РАН

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБЛАСТНОЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ  
им. И.М. СЕЧЕНОВА РАН

# ЕСТЕСТВЕННЫЕ

# НАУКИ

ЖУРНАЛ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

№ 4 (29)  
2009

**Журнал издается с 1999 г.**

Журнал включен в перечень изданий, утвержденных ВАК для публикации основных результатов кандидатских и докторских диссертационных исследований по специальностям: «Биологические науки», «Агрономия», «Лесное хозяйство»

Астрахань  
Издательский дом «Астраханский университет»  
2009

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом  
Астраханского государственного университета

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

**ЖУРНАЛ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**№ 4 (29)  
2009**

*Редакционный совет:*

д-р биол. наук, проф. Т.Г. Анищенко (г. Саратов)  
д-р мед. наук, проф. О.А. Бутова (г. Ставрополь)  
д-р хим. наук, проф. Ю.М. Дедков (г. Москва)  
д-р биол. наук, проф. Ю.А. Даринский (г. Санкт-Петербург)  
канд. биол. наук, доц. Л.Е. Кокшунова (г. Элиста)  
д-р мед. наук, проф. С.С. Клаучек (г. Волгоград)  
д-р биол. наук, проф. А.Н. Неваленный (г. Астрахань)  
канд. пед. наук, проф. Н.Г. Ованесов (г. Астрахань)  
д-р биол. наук, проф. Л.Х. Сангаджиева (г. Элиста)  
д-р мед. наук, проф. А.А. Терентьев (г. Москва)  
д-р физ.-мат. наук, доц. С.Б. Убизский (Украина)

*Главный редактор:*

Д.Л. Теплый

*Редакционная коллегия:*

Ю.И. Авдеев, Н.М. Алыков, Э.И. Бесчетнова, А.Г. Глинина, Д. Зерулла,  
В.К. Карпасюк (зам. гл. редактора), А.Г. Кушнер, А.М. Лихтер,  
В.Н. Пилипенко, М.И. Пироговский, Н.М. Семчук

*Ответственный секретарь:*

Е.Г. Русакова

Журнал выходит 4 раза в год

Все материалы, поступающие в редколлегию журнала,  
проходят независимое рецензирование

© Издательский дом  
«Астраханский университет», 2009  
© В. Д. Скоблев,  
оформление обложки, 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

---

---

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Я.В. Белова**

Взаимосвязь явления полиморфизма в популяциях озерной лягушки с трансформацией среды обитания ..... 9

**О.А. Кокин, В.Н. Пилипенко, А.В. Федотова**

Влияние гидроморфных процессов на эмиссию углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в устье р. Волги и прилегающих территорий ..... 16

**О.Н. Куканова, Т.Ф. Курочкина, Ю.Н. Шаплыгина**

Распределение низших растений в экосистеме дельты р. Волги ..... 20

**Н.М. Ключникова, Н.В. Арестова, Т.Ф. Курочкина**

Геоэкологическая оценка промышленной нагрузки на территорию г. Волжского ..... 23

**В.В. Федорович, В.П. Осипов**

Особенности биотопического распределения и динамики численности полуденной (*Meriones Meridi* Pall., 1773) и гребенщиковой (*M. Tamariscihus* Pall., 1773) песчанок в пустынной зоне Астраханской области ..... 30

### БОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Р.Г. Абдуллина**

Рябины (*Sorbus L.*) в Башкирском Предуралье ..... 37

### АГРОНОМИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

**Ш.Б. Байрамбеков, Мохамед Салех Мохамед, А.С. Абакумова**

Влияние обработки регулятором роста «Циркон» на урожайность различных культур ..... 43

**И.Ш. Шахмедов, М.М. Дожмухамбетова**

Продуктивная способность сои в условиях Нижнего Поволжья ..... 48

### ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

**М.Ф. Козак, Хуссейн Ахмед Мохаммед Махмуд**

Дисперсионный анализ изменчивости количественных признаков гетерозисных гибридов *Cucurbita* в период начала плодообразования ..... 52

### БИОТЕХНОЛОГИЯ

**Абделаал Халед Абдельдаейм Абделаиз, В.Н. Фурсов**

Употребление нового чайного напитка из лопанта анисового в лечебных целях ..... 61

**М.А. Епинетов, Нгуен Ань Зунг**

Перспективы применения биологически активных веществ лекарственного растения скопарии сладкой (*Scoparia dulcis L.*), произрастающей в провинции Нгеан Вьетнама ..... 66

**Younis Alaa Eldin Mohamed, Aly Eldeen Mohamed Abdelnaby**

Production of chitin from crustacean shells by using ferments ..... 69

**Д.И. Стон, А.В. Дагуров, Н.А. Боярова, Л.В. Коковина, М.Н. Саксонов**

Эффекты микроорганизмов и препаратов «Гумат-80» и «Powhumus» на нефтепродукты ..... 73

**Д.И. Стон, А.В. Дагуров, Н.А. Боярова, М.Н. Саксонов, А.Э. Балаян**

Влияние препаратов гуматов на эмульсии и пленки нефтепродуктов ..... 78

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ, МОРФОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

*Ю.В. Азизова, Д.Л. Теплый, Е.Д. Бажанова, О.Н. Позднякова*

Влияние водной депривации на уровень апоптоза клеток коры надпочечников молодых и старых мышей. Стресспротекторные эффекты  $\alpha$ -токоферолацетата ..... 82

*А.К. Андреева, Д.Ш. Дубина, Б.В. Фельдман,*

*Д.А. Горшков, А.Х. Галимзянова*

Влияние эритропозтина на психомоторную активность ..... 87

*М.В. Козак*

Возрастные и половые различия осмотической резистентности эритроцитов при изменении свободно-радикальных процессов в организме ..... 89

*Т.В. Кузина*

Анализ гематологических показателей судака Волго-Каспийского канала ..... 96

*Л.Р. Кузьмина, Н.А. Каниева*

Особенности обмена веществ в организме сельскохозяйственных животных на отдельных этапах их жизненного цикла ..... 100

*М.Д. Осипенко, А.Е. Лазько, О.А. Овсянникова*

Влияние патогенетической антиоксидантной терапии на состояние перекисного окисления липидов костного мозга при воздействии серосодержащего газа на различных этапах онтогенеза ..... 105

*А.А. Псеунок*

Особенности симпато-адреналовой системы детей младшего школьного возраста ..... 109

*М.А. Самоструева, Д.Л. Теплый, И.Н. Тюренков*

Пути реализации нейро-иммуно-эндокринных взаимодействий ..... 112

*Н.Н. Федорова, Л.Г. Сентюрова*

Патоморфологические изменения печени при интоксикации этанолом у белых мышей ..... 130

*А.Л. Ясенявская, Н.В. Рябькина*

Влияние иммобилизационного стресса и антиоксидантов на тиреоидную функцию на разных этапах онтогенеза ..... 132

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

*Н.М. Алыков, О.А. Менкеев, Ю.Е. Никитина, В.А. Сахнова,*

*Г.Б. Абуова, А.Е. Алыкова, Н.В. Утюбаева*

Современные методы очистки воды от загрязнения нефтепродуктами по результатам патентного поиска ..... 140

*Н.М. Алыков, А.В. Павлова, Нгуен Кхань Зуй, Г.Б. Абуова, Н.В. Утюбаева*

Новый сорбент для очистки воды от ионов токсичных элементов ..... 150

*Н.М. Алыков, Е.Ю. Шачнева*

Использование сорбента СВ-1-А для очистки воды от флокулянтов ..... 158

*А.Г. Глинина, А.К. Тулешкалиева, И.В. Русакова, Л.А. Кривенцева*

Исследование процессов взаимодействия биологически активного вещества баралгина с ионами меди в различных условиях ..... 167

*Е.Г. Глинина, А.С. Ульянова*

Использование растительного сырья для очистки промышленных сточных вод от ионов меди ..... 172

*Л.А. Джигола, Ю.М. Симакова, А.В. Рублева,*

*О.В. Никитина, А.К. Уразалиева*

Изучение сорбции на опоках и диффузии в глинах ионов тяжелых металлов ..... 175

*Л.А. Джигола, Ю.М. Симакова, А.В. Рублева,*

*О.В. Никитина, С.Б. Куаталиева*

Модель геохимического барьера для аккумуляции ионов тяжелых токсичных и радиоактивных металлов ..... 180

*Е.В. Кутловская*

Антигистаминные препараты, проблемы поиска новых  
и профиль их безопасности..... 183

*А.М. Салмахаева*

Исследование сорбционного концентрирования тетрациклина  
на различных сорбентах ..... 190

**МУДРЫЕ ВЫСКАЗЫВАНИЯ  
НЕ МЕНЕЕ МУДРЫХ ЛЮДЕЙ..... 200**

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ..... 201**

## CONTENTS

---

---

### ECOLOGICAL RESEARCH

*Y.V. Belova*

Interrelation of polymorphism phenomenon  
in populations of the lake frog with the inhabitancy transformation .....9

*O.A. Kokin, V.N. Pilipenko, A.V. Fedotova*

The influence of hydromorphic processes on emission of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)  
in the Volga mouth and adjacent territories.....16

*O.N. Kukanova, T.F. Kurochkina, Yu.N. Shaplugina*

The distribute to inferior plants in ecosystem of the Volga delta.....20

*N.M. Klyushnikova, N.V. Arestova, T.F. Kurochkina*

Geoenvironmental assessment of industrial load on the territory of Volzhsky city .....23

*V.V. Fedorovich, V.P. Osipov*

Peculiarities of biotopic distribution and dynamics of quantity  
of *Mariones meridianus* and *Mariones tamariscinus*  
in the desert zone of the Astrakhan region .....30

### BOTANICAL RESEARCHES

*R.G. Abdullina*

Mountain ashes (*Sorbus L.*) in Bashkir Cis-urals .....37

### AGRONOMY AND CROP PRODUCTION

*Sh.B. Bairambekov, Mohamed Saleh Mohamed, A.S. Abakumova*

Influence of application growth regulator “Zircon” on productivity of various cultures ....43

*I.Sh. Shakhmedov, M.M. Dozhmukhambetova*

Productive ability of soybean under the conditions of the Lower Volga region .....48

### GENETICS AND SELECTION

*Hussein Ahmed Mohammed Mahmud, M.F. Kozak*

Variance analysis of quantitative traits  
in *Cucurbita* hybrids in the beginning of fruit formation .....52

### BIOTECHNOLOGY

*Abd El-Aal Khaled Abd El-Daiem Abd El-Aziz, V.N. Fursov*

The use of a new tea drink from *Lophanthus anisatus* Benth. for medical purposes.....61

*M.A. Epinetov, Nguyen Anh Dung*

Prospects of the use of biologically active substances  
of medicinal plant *Scoparia dulcis* L. growing in Ngean province, Vietnam.....66

*Younis Alaa Eldin Mohamed, Aly Eldeen Mohamed Abdelnaby*

Production of chitin from crustacean shells by using ferments.....69

*D.I. Stom, A.V. Dagurov, N.A. Boyarova, L.V. Kokovina, M.N. Saxonov*

The effects of microorganisms and “Humate-80”  
and “Powhumus” preparations on oil products .....73

*D.I. Stom, A.V. Dagurov, N.A. Boyarova, M.N. Saxonov, A.E. Balayn*

The influence of humate preparations on the emulsified  
and membraneous oil products.....78

## EXPERIMENTAL PHYSIOLOGY, MORPHOLOGY AND MEDICINE

*Yu.V. Azizova, D.L. Teply, E.D. Bazhanova, O.N. Pozdnicova*

The influence of water deprivation on the level of apoptosis adrenocortix in of young and old mice. The stressprotection effect of the alpha-tocopherol acetates.....	82
<i>A.K. Andreeva, D.Sh. Dubina, B.V. Feldman, D.A. Gorshkov, A.H. Galimzyanova</i>	
Influence of erythropoetin on psychomotor activity .....	87
<i>M.V. Kozak</i>	
Age and sexual distinctions of osmotic resistance of erythrocytes during change of free radical processes .....	89
<i>T.V. Kuzina</i>	
Haematological parameters of a pike perch of the Volga-Caspian channel .....	96
<i>L.R. Kuzmina, N.A. Kanieva</i>	
Peculiarities of metabolism in organisms of farm animals in separate stages of life cycle.....	100
<i>M.D. Osipenko, A.E. Lazko, O.A. Ovsyannikova</i>	
The influence of patogenetic antioxidant therapy on the state of periacid oxidation of spinal cord lipids during the action of sulphur-containing gas at different stages of ontogenesis .....	105
<i>A.A. Pseunok</i>	
Peculiarities of sympathoadrenal system of children of younger school age .....	109
<i>M.A. Samotrueva, D.L. Teply, I.N. Tyurenkov</i>	
Ways of neuro-immuno-endocrine interactions realization .....	112
<i>N.N. Fedorova, L.G. Sentyurova</i>	
Pathomorphological changes of liver during an intoxication of white mice with ethanol.....	130
<i>A.L. Yasenyavskaya, N.V. Ryabjkina</i>	
The influence of the immobilithation stress and antioxidants on the thyroid function at different stages of ontogenesis.....	132

## EXPERIMENTAL CHEMISTRY

*N.M. Alykov, O.A. Menkeev, Yu.E. Nikitina,*

*V.A. Sachnova, G.B. Abuova, A.E. Alykova, N.V. Utyubaeva*

Modern methods of cleaning water from oil products according to the results of patent searching .....	140
<i>N.M. Alykov, A.V. Pavlova, Nguan Khan Zuy, G.B. Abuova, N.V. Utyubaeva</i>	
New sorbent for water purification from ions of toxic elements.....	150
<i>N.M. Alykov, E.Yu. Shachneva</i>	
Use of sorbent SV-1-a for water treatment from flocculants .....	158
<i>A.G. Glinina, A.K. Tuleshkalieva, I.V. Rusakova, L.A. Kriventseva</i>	
Research of processes of interaction of biologically active substance baralgin with ions of copper under various conditions .....	167
<i>E.G. Glinina, A.S. Ulyanova</i>	
The use of vegetal raw materials to purify industrial waste waters from copper ions .....	172
<i>L.A. Djegola, Yu.M. Simakova, A.V. Rubleva, O.V. Nikitina, A.K. Urazalieva</i>	
The research of the sorption by the zeolite and the diffusion in the maris of ions of heavy metals.....	175
<i>L.A. Djegola, Yu.M. Simakova, A.V. Rubleva, O.V. Nikitina, S.B. Kuatalieva</i>	
The geochemical barrier model for heavy, toxic and radioactive metals storage.....	180

***E.V. Kutlovskaya***

Antihistaminic preparations, the problems of pursuit new ones  
and profile of their safety ..... 183

***A.M. Salmakhaeva***

Study of sorption concentration of tetracycline on various sorbents ..... 190

**WISE QUOTATIONS NOT LESS WISE PEOPLE ..... 200**

**RULES FOR THE AUTHORS ..... 201**



УДК 597.114:597.442

### ВЗАИМОСВЯЗЬ ЯВЛЕНИЯ ПОЛИМОРФИЗМА В ПОПУЛЯЦИЯХ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ С ТРАНСФОРМАЦИЕЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

**Белова Яна Викторовна**, аспирант кафедры физиологии и морфологии человека и животных

Астраханский государственный университет  
414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,  
тел. (8512) 44-00-95, доп. 115, e-mail: rbbkbbujhm@mail.ru

*Данная работа посвящена вопросам взаимосвязи антропогенного загрязнения среды с явлением полиморфизма в популяциях озерной лягушки. Рассматриваются реакции животных на изменение условий среды обитания. Приводится описание внешнего вида озерной лягушки, имеются фотографии двух основных морф: полосатой и пятнистой особей. Также рассматривается роль земноводных в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов. В работе анализируются основные подходы использования структуры популяций (фенетической, половой, возрастной, размерной) для целей биоиндикации. Часть работы посвящена описанию результатов собственного исследования по выявлению связи численного соотношения морф Striata и Maculata у озерной лягушки со степенью антропогенного воздействия на водоем, что позволило оценить степень загрязнения некоторых водоемов Астраханской области.*

**Ключевые слова:** озерная лягушка, полиморфизм, биоиндикация, антропогенный процесс, структура популяции.

### INTERRELATION OF POLYMORPHISM PHENOMENON IN POPULATIONS OF THE LAKE FROG WITH THE INHABITANCY TRANSFORMATION

*Belova Yana V.*

*The article is devoted to the problem of interrelations between anthropogenesis pollution of the environment with the polymorphism phenomenon in populations of the lake frog. In work reactions of animals to inhabitancy change are considered. The description of the lake frog is resulted, there are photos of two others morphs - striped and spotty individuals. The role of amphibious as bioindicators of pollution in reservoirs is also considered. Basic approaches to the use of structure of populations (phenetic, gender, age, dimensional) for bioindication are considered. The article is devoted to the description of results of own research on revealing connection between ratio of morphs Striata and Maculata of the lake frog with the degree of anthropogenesis influence on the reservoir that has allowed to estimate the degree of pollution of some reservoirs in the Astrakhan region.*

**Key words:** lake frog, polymorphism, bioindication, anthropogenesis process, population structure.

На сегодняшний день антропогенное загрязнение среды имеет очень широкое распространение и не только непосредственно губит животных многих таксонов в природе, а в существенной мере изменяет условия их существования. Но следует отметить, что появившиеся в результате хозяйственной деятельности человека загрязнители также могут быть и важнейшими факторами отбора и микроэволюции земноводных в антропогенно загрязненной среде.

При трансформации среды обитания, в том числе и антропогенной, наблюдаются реакции животных на изменение условий. При этом весьма вероятно дифференцированное влияние отдельных антропогенных факторов на различные внутривидовые группы организмов и отдельные популяционные процессы, а следовательно, и на динамику структуры популяций. Параллельно идет отбор особей с более совершенной реакцией, в результате чего популяции приобретают наследственно закрепленные особенности [15].

Озерная лягушка – *Rana ridibunda* Pall. – относится к роду Лягушек – *Rana Linneus*, семейству Лягушковых – *Ranidae*, отряду безхвостных земноводных – *Anura* и классу земноводных – *Amphibia*. Это самый крупный вид лягушек фауны России; максимальная длина тела – до 150 мм. Лягушки этого вида сверху густого зеленого, оливкового, серого или коричневого цвета различных оттенков. На спине у большинства особей расположены темные, крупные, реже – мелкие пятна и (или) светлые, желтоватого цвета, как правило, с мелкими темно-серыми пятнами (рис. 1, 2) [16].

Роль земноводных в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов может быть весьма значительна. Способность амфибий заселять сильно нарушенные деятельностью человека экосистемы, изменяя при этом структуру населения (видовой состав, соотношение возрастных групп, численность) и особенности образа жизни (суточную активность, поведение, характер питания), позволяют использовать их в качестве биоиндикаторов антропогенной трансформации экосистем.

Обитание в узкой адаптивной зоне, довольно жесткая биотопическая приуроченность и чувствительность к изменениям среды сделали земноводных одним из наиболее популярных объектов биомониторинга.

С помощью амфибий можно определить как общие закономерности реагирования на антропогенные факторы, так и предсказывать изменения, связанные с усилением антропогенного воздействия [15].

Связанное с антропогенным изменением среды, вымирание отдельных видов часто происходит не в результате непосредственной гибели организмов, а вследствие необратимых изменений популяционной структуры. Именно популяционные механизмы поддержания биогеоценотического равновесия играют существенную роль в условиях техногенного загрязнения природной среды [19].

О возможности использования различных популяционных характеристик для биоиндикации экосистем с различной загрязненностью говорят многие авторы.

Есть исследования по изменению структуры популяций земноводных в условиях значительного антропогенного пресса. В Предкавказье было проведено сравнение динамики численности и структуры двух популяций озерной лягушки, отличающихся степенью антропогенных воздействий на них. Установлена более низкая (в 2,5–5,5 раз в различные годы) численность популяции из городского водоема в парке, по сравнению с обитающими в лиманах [5].

Для целей биоиндикации возможно использование фенетической, половой, возрастной, размерной структур популяций. В этом смысле наиболее перспективны устойчивые виды, т.е. такие, которые сохраняются под действием антропогенных факторов [8].

Многие авторы отмечают, что озерная лягушка и краснобрюхая жерлянка – одни из наиболее стойких к антропогенным воздействиям видов амфибий.

Известно, что в пределах своего ареала озерная лягушка проявляет исключительную стойкость к загрязнению и антропогенной трансформации среды [4]. Устойчивость озерной лягушки к загрязнению отмечена на Северном Кавказе [7] и в Приднепровье [23]. А.Н. Мисюра и А.А. Марченковская [11] считают, что озерная лягушка – единственный вид амфибий, который может в определенной степени приспособиться к влиянию промышленных сточных вод, хотя численность ее в загрязненных биотопах снижается. Снижение численности озерных лягушек старших возрастов в условиях интенсивного антропогенного воздействия отмечали в Нижнем Поволжье и на Северном Кавказе [9, 11]. В зоне промышленного загрязнения на Украине и в деструктивных биогеоценозах Приднепровья происходит сдвиг возрастного ряда этого вида влево [2], что противоречит данным А.Н. Мисюры с соавторами [13]. В то же время в водоемах, подвергавшихся более интенсивному техногенному загрязнению в Нижнем Поволжье, резко возрастает гибель личинок и сеголеток и возрастной ряд сдвигается вправо [10]. В зоне промстоков химических и металлургических заводов Приднепровья сеголетки и годовики озерной лягушки составляют всего лишь 13,4 %, тут происходит практически 100%-ная гибель икры. Существова-

ние таких популяций возможно только за счет миграции амфибий из зон, подвергающихся относительно меньшему загрязнению [12, 14].

Одним из относительно простых, доступных и эффективных подходов, позволяющих исследовать структуру населения видов, является изучение фенетики популяций. Фенетический подход позволяет проводить опосредованный анализ генетических особенностей популяций. Генетическая гетерогенность природных популяций проявляется во внутривидовом полиморфизме. Особи – обладатели разных фенотипов – обнаруживают определенные адаптивные различия. Иногда фенотипы имеют непосредственное адаптивное значение, но чаще косвенное, будучи тесно связанными в развитии организма с важными биологическими признаками или свойствами [20].

Существует несколько объяснений механизма поддержания полиморфизма в популяциях. Так, С.А. Шарыгин [18] считает наличие гетерогенного полиморфизма в популяциях амфибий и рептилий генетической адаптацией к геохимическим условиям среды. Например, высокое содержание Mn, Cu, Ni приводит к появлению в популяциях бурых лягушек особей с темной окраской. Влияние микроэлементов на организм пойкилотермных животных осуществляется по схеме: ген – металл – фермент – пигмент.

I.S. Isaacs [21] предполагает, что селективная ценность морф амфибий меняется в связи с изменением количества водной растительности. В водоемах с чистой водой и суглинистой почвой, окруженных деревьями или высокой растительностью, отмечаются жерлянки темно-серого цвета с черными полосками на спине. Если по берегам водоема растительность отсутствует, вода мутная и почва песчаная, большинство жерлянок имеют ярко-зеленую окраску спины с редкими темно-зелеными пятнами. В зонах с постоянным климатом мономорфность видов является следствием непосредственного отбора в пользу наиболее приспособленных морф. Кроме того, степень полиморфности вида прямо пропорциональна разнообразию условий его обитания (у эвритопных видов она больше, у стенотопных – меньше).

Отдельные популяции одного вида отличаются друг от друга направлением и силой давления естественного отбора. Именно эта причина обуславливает специфичность генетического состава популяций. Большое значение имеет установление относительной роли различных внутривидовых и внутривидовых группировок в поддержании стабильности полиморфизма в популяциях.

Полиморфизм характерен и для озерной лягушки. Установлено, что в ее популяциях, обитающих в рисовых чеках (загрязненных пестицидами), преобладают полосатые особи (морфа *Striata*) (рис. 1), либо полосатые и бесполосые (морфа *Maculata*) (рис. 2) поровну. В то же время в популяциях, обитающих в чистых водоемах, преобладают бесполосые особи. Возможно, пестицидное загрязнение является фактором отбора определенных генетических вариантов, связанных с фенотипом *Striata* [6].

Среди сеголеток озерной лягушки, обитающих в зоне сброса шахтных вод, чаще всего встречаются полосатые особи. В загрязненном районе Казахстана доля морфы *Striata* составила от 71,4 до 100 %. Авторы связывают преобладание морфы *Striata* с более высокой двигательной активностью полосатых сеголеток [1].

При обитании в водоемах на территориях промышленных городов у лягушек разных видов преобладает морфа *Striata*. Например, уменьшена частота встречаемости пятнистой морфы у травяной лягушки на территории г. Горького. В Екатеринбурге высока встречаемость морфы *Striata* в популяциях как остромордой лягушки, так и озерной лягушки. В водоемах г. Волгограда у озерной лягушки явно преобладают в числе полосатые особи – их 70 % среди самцов и 68 % среди самок [15].

Для амфибий Тульской области также показано, что в более загрязненных районах доля морфы *Striata* выше, чем *Maculata*. В отстойниках сахарного завода, вода которых отличается повышенной жесткостью, щелочностью, высоким содержанием органических веществ, среди озерных лягушек не были встречены бесполосые особи, в то время как в естественных водоемах их доля в разных возрастных группах составляет до 16–25 %. В Нижнем Поволжье и на Дону процент морфы *Striata* у озерных лягушек возрастает при увеличении загрязненности водоемов [15].

Интерес представляют недавно появившиеся работы, в которых сделаны попытки создать математическую биоиндикационную модель на примере популяций озерной лягушки [12, 17].

З.К. Брушко и И.М. Кириенко [3], сравнивая плотность озерной лягушки и зеленой жабы из относительно чистых и загрязненных мест обитания, выяснили, что для озерной лягушки она существенно ниже в условиях загрязнения (423 и 281 экз./га).

В популяции озерной лягушки из слабо загрязненного пестицидами водоема (рыбоводный пруд) животные всех возрастных групп имеют большую массу, а половозрелые самки еще и большие линейные размеры, чем в популяции из рисового чека [6]. В загрязненных пестицидами рисовых чеках во всех возрастных группах краснобрюхой жерлянки индексы сердца и почек достоверно более высокие, чем в чистых водоемах. Указанные различия можно использовать как индикаторный признак для распознавания пестицидного загрязнения [7, 15].

А.Н. Мисюра и др. [13] сравнивают популяции озерной лягушки из биогеоценозов, расположенных на Украине, в зонах комплексного загрязнения среды отходами предприятий промышленности, и чистых (контрольных). В грязных биогеоценозах плотность вида несколько ниже, чем в условно чистых (50–80 экз./га), что обусловлено малочисленностью пополнения популяции сеголетками (0,1–0,5 экз./м<sup>2</sup>). В возрастной структуре популяции загрязненной среды сеголетки и годовики озерной лягушки составляют в среднем 13,4 %, старшие возрастные группы – 86,6 %, в то время как в чистой зоне эти показатели, соответственно, 47,2 и 52,8 %.

Успешное проведение генетического анализа в природе возможно на живых объектах, для которых характерна относительно быстрая смена поколений в сочетании с легко фиксируемым полиморфизмом. Количество «модельных» объектов, отвечающих этим условиям, довольно ограничено. В этом плане перспективно изучение земноводных. Для них полиморфизм весьма обычен, собирать большие серии животных сравнительно просто. Амфибии не совершают протяженных миграций, имеют тенденцию размножаться в одних и тех же водоемах, что обуславливает резкую очерченность популяций [15].

В этом смысле интересна работа В.Л. Вершинина [4], в которой рассматриваются адаптации популяций к урбанизации. Группировки остромордой лягушки, сконцентрированные на урбанизированных территориях, имеют фенотипическую специфику, которая является отражением изменений в генетической структуре вида [19]. Эта специфика заключается в значительном увеличении доли морфы. Но при этом не происходит инбридинговой депрессии. Это связано с тем, что генотипически близкие личинки ингибируют рост и развитие друг друга, чем и поддерживается генетическая разнородность в группе. Поэтому данные адаптации осуществляются на уровне популяции, которые обладают высокой устойчивостью по отношению к антропогенным воздействиям и способны существовать в новых условиях в течение длительного времени, т.е. выходят в новую адаптивную зону [4].

Обитание некоторых видов, и в частности, земноводных, не только в относительно чистых, но и в загрязненных водоемах свидетельствует о том, что у таких видов, вероятно, существуют какие-то механизмы либо на организменном, либо на популяционном уровне (а возможно, и на обоих вместе), которые обеспечивают существование в разнообразных условиях среды.

Показано, по крайней мере, на некоторых видах, что изменение человеком среды обитания животных может быть существенной причиной изменения половой структуры их популяций как в результате изменения смертности животных дифференцированно по полу в измененных условиях среды, так и вследствие стимуляции миграционных процессов, с разной интенсивностью протекающих у самцов и самок [15].

По данным Т.Ю. Песковой [15], для двух видов амфибий (озерной лягушки и краснобрюхой жерлянки) в условиях Западного Предкавказья наблюдается сходная тенденция изменения половой структуры при обитании в загрязненных водоемах:

если в чистом водоеме среди половозрелых животных преобладают самцы, то в загрязненном водоеме, как правило, больше самок.

В литературе также есть сведения о сдвигах в соотношении полов в загрязненных водоемах в сторону увеличения относительного числа самцов, по-видимому, в результате большего отмирания самок во время полового созревания [9, 10].

Возможно, разнонаправленные изменения половой структуры популяций озерной лягушки при обитании в загрязненных водоемах объясняются разной степенью токсического воздействия: при более слабом гибнут, в первую очередь, более активные и подвижные самцы, а следующая ступень – отмирание самок, у которых под действием токсикантов наблюдаются серьезные нарушения репродуктивной системы.

При хроническом и относительно слабом воздействии пестицидов на популяции краснобрюхой жерлянки и озерной лягушки (в частности, в окрестностях станицы Федоровской, где нормы применения пестицидов в середине 1990-х гг. были уменьшены) среди половозрелых амфибий преобладают самки. В сильно загрязненном сбросном канале в окрестностях станицы Елизаветинской, а также в рисовом чеке поселка Белозерного среди половозрелых особей достоверно больше самцов [15].

Наконец, в водоемах Северного Кавказа, загрязненных пестицидами, полосатые особи озерной лягушки или преобладают над бесполосыми, или представлены поровну [6].

Известно, что у молодых озерных лягушек морфы *Striata* больше величина индекса печени, чем у животных морфы *Maculate* [19]. Исследование натриевой проницаемости кожи остромордой лягушки показало, что у особей *Striata* проницаемость вдвое ниже [4]. При обитании земноводных в условиях загрязнения снижение проницаемости кожи может быть весьма вероятной причиной преобладания в популяции морфы *Striata*. Все водоемы второй группы довольно сильно загрязнены либо пестицидами (большинство водоемов Краснодарского края и Республики Адыгея), либо отходами химических предприятий (водоемы Ставропольского края) [15].

И только в Нижнем Поволжье не отмечено связи численного соотношения морф *Striata* и *Maculata* у озерной лягушки со степенью антропогенного воздействия на водоем [15], что и явилось предметом нашей работы.

Нами было произведено исследование трех районов Астраханской области, равноудаленных от г. Астрахани, но имеющих различную удаленность от Астраханского газоперерабатывающего завода (АГПЗ). Частота встречаемости различных морф озерной лягушки (рис. 1, 2) в данных районах представлена в таблице.

Таблица

**Частота встречаемости различных морф озерной лягушки в Астраханской области**

Район в Астраханской области	Число лягушек морфы	
	<i>Striata</i>	<i>Maculata</i>
Володарский р-н, Ильмаматьев ер.	33 %	67 %
Красноярский р-н, с. Сеитовка, р. Ахтуба	57 %	43 %
Икрянинский р-н, п. Зверева, р. Волга	60 %	40 %

По данным таблицы видно, что наименьшее число полосатой морфы *Striata* наблюдается в Володарском районе Астраханской области, а наибольшее – в Икрянинском районе, который находится в подшлейфовой зоне АГПЗ. Красноярский район, в непосредственной близости от которого находится предприятие АГПЗ, также отличается достаточно высоким процентом встречаемости полосатой морфы *Striata*.

Таким образом, результаты проведенного исследования убедительно показывают, что фенетическая структура популяций озерной лягушки имеет достоверные различия в относительно чистых и загрязненных водоемах: в чистых преобладают бесполосые лягушки, в загрязненных – полосатые.

Устойчиво сохраняющееся в течение ряда лет изменение частоты той или иной морфы в условиях антропогенного воздействия свидетельствует о возникновении в исследуемой популяции адаптивных черт.



Рис. 1. Варианты внутривидовой изменчивости озерной лягушки – морфа *Striata* (Икрянинский р-н, п. Зверева, 16.08.2009 г.)



Рис. 2. Варианты внутривидовой изменчивости озерной лягушки – морфа *Maculata* (Красноярский р-н, с. Сеитовка, р. Ахтуба, 26.07.2009 г.)

Соотношение морф *Striata* и *Maculata* в популяциях озерной лягушки может служить хорошим признаком для биоиндикации загрязненных водоемов. При этом характер загрязняющих веществ, по-видимому, не имеет принципиального значения, так как сходные сдвиги фенетической структуры имеют место в водоемах, загрязненных разными поллютантами.

Численность земноводных в чистых водоемах, как правило, достоверно выше, чем в загрязненных. Для двух видов рода *Rana* обнаружено снижение продолжительности жизни при обитании в загрязненных водоемах. В последние годы наблюдается в целом уменьшение плотности популяций озерной лягушки по всем регионам ее обитания в Астраханской области.

Наблюдается сходная тенденция изменения половой структуры амфибий, а именно: в чистом водоеме среди половозрелых животных преобладают самцы, а в загрязненном пестицидами водоеме, вследствие более частой гибели половозрелых самцов как наиболее активной и подвижной части популяции, как правило, больше самок.

**Библиографический список**

1. **Айтбаева, Б. Т.** Особенности проявления и изменчивости морфологических признаков различных морф сеголеток озерной лягушки в местах сброса шахтных вод / Б. Т. Айтбаева, К. Я. Атаханова // Влияние генотипа и комплекса экологических факторов на жизнедеятельность организмов. – Караганда, 1989. – С. 6–12.
2. **Бобылев, Ю. П.** Репродуктивные особенности бесхвостых амфибий техногенных ландшафтов степного Приднепровья / Ю. П. Бобылев // Вопросы герпетологии. – Л., 1985. – С. 30–31.
3. **Брушко, З. К.** Состояние популяций амфибий в условиях газоконденсатного месторождения Карачаганак (Западный Казахстан) / З. К. Брушко, И. М. Кириенко // Вестник Днепропетр. ун-та. – 1993. – Вып. 1. – С. 112.
4. **Вершинин, В. Л.** Адаптивные особенности группировок остромордой лягушки в условиях крупного города / В. Л. Вершинин // Экология. – 1987. – № 1. – С. 46–50.
5. **Жукова, Т. И.** Влияние антропогенных воздействий на численность и структуру популяций озерной лягушки / Т. И. Жукова // Антропогенные воздействия на природные комплексы и экосистемы. – Волгоград, 1978. – С. 93–104.
6. **Жукова, Т. И.** Влияние пестицидного загрязнения водоемов на некоторые морфофизиологические характеристики озерной лягушки / Т. И. Жукова, Б. С. Кубанцев // Антропогенные воздействия на экосистемы и их компоненты. – Волгоград, 1982. – С. 104–120.
7. **Жукова, Т. И.** Некоторые популяционные характеристики озерной лягушки при обитании в чистом и загрязненном пестицидами водоемах / Т. И. Жукова, Т. Ю. Пескова // Экология и охрана окружающей среды : тез. докл. IV Междунар. (VII Всерос.) науч.-практ. конф. – Рязань, 1998. – С. 34–35.
8. **Кожова, О. М.** Прогноз состояния водных экосистем и приемы экологической оценки действия антропогенных факторов / О. М. Кожова // Прогнозирование экологических процессов. – Новосибирск, 1986. – С. 27–34.
9. **Кубанцев, В. С.** Некоторые экологические результаты антропогенных воздействий на популяции и среду обитания озерной лягушки / В. С. Кубанцев, Т. И. Жукова // Экология. – 1982. – № 6. – С. 46–51.
10. **Кубанцев, В. С.** Структура популяций озерной лягушки в зависимости от условий ее обитания на юго-западе Центральной России / В. С. Кубанцев, Н. В. Ковылина // Экологические и генетические аспекты флоры и фауны Центральной России. – Белгород, 1996. – С. 28–30.
11. **Мисюра, А. Н.** Влияние промышленных сточных вод предприятий различных видов промышленности на эколого-биохимические показатели различных видов бесхвостых амфибий / А. Н. Мисюра, А. А. Марченковская // Биосфера и человек : мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Майкоп, 2001. – С. 180–181.
12. **Мисюра, А. Н.** Использование статистических методов в задачах биоиндикации на примере популяций озерной лягушки / А. Н. Мисюра, О. А. Леонтьева, С. В. Чернышенко // Биоиндикация и биомониторинг. – М., 1991. – С. 224–229.
13. **Мисюра, А. Н.** Некоторые механизмы адаптации озерной лягушки к факторам загрязнения окружающей среды / А. Н. Мисюра, С. Н. Тарасенко, С. В. Носкова // Экотоксикология и охрана природы. – Рига, 1988. – С. 114–115.
14. **Мисюра, А. Н.** Некоторые эколого-биохимические аспекты адаптации озерной лягушки к техногенным факторам / А. Н. Мисюра // Вопросы герпетологии. – Л., 1985. – С. 143–144.
15. **Пескова, Т. Ю.** Структура популяций земноводных как биоиндикатор антропогенного загрязнения среды / Т. Ю. Пескова. – М. : Наука, 2002. – С. 106–131.
16. **Пестов, М. В.** Земноводные и пресмыкающиеся Астраханской области : метод. пос. / М. В. Пестов. – Астрахань : Нижневолж. центр эколог. образ., 2005. – 67 с.
17. **Чернышенко, С. В.** Комплексные статистические алгоритмы в биоиндикации на примере анализа параметров популяций озерной лягушки из контрастных зон обитания / С. В. Чернышенко // Биоиндикаторы и биомониторинг. – Загорск, 1991. – С. 294–299.
18. **Шарыгин, С. А.** Геохимическая экология и полиморфизм некоторых амфибий и рептилий / С. А. Шарыгин // Физиологическая и популяционная экология: популяционная изменчивость. – Саратов, 1983. – С. 41–43.
19. **Шварц, С. С.** Экологические закономерности эволюции / С. С. Шварц. – М., 1980. – 278 с.
20. **Яблоков, А. В.** Введение в фенетику популяций / А. В. Яблоков, Н. И. Ларина // Новый подход к изучению природных популяций. – М., 1985. – 65 с.
21. **Isaacs, I. S.** Temporal stability of vertebrate stripe color in a cricked frog population / I. S. Isaacs // *Copeia*. – 1971. – № 2. – P. 551–552.

22. *Misyura, A. N.* Some aspects of amphibian ecology in the steppe Pridneprovie as a result of technological influences / A. N. Misyura, V. L. Bulakhov, V. Y. Gasso // Amphibian population commonwealth independent states. – M., 1995. – P. 36–40.

23. *Misyura, A. N.* Some biochemical peculiarities of anuran under technogenic impact / A. N. Misyura, O. V. Poloz, S. V. Chernyshenko // II World Congr. Herpetol. – Adelaide, 1994. – P. 172.

УДК 581.526:591.524

### ВЛИЯНИЕ ГИДРОМОРФНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭММИССИЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА (CO<sub>2</sub>) В УСТЬЕ р. ВОЛГИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Кокин Олег Александрович**, аспирант кафедры биологии и экологии растений, инженер

**Пилипенко Владимир Николаевич**, профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой биологии и экологии растений

**Федотова Анна Владиславовна**, профессор, доктор биологических наук, заведующая кафедрой почвоведения

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 22-82-64, факс (8512) 22-82-64, e-mail: ekozpi@mail.ru

*В пределах нижней части дельты Волги и прилегающего с запада района подстепных ильменей периодически формируются заболачиваемые участки почвы, их особенностью является зависимость от объема стока Волги и колебаний уровня Каспийского моря. Обмеление некоторых участков, постепенное их зарастание приводят к многолетнему накоплению и последующему разложению растительной старики. Процессы разложения органики сопровождаются эмиссией CO<sub>2</sub> из верхних слоев почвы и накоплением в ней минеральных веществ. По интенсивному испарению CO<sub>2</sub> установлены низинные заболоченные участки на территории района западных подстепных ильменей дельты Волги, которые имеют большое значение в формировании кормовой базы гидробионтов.*

**Ключевые слова:** болото, углекислый газ, дельта.

### THE INFLUENCE OF HYDROMORPHIC PROCESSES ON EMISSION OF CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>) IN THE VOLGA MOUTH AND ADJACENT TERRITORIES

*Kokin Oleg A., Pilipenko Vladimir N., Fedotova Anna V.*

*Within the lower part of the Volga's delta and steppe ilmens surrounding the west area, there are periodically formed bog soil regions. Their peculiarity is the dependence on the flow quantity of the Volga runoff and the Caspian sea's level of fluctuations. The swallowing of some sections and their gradual overgrowth lead to long-term accumulation and subsequent decomposition of plant senescence. The processes of decomposition of organic matter are accompanied by emission of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), from the upper layers of the soil and accumulation of mineral substances. According to intensive evaporation of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), the low-lying wetlands in the western district of the Volga delta's steppe ilmens were discovered, which are of great importance for the formation of forage reserve of aquatic life.*

**Key words:** bog, carbon dioxide, delta.

Небольшие, внутри циклические колебания уровня Каспийского моря и неодинаковые объемы весенних паводков постоянно изменяют нижнюю часть устья Волги. Внутри разветвленной гидросети дельты происходит образование новых и постепенное поглощение подтопляемых островов.

Повышение (или понижение) уровня воды ведет к заболачиванию мелководных участков вдоль водотоков, как правило, тростниково-рогозовым сообществом. Локализованы эти участки в пространстве между разветвлениями протоков, по берегам



старых ериков и отсеченных от русла заливов (ильменях, култуках), при условии предельного понижения рельефа к урезу воды.

Заболоченные почвы в период межени накапливают большое количество разложившейся органики, в половодье образовавшиеся минеральные вещества выносятся током воды в нижние участки дельты, где формируется первичное звено пищевой цепи.

Для определения заболоченных территорий использовались методы ГИС-технологий и космические снимки среднего разрешения. Основным объектом исследования является нижняя надводная часть дельты Волги и прилегающий с запада ильменно-бугровой район.

Надводная часть дельты представляет собой прибрежные участки суши и острова, заросшие рогозо-тростниковым сообществом, периодически подтопляемые в период половодий или при незначительных колебаниях уровня моря. Острова образуются на мелководьях в результате скопления твердых фракций стока, постепенно зарастают, начиная с защищенных от ветра и течений отмелей участков. Зарастание и последующее заболачивание в култуках и ильменях идет несколько по другой схеме. Сначала в поясе прибрежной растительности начинают осаждаться крупные взвеси, принесенные течением воды, затем формируется почвенный вал, который расширяется к центру. Зарастая плотным поясом тростника, он встает на пути водотока, некогда проходившего через ильмень, и защищает от размывания. В результате водоток изменяет течение. Сам водоем постепенно заболачивается, зарастает и мелет, со временем превращаясь в остров, вся площадь которого зарастает тростником, рогозом, и только посредине остаются борозды – тальвеги, (такие же, как и в западных подстепных ильменях, заросших мягкой водной растительностью), по которым во время половодья поступает вода и заливает все пространство уже бывшего водоема. Обычно берега острова несколько выше центральной части острова. В межень берега вновь образованного острова несколько выступают над уровнем воды, а центральная его часть находится на ее уровне или ниже, вся территория зарастает. Многолетние заросли создают плохо проходимые так называемые крепи, отмирающая растительность постепенно разлагается и формирует слой перепревшей органики по всей площади острова.

Западные подстепные ильмени (как и восточные) прилегают с запада (и востока) к дельте Волги. Особенностью этих районов является наличие параллельных цепочек ильменей, отделенных друг от друга узкими грядами бугров, вытянутых с запада на восток. Питание водоемов происходит частью естественным путем, частью принудительной подкачкой через стационарные насосные станции.

В зоне западных подстепных ильменей (ЗПИ) процессы заболачивания территорий происходят в местах обмеления побережья водоемов. В отличие от морских участков, гидрологический режим (обмеление, обводнение) некоторой части зависит от вмешательства человека, строительства гидротехнических сооружений (дамб, мостов), отпущивания водоемов в результате обмеления, нарушения режима принудительной подачи воды в гидросистему западных ильменей. Вышеперечисленные причины часто создают (и нарушают) условия формирования заболачиваемых территорий.

Для определения топографического положения этих участков использовались снимки среднего разрешения (Landsat +ETM, 22.04.02 г.), синтезированные под различные задачи, с использованием оригинальных алгоритмов. При прочтении синтезированного снимка определены места локализации заболачиваемых территорий в дельте Волги и зоне западных подстепных ильменей (ЗПИ). На обработанном снимке зоны выделяются яркостной особенностью (на рис. 1 и 2 выделены ярко-зеленым цветом) – это низинные участки («низинные болота») с повышенным увлажнением и большим количеством растительной старики, оставшейся с прошлых лет, что является при разложении основным источником углекислого газа. Заметим также, что для развития этого процесса необходимы соответствующая температура окружающей среды, увлажненность и определенная влагоемкость почвы.

Определить на месте температурные параметры почвы, объемы выделенного газа с помощью экспресс-методов или проведения анализа в условиях стационарной

лаборатории не представлялось возможным, так как снимок получен много позже времени его реальной съемки. Для подтверждения полученных результатов использовались литературные данные прошлых лет, касающиеся изучения почвенного воздуха, в частности, эмиссии  $\text{CO}_2$ .

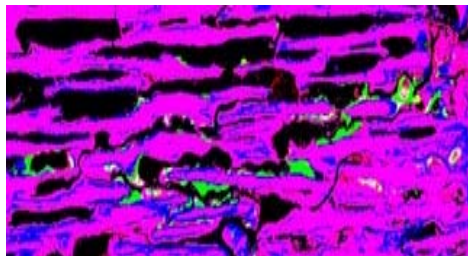


Рис. 1. Участки низинных болот в ЗПИ

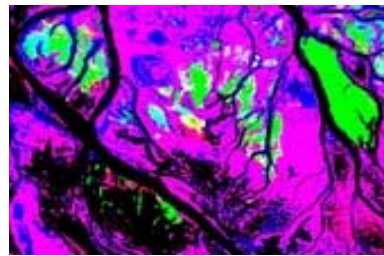


Рис. 2. Участки низинных болот на месте бывших ильменей (култуках)

Известно, что в период паводка заболоченные участки подтопляются, химические процессы разложения переходят в относительно анаэробные условия. В зоне подstepных ильменей эти места приурочены к площадям, недавно составляющим общую, хоть и мелководную, часть акватории водоемов (рис. 1). Ряд небольших участков находится вдоль водопадающих трактов, питающих отдаленные ильмени. В условиях дельты Волги такие территории находятся, как правило, между протоков с пониженным рельефом береговой линии и хорошей гигроскопичностью почв, образовавшихся на месте бывших ильменей и раскатов, сформированных наносами и высшей водной растительностью (рис. 2). В результате последнего повышения уровня Каспийского моря часть территорий постепенно заболачивается. Если на топографических картах изображение местности по состоянию на 1973–93 гг. обозначается как участок, занятый редколесьем и тростником, то на картах по состоянию на 1985–96 гг. территорию относят к «проходимым болотам» (согласно «Условным обозначениям») [1].

Дешифрованный снимок четко показывает старые заросшие русла протоков внутри островов. Эти зоны подтопляются, в первую очередь, в период половодья. На этих территориях бурно развивается высшая растительность, где с годами накапливается большое количество органики, которая, в свою очередь, отмирая, начинает разлагаться под действием бактерий с выделением углекислого газа. Специальный алгоритм обработки не зафиксировал объектов явного теплового излучения и наличие в изучаемой зоне ранней вегетации растительности. Некоторые помехи в рисунок могут внести солончаки. Для их исключения проведен сравнительный анализ солончаков, который не подтвердил «солевой» составляющей объекта. Однако дешифровка сцены по почвенным испарениям подтвердила «газовую» природу испарений. В местах большого скопления органики разложение проходит с выделением углекислого газа в больших концентрациях. Рисунок испарений (рис. 3, 4) (красный цвет, выделены стрелками), на наш взгляд, соответствует местам концентрации  $\text{CO}_2$ , обозначенным на рисунках 1 и 2.

В зоне западных подstepных ильменей исследуемые участки связаны с ер. Каньга, а он свободно сообщается с р. Волгой, которая обеспечивает постоянный приток пресной воды. В это время обычны подпуски воды. По данным Б.Н. Макарова (1988), при выходе капиллярной каймы на поверхность содержание воздуха в почве резко снижается, газообмен между почвой и атмосферой затруднен, в результате чего в почвенном воздухе повышается концентрация  $\text{CO}_2$  и снижается содержание  $\text{O}_2$ . При наличии влаги и повышения температуры почвы концентрация  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе увеличивается, а изменения температуры почвы от 5 °С до 30 °С приводят к увеличению поглощения  $\text{O}_2$  в 10 раз [6].



Рис. 3. Испарение  $\text{CO}_2$  с низинных болот в ЗПИ

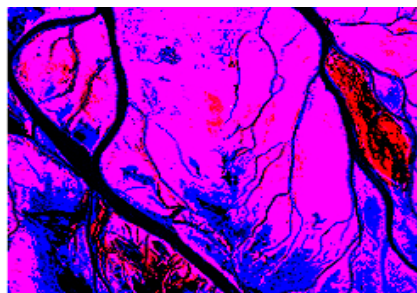


Рис. 4. Испарение  $\text{CO}_2$  с низинных болот на месте бывших ильменей дельты Волги

Снимок сделан в третьей декаде апреля 2002 г., на этот момент зарегистрирована температура воздуха –  $+21$ – $+23$  °С. Заморозки от 0 до  $-2$  °С отмечались до 26 апреля. Температура почвы на глубине 10 см составляла  $14$ – $16$  °С [5]. Ряд авторов отмечают, что весенний максимум содержания  $\text{CO}_2$  в почвах достигает при температуре до  $15$  °С, если влажность не превышает полной влагоемкости [2, 5]. Ильменно-болотные почвы имеют наибольший процент предела изменения состава почвенного воздуха за вегетацию  $\text{CO}_2$  –  $1,1$ – $2,3$ – $8,1$  %, а  $\text{O}_2$  –  $11,9$ – $18,0$ – $19,4$  % [4].

Участки с сильным зарастанием и последующим отмиранием растений накапливают большое количество органики. В половодье продукты разложения в этих зонах служат очагами всплеск и источниками постоянного развития фито-зоопланктона с высокой продуктивностью. Кроме того, течение способствует распространению планктона и формированию количественного и качественного состава фито-зоопланктона в ильменях и дельте как кормовой базы рыб. Этот факт заставляет обратить особое внимание на данные территории. Особенно это касается дельты, с учетом загрязнения акватории Северного Каспия. В связи с недофинансированием насосных станций, подающих воду в ЗПИ, и низким уровнем половодья, площадь таких зон уменьшается, что не может не привести к снижению кормовой базы прилегающих водоемов. Недостаточный приток пресных вод изменяет гидрохимический и гидрологический режимы ильменей. В таких условиях имеет смысл регулировать подтопление рельефно схожих площадей прилегающих территорий путем временного (сезонного) заграждения на некоторых водоемах. Средствами ДЗЗ (дистанционного зондирования земли) в условиях Астраханской области можно определить наиболее химически активные окислительные процессы разложения органики не только на территории ильменно-бугрового района, но и по всей дельте р. Волги. Логически места болотного выхода  $\text{CO}_2$  могут дешифрироваться при условии сходных климатических условий в весенне-осенний период, когда температура воздуха не слишком низкая и процесс охлаждения выделяемого пара проходит медленно, что дает возможность наблюдать испарение. Максимальные температуры воздуха отмечались в третьей декаде апреля 2002 г. и достигали  $21$ – $23$  °С [5]. В летний период таких зон не выявлено, это связано с затоплением территорий и высокой температурой окружающей среды –  $+30$ – $34$  °С [2], быстрой диффузией газа в теплый воздух. В зимний период возможно наблюдение этого эффекта во время оттепели, при условии безветрия и достаточного слоя органики на исследуемой территории.

В результате проведенной работы определены заболачиваемые участки в нижней надводной части дельты Волги и зоне западных подступных ильменей. На основании обработки видеоданных разработан новый подход к прогнозированию очередности подтопления территорий в зависимости от объема весеннего стока Волги и колебаний уровня Каспийского моря. Данные площади являются источниками поступления большого количества минеральных веществ в акватории водоемов, что способствует развитию фито-зоопланктона – кормовой базы многих видов рыб. В дальнейшем открывается перспектива проведения учета поступающего вещества в зависимости от гидрологической ситуации, это дает возможность моделировать различные процессы в интересах рыбного хозяйства и всех заинтересованных служб.

**Библиографический список**

1. **Астраханская область.** Топографическая карта [Карты] : м = 1 : 200000. – М. : Военно-картограф. управление Генерал. штаба, 1997. – 64 с. 1к. (64 л.).
2. **Вознесенская, Л. М.** Климатические особенности Астраханской области за 2001 г. // Л. М. Вознесенская // Мат-лы к государ. докладу о состоянии окружающей природной среды по Астраханской области за 2001 г. – Астрахань : Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2002. – Разд. 1. – С. 7–25.
3. **Вознесенская, Л. М.** Климатические особенности Астраханской области за 2002 г. // Л. М. Вознесенская // Мат-лы к государственному докладу о состоянии окружающей природной среды по Астраханской области за 2002 г. – Астрахань : Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2003. – Разд. 1. – С. 7–23.
4. **Ковда, В. А.** Основы учения о почвах : в 2 т. / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1973. – Т. 1. – 421 с.
5. **Ландина, М. М.** Почвенный воздух / М. М. Ландина ; под ред. В. Н. Панфилова. – Новосибирск : Наука, 1992. – С. 38. – (Сиб. отд.).
6. **Макаров, Б. Н.** Газовый режим почв / Б. Н. Макаров. – М. : Агропромиздат, 1988. – С. 27, 52.

УДК 581.5

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НИЗШИХ РАСТЕНИЙ  
В ЭКОСИСТЕМЕ ДЕЛЬТЫ р. ВОЛГИ**

**Куканова Оксана Наурузовна<sup>1</sup>**, аспирант кафедры физической географии  
**Курочкина Татьяна Федоровна<sup>1</sup>**, доцент, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и БЖД

**Шапльгина Юлия Николаевна<sup>2</sup>**, преподаватель естественнонаучных дисциплин  
Астраханский государственный университет<sup>1</sup>  
414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,  
тел. (8512) 44-02-24, e-mail: kukanova@mail.ru, e-mail: nectus@mail.ru  
ФГОУ СПО «Астраханский государственный политехнический колледж»<sup>2</sup>,  
414041, г. Астрахань, ул. Куликова, 42,  
тел. (8512) 47-50-43, e-mail: shaplugina@yandex.ru

*Различают три группы низших растений в дельте р. Волги. Изобилие видов связано с шириной ниши. Виды с широким изобилием (*Cocconeis placentula* Ehr.) перекрываются. Виды, которые не перекрываются, имеют самое высокое изобилие (*Stephanodiscus hantzschii* Grun). *Ceratoneis arcus* var. *Amphyoxis* встречается на чистой водной территории, а *Nitzschia palea* – на загрязненных участках. В речных экосистемах часто наблюдается вертикальная и горизонтальная неоднородность в распределении низших растений. Параметры экологических ниш речного планктона не изучены. В данной работе представлены параметры экологических ниш для низших растений дельты р. Волги.*

**Ключевые слова:** низшие растения, дельта р. Волги, экологическая ниша, вегетативный период, *Cocconeis placentula* Her., *Stephanodiscus hantzschii* Grun.

**THE DISTRIBUTION OF INFERIOR PLANTS IN THE ECOSYSTEM  
OF THE VOLGA DELTA**

**Kukanova Oksana N., Kurochkina Tatyana F., Shaplugina Yulia N.**

*There are three groups of inferior plants in the Volga delta. The species abundance is connected with the width of niche. The species with wide abundance (*Cocconeis placentula* Ehr.) are overlapping. The species which don't overlap have the highest abundance to the utmost (*Stephanodiscus hantzschii* Grun). *Ceratoneis arcus* var. *Amphyoxis* are at the pure aquatic area, and *Nitzschia palea* are at the pollution aquatic area. There is a various vertical and horizontal distribution of the lowest plant at the fluvial ecosystem. Description of the ecological niche of fluvial plankton are unstudied.*

*The description of ecological niches of inferior plant in the Volga delta is represented in the article.*

**Key words:** inferior plants, the Volga delta, ecological niche, vegetative period, *Cocconeis placentula* Her., *Stephanodiscus hantzschii* Grun.

Дельта р. Волги представляет собой динамическую систему, в которой благодаря вертикальным и горизонтальным течениям может быть достигнуто гомогенное распределение растворенных и взвешенных частиц. Однако в речных экосистемах очень часто наблюдается как вертикальная, так и горизонтальная неоднородность в распределении низших растений [1]. Параметры ниш речного фитопланктона практически не изучены. В данной работе использованы параметры ниш для исследования низших растений дельты р. Волги.

Отбор проб и их обработку осуществляли по стандартным методикам [2]. Расчет указанных параметров выполняли исходя из следующих индексов [3]: индекса ширины ниш ( $B$ ), индекса перекрытия, внутривидового вытеснения, межвидового вытеснения. Выделение групп экологически сходных видов выполнялось с помощью компьютерных программ Microsoft Excel. Анализ проводили по результатам просчета проб, отобранных в дельте р. Волги в 2006 г.

Для целей данного исследования величина  $B = 0,5$  была взята как отделяющая специализированные ( $< 0,5$ ) и эврибионтные ( $> 0,5$ ) виды. Установлено, что 14 видов были более специализированы по отношению к ресурсам, имели узкую экологическую нишу. Средняя численность на отдельных станциях в основном не связана с величиной  $B$ , однако доминировавший на протяжении всего вегетационного периода *Stephanodiscus hantzschii* имел наиболее широкую экологическую нишу. Большая величина индекса ширины ниш (0,892) отмечена также для доминировавшей в дельтовых водах *Kirchneriella obesa*. 2 вида имели наименьшую величину ниш, 20 – были эврибионтными ( $> 0,5$ ).

Компьютерный анализ величин перекрытия ниш показал наличие трех больших скоплений видов.

В I разделе наибольшее перекрытие было между *Crucigenia quadrata* и *Nitzschia palea*. В этот раздел вошло пять видов. В разделе II было 9 видов, из них 3 имели широкую экологическую нишу (*Chlorococcales sp.* и *Chlamydomonas vulgaris* полностью перекрывались), а остальные были более стенобионтными. В этот раздел вошла и *Kirchneriella obesa*, достигающая высокой численности в дельтовых водах. В разделе III полное перекрытие наблюдалось между *Ankistrodesmus arcuatus* и *Microcystis pulverea*. 14 из 20 видов раздела III имели величины  $B > 0,5$  и поэтому представляли совокупность видов с низким перекрытием, особенно вторая часть этого раздела (III B).

В раздел III вошли виды, обычные и многочисленные в среднем течении дельты р. Волги на тех участках, которые не подвержены воздействию сточных вод или где уже произошли процессы самоочищения и разбавления. Причем, если рассмотреть схему сезонной сукцессии низших растений, то оказывается, что принадлежность к экологической группе не связана с включением видов в определенные разделы. На исследованных участках преобладали виды и конкуренты, которые получают преимущество при высокой концентрации питательных веществ, что связано с интенсивным антропогенным загрязнением дельты р. Волги.

В раздел I вошли виды, не достигающие значительной численности и встречающиеся как на условно чистых (*Ceratoneis arcus var. amphyoaxis*), так и на загрязненных участках (*Nitzschia palea*). Виды раздела I имели узкую и широкую экологическую нишу.

Систематическая принадлежность и морфология не влияли на вхождение вида в раздел. Так, в раздел I вошли 2 представителя *Chlorococcales* и 3 – *Bacillariophyta*, один колониальный коккоидный вид и 4 коккоидных вида. В раздел II были включены 5 представителей *Bacillariophyta*, 3 – *Chlorococcales* и 1 – *Volvocales*, а если рассматривать морфологическую структуру, то виды группируются следующим образом: 1 монадный вид, 1 колониальный коккоидный и 7 коккоидных видов. В разделе III объединялись 2 представителя *Cyanophyta*, 9 – *Bacillariophyta*, 9 – *Chlorococcales*; 10 видов из вышеназванных были колониальными коккоидными, 11 – коккоидными.

**Виды низших растений дельты р. Волги в 2006 г.  
в порядке возрастания индексов ширины ниш *B***

Виды	<i>B</i>
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	0,250
<i>Navicula exigua</i> (Greg.) O. Müll.	0,304
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.)	0,352
<i>Scenedesmus bijugatus</i> (Turp.) Kütz.	0,389
<i>Nitzschia recta</i> Handzsch	0,391
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korschik.	0,444
<i>Cymbella pusilla</i> Grun.	0,490
<i>Nitzschia acicularis</i> W.S.	0,510
<i>Asterionella Formosa</i> Hass.	0,651
<i>Chlamydomonas vulgaris</i> Anach.	0,677
<i>Melosira granulate</i> (Her.) Ralfs	0,700
<i>Ankistrodesmus angustus</i> Bern.	0,755
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb.	0,783
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.	0,832
<i>Coelastrum microporum</i> Naeg.	0,832
<i>Kirchneriella obesa</i>	0,892
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun	0,919

Величины индекса внутривидового вытеснения изменялись между экстремальными значениями для *Stephanodiscus hantzschii* (максимальное значение индекса) и *Cocconeis placentula* (минимальное значение). Эти два вида были, соответственно, наиболее и наименее многочисленными. Прямое сравнение величин индекса внутривидового вытеснения и средней численности отдельных видов на различных стадиях показывает, что интенсивность внутривидового вытеснения, вероятно, связана с численностью видов. Такое же сравнение этого индекса и величин *B* показало отсутствие взаимоотношений между указанными параметрами.

Средний эффект вытеснения одних видов другими возрастает с увеличением индекса межвидового вытеснения. Интенсивность межвидового вытеснения связана с численностью видов.

Выделены три различные группы низших растений. Виды первой группы имели низкую численность и перекрывались друг другом в наименьшей степени. Они перекрывали другие виды меньше, чем перекрывались сами. За исключением одного (*Kirchneriella obesa*), все они были стенобионтными,  $B < 0,5$ . Виды второй группы перекрывались в большей степени, они были, за исключением двух, эврибионтными. Виды третьей группы перекрывали друг друга в наибольшей степени и имели наибольшую численность. Эти виды перекрывали другие виды в большей степени, чем они сами были перекрыты. Третья группа включала как эврибионтные, так и специализированные виды и поэтому может рассматриваться как преобладавшая летом 2006 г. в дельте Волги.

Из результатов исследований низших растений видим, что численность видов связана с шириной ниш, что подтверждает предположение, приведенное в литературе [4]. Обобщение индексов перекрывания ниш показало, что специализированные виды перекрывались в большей степени, чем эврибионтные, и перекрывание ниш популяций зависит от численности популяции.

**Библиографический список**

1. **Киселев, И. А.** Планктон морей и континентальных водоемов / И. А. Киселев. – Л. : Наука, 1980. – Т. 2. – 450 с.
2. **Федоров, В. Д.** О методах изучения фитопланктона и его активности / В. Д. Федоров. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 168 с.
3. **Hurlbert, S. H.** The measurement of niche overlap and some relatives / S. H. Hurlbert // Ecology. – 1998. – № 59. – P. 67–77.
4. **Levins, R.** Evolution in changing environments: some the theoretical explorations / R. Levins. – Princeton, N.G. : Princeton University Press, 1968. – 200 p.

УДК 502.36

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННОЙ НАГРУЗКИ  
НА ТЕРРИТОРИЮ г. ВОЛЖСКОГО**

**Клюшниковая Наталья Михайловна<sup>1</sup>**, кандидат географических наук, инженер  
ООО «Лукойл – Нижневолжскнефть»

**Арестова Наталья Витальевна<sup>1</sup>**, инженер ООО «Лукойл – Нижневолжскнефть»

**Курочкина Татьяна Федоровна<sup>2</sup>**, доцент, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и БЖД

ООО «Лукойл – Нижневолжскнефть»<sup>1</sup>

400131, г. Волгоград, ул. Комсомольская, 16,

тел. (8442) 96-37-00, e-mail: knm777@rambler.ru, e-mail: natalia-s545@mail.ru

Астраханский государственный университет<sup>2</sup>

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-02-24, e-mail: nectus@mail.ru

*Рассматривается влияние промышленности на экологическое состояние окружающей среды г. Волжского. Территориальный анализ степени геоэкологического воздействия в г. Волжском, выполненный в работе, позволил выделить ареалы различных источников загрязнения. В результате картирования этих ареалов была выявлена структура «рисунка» загрязнения территории. В первую группу вошли предприятия, оказывающие наибольшее загрязнение на атмосферу – это заводы химической, нефтехимической отраслей, а также металлургии и энергетики. Вторую группу экологически опасных объектов составляют предприятия машиностроительной отрасли. Результаты исследований показали, что территория г. Волжского испытывает интенсивную антропогенную нагрузку со стороны промышленных предприятий.*

**Ключевые слова:** влияние промышленности, состояние окружающей среды, заводы, загрязнение воздуха, автомобили, химическая промышленность, ареалы различных источников загрязнения.

**GEOENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF INDUSTRIAL LOAD  
ON THE TERRITORY OF VOLZHISKY CITY**

**Klyushnikova Natalya M., Arestova Natalya V., Kurochkina Tatyana F.**

*Impact of industries on the environmental status of Volzhsky city is viewed in this article. Territorial analysis of geoenvironmental impact grades in Volzhsky city made in the article enabled defining areas of different pollution sources. Structural pattern of the territory pollution was obtained as a result of mapping these areas. First group included the enterprises rendering the greatest pollution on the atmosphere. They are plants of chemical and petrochemical branches, and also metallurgy and power system. The second group of ecologically dangerous objects includes the enterprises of machine-building branch. The results of researches have shown that territory of Volzhsky has an intensive anthropogenous loading of industrial enterprises.*

**Key words:** impact of industries, environmental status, plants, air pollution, automobiles, chemical industry, areals of different pollution sources.

В настоящее время г. Волжский и прилегающие к нему территории испытывают интенсивную антропогенную нагрузку с взаимным наложением нескольких факторов. Основная роль в загрязнении окружающей среды и нарушении функционирования экосистем принадлежит промышленности.

Целью данной работы является территориальный анализ степени воздействия промышленных предприятий на территорию г. Волжского, с выделением ареалов загрязнения, в результате которого выявляется структура «рисунка» загрязнения территории. В результате проведенного исследования все промышленные предприятия г. Волжского и экологические опасные объекты были объединены в группы в зависимости от степени воздействия на окружающую среду.

В первую группу вошли предприятия, оказывающие наибольшее воздействие на окружающую территорию, в результате функционирования которых формируется общий фон химического загрязнения атмосферы достаточно высокой плотности на территории всего г. Волжского. К ним можно отнести *предприятия химической и металлургической промышленности, ТЭЦ*. Они характеризуются, как правило, большими объемами выбросов, наибольшим радиусом разброса выбросов в атмосферу (7 км для ТЭЦ, от 3 до 5 км от химических и металлургических предприятий, до 3 км – от котельных). Данные ареалы представляют собой зоны вероятного оседания выбросов и концентрируют в себе лишь химическое воздействие. Другие виды загрязнений, в том числе шумовое, вибрационное, тепловое, концентрируются в непосредственной близости от промплощадки.

Построенная в 1958 г. у северной окраины г. Волгограда плотина Волжской ГЭС, образовав Волгоградское водохранилище, которое было наполнено водой до проектной отметки в июле 1961 г., дала начало развитию г. Волжского и строительству промышленных предприятий. В настоящее время функционируют 243 промышленных предприятия, общее число всех форм собственности – более 3000. Основу производственного потенциала города составляют заводы химической, нефтехимической, машиностроительной отраслей, металлургии и энергетики. Эти предприятия являются наиболее мощными и стабильными источниками антропогенного воздействия на городскую среду.

Предприятия, имеющие основную долю валовых выбросов вредных веществ в атмосферу представлены в таблице.

Таблица

**Предприятия, имеющие основную долю валовых выбросов вредных веществ в атмосферу (Гос. доклад, 2006)**

Наименование предприятия	Объем выбросов, т/год					
	2004 г.			2005 г.		
	всего	твердые	газообразные	всего	твердые	газообразные
ОАО «Волжский Абразивный завод»	23530,19	283,655	23246,54	23574,7	316,276	23258,42
Волжская ТЭЦ-1	4255,669	1,827	4253,842	4935,45	17,834	4917,622
Волжская ТЭЦ-2	2130,243	0,264	2129,979	2116,55	1,023	2115,52
ОАО «Волжский Оргсинтез»	5548,945	56,399	5492,546	4544,91	42,571	4502,34
ОАО «Волжский подшипниковый завод»	138,774	16,956	121,818	138,774	17,138	121,636
ОАО ПО «Волжский трубный завод»	2865,022	567,767	2297,255	3157,51	745,658	2411,857
ОАО «Волгайр-Пром»	1022,997	22,231	1000,763	1051,37	24,808	1026,567

Химическая промышленность поставляет диоксид серы (SO<sub>2</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S), оксиды азота (NO, NO<sub>2</sub>), углеводороды, галогены и др. Для нее характерна высокая концентрация предприятий, что создает повышенное загрязнение окружающей среды. Основными загрязняющими веществами, содержащимися в выбросах почти каждого источника, являются твердые частицы (пыль, сажа, металлические частицы) и газообразные вещества (окись углерода, двуокись серы, окислы азота). Выделяемые в атмосферу эти вещества могут вступать в химические реакции друг с другом, образуя высокотоксичные соединения.

Высокая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере города наносит большой вред здоровью населения, сельскому хозяйству, жилым зданиям и др. Прямое и косвенное воздействие загрязненной атмосферой приводит к снижению производительности труда, повышенной заболеваемости и смертности среди населения,



увеличивает число заболеваний органов дыхания и глаз. Некоторые вещества обладают способностью накапливаться в организме. В малых количествах они длительное время незаметны, а затем резко проявляется их вредное воздействие.

В процессе распространения выбросов большое влияние оказывает ветер. Максимум концентрации обычно создается на расстоянии, кратном 10–20 высотам труб источника выбросов. Поэтому при рассмотрении ареала воздействия промышленных предприятий на жилые кварталы учитывается повторяемость различных направлений ветра (роза ветров), особенно со стороны производств, и расстояние до них.

Необходимо принимать во внимание не только направление, но и скорость ветра. Выбросы низких и неорганизованных (из окон, дверей, вентиляционных отверстий производственных зданий) источников скапливаются в приземном слое при слабых ветрах. Наибольшие концентрации примесей в городах часто наблюдаются при скорости ветра 0–1 м/с. При выбросах промышленных предприятий с высокими трубами значительные концентрации примесей у земли создаются при так называемой опасной скорости ветра. Из высоких труб воздушная смесь (факел) выходит с определенной скоростью. Если эта смесь имеет более высокую температуру, чем окружающий воздух, она поднимается вверх и вредные примеси уносятся в верхние слои атмосферы. При слабых ветрах подьем факела увеличивается, и примеси почти не достигают земли. При сильных ветрах наблюдается перенос примесей на значительное расстояние от места выброса. Но имеется некоторая промежуточная скорость ветра, при которой факел опускается к земле (наблюдается эффект «задымления») и в приземном слое формируется наибольший уровень загрязнения. Эта скорость и является «опасной». Ее значение зависит от высоты, скорости и температуры выбросов из источника.

Для определения области загрязнения территории при оценке экономического и экологического ущерба рассматриваются зоны равных концентраций вредных выбросов в атмосферу по методике, предложенной А.А. Кошелевым. Согласно ей, весь загрязняемый район, в зависимости от количества выбросов, делится на зоны с помощью концентрических окружностей (при равновероятном направлении ветра) (рис. 1). Причем внутри оконтуренных ареалов создается очень сложная, мозаичная картина взаимодействия многих химических элементов (А.А. Кошелев).

Для периодов, когда преобладание направления ветра не выражено резко, а скорости ветра незначительны по своей величине, полученные оценки ущербов могут достаточно точно отражать верное представление о загрязнении.

При помощи метода учета валовых выбросов были определены районы воздействия предприятий, имеющих основную долю валовых выбросов вредных веществ в атмосферу. В результате было установлено, что зона максимальной концентрации содержания вредных веществ от предприятий с учетом равновероятного направления ветра затрагивает северные и северо-восточные районы города. Значительную нагрузку от завода абразивных материалов испытывают старые районы города (квартал Б, В, Г, Д). Центральная часть города находится в зоне влияния Волжского трубного завода, находящегося наиболее близко к жилой зоне (рис. 1).

Строительство промышленного комплекса вызвало необходимость в создании Волжской ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. Теперь они являются крупными источниками тепла в городе и самыми крупными энергоисточниками для промзоны. Одновременные выбросы ТЭЦ вносят значительный вклад в загрязнение окружающей природной среды г. Волжского. Особенно ситуация обостряется в зимний период, когда увеличение потребления тепла и электроэнергии на промышленные и бытовые нужды сопровождается повышением выбросов отходов при сжигании топлива на ТЭЦ. Количество и структура выбросов зависит от вида используемого топлива и типа котла. Однако, в не зависимости от типа топки, количество образующихся оксидов серы всегда пропорционально содержанию этого элемента в топливе.

Все выбросы ТЭЦ являются токсичными веществами, негативно воздействующими на организм человека.

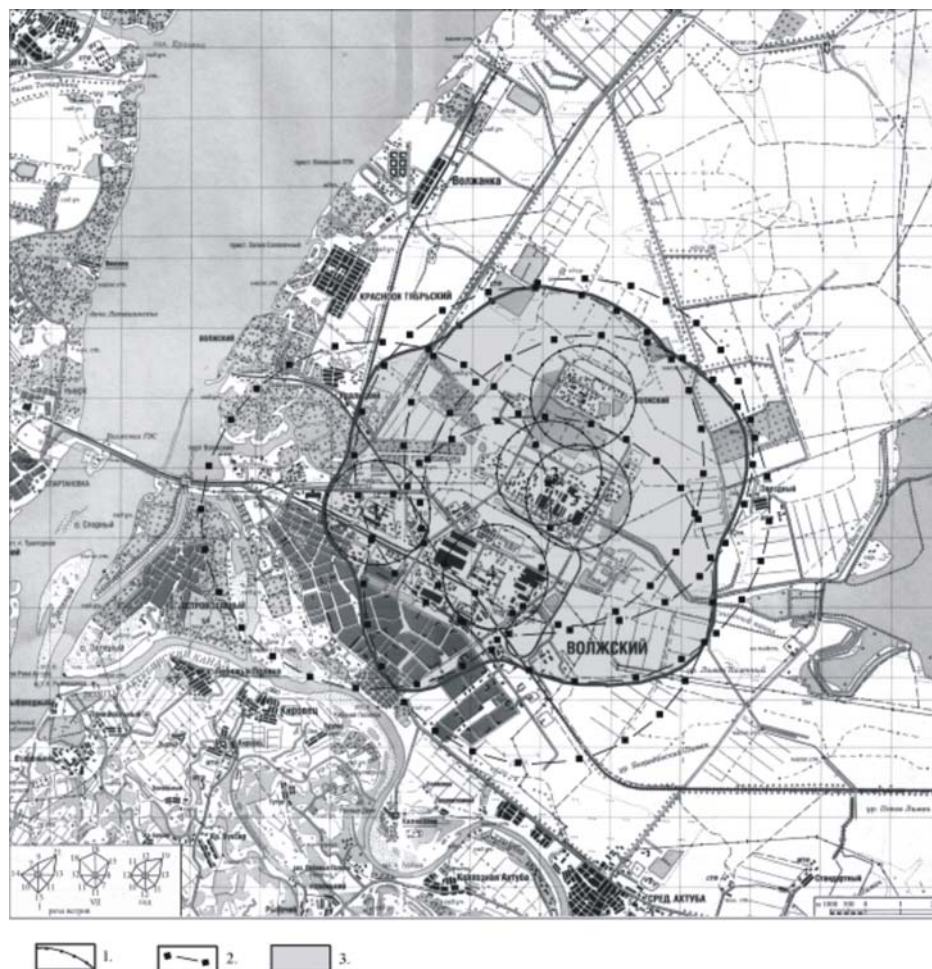


Рис. 1. Схема формирования зон равных концентраций вредных выбросов в атмосферу от предприятий с учетом равновероятного направления ветра (по А.А. Кошелеву)

Условные обозначения: 1) зона максимальной концентрации загрязняющих веществ;  
2) зона неравномерного оседания загрязняющих веществ;  
3) территория, наиболее подверженная воздействию загрязняющих веществ.

Цифрами на карте обозначены: 1. ОАО «Волжский абразивный завод»;  
2. ОАО «Волжский Оргсинтез»; 3. ОАО «Волжский завод асбестотехнических изделий»;  
4. ОАО «Волжский трубный завод»; 5. ОАО «Волгаир-Пром».

В ближайшем окружении дымовой трубы создается так называемая тень зона, в которую совсем не попадают вредные вещества, это легко заметить, поскольку на территории самой ТЭЦ снег чище, чем на расстоянии 1 км. Зона максимальной концентрации выбросов от ТЭЦ расположена на расстоянии около 1,5–2 км. Максимальная зона распространения обычно простирается на расстояние до 7 км и более при неравномерном оседании загрязняющих элементов до границ влияния предприятия, создавая, тем самым, общий фон загрязнения в городах (рис. 2).

В районе ТЭЦ серьезной проблемой является повышенный уровень шума, который влияет на сердечно-сосудистую систему, увеличивает стрессовые состояния у людей. Главными источниками шума у ТЭЦ являются выходы из дымовых труб (осевые дымоходы в сочетании с осевыми трубами) и газораспределительные устройства. Современные методы позволяют сократить радиус зоны акустического дискомфорта от 2 км до 0,5 км. Для этого необходимо использовать шумоглушитель внутри газовада. Помимо

этого, существует ряд планировочных и градостроительных мер по предотвращению распространения шума: создание зеленого пояса на расстоянии 0,5–2 км от источника.

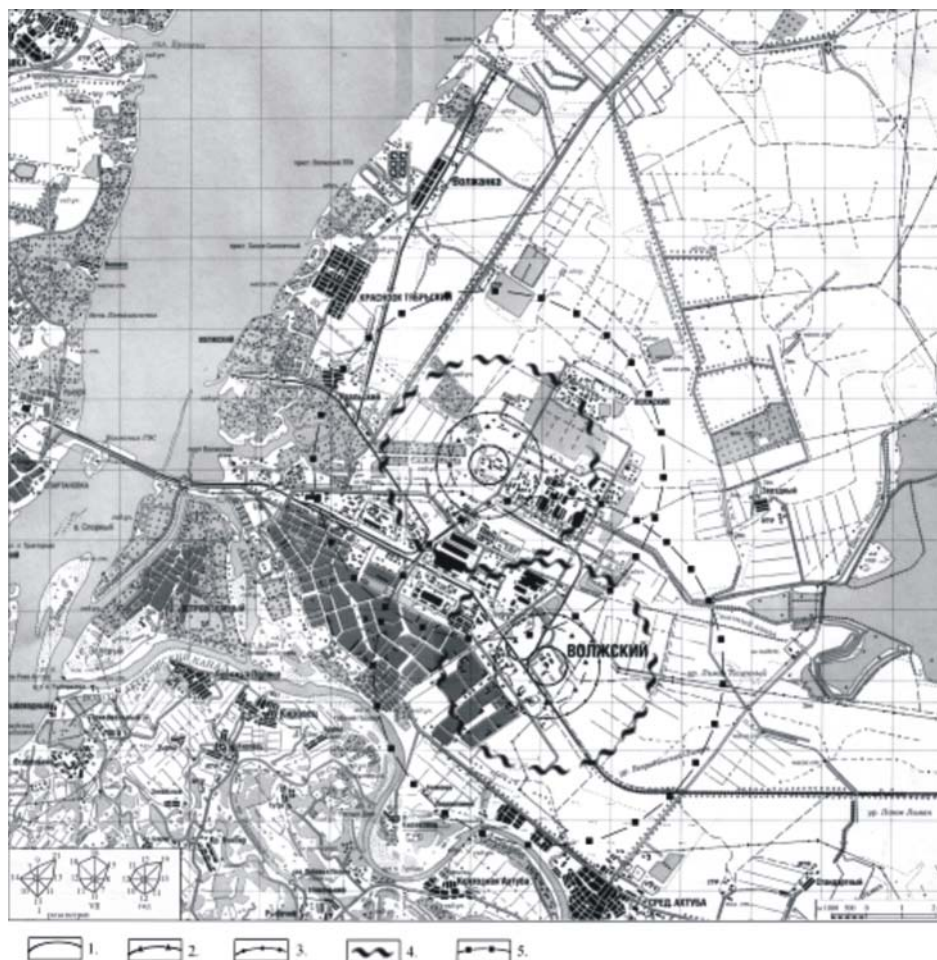


Рис. 2. Схема формирования зон равных концентраций вредных выбросов от ТЭЦ в атмосферу с учетом равновероятного направления ветра (по А.А. Кошелеву)

Условные обозначения: зоны воздействия: 1) «теневая» зона;

- 2) зона максимальной концентрации загрязняющих веществ; 3) повышенный уровень шума;
- 4) зона увеличенной влажности, облачности;
- 5) зона неравномерного оседания загрязняющих веществ.

ТЭЦ являются крупными потребителями водных ресурсов, что часто приводит к тепловому загрязнению окружающей среды. Выбросы большого количества тепла и влаги в атмосферу, как непосредственно из труб станции, так и через испарение с поверхности более теплых водоемов, приводят к увеличению влажности, облачности, количеству осадков и туманов в радиусе до 3-х км, особенно в осенне-весенний период, что приводит к застаиванию вредных выбросов в атмосфере.

Картирование ареалов воздействия отдельных предприятий показали, что радиус воздействия ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 – 5–7 км. Основной объем выбросов приходится зимой на территорию промышленной зоны и на дачный поселок «Здоровье химика» (ТЭЦ-1) и на территорию восточной части города (ТЭЦ-2), летом, в связи с преобладанием ветров западных и северо-западных направлений, ареал воздействия приходится на территорию промзоны (ТЭЦ-1) и смещается за пределы города (ТЭЦ-2).

Данные ареалы представляют собой зоны вероятного оседания выбросов и концентрируют в себе лишь химическое воздействие, а шумовое, вибрационное, тепловое воздействия концентрируются в непосредственной близости от промплощадки.

Как уже было сказано, предприятия электроэнергетики составляют единый энергетический комплекс г. Волжского. В марте 1996 г. прием в эксплуатацию ЛЭП 500 кВ «Трубная – Южная» с переходом через р. Волгу завершил строительство энергомоста «Балаковская АЭС – подстанция Южная в г. Волгограде – Ростовская АЭС – Северный Кавказ».

Поэтому как составную часть энергетического комплекса мы рассмотрим и влияние ЛЭП на состояние окружающей среды. Мощные потоки энергии непосредственно воздействуют на природные комплексы разного ранга. Но не меньшее воздействие, а может быть, и большее, оказывают сами сооружения (просеки, металлические конструкции и т.д.), встающие преградой на путях миграций элементов или организмов. Все это вызывает в целом негативные эколого-географические последствия, так как при проектировании этих сооружений в первую очередь учитывались экономические факторы, в то время как экологические почти не рассматривались.

Вторую группу экологически опасных объектов составляют предприятия машиностроительной отрасли: авторемонтные мастерские, автобазы, предприятия, обслуживающие железнодорожный транспорт и др. Они характеризуются сравнительно небольшими объемами выбросов в атмосферу, средний радиус разброса которых, как правило, составляет 500–1000 м. Ареал загрязнения представляет собой зону «гарантированного» оседания выбросов, причем радиус разброса специфики не превышает радиуса разброса массовых выбросов. В пределах ареала, на достаточно ограниченной территории концентрируется химическое загрязнение, тепловое и шумовое загрязнения (менее интенсивное, чем от транспорта и, как правило, периодическое), вибрационное воздействие, т.е. все виды загрязнения постоянно или периодически концентрируются на данном ареале (рис. 3).

Так как предприятия этой группы находятся в непосредственной близости от жилой зоны города, они оказывают непосредственное воздействие на 8, 9, 10, 16, 17 микрорайоны; кварталы 102, 100, 101 старой части города.

Таким образом, на ареалы воздействия промышленных предприятий, ТЭЦ и всех прочих стационарных источников накладываются ареалы загрязнений, поступающих от предприятий машиностроения, что еще более ухудшает состояние окружающей среды г. Волжского.

В последнее время экологическая обстановка в городе все в большей степени определяется развитием автомобильного транспорта, который дает около 80 % выбросов в атмосферу. К началу 2007 г. количество автотранспорта составило более 954 тыс. автомобилей. Прогнозируется ежегодное увеличение автотранспортных средств.

Поэтому к третьему типу источников экологического воздействия относятся *передвижные источники*, в основном, автомобильный транспорт.

За последние десятилетия существенно увеличилась доля выбросов, поступающих в атмосферу от легковых и грузовых автомобилей. Зона влияния автодорог с интенсивностью движения 10 тыс. и более машин в сутки составляет до 400 м.

Автотранспортные предприятия, где осуществляется ремонт и заправка, также являются источниками воздействия на атмосферу, водные источники и почвы, так как их организованные и неорганизованные стоки значительны по объемам и токсичны по специфике.

Как правило, автотранспорт и железнодорожный транспорт являются основными источниками шума для населения урбанизированных территорий. Источниками шума и вибрации в данном случае являются подвижной состав и рельсы. Уровень шума на железнодорожном транспорте составляет 65–75 дБА в ареале 50 м, а на автомобильном – 72–92 дБА.



Рис. 3. Схема формирования зон равных концентраций вредных выбросов от машиностроительной отрасли в атмосферу с учетом равновероятного направления ветра (по А.А. Кошелеву)

Условные обозначения. 1. Предприятия: 1) ВПЗ-15; 2) ВМЗ; 3) рембаза УЖДТ; 4, 5) автомастерские; 6) трампарк. 2. Зона максимальной концентрации загрязняющих веществ.

Таким образом, в настоящее время территория г. Волжского испытывает интенсивную антропогенную нагрузку с взаимным наложением нескольких видов промышленной нагрузки. Проведенные исследования позволили выделить ареалы воздействия отдельных промышленных предприятий на город, за основу при этом был принят радиус воздействия каждого источника на атмосферу, поскольку все остальные факторы имеют меньшую амплитуду распространения. Выделенные ареалы представляют собой территории, на которых по мере удаления от источника происходит постепенное падение уровня тепловых полей, затем вибрационных, шумовых и, наконец, концентрации выбрасываемых химических веществ.

Проведенные на данном этапе исследования позволяют провести оценку степени экологической напряженности территории г. Волжского по ареалам воздействия от экологически опасных промышленных предприятий и объектов.

#### Библиографический список

1. **Безуглая, Э. Ю.** Чем дышит промышленный город / Э. Ю. Безуглая, Г. П. Расторгуева, И. В. Смирнова. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 255 с.
2. **Доклад** о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2005 г. – Волгоград : Альянс, 2006. – 288 с.
3. **Кошелев, А. А.** Экологические проблемы энергетики / А. А. Кошелев, Г. В. Ташкинова, Б. Б. Чебаненко [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1989. – 322 с. – (Сиб. отд.).

4. **Луканин, В. Н.** Промышленно-транспортная экология: учеб. для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко. – М. : Высшая школа, 2001. – 273 с.

5. **Управление** природопользованием в регионе : учеб. пос. / М. М. Гузев, Л. И. Сергиенко, Р. П. Харебава, Д. Ф. Баштаник. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 1998. – 92 с.

УДК 591:599.32

**ОСОБЕННОСТИ БИОТОПИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЛУДЕННОЙ (*MERIONES MERIDIANUS* PALL., 1773) И ГРЕБЕНЩИКОВОЙ (*M. TAMARISCINUS* PALL., 1773) ПЕСЧАНОК В ПУСТЫННОЙ ЗОНЕ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Федорович Владимир Васильевич**<sup>1</sup>, доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии

**Осипов Владимир Павлович**<sup>2</sup>, заведующий зоолого-паразитологической лабораторией

Астраханский государственный университет<sup>1</sup>

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел./факс (8512) 22-82-64, e-mail: VFedor45@mail.ru

ФГУЗ «Астраханская противочумная станция Роспотребнадзора»<sup>2</sup>

412000, г. Астрахань, ул. Кубанская, 3,

тел./факс (8512) 33-37-00

*Изучение биотопического распределения и динамики численности полуденной и гребенщиковой песчанок проводилось в 1996–2008 гг. в пустынной зоне Астраханской области. Показано, что полуденная песчанка в своем распространении придерживается в основном естественных, слабоизмененных деятельностью человека территорий. Основные поселения полуденных песчанок приурочены к песчаным массивам слабозакрепленных, закрепленных песков, кромкам барханов и значительно в меньшей степени к сельхозугодьям. Гребенщикова песчанка – вид более эвритопный. Ее поселения отмечены в бугристых полузакрепленных и закрепленных песках и в спектре биотопов орошаемого земледелия. Расселению гребенщиковой песчанки в Астраханской области способствует ирригация сельхозугодий, а также лоховые леса искусственного (лесопосадки) и естественного происхождения. В большинстве выделенных биотопов отмечены совместные поселения гребенщиковой и полуденной песчанок. В работе рассмотрены общие тенденции динамики численности песчанок за многолетний период.*

**Ключевые слова:** песчанка гребенщикова, песчанка полуденная, биотоп, ландшафт, численность.

**PECULIARITIES OF BIOTOPIC DISTRIBUTION AND DYNAMICS OF QUANTITY OF MARIONES MERIDIANUS AND MARIONES TAMARISCINUS IN THE DESERT ZONE OF THE ASTRAKHAN REGION**

**Fedorovich Vladimir V., Osipov Vladimir P.**

*Study of biotopic distribution and dynamics of midday gerbils (*Mariones meridianus*) and tamarisk gerbils (*Mariones tamariscinus*) population was held in the desert zone of the Astrakhan region in 1996-2008. It is shown that midday gerbils (*Mariones meridianus*) and tamarisk gerbils (*Mariones tamariscinus*) hold on to basically natural, weakly modified by human activity territories in its distribution. Basic habitations of midday gerbils (*Mariones meridianus*) are confined to low-fixed and fixed sand massifs and barchan brims and less - to farmlands. Tamarisk gerbils (*Mariones tamariscinus*) are the more eurytopic species. Its habitations are noted in hummocky half-fixed and fixed sands and in spectrum of irrigated farming biotopes.*

*Irrigated farmlands and elaeagnus forests of artificial (forest plantations) and natural origin are conduced to tamarisk gerbils (*Mariones tamariscinus*) expansion. In the majority of allocated biotopes joint habitations of midday gerbils (*Mariones meridianus*) and tamarisk gerbils (*Mariones tamariscinus*) are noted. In the article general tendencies of midday gerbils (*Mariones meridianus*) and tamarisk gerbils (*Mariones tamariscinus*) long-term population dynamics are considered.*

**Key words:** midday gerbil (*Mariones meridianus*), tamarisk gerbil (*Mariones tamariscinus*), biotope, landscape, population.

Полуденная (*M. meridianus* Pall., 1773) и гребенщикова (*M. tamariscinus* Pall., 1773) песчанки являются не только ведущими компонентами пустынных экосистем, но и потенциальными носителями возбудителей ряда инфекционных заболеваний человека и животных [6, 8, 14, 18]. Все это предопределяет как научное, так и большое практическое значение изучения этих видов.

В Астраханской области полуденные и гребенщиковые песчанки – многочисленная и широко распространенная группа грызунов [4, 14, 15, 16]. Однако изученность мест обитаний и численности этих видов грызунов носит в основном фрагментарный характер. Поэтому основной задачей настоящей работы является изучение распределения и динамики численности песчанок на всей территории пустынной зоны Астраханской области: Волжско-Уральский, Волжско-Приергенинский, Западный и Восточный ильменно-бугровые ландшафты [2].

Для Волжско-Уральского ландшафта характерны бугристые, грядовые и барханские пески с полыньей белой и рогачом песчаным. На бурых почвах и песках Волжско-Приергенинского ландшафта сформирована полынно-злаковая растительность. Ландшафт Западного ильменно-бугрового района представляет собой холмистую равнину с рядами бэровских бугров. Здесь сформировались бурые почвы различной степени засоленности. Белополынные, злаково-белополынные, житняково-прутняковые пустынные степи на бурых почвах создают особый колорит [2]. В Восточном ильменно-бугровом районе бугры Бэра более сглажены и пески занимают значительно большее пространство, чем в Западном ильменно-бугровом районе.

На рассматриваемой территории пустынной зоны Астраханской области пески встречаются в виде песчаных массивов и отдельных песчаных участков. По степени задернения их подразделяют на закрепленные, слабозакрепленные и развеваемые [13].

Оба вида песчанок нами были отмечены во всех четырех ландшафтах пустынной зоны. Однако, по нашим данным, на рассматриваемой территории полуденная и гребенщиковая песчанки распределены крайне неравномерно. С целью выявления частных закономерностей в размещении, динамике численности обоих видов песчанок нами использован биотопический подход. При этом биотопы были выделены вне зависимости от их приуроченности к ландшафтам.

#### Материал и методы

Сбор полевого материала по полуденной и гребенщиковой песчанкам производился в пустынной зоне Астраханской области. Методы исследования включали учеты песчанок давилками Геро в ловушко-линиях [5, 9, 10]. Для количественной оценки результатов работы использовался показатель относительной численности, т.е. количество попаданий зверьков на 100 ловушко-суток (лов./сут.). Всего за период исследований было отработано 539 690 лов./сут. и поймано 10 965 экз. песчанок. Из числа пойманных нами зверьков 68 % составляли гребенщиковые песчанки, а 32 % – полуденные. Статистическая обработка материала выполнена с помощью пакета компьютерных программ *Microsoft Office: Excel 2003*.

#### Результаты и обсуждения

На обследованной территории нами выявлены 13 биотопов, в той или иной степени заселенных полуденной и гребенщиковой песчанками (рис. 1). Основные поселения полуденных песчанок приурочены к песчаным массивам, занимающим в южной части Астраханской области правый и левый берега р. Волги [13], и значительно реже она отмечена на супесчаных почвах в районах орошаемого земледелия. Самая высокая средняя относительная численность полуденной песчанки за пределами ее типичных местообитаний, совпавшая с общим подъемом численности этого вида, отмечена нами в 2003 г. на валах различного хозяйственного назначения (2,3 экз. / 100 лов./сут.) (рис. 1). До 2005 г. на сельхозугодьях (пахотных землях) эта песчанка отмечалась единично и, как правило, в годы повышения ее общей численности в регионе. Однако с весны 2005 г. поселения полуденной песчанки на окультуренных землях стали обычными (рис. 1). Анализ биотопического распределения полуденной песчанки за 1996–2008 гг. показал, что при относительно низкой численности этот вид занимал, в основном, характерные для его обитания

естественные биотопы (слабозакрепленные, закрепленные пески, кромки барханов), а при высокой – чаще встречался и на преобразованных деятельностью человека территориях (обвалованные участки, водогоны и пр.). В периоды подъема численности полуденная песчанка встречалась в 4–6 биотопах, а при низкой – в 2–3.

По нашим данным, показатели численности полуденной песчанки сильно варьируются в зависимости от мест ее обитания. Наиболее высокая численность этой песчанки наблюдалась в естественных (типичных) для данного вида биотопах пустынной зоны – 4,5 экз. на 100 лов./сут., составляя в среднем 1,3–1,7 экз. на 100 лов./сут. В других стациях численность полуденной песчанки была заметно ниже и колебалась в пределах 0,01–0,5 экз. на 100 лов./сут. Во влажных биотопах (берегах водоемов, рисовых чеках и лоховых рощах) за рассматриваемый период времени полуденных песчанок не отмечено. Судя по литературным данным, полуденная песчанка в разных частях своего ареала занимает сходные биотопы, придерживаясь в основном песчаных массивов [6, 11]. Считается, что ограничивающим фактором в ее распространении является отсутствие мягких песчаных почв [12]. Гребенщикова песчанка в своем распространении менее специализирована. Так, на юге Казахстана она, как правило, заселяет тугаи по сухим руслам и песчаные острова [6] и редко встречается в грядковых песках, в Туркмении этот вид обитает по берегам ирригационных систем [11], в Калмыкии гребенщикова песчанка – обычный обитатель мелких бугристых и закрепленных песков [3, 17, 18].

В пустынной зоне Астраханской области примерно в 70 % исследованных нами биотопов гребенщикова песчанка образовывала совместные поселения с полуденной песчанкой. В таких биотопах всегда численно преобладала гребенщикова песчанка. Наиболее высокая доля полуденных песчанок в совместных поселениях отмечена у оснований барханов и в закрепленных песках с полынно-эфемерной растительностью (соответственно, 45,5 и 47,6 %), а наименьшая – 1,3 % – по краям оросительных каналов (водогонов). Численность и долевое соотношение видов песчанок в отдельных местообитаниях существенно зависит от флористических характеристик того или иного биотопа, что подтверждается и литературными данными [3].

В биотопах южной части Астраханской области гребенщикова песчанка часто образует плотные поселения в закрепленных и слабозакрепленных бугристых песках. В составе растительных сообществ этих песков обычно преобладают: полынь песчаная, типчак, пырей ломкий, колосняк кистевидный, а из кустарников – джугун безлистный и тамарикс многоветвистый. Гребенщикова песчанка была отмечена нами во всех выделенных биотопах пустынной зоны. При этом в годы высокой и низкой численности существенных различий в характере ее распределения по биотопам не наблюдалось. Гребенщикова песчанка в годы роста численности заселяла в среднем 5–6 (максимум – 9) различных биотопов, а в годы низкой – 4–6 (максимум – 8) биотопов. Ее среднемноголетняя численность в период наших исследований была на сравнительно невысоком уровне (0,2–6,5 экз. на 100 лов./сут.). Наибольшее обилие гребенщиковой песчанки нами отмечено в лесных участках с преобладанием лоха (6,5 экз. на 100 лов./сут., а самая низкая численность – в белопольной степи – 0,2 экз. на 100 лов./сут. В антропогенных биотопах (сельхозугодьях, орошаемых землях) средняя многолетняя численность гребенщиковой песчанки составила 2,3 экз. на 100 лов./сут.

Результаты наших исследований позволяют судить о важной роли лоха в распространении песчанок в ландшафтах Астраханской области. Общая площадь, занятая в регионе различными видами лоха – узколистым, серебристым и остроплодным, на 01.02.2003 г. составила 1976 га, из них культурные посадки лоха составляют 31,8 % от общей площади лоховых лесов в Астраханской области [7].



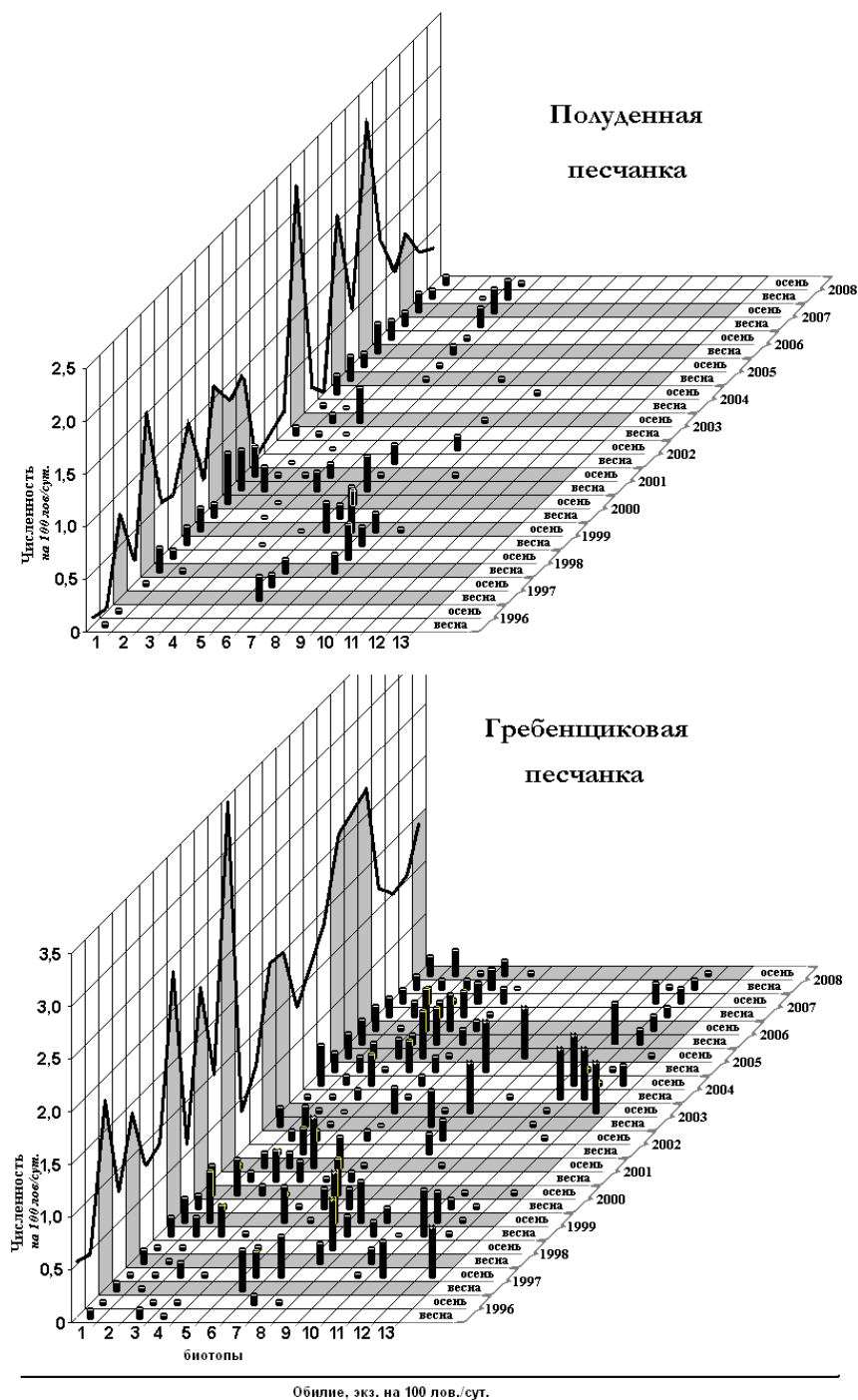


Рис. 1. Годовая и сезонная динамика численности подуенной и гребенщиковой песчанок в биотопах пустынной зоны Астраханской области в 1996–2008 гг.

Условные обозначения: биотопы: 1 – закрепленные пески, 2 – заросли разнотравья, 3 – валы, 4 – сельхозугодья, 5 – водогоны, 6 – кромка бархана, 7 – кустарники, 8 – полынь прогрессирующая, 9 – глинистая равнина, 10 – белополюнная степь, 11 – берега водоемов, 12 – рисовые чеки, 13 – заросли лоха.

По нашим данным, в последние годы наблюдается интенсивное зарастание лохом неиспользуемых сельскохозяйственных территорий, в том числе и расположенных вблизи крупных населенных пунктов Астраханских области и, особенно, города Астрахани. Плотность поселений песчанок в посадках лоха в 2–3 раза выше, чем на прилегающих участках. Следует особо подчеркнуть, что увеличение численности песчанок в лоховых рощах обычно сопровождалось и увеличением в этих местообитаниях лисицы обыкновенной (*Vulpes vulpes* L.). В пригородах Астрахани, на участках с зарослями лоха лисицы нередко добывали гребенщиковых песчанок путем раскопки их нор. Проведенный нами в августе 2008 г. учет нор, расположенных на противоположных валах и валах ирригационных каналов, показал, что 65 % нор гребенщиковых песчанок, вырытых вокруг лоховых деревьев и кустарников, было раскопано лисицами. Отдельные норы были разрушены практически полностью (рис. 2). Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о заметном влиянии обыкновенной лисицы на численность гребенщикообразной песчанки, проникающей в густонаселенные районы Астраханской области.



Рис. 2. Норы гребенщикообразной песчанки, раскопанные обыкновенной лисицей

Обобщая приведенные выше данные, можно сказать, что обитающие в пустынной зоне Астраханской области полуденная и гребенщикообразная песчанки отмечены во всех ландшафтах пустынной зоны. В отдельных биотопах наблюдаются совместные поселения этих видов. Однако в их биотопическом распределении отмечаются и значительные различия. Оптимальными местообитаниями для полуденной песчанки являются песча-

ные массивы закрепленных и слабозакрепленных песков, а также поросшие бурьянистой растительностью кромки барханов. В годы с высокой численностью полуденная песчанка заселяет и нетипичные для нее биотопы антропогенного ландшафта – валы, водогоны и обрабатываемые земли. Гребенщикова песчанка, как более влаголюбивый, чем полуденная песчанка, вид, в рассматриваемом районе заселяет более широкий спектр биотопов с мезофильной растительностью, широко охватывая помимо типичных местообитаний – участков с уплотненным песчано-глинистым грунтом и зарослями кустарников – антропогенно преобразованные территории пустынной зоны. Осваивая участки с естественными насаждениями и культурными посадками лоха, гребенщикова песчанка активно проникает в окрестности крупных населенных пунктов Астраханской области, включая и пригородные районы г. Астрахани, где, с нашей точки зрения, существенную роль в ограничении численности этого грызуна – носителя особо опасных природно-очаговых инфекций – играет обыкновенная лисица.

#### Библиографический список

1. **Бахтигозин, И. А.** Особенности передвижения гребенщиковой и полуденной песчанок в Астраханской области / И. А. Бахтигозин, М. И. Крючков, С. С. Марышев, М. Д. Ослопов, Ф. Д. Чикризов, Г. А. Шиблева // Тез. докл. I Всесоюз. совещ. млекопитающих. – М. : Изд-во МГУ, 1961. – Т. 2. – С. 7–8.
2. **Вольнкин, И. Н.** Природные ландшафты Астраханской области / И. Н. Вольнкин // Уч. зап. Астрах. гос. пединститута. – 1967. – Т. 11, вып. 2. – С. 59–83.
3. **Исаев, С. И.** Биотопическое распределение полуденных (*Meriones meridianus*) и тамарисковых (*M. tamariscinus*) песчанок (*Rodentia, Gerbilinae*) на юге Калмыкии / С. И. Исаев, С. А. Шилова // Известия РАН. – 2000. – С. 94–99. – (Сер. биол. (1)).
4. **Калабухов, Н. И.** Сезонные изменения распределения и численности грызунов на Бэровском бугре в ильменной подзоне правобережья Волги / Н. И. Калабухов, М. И. Крючков // Сб. тр. Астрах. противочумной станции. – Астрахань, 1955. – Вып. 1. – С. 245–288.
5. **Карасева, Е. В.** Методы изучения грызунов в полевых условиях / Е. В. Карасева, А. Ю. Телицына, О. А. Жигальский. – Л. : Изд-во ЛКИ, 2008. – 416 с. – ISBN 9785382008226.
6. **Кондрашкин, Г. А.** О млекопитающих и их блохах пустыни Муюн-Кумы и низовьев р. Таласа / Г. А. Кондрашкин, А. Ф. Дудникова // Грызуны и борьба с ними. – Саратов : Саратовское книжн. изд-во, 1955. – Вып. 4. – С. 249–262.
7. **Косицын, В. Н.** Лоховые леса в системе устойчивого управления ресурсами животных в низовьях Волги / В. Н. Косицын // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России : мат-лы науч.-практ. конф. – М., 2005. – С. 274–276. – ISBN 5-9675-0032-4.
8. **Кузнецов, А. А.** Передвижения и контакты песчанок *Meriones meridianus* и *M. tamariscinus* (*Rodentia, Gerbilinae*) в Волжско-Уральских песках / А. А. Кузнецов, А. Н. Матросов // Зоологический журнал. – 2004. – Т. 83, № 6. – С. 733–744.
9. **Кучерук, В. В.** Количественный учет важнейших видов вредных грызунов и землероек / В. В. Кучерук // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. – М., 1952. – С. 9–45.
10. **Новиков, Г. А.** Полевые исследования экологии наземных позвоночных / Г. А. Новиков. – М. : Советская наука, 1949. – 601 с.
11. **Нургельдыев, О. Н.** Экология млекопитающих равнинной Туркмении / О. Н. Нургельдыев. – Ашхабад : Изд-во ТАН СССР, 1969. – 257 с.
12. **Павлов, А. Н.** К вопросу о распространении полуденных и гребенщикова песчанок на правом берегу реки Волги / А. Н. Павлов // Сб. тр. Ростовского-на-Дону гос. науч.-исслед. противочумного ин-та и Сталинградской противочумной станции. – Сталинград, 1959. – Т. 14. – С. 235–243.
13. **Пилипенко, В. Н.** Природа, прошлое и современность Астраханского края / В. Н. Пилипенко, А. М. Липчанский, Э. И. Бесчетнова [и др.] ; сост.: А. А. Жилкин, А. П. Лунев, В. А. Пятин. – Астрахань : НОВА, 2008. – 452 с. – ISBN 978-5-5902175-33-9.
14. **Ралль, Ю. М.** Очерк экологии гребенщиковой песчанки *Meriones tamariscinus* Call. / Ю. М. Ралль // Грызуны и борьба с ними. – Саратов, 1941. – Вып. 1. – С. 179–207.
15. **Федорович, В. В.** Материалы к экологии мелких млекопитающих Астраханской области / В. В. Федорович, Т. Н. Козлова // Животные в антропогенном ландшафте : мат-лы I Междунар. науч. конф. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2003. – С. 69–70.
16. **Федорович, В. В.** Позвоночные животные Астраханского края. Систематика, экология, хозяйственное значение / В. В. Федорович. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2005. – 116 с.

17. **Шилова, С. А.** Межвидовые взаимоотношения полуденной (*Meriones meridianus* Pall., 1773) и тamarисковой (*M. tamariscinus* Pall., 1773) песчанок в пастбищных экосистемах Калмыкии / С. А. Шилова // Экология. – 2008. – № 2. – С. 141–146.

18. **Яковлев, С. А.** Оценка влияния ирригации и орошения на изменение западной границы ареала тamarисковой песчанки *Meriones tamariscinus* Pallas, 1773 (*Rodentia, Cricetidae*) на территории Республики Калмыкия / С. А. Яковлев, А. И. Сангаджиева, А. И. Удовиков, В. Б.-Х. Санджиев, В. П. Осипов, В. В. Диканская, Н. В. Попов // Проблемы особо опасных инфекций. – Саратов, 2008. – Вып. 3 (97). – С. 31–35.

УДК 634.18 (470.57-25)

### РЯБИНЫ (*SORBUS L.*) В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

**Абдуллина Римма Галимзяновна**, научный сотрудник

Учреждение Российской академии наук «Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН»

450080, г. Уфа, ул. Полярная, 8,

тел. (347) 228-13-55, e-mail: rimmaabdullina@yandex.ru

*В условиях Башкирского Предуралья (Ботанический сад в г. Уфе) изучены биологические особенности, характер роста и развития 10 видов рябин: амурской (*S. amurensis* Koehne), армянской (*Sorbus armeniaca* Hedl.), греческой (*S. graeca* (Spach) Lodd. ex Schauer), красивой (*S. decora* (Sarg.) Schneid.), Мужо (*S. mougeottii* Soy.-Willem. et Godr.), обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), смешанной (*S. commixta* Hedl.), сибирской (*Sorbus sibirica* Hedl.), тюрингской (*Sorbus x thuringiaca* (Ilse) Fritsch), туркестанской (*Sorbus turkestanica* (Franch.) Hedl.). Показано, что все они характеризуются высокими декоративными качествами, зимостойкостью, неприхотливостью в культуре, устойчивостью к болезням, многообразным применением в народном хозяйстве в качестве декоративной, плодовой и лекарственной культуры. Полученные результаты свидетельствуют о возможности значительного расширения ассортимента этого растения в Башкирском Предуралье и других регионах Урало-Поволжья.*

**Ключевые слова:** рябина, интродукция, морфологические особенности, фенология, размножение.

### MOUNTAIN ASHES (*SORBUS L.*) IN BASHKIR CIS-URALS

*Abdullina Rimma G.*

*Biological peculiarities, the character of growth and development of 10 mountain ash species such as *Sorbus amurensis* Koehne, *Sorbus armeniaca* Hedl., *S. graeca* (Spach) Lodd. ex Schauer, *S. decora* (Sarg.) Schneid., *S. mougeottii* Soy.-Willem. et Godr.), *S. aucuparia* L., *S. commixta* Hedl., *S. sibirica* Hedl., *S. x thuringiaca* (Ilse) Fritsch, *S. turkestanica* (Franch.) Hedl. are studied under the conditions of Bashkir Cis-Urals (Botanical Garden in Ufa). All the species as shown to be characterized by high decorative qualities, hardiness, undemanding behavior in culture, pest resistance, diverse use in practice as decorative, fruit and medicinal plant. The obtained results confirm the possibility of significant enlarging of this plant assortment in Bashkir Cis-Urals and other regions of the Ural-Volga territory.*

**Key words:** mountain ash, introduction, morphological peculiarities, phenology, propagation.

В последние годы интерес к рябине начинает возрастать. Это плодовое [1] и декоративное растение обладает высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью. Виды рода Рябина (*Sorbus L.*) относятся к подсемейству Яблоневых семейства Розовых, произрастают в умеренном поясе северного полушария. Род содержит 84 вида и множество гибридных форм и сортов. На территории бывшего СССР произрастают 34 дикорастущих вида, в России – 15 видов и подвидов [12]. Рябины – листопадные деревья или кустарники. Растут они на открытых местах и под пологом насаждений. Они не требовательны к почвенным условиям, могут мириться с песчаными, глинистыми, каменистыми, известковыми и кислыми почвами [5]. Продолжительность жизни рябин может достигать 100–120 лет. При морфологическом описании рябин мы пользовались работами целого ряда авторов [2, 5, 17].

Ряд рябин интродуцирован в средней полосе России. В Урало-Поволжье они представлены в Самарской, Свердловской областях, в Татарстане, Башкортостане и некоторых других регионах. В Уфимском ботаническом саду многие виды и сорта обильно цветут, плодоносят, устойчивы и высокодекоративны. В данной статье рас-

считаются представители рода рябин, длительное время культивирующиеся в Ботаническом саду г. Уфы.

**Рябина амурская** (*S. amurensis* Koehne) дико произрастает в Приморье, в Северо-Восточном Китае, на Корейском полуострове. В Урало-Поволжье рябина амурская представлена в Ботаническом саду Пермского госуниверситета, в Ботаническом саду УрО РАН в Екатеринбурге [4]. В Уфе – это кустарник до 6 м высоты. Лист сложный, непарноперистый, сверху темно-зеленый, снизу бледнее или серо-зеленый, длиной 16,4–24 см, шириной 10,9–14,9 см, с 5–7 парами листочков. Листочки линейные или широколанцетные, длиной от 4 до 8,5 см, шириной 1,4–2,5 см, нижние – на черешках, верхние – сидячие, у основания – цельнокрайние, в верхней части – остропильчатые, голые или слегка волосистые с нижней стороны у основания. Цвети начинает 20 мая. Плодоношение начинается во второй половине августа. Плоды округлые, красные. Вес 1000 семян – 3,9 г. Рябина амурская весьма декоративна своей темнозеленой ажурной листвой, а осенью – ярко-красными плодами и расцвеченными листьями.

**Рябина армянская** (*S. armeniaca* Hedl.) распространена на юге Кавказа и в Восточном Закавказье, произрастает в смеси с рябиной обыкновенной [5]. В Урало-Поволжском регионе вид представлен в коллекции Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар) и нашем ботаническом саду [4]. В Башкирском Предуралье высота деревьев достигает 8 м. Vegetация начинается, в среднем, 2 мая, что на одну неделю позже рябины обыкновенной. Листья простые, яйцевидные, 4–5 лопастные, с округленным или сердцевидным основанием и заостренной верхушкой. Поверхность листа темно-зеленая, снизу – зеленовато-белая, опушенная. В Уфе листья имеют длину от 8,5 до 14,4 см, ширину – от 5,2 до 9,9 см. Край листовой пластинки у основания крупнопильчатый или пильчатый, выше – зубчатый. Лопастни снизу расширенные, достигающие до 1/3–1/2 полуширины пластинки листа. Самые нижние лопасти обычно налегают друг на друга. Цветение начинается в третьей декаде мая. Плод овальный, красный, начинает созревать в первой декаде сентября. Семя – 4–6 мм длины, слегка изогнутое, коричневое, гладкое. Вес 1000 штук семян – 10,9 г. Рябина армянская является декоративным видом благодаря своей округлой кроне, красивым резным листьям.

**Рябина греческая** (*S. graeca* (Spach) Lodd. ex Schauer) естественно произрастает в Малой и Средней Азии, на юго-востоке Западной Европы, в Крыму, на Кавказе [8]. Рябина греческая имеется в коллекциях Ставропольского ботанического сада, Ботанического сада Нижегородского госуниверситета (Нижний Новгород), в Липецкой лесостепной опытно-селекционной станции (ЛОСС, Липецкая область) и других пунктах [7]. В условиях Уфимского ботанического сада это кустарник до 3,5 м высоты. Начинает вегетацию позже рябины обыкновенной, в среднем, на десять дней. Лист цельный, темно-зеленый, блестящий, кожистый, снизу густо-беловолочный, длиной 7,1–11,2 см, шириной 4,2–6,5 см, от округлого до широко-обратнояйцевидного, у основания клиновидно суженного, у вершины – округленного. Начинает цвести, в среднем, 27 мая. Плод округлый, блестящий, ярко-красный. Начинает созревать во второй половине сентября. Семя – 5–7 мм длины, слегка изогнутое, коричневое, гладкое. Вес 1000 семян – 22,3 г. Благодаря кожистым листьям с войлочным опушением, крупным красным плодам, эта рябина – одна из самых декоративных среди представителей рода с простыми листьями. Крупные плоды не содержат горечи и кислоты, пригодны для употребления в сыром виде.

**Рябина красивая** (*S. decora* (Sarg.) Schneid.) из Северной Америки – в наших условиях кустарник до 3 м. Интродуцирована в ЛОСС, Ботаническом саду Ростовского ГУ, Ставропольском ботаническом саду [4]. Vegetация начинается во второй половине апреля. Лист сложный, непарноперистый, с 6–8 парами листочков, продолговато-эллиптический, длиной 12,5–22,5 см, шириной 7,3–11,8 см. Листочки – длиной 3,7–5,8 см, шириной – 1,5–2 см. Начинает цвести, в среднем, 29 мая. Щитковидное соцветие состоит из плотных белых бутонов, которые смотрятся очень эффектно на фоне темно-зеленых листьев. Плоды созревают в первой декаде сентября. К сере-

дине октября начинается расцветивание листьев в желто-красных оттенках. Рябина красивая, отличающаяся невысоким ростом, с изящно согнутыми листовыми пластинками, интенсивно окрашенными осенью листьями, декоративна с ранней весны до поздней осени; это один из самых орнаментальных видов среди рябин.

**Рябина Мужо** (*S. mougeottii* Soy.–Willem. et Godr.) происходит из Северной Америки [8]. В Урало-Поволжье произрастает в Ботаническом саду УрО РАН (г. Екатеринбург), дендрариях Волжско-Камского государственного заповедника (Татарстан) и Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН [7]. В условиях Башкирского Предуралья это кустарник до 5 м высоты; листья яйцевидные или продолговато-яйцевидные, коротко-клиновидные, 7,1–13,2 см длины, 3,4–7,6 см ширины, лопастные, с короткими и заостренными, неравномерно зубчатыми лопастями. Цвети начинает, в среднем, 26 мая; цветки в щитках 8–10 см в диаметре, белые. Плод овальный, гладкий, блестящий, ярко-красный, 1,2 см в диаметре. Плоды начинают созревать во второй декаде сентября. Семя обратнойяйцевидной формы, красно-коричневое, длиной 5–6 мм. Вес 1000 штук семян – 17,1 г. Этот высоко зимостойкий вид рябины привлекает своими лопастными, опушенными листьями и красными плодами.

**Рябина обыкновенная** (*S. aucuparia* L.) по России имеет широкий европейско-юго-западноазиатский ареал [13]. В коллекции в г. Уфе представлены экземпляры разного возраста и происхождения. Рябина обыкновенная имеется в большинстве коллекций ботанических садов и дендрариев России, широко используется в культуре. Высота деревьев достигает 10–12 м. В естественных условиях в возрасте 70–80 лет может достигать 20 м. Лист непарноперистый, с 5–8 парами листочков, продолговато-эллиптический. В условиях Башкирского Предуралья лист достигает от 12,1 до 21,1 см длины и от 8,1 до 11 см ширины. Листочки супротивно сидящие, нередко асимметричные, продолговатые или продолговатоланцетные, заостренные, длиной от 3,8 до 7,1 см, шириной от 1,5 до 2,1 см. Конечный листочек эллиптически-овальный или яйцевидно-ланцетный, иногда слитый с одним или обоими листочками верхней боковой пары, у основания – до 2/3 цельнокрайние, выше – остропильчатые. Черешок длиной 2,5–4,5 см, голый или слегка волосистый, желобчатый, у основания каждой пары листочков на оси листа встречаются красновато-черные железки. В среднем начало цветения отмечено 23 мая. Плоды шаровидные, красные, начинают созревать в первой декаде августа. Вес 1000 семян – 2,6 г. Благодаря своей яркой осенней окраске листьев, зимой – красным плодам, долго сохраняющимися на дереве, рябина обыкновенная широко используется в озеленении, а также может быть использована для селекционной работы.

**Рябина смешанная** (*S. commixta* Hedl.) в естественных условиях растет на Дальнем Востоке, в Северо-Восточном Китае. В культуре в Урало-Поволжье рябину смешанную можно встретить в коллекции Волжско-Камского государственного заповедника, а также в ЛОСС, Ставропольском ботаническом саду [4]. Она представляет собой кустарник высотой до 8 м. Вместе с рябиной амурской является самым рано начинающим вегетацию видом. Разверзание почек и все последующие фенологические фазы совпадают с рябиной амурской. Лист сложный, непарноперистый, с 5–6 парами листьев, длиной 13,5–23,4 см, шириной 5,6–14,4 см, голый, без опушения. Листочки ланцетные или линейно-ланцетные, заостренные, длиной 4–7 см, шириной 1,3–2,2 см, двоякопильчатые, зубцы остистые. Начинает цвести 22 мая. Соцветия – 8–12 см в диаметре, густые. Цветок около 1 см в диаметре, белый. Плоды округлые, красные, начинают созревать во второй половине августа. Семя – длиной 3–4 мм, трехгранное, коричневого цвета. Вес 1000 штук семян – 2,75 г. Эта рябина в наших условиях характеризуется ранним началом окрашивания листвы, сочетанием различных оттенков цвета листьев (от зеленых до красных) в пределах одного и того же дерева в осенний период, что придает ей особую декоративность.

**Рябина сибирская** (*S. sibirica* Hedl.) естественно произрастает на Северо-Востоке Европейской части, в горах Урала, в Сибири, Монголии [5]. В природе это дерево до 17 м высоты, в Уфе, в возрасте 50 лет, – 8 м высоты. Разверзание листьев начинается раньше рябины обыкновенной на 2–3 дня. Лист сложный, непарнопери-

стый с 5–7 парами листьев. Длина листа достигает 17,1–22 см, ширина – 8,1–15,5 см. Листочки продолговато-ланцетные, 4,1–6,5 см длины, 1,2–2,4 см ширины, пильчато-зубчатые, сверху голые, зеленые, снизу – серо-зеленые, более или менее опушенные вдоль средней жилки, боковых жилок – 5–8 пар. Начинает цвести, в среднем, 21 мая. Плоды в период полного созревания красные, до 1,5 см в диаметре. Начало созревания плодов отмечается в первой декаде августа. Вес 1000 штук семян – 2,8 г. Этот вид может использоваться в культуре как декоративное и плодое растение, особенно в северных регионах: он имеет крупные плоды и высокую зимостойкость.

**Рябина тюрингская** (*S. x thuringiaca* (Ilse) Fritsch). Это гибрид рябины обыкновенной и рябины ария. Область распространения – Центральная Европа. Интродуцирована в ЛОСС, Ботаническом саду Ростовского ГУ и других пунктах [4]. У нас это дерево до 9 м высоты и 20 см в диаметре. Начало вегетации отмечено в конце апреля. Лист эллиптический или продолговато-яйцевидный, 12–13,6 см длины, 3,9–7,7 см ширины, перисто-лопастной, с короткими и заостренными, неравномерно-зубчатыми лопастями. В нижней части листа имеются две пары лопастей, надрезанных до главной жилки, следующая лопасть надрезана до 2/3 полупластинки листа. Начинает цвести в конце мая. Плоды начинают созревать в первой декаде сентября. Вес 1000 штук семян – 10,3 г. Достаточно зимостойка. Сходна с этим видом рябина гибридная (*S. hybrida* L.) – *P. обыкновенная* x *P. промежуточная*, отличающаяся более притупленной верхушкой листа и отдельных листочков; она также успешно цветет и плодоносит. Оба вида декоративны своими цветами и листьями.

**Рябина туркестанская** (*S. turkestanica* (Franch.) Hedl.) естественно растет в Средней Азии, но больших зарослей не образует [5]. В Урало-Поволжье интродуцирована только в Уфимском ботаническом саду, имеется также в Ботаническом саду Ростовского ГУ [4]. В коллекции в Уфе – одно растение, выращенное из семян, полученных из Ботанического сада Санкт-Петербургской лесотехнической академии, в 1959 г. Высота около 7 м. В условиях ГБС высота дерева в 13-летнем возрасте достигла 2,7 м [4]. Лист простой, продолговато-эллиптический, на вершине заостренный. Поверхность листа кожистая, темно-зеленая, сверху голая, снизу – сероволочная. В наших условиях длина листа достигает пределов от 8,4 до 13,9 см, ширина – от 4,7 до 6,6 см. Низ листа клиновидно-суженный с 1–2 парами листочков. Край листовой пластины с 30–50 острыми зубцами. Боковых жилок – 7–9, угол их отхождения от главной жилки – 40°–60°. Черешок от 1,4 до 2,1 см длины, войлочно-опушенный, тонкий. Цветение начинается, в среднем, на два дня позже рябины обыкновенной – 24 мая. Плоды овальные, оранжевого цвета, начинают созревать с конца первой декады сентября. Следует рекомендовать для декоративного садоводства как растение с красивыми листьями и цветами.

Из-за ажурной листвы, обильного цветения, красочных плодов и осенних листьев рябина широко востребована как декоративное растение. Существует целый ряд сортов с различной формой кроны: *Pendula* – с плакучей кроной, *Asplenifolia*, *Fastigiata*, *Redbird* – с узкой коллоновидной кроной. Имеются сорта с разной окраской плодов: *Josef Rock*, *Xanthocarpa*, *Brilliant Yellow* – с желтыми плодами, *Pink Pearl* – с розовыми, *Gibbsii* – кораллово-красными [6]. Рябина красиво смотрится в посадках с кустарниками: спиреями, чубушниками, свидиной, барбарисом, калиной, розой, а также с хвойными породами. Ее можно высаживать как в одиночных, так и групповых ландшафтных композициях.

В любительском садоводстве достаточно широко используются сорта, полученные И.В. Мичуриным: *Мичуринская десертная*, *Бурка*, *Красавица*, *Гранатная*. В дальнейшем его последователями были созданы сорта *Бусинка*, *Вефед*, *Дочь кубовой*, *Сорбинка*, *Рубиновая* и др. [11]. В плодах этих сортов отсутствует терпкость и горечь, что делает возможным их использование в качестве плодовой культуры.

При семенном размножении рябин посев семян лучше проводить сразу после сбора плодов и отделения их от мякоти. При весеннем посеве семена требуют стратификации в течение 4–7 месяцев при температуре около +5 °С. Для размножения



сортовых рябин и форм предпочтительна прививка. Она выполняется весной – с середины апреля до конца мая – методом улучшенной копулировки или за кору. Окулировка (глазком) проводится с конца июля до середины августа, во время второго сокодвижения. Подвоями служат 2–3-летние саженцы рябины обыкновенной, для отдельных форм рябин в качестве подвоя могут быть использованы сеянцы аронии, кизильника, мушмулы, ирги, боярышника и др. В условиях г. Уфы возможно размножение рябин и полуодревесневшими стеблевыми черенками. Способность к укоренению стеблевых черенков в основном проявляется у сортов рябин.

Рябина довольно устойчива к вредителям и болезням [16]. В отдельные годы возможны вспышки численности некоторых вредителей, таких как тля, щитовки, пилильщики, клещи, долгоносики, рябиновая моль. Из болезней встречаются: мучнистая роса, бурая ржавчина листьев, плодовая гниль, желтая мозаика листьев рябин, корневая гниль рябин, обыкновенный рак ветвей и стволов рябины, засыхание ветвей и стволов.

Против тли, рябиновой моли, клещей, щитовки проводится опрыскивание деревьев «Карбофосом», «Фуфаном», «Актелликом», «Актарой» или «Искрой». Обработка осуществляется дважды – до цветения и после цветения, с интервалом не менее чем через две недели. Для борьбы против вредителей используется и биологический метод, который заключается в привлечении в сады естественных врагов вредителей – насекомоядных птиц, божьих коровок, жуужелиц, различных энтомофагов. Против вирусных и грибковых инфекций выполняется зачистка и дезинфекция ран ствола и язв 5%-ным раствором «Бордоской смеси», затем раны замазывают садовым варом. При поражении растений гнилью плодов, мучнистой росой или бурой ржавчиной применяется опрыскивание кроны деревьев «Топазом», «Агатом», «Фундазолом» или 3%-ым раствором «Бордоской смеси». При заболевании растений обыкновенным раком корней, засыханием стволов и ветвей необходимо удаление пораженных деревьев, дезинфекция язв медным купоросом, раскорчевка пней, сжигание всех пораженных остатков.

Благодаря богатому биохимическому составу [9, 10] и вкусовым качествам, плоды всех видов и сортов рябины находят широкое применение в пищевой отрасли [14, 15]. Из них готовят ликеры, настойки, вина, компоты; варят пастилу, варенье, джемы; отжимают сок. Кроме того, многие виды рябин обладают лекарственными свойствами [3, 7].

Изучение биологических особенностей, характера роста и развития различных видов рябин, характеризующихся неприхотливостью, многообразным применением в народном хозяйстве в качестве декоративной, плодовой и лекарственной культуры, позволяет значительно расширить ассортимент этого растения в Башкирском Предуралье и соседних регионах Урало-Поволжья.

#### Библиографический список

1. **Бахтеев, Ф. Х.** Важнейшие плодовые растения / Ф. Х. Бахтеев. – М. : Просвещение, 1970. – 351 с.
2. **Габриэлян, Э. Ц.** Рябины (*Sorbus* L.) Западной Азии и Гималаев / Э. Ц. Габриэлян. – Ереван : Изд-во АН Арм. ССР, 1978. – 258 с.
3. **Государственная фармакопея СССР.** Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – 11-е изд. – М. : Медицина, 1989. – Вып. 2. – 400 с.
4. **Каталог** культивируемых древесных растений России. – Сочи – Петрозаводск, 1999. – 174 с.
5. **Коновалов, И. Н.** Род 16. Рябина – *Sorbus* L. / И. Н. Коновалов // Деревья и кустарники СССР. – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1954. – Т. 3. – С. 458–486.
6. **Коновалова, Т. Ю.** Декоративные деревья и кустарники: атлас-определитель / Т. Ю. Коновалова, Н. А. Шевырева. – М. : Фитон+, 2007. – 208 с.
7. **Кудрицкая, С. Е.** Каротиноиды плодов и ягод / С. Е. Кудрицкая. – Киев : Высшая школа, 1990. – 211 с.
8. **Латин, П. И.** Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР / П. И. Латин, М. С. Александрова, Н. А. Бородина [и др.]. – М. : Наука, 1975. – 547 с.

9. **Меженский, В. Н.** Состав і використання колекції нетрадиційних плодовых культур. Горобина (*Sorbus L.*) та її міжродові гібриди / В. Н. Меженский // Генетичні ресурси рослин. – 2005. – № 2. – С. 135–142.
10. **Петрова, И. П.** Биохимическая характеристика плодов интродуцированных видов рябины в Москве / И. П. Петрова, С. М. Соколова // Бюл. Главного ботан. сада. – 1984. – Вып. 131. – С. 56–62.
11. **Поплавская, Т. К.** Селекция и внедрение новых сортов рябины в садоводство России / Т. К. Поплавская. – Пермь : Перм. книж. изд-во, 2006. – 152 с.
12. **Путенихин, В. П.** Дендрология с основами декоративного садоводства / В. П. Путенихин. – Уфа : РИЦ БашГУ, 2007. – Ч. 2. – 242 с.
13. **Розно, С. А.** Итоги интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья / С. А. Розно, Л. М. Кавеленова. – Самара : Изд-во Самарского ун-та, 2007. – 228 с.
14. **Соколова, С. М.** Динамика накопления питательных веществ при созревании плодов рябины / С. М. Соколова, И. П. Петрова // Бюл. Главного ботан. сада. – 1987. – Вып. 143. – С. 47–51.
15. **Чаховский, А. А.** Черноплодная рябина, облепиха и другие перспективные плодово-ягодные растения / А. А. Чаховский [и др.]. – Минск : Ураджай, 1976. – 80 с.
16. **Черемисинов, Н. А.** Грибы и болезни деревьев и кустарников / Н. А. Черемисинов, С. Ф. Негруцкий, И. И. Лешковцева. – М. : Изд-во Лесн. пром-ти, 1970. – С. 317–318.
17. **Юзепчук, С. В.** Род 728. Рябина – *Sorbus L.* / С. В. Юзепчук // Флора СССР. – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1939. – Т. 9. – С. 372–395.

УДК 634.1

### ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА «ЦИРКОН» НА УРОЖАЙНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

**Байрамбеков Шамиль Байрамбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии

**Мохамед Салех Мохамед**, аспирант кафедры агрономии

**Абакумова Анна Сергеевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел./факс (8512) 22-82-64, e-mail: vniioab@kam.astranet.ru, e-mail: msm364@gmail.com

*В настоящее время все более широкое применение находит ряд новых синтетических регуляторов роста растений, обладающих комплексным воздействием. Это такие препараты как «Циркон». Этот препарат широкого спектра биологического действия обладает сильным фунгицидным и антистрессовым действием, нормализует гомеостаз (обмен веществ) растений, защищает их от загрязнения тяжелыми металлами, является иммуномодулятором, корнеобразователем и индуктором цветения. Обработка семян огурца, томата, перца и баклажана «Цирконом» увеличивала полевую всхожесть семян, высоту растений, площадь листьев, массу надземной части и суммарную площадь. «Циркон» инициирует переход в фазу цветения и ускоряет формирование генеративных элементов растения. У обработанных «Цирконом» растений вишни количество завязей увеличилось почти в четыре раза. Обработка «Цирконом» семян яровой пшеницы в условиях засухи стимулировала интенсивность фотосинтеза в течение всей вегетации. «Циркон» повышал содержание хлорофилла в листьях. Он также уменьшал накопление кадмия в хозяйственно-ценной части растения.*

**Ключевые слова:** стимуляторы роста, «циркон», гидроксикоричные кислоты, эхинацея пурпурная, овощные культуры, фруктовые культуры, тяжелые металлы, полифенольные соединения.

### INFLUENCE OF APPLICATION GROWTH REGULATOR “ZIRCON” ON PRODUCTIVITY OF VARIOUS CULTURES

**Bairambekov Shamil B., Mohamed Saleh Mohamed, Abakumova Anna S.**

*The number of new synthetic plant growth regulators possessing complex influence on plants finds wider application now. These are such preparations as Zircon. Zircon is a preparation with a wide spectrum of biological action, which possesses strong fungicides and antistress action, standardize a homeostasis (metabolism) of plants, protects them from pollution by heavy metals, immune-response modulating agent, root generation and flowering. Treatment of seeds of a cucumber, tomato, pepper and eggplant with zircon increased seed germination, height of plants, leave areas, weight of an elevated part and the total area, weight of an elevated part and the total area. Zircon initiates transition in a phase of flowering and accelerates formation of generative elements in plants. Treatment of cherry trees with zircon has increased fruitset almost in four times. Zircon application of seeds's spring wheat in the conditions of a drought stimulated intensity of photosynthesis during the whole vegetation period. Zircon raised the chlorophyll contents in leaves, and reduced cadmium accumulation in an economic-valuable part of a plant.*

**Key words:** growth regulators, «Zircon», hydrocinnamic acids, Ekhнатhia purple, vegetable crops, fruit trees, heavy metals, polyphenolic compounds.

Цель данных рекомендаций:

1) дать краткую характеристику регулятора роста растений «Циркон» и описать основы технологии его применения;

2) подбор регуляторов роста и разработка регламентов их применения для повышения продуктивности различных культур.

Регуляторы роста растений могут быть природного и синтетического происхождения. Они могут оказывать стимулирующее и ингибирующее действие.

В группу стимуляторов роста входят 4 класса фитогормонов: ауксины, гиббереллины, цитокинины и брассиностероиды. К группе ингибиторов роста относятся этилен и абсцизовая кислота [5, 9].

Интенсификация производства сельскохозяйственной продукции связана с изучением адаптационных процессов, экологической устойчивости видов и агроэкосистем, а также устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды. По оценкам многих ученых, потери урожая сельскохозяйственных культур от неблагоприятных факторов окружающей среды достигают 50–80 % их генетически обусловленной продуктивности.

В настоящее время все более широкое применение находит ряд новых синтетических регуляторов роста растений, обладающих комплексным воздействием на растения. Это такие препараты как: «Циркон», «Оберег», «Амбиол», «Лариксин», «Крезацин», «Альбит», «Бигус», «Новосил», «Биосил», «Верва» и пр. [3].

Реализация максимальной продуктивности культуры при повышении устойчивости растений к климатическим, водным, солевым, осмотическим, температурным и другим стрессам может быть осуществлена при использовании регуляторов роста растений. Особенностью действия новых регуляторов роста является то, что они интенсифицируют физиолого-биохимические процессы в растениях и одновременно повышают устойчивость к стрессам и болезням [16].

В последнее время проводят поиск и идентификацию веществ, выделяемых из различных растений, обладающих фиторегуляторными свойствами. Препараты из различных видов дикорастущих и культурных растений содержат природные фиторегуляторы, которые управляют онтогенезом, стимулируют деление клеток, синтез белков, рост и развитие растений [10].

В рамках Концепции поиска функциональных аналогов химических средств защиты растений, но природного происхождения, фирмой «Нэст М» был создан препарат «Циркон». Действующим веществом препарата является смесь гидроксикоричных кислот (ГКК), получаемых из растительного сырья эхинацеи пурпурной [15]. Гидроксикоричные кислоты относятся к обширному классу фенольных соединений, повсеместно распространенных в растениях. Одной из важнейших функций фенольных соединений является участие в дыхании растений. По меткому выражению Палладина, фенольные соединения были названы «кровью растений».

Гидроксикоричные кислоты содержатся в тканях растений: герани луговой, герани кровяно-красной, герани лесной, лапчатки прямостоячей и листьях малины и ежевики. Гидроксикоричные кислоты активно участвуют в регуляции роста, стабилизируя уровень ауксинов и, в частности, активность системы ауксиноксидаза – ауксин. Все гидроксикоричные кислоты при участии КоА-лигазы могут образовывать эфиры с КоА, приобретая в результате этого значительную реакционную способность, в виде КоА-эфиров (макроэргов) они вовлекаются в последующие превращения [14].

Очень важна способность фенольных соединений (в частности, гидроксикоричных кислот) защищать клетки от УФ-излучения. Показано, что при действии УФ-света выживают только те клетки, которые синтезируют в ответ на облучение повышенные количества фенольных соединений, в частности, гидроксикоричных кислот. При механических повреждениях тканей растений происходит быстрое новообразование раневой перидермы, состоящей, главным образом, из суберина, в образовании которого важное участие принимают гидроксикоричные кислоты [14].

Биологическая активность фенольных соединений в значительной степени обусловлена их антиоксидантными свойствами. Они способны к восстановлению высокоокисленных свободных радикалов и подавлению образования активных форм  $O_2$ , ингибируя окислительно-восстановительные ферменты, а также связывая ионы металлов с переменной валентностью, которые играют важную роль в иницировании свободнорадикальных реакций в стабильные комплексы. Хелатирующие свойства

фенольных соединений довольно высоки, так, например, кверцитин не вытесняется из комплекса с  $Fe^{+3}$  даже двукратным избытком ЭДТА. Антиоксидантную активность черники и клюквы связывают с повышенной в них концентрацией гидроксикоричных кислот (хлорогеновой и кофейной).

При освещении транс-формы гидроксикоричных кислот преобразуются в более богатые энергией *цис-формы*. При обратном переходе происходит преобразование поглощенной энергии, которая используется, например, для поступления воды или на иные физиологические процессы. Очень важная способность гидроксикоричных кислот – защищать клетки от губительного УФ-излучения [6].

Препарат «Циркон», созданный на основе гидроксикоричных кислот, является физиологически активным средством и выполняет при попадании в организм растений функции росторегулятора, иммуномодулятора и антистрессового адаптогена. Он предназначен для ухода за растениями на всех стадиях развития: от предпосевной обработки до сбора урожая. Биологическая активность «Циркона» в значительной степени обусловлена антиоксидантными свойствами, характерными для фенольных соединений. Активация процессов роста и ризогенеза растений наблюдается на самых ранних этапах развития. Под действием препарата наблюдается значительное снижение повреждающего действия инфекции, степени интоксикации растения, стабилизируется проницаемость клеточных мембран инфицированной ткани. «Циркон» стимулирует возникновение защитных гистогенных реакций пораженной ткани, повышает в ней сумму репарационных процессов [14].

Исследованием химического состава надземной части серпухи венценосной установлено, что кроме фитостероидов в растении *Serratula coronata* L. содержатся флавоноиды (7,3 %), гидроксикоричные кислоты (0,14 %) и другие биологически активные вещества [2].

Представляет интерес препарат из эхинацеи пурпурной – «Циркон», который представляет собой раствор гидроксикоричных кислот в спирте 0,1 г/л. Этот препарат широкого спектра биологического действия обладает сильным фунгицидным и антистрессовым действием, нормализует гомеостаз (обмен веществ) растений, защищает их от загрязнения тяжелыми металлами, является иммуномодулятором, корнеобразователем и индуктором цветения.

В ряде работ показана многофункциональность действия «Циркона» на зерновых, зернобобовых, овощных, лекарственных, технических культурах, которая проявляется в увеличении полевой всхожести семян, ускорении массового появления всходов, прохождения фаз, стимуляции ростовых процессов, формировании более мощного ассимиляционного аппарата. Предпосевная обработка семян огурца раствором «Циркона» при норме расхода 12,5 мл/кг, томата – 6,25 мл/кг, перца и баклажана – 10 мл/кг, увеличивала полевую всхожесть семян, высоту растений, площадь листьев, массу надземной части и суммарную площадь.

Максимальный эффект по всхожести семян огурца (на 15 %) получен при норме расхода препарата 1 мл/10 л воды и времени замачивания в течение 8 ч [4]. «Циркон» стимулирует рост листьев перца и накопление сухого вещества [6].

Обработка «Цирконом» капусты белокочанной в фазе полной ростовой розетки и моркови (сорт *Дарина*) в фазе пучковой спелости приводила к стимуляции ростовых процессов листьев капусты, что увеличивало площадь листовой поверхности на 58 %. Влияние препарата «Циркон» на морковь выразилось в существенном увеличении высоты растений, длины и поперечного диаметра корнеплода [1]. Обработка «Цирконом» в дозе 10 мл/10 л воды белокочанной капусты в фазе раскрытия семядолей после ночных заморозков быстро восстанавливала тургор, способствуя росту корневой системы [7].

Двойная обработка «Цирконом» семян валерианы лекарственной, эхинацеи пурпурной, наперстянки шерстистой (0,2 мл/кг) и последующая обработка вегетирующих растений (35–30 мл/га) стимулировали рост надземных органов на 26–30 %. «Циркон» усиливал рост корня валерианы лекарственной [17].

В концентрации 0,018 мг д.в./л он оказывал положительное влияние на ризогенез черенков подвоя плодовых (яблоня, груша), ягодных культур (смородина, вишня, крыжовник) [12], ели колючей, конической, туи, можжевельника, кипарисовника горохоплодного, не уступая по своему эффекту индолмасляной кислоте. Замачивание свежесрезанных черенков миндаля трехлопастногомахрового и сакуры японской в водных растворах «Циркона» (0,5 мг д.в./л) в течение 60 суток увеличивало укоренение роста черенков миндаля на 30 %, по сравнению с контролем, и на 1 месяц раньше японской сакуры [19].

Под действием «Циркона» отмечено существенное увеличение количества женских цветков на растениях огурца, а также значительное ускорение появления бутонов и массового цветения – на 5–7 суток раньше, по сравнению с контролем. Показано, что укоренившиеся растения имели более длинные побеги прироста (контроль – 5,8 см, «Циркон» – 18 см) [8].

Исследованиями последних лет показано, что переход к цветению, цветение и сексуализация растений связаны с изменениями в общем метаболизме, который затрагивает и гидроксикоричные кислоты [16]. В этой связи интересны данные о том, что индукция цветения, в частности, у растений табака, совпадает с биосинтезом *de novo* хлорогеновой и кофейной кислот. Повышение содержания хлорогеновых кислот отмечено также во время заложения цветочных почек яблони. Образование терминальных генеративных почек происходит только при достижении определенного уровня фенольных соединений. Показана роль кофейной кислоты в выработке стимула цветения периллы масличной [18].

Установлено, что «Циркон» инициирует переход в фазу цветения и ускоряет формирование генеративных элементов растения. Процесс бутонизаций происходит значительно быстрее, количество зеленых бутонов в 2–3 раза больше, по сравнению с контролем. Появление окрашенных бутонов происходит на 7–10 суток раньше (розы, корейские хризантемы) [20].

Л. Дюрдевич с сотрудниками отмечают, что применение гидроксикоричных кислот значительно увеличивает жизнеспособность пыльцы и, как следствие, ее оплодотворяющую способность. В пыльце пыльников тюльпанов на стадии мейоза идет повышенное образование гидроксикоричных кислот [16]. При фертилизации табака в семяпочке повышается содержание хлорогеновой кислоты, количество семян значительно увеличивается. Результаты трехлетних исследований в НИИ садоводства им. И.В. Мичурина свидетельствуют об эффективном влиянии «Циркона» (концентрация 0,002 %) на завязываемость плодов вишни сорта *Лебедянская*. У обработанных растений количество завязей увеличилось почти в четыре раза [22].

«Циркон», действующим веществом которого является смесь гидроксикоричных кислот (п-кумаровая, кофейная, феруловая), ингибирует многие ферменты растений: нитратредуктазу, фосфорилазу, глутаматдегидрогеназу, малатдегидрогеназу, которые являются ключевыми метаболитами и активируют пероксидазу, каталазу, полифенолоксидазу, супероксиддисмутазу, усиливая рост растений. Фенолкарбоновые кислоты задерживают разрушение ИУК, что ведет к ее накоплению и стимуляции ризогенеза хвойных, плодовых, лекарственных, декоративных и других культур [12, 17, 19].

Обработка «Цирконом» семян яровой пшеницы не только увеличивала ассимиляционную поверхность растений в условиях засухи, но и стимулировала интенсивность фотосинтеза в течение всей вегетации. «Циркон» повышал содержание хлорофилла в листьях яровой пшеницы сортов *Приокская* и *Лада* как в период засухи, так и в период репарации. Растения, семена которых обрабатывали «Цирконом», характеризовались в период засухи понижением активности дыхания. Изменения в газообмене яровой пшеницы повышали адаптивную способность к водному стрессу [11].

Согласно имеющимся в литературе данным, фенольные соединения, входящие в состав «Циркона», проявляют свойства стрессовых метаболитов и участвуют в адаптации растений к неблагоприятным условиям среды [15].

Предпосевная обработка семян и обработка растений яровой пшеницы в фазе кущения способствовали снижению фитотоксического действия кадмия при повышенном содержании этого элемента в почве. «Циркон» уменьшал накопление кадмия в хозяйственно-ценной части растения [21].

Misra и Ramani отмечают, что кофейная кислота вызывает позеленение желтых листьев в условиях недостатка железа в почве, усиливая поступление и транспорт  $^{59}\text{Fe}$  у *Mentha arvensis* D. [16].

Препарат «Циркон» обладает способностью, наряду со стимуляцией роста растений, оказывать защитное действие по отношению к различным заболеваниям, что связано с наличием в его составе кофейной, хлорогеновой и цикориевой кислот [13].

Именно свойствами этих уникальных по своей антиоксидантной активности соединений объясняется способность «Циркона» усиливать иммунитет растений, оказывать выраженный защитный эффект против фитопатогенов различной природы, проявляя противогрибковую, антибактериальную активность и противовирусное действие [13].

При опрыскивании томатов раствором «Циркона» в концентрации 1мл/10л воды в условиях защищенного грунта в течение всего вегетационного периода у растений не наблюдалось поражения фитофторозом, хотя погодные условия 2003 г. (дождливое, холодное лето) способствовали массовому развитию этого заболевания [7].

#### Библиографический список

1. **Алексеева, К. Л.** Влияние циркона на урожайность и качество продукции капусты белокочанной и моркови столовой / К. Л. Алексеева, Л. Г. Сметанина, Л. А. Багров // Применение препарата циркон в сельском хозяйстве : тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 12–13.
2. **Ангаскиева, А. С.** Химия астительного сырья / А. С. Ангаскиева, В. Ю. Андреева, Г. И. Калинин. – 2003. – № 4. – С. 47–50
3. **Байрамбеков, Ш. Б.** Методические указания по применению регуляторов роста растений на овощных, бахчевых культурах и картофеле : рекоменд. / Ш. Б. Байрамбеков, З. Б. Валеева, Н. К. Дубровин, А. Долженко, О. Г. Корнева, Е. В. Полякова, В. А. Печеров, В. А. Шляхов, А. Киялова, П. В. Герасимов ; сост.: Ш. Б. Байрамбеков [и др.]. – Астрахань : ГНУ ВНИИОБ ; М-во сельского х-ва ; ЗАО «Глория», 2009. – 78 с.
4. **Барчукова, А. Я.** Циркон – стимулятор продуктивности овощных культур / А. Я. Барчукова // Применение препарата циркон в сельском хозяйстве : тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 16.
5. **Вакуленко, В. В.** Регуляторы роста, развития и продуктивности растений / В. В. Вакуленко, О. А. Шаповал // Защита и карантин растений. – 2000. – № 11. – С. 41–42.
6. **Воронина, Л. П.** Продолжительность обработки семян редиса, огурца, овса препаратом циркон в различной концентрации / Л. П. Воронина, Н. Н. Малеванная // Докл. РАСХН. – 2003. – № 3. – С. 13–15.
7. **Гаврилюк, Л. В.** Использование циркона на белокочанной капусте и томатах в условиях Новгородской области / Л. В. Гаврилюк // Применение препарата циркон в сельском хозяйстве : тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 29–30.
8. **Деревщук, С. Н.** Циркон – влияние на генеративную сферу и продуктивность растений огурца в открытом грунте / С. Н. Деревщук // Применение препарата циркон в сельском хозяйстве : тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 14–15.
9. **Дефлинг, Г.** Гормоны растений / Г. Дефлинг // Системный подход. – М. : Мир, 1985. – 283 с.
10. **Золотарева, Е. В.** Регуляторы роста повысят урожайность томатов к неблагоприятным погодным условиям / Е. В. Золотарева, З. В. Ошланова // Главный агроном. – 2004. – № 10. – С. 57–59.
11. **Ильина, Л. В.** Влияние циркона на урожайность и качество продукции зерновых культур / Л. В. Ильина // Применение препарата циркон в сельском хозяйстве : тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 35–36.
12. **Картушин, А. Н.** Влияние иммуностимулятора циркон на укоренение зеленых черенков подвоев плодовых, ягодных и декоративных культур / А. Н. Картушин, В. В. Хроменко // Плодоводство и ягодоводство России. – 2003. – Т. 10. – С. 157–162.
13. **Каширская, Н. Я.** Циркон и повышение устойчивости плодово-ягодных культур к грибным болезням / Н. Я. Каширская // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях : тез. докл. VI Междунар. конф. – М., 2001. – С. 244–245.
14. **Малеванная, Н. Н.** Циркон – новый регулятор роста растений полифункционального действия / Н. Н. Малеванная // Средства защиты растений, регуляторы роста, агрохимикаты и

их применение при возделывании сельскохозяйственных культур : мат-лы конф. – Анапа, 2005. – С. 49–53.

15. **Прусакова, Л. Д.** Применение brassinosterоидов в экстремальных условиях / Л. Д. Прусакова, С. И. Чижова // *Агрохимия*. – 2005. – № 7. – С. 87–94.

16. **Прусакова, Л. Д.** Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л. Д. Прусакова, Н. Н. Малеванная, С. Л. Белопухов, В. В. Вакуленко // *Агрохимия*. – 2005. – № 11. – С. 76–86.

17. **Пушкина, Г. П.** Биорегуляторы в системе защиты лекарственных культур от вредных организмов / Г. П. Пушкина, Л. М. Бушковская, К. Н. Бакулин // *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования* : мат-лы V Междунар. симп. – М. : Изд-во РУДН, 2003. – Т. 3. – С. 446–447.

18. **Родионова, М. А.** Содержание кофейной кислоты в листьях периллы масличной на индуктивном и неиндуктивном актиноригмах / М. А. Родионова, И. К. Лапа // *Мат-лы II Съезда Всерос. об-ва физиологов растений*. – 2001. – С. 179.

19. **Рункова, Л. В.** Действие циркона на трудноукореняемые растения / Л. В. Рункова, М. Н. Мельникова, В. С. Александров // *Регуляция роста, развития и продуктивности растений* : тез. докл. II Междунар. конф. – Минск, 2001. – С. 218.

20. **Рункова, Л. В.** Полифункциональное действие циркона на декоративные растения / Л. В. Рункова, В. С. Александрова, М. Н. Мельникова, Л. С. Олехнович, Е. С. Василенко, И. И. Кабанцева // *Применение препарата циркон в сельском хозяйстве* : тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 37–38.

21. **Ульяненко, Л. Н.** Продуктивность, морфологические признаки растений яровой пшеницы и накопление кадмия в урожае под влиянием регулятора роста циркон / Л. Н. Ульяненко, С. П. Арышева, А. С. Филипас, С. В. Круглов, Н. Н. Малеванная // *Сельскохозяйственная биология*. – 2005. – № 5. – С. 75–80. – (Сер. Биология растений).

22. **Хроменко, В. В.** Применение циркона на плодовых и ягодных культурах / В. В. Хроменко, А. Н. Каргушин // *Применение препарата циркон в сельском хозяйстве* : тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 21.

УДК 633.34:631.559.2

## **ПРОДУКТИВНАЯ СПОСОБНОСТЬ СОИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**Шахмедов Иршат Шакирович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии

**Дождухамбетова Мадина Магидиевна**, аспирант кафедры агрономии

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел./факс: 8(8512) 22-82-64, e-mail: madina\_md@mail.ru

*Для установления оптимальных норм высева испытаны 400, 500, 600, 700 и 800 тыс. штук всхожих семян на га. Результаты анализа структуры урожая показали, что с увеличением нормы высева несколько снижается высота травостоя, а высота прикрепления нижнего боба, наоборот, заметно повышается. Уменьшается количество бобов на одно растение, а также число и вес семян. В условиях Астраханской области на тяжелосуглинистых почвах (среднезасоленных) норма высева для раннеспелых сортов сои должна составлять 500–600 тыс. шт. всхожих семян на га, а для среднеспелых высоковетвистых сортов – 450–500 тыс. шт. всхожих семян на га. Дальнейшее увеличение нормы высева из-за снижения продуктивности сои не повышает урожайность.*

**Ключевые слова:** соя, продуктивность, урожайность, норма высева, сорт.

## **PRODUCTIVE ABILITY OF SOYBEAN UNDER THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION Shakhmedov Irshat Sh., Dozhmukhambetova Madina M.**

*Norms of seeding 400, 500, 600, 700 and 800 thousand pieces seeds for hectare are tested for an establishment of optimum norms of seeding. Results of the analysis of structure of a crop have shown that the herbage height decreases with increase in norm of seeding, and the height of an at-*



*tachment of the bottom bean, on the contrary, considerably raises. The quantity of beans decreases for one plant, as well as number and weight of seeds. Under the conditions of the Astrakhan region on heavily loamy ground (middlesalted) norm of seeding for earlyripe sort to soybean should make 500–600 thousand piece seeds on hectare, and for middleripe highbranchy sort – 450–500 thousand piece seeds on hectare. The further increase in norm of seeding does not raise productivity because of decrease in efficiency of a soybean.*

**Key words:** *soybean, productivity, crop capacity, seeding rate, sort.*

Соя как светолюбивое растение очень отзывчива на изменение площади питания и нормы высева. В изреженных посевах, при хорошем освещении растения сои сильно ветвятся, на них образуется больше бобов, особенно в нижнем ярусе. Тем не менее, при сильной изреженности потери урожая зерна не компенсируются высокой индивидуальной продуктивностью отдельных растений.

В загущенных посевах световой режим растений, особенно в нижнем ярусе, нарушается, что приводит к ослаблению степени ветвистости, уменьшению количества бобов на растении. Однако урожай зерна может быть выше, нежели в изреженных посевах. Поэтому нормы посева имеют большое значение при возделывании сои в различных почвенно-климатических зонах страны.

Биологическая продуктивность сорта находится в прямой зависимости от площади питания растения, которая может регулироваться нормой высева. Критерием правильности выбранной нормы высева является оптимальная густота стеблестоя к уборке.

Травостой сои освещается равномерно тогда, когда в период образования бобов листья смыкаются на высоте 30–40 см от земли.

Ассимиляционный аппарат должен достигать наибольшей величины к моменту окончания вегетативного роста – началу массового образования бобов. Если же эта стадия развития наступает раньше, то из-за взаимного затенения значительная часть листьев опадает и площадь листовой поверхности резко сокращается. Опадает и часть бобов, особенно нижнего яруса. Пластические вещества в этом случае расходуются в основном на образование ткани стеблей и черешков. Что приводит к снижению индивидуальной продуктивности каждого растения. Поэтому очень важно стремиться к созданию хорошего светового режима благодаря созданию оптимальной густоты стояния растений [1]. От густоты посевов во многом зависит зерновая продуктивность сои. Увеличение густоты растений уменьшает ветвистость растений, количество бобов и семян в них, увеличивает высоту прикрепления нижних бобов.

Проведенные исследования на орошаемых землях Нижнего Поволжья показали, что и в этом регионе величина урожайности сои в значительной степени зависит от норм высева.

Вопрос о нормах высева семян до сих пор является одним из наиболее спорных. Объясняется это тем, что данный вопрос всегда ставился в плоскости установления оптимальных норм высева для определенного района или региона без анализа связи между оптимальными нормами высева и природными условиями отдельных районов. А это приводило к тому, что основные причины колебания норм высева по районам оставались неясными, также остается неясным, в каком направлении надо изменять норму высева при улучшении или ухудшении природных условий.

В основе определения норм высева семян имеются многочисленные исследования научных учреждений и длительный производственный опыт. Но все же по применению норм высева на бедных и плодородных землях существует много противоречивых данных.

Многие исследователи рекомендовали на плодородных землях применять меньшие нормы, чем на бедных.

Некоторые исследователи считают, что в связи с интенсификацией земледелия и значительным ростом применения удобрений, повышением культуры земледелия и созданием высокопродуктивных сортов интенсивного типа возникает необходимость более широкого и глубокого изучения норм высева в сторону их уменьшения.

Поэтому, во избежание ошибок при установлении норм высева, мы считаем, что каждому хозяйству, району, области нужно разработать нормы высева сои с учетом почвенно-климатических условий, почвенного плодородия, условий орошения и других факторов, влияющих на урожайность сои.

В связи с вышесказанным в отделе кормопроизводства и животноводства ГНУ «Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства» изучали нормы высева семян сои.

Опыты закладывались по общепринятым методикам [2].

Исследования проводились на аллювиально-луговых почвах дельты реки Волги в экспериментальном хозяйстве ГНУ «Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства» в 2005–2007 гг.

Климат зоны резко континентальный. Безморозный период длится 175–200 дней в год. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С – 3500–3600 °С.

Почвы опытного участка тяжелосуглинистые, средnezасоленные. Содержание гумуса – 1,7–1,8 %, азота легкогидролизуемого – 5,71–6,00 мг, подвижного фосфора – 69,1–72,0 мг, обменного калия – 205,5–210,0 мг на 100 г почвы.

Погодные условия в период проведения исследований были различными: 2006 г. – влажный (134,5 мм), 2007 г. – сухой (103,7 мм).

Посев проводили с междурядьями 70 см, глубина заделки семян – 4–5 см. Площадь учетной делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

Полевая всхожесть в среднем за годы наблюдений составила 87–90 %.

Агротехника возделывания сои была общепринятой для региона [3], а именно: семена в день посева обрабатывали ризоторфином с увлажнением (300 г препарата на 1 т семян). За несколько дней до посева производили предпосевной полив с нормой 250–300 м<sup>3</sup>/га. Посев производили тогда, когда почва на глубине посева (5 см) прогревалась до 14–16 °С.

После прорастания семян проверяли корни растений на наличие клубеньков. Если они не появлялись, то вместе с первой культивацией вносили азотные удобрения – N60, которые давали прибавку урожая до 0,3–4,5 т/га. Внесение азотного удобрения в более ранний срок сева ощутимой прибавки урожая не дает, а в поздний срок – удлиняет вегетационный период.

В качестве объекта исследования нами были взяты 3 сорта сои, которые рекомендованы для Южного региона Российской Федерации: *Камызякская 136*, *Волгоградка 1*, *ВНИИОЗ 86*.

Сорт сои *Камызякская 136* относится к среднеспелой группе – вегетационный период в среднем составляет 114–116 дней. Растения высокорослые, 113–125 см, прикрепление нижних бобов высокое, от поверхности почвы – 14–20 см. Сорт высокоурожайный (табл.). Отличается высоким качеством зерна. В нем накапливается 32–39 % сырого протеина и 17,6–22,1 % жира. Масса 1000 зерен – 136–142 г.

Сорт сои *Волгоградка 1* относится к среднеранней группе созревания – вегетационный период в среднем составляет 108–115 дней. Растения высокорослые, 78–97 см, прикрепление нижних бобов высокое, от поверхности почвы – 13–21 см. Сорт высокоурожайный. *Волгоградка 1* отличается высоким качеством зерна – накапливает сырого протеина до 37 % и до 22,5 % жира. Масса 1000 зерен – 113 г.

Сорт сои *ВНИИОЗ 86* относится к очень ранней группе созревания – вегетационный период в среднем составляет 90 дней. Высота растений колеблется от 75 до 90 см, а прикрепление нижних бобов от поверхности почвы, соответственно, 8–12 см. Урожайность в нашем опыте достигала в среднем за три года 3,03 т/га, а масса 1000 зерен – 172 г.

Таблица

## Влияние норм высева на урожайность семян сои (т/га)

Норма высева тыс. шт./га	Годы			Среднее	Масса зерна с 1-го растения, г	Масса 1000 зерен, г
	2005 г.	2006 г.	2007 г.			
<i>Камызякская 136 (среднеспелый)</i>						
400	2,73	3,06	3,02	2,94	14,1	144,6
500	2,87	3,14	3,10	3,04	13,8	146,2
600	3,13	3,22	3,14	3,16	13,4	145,3
700	3,05	3,12	3,07	3,08	12,8	144,2
800	2,84	3,04	2,96	2,95	12,4	143,6
<i>Волгоградка 1 (среднеранний)</i>						
400	2,46	3,10	3,04	2,87	13,0	142,0
500	2,52	3,11	3,07	2,90	14,3	143,2
600	2,62	3,14	3,12	2,94	14,0	143,4
700	2,51	3,08	3,01	2,87	13,6	142,6
800	2,47	3,04	2,87	2,79	13,2	141,3
<i>ВНИИОЗ 86 (скороспелый)</i>						
400	2,69	2,94	2,86	2,83	13,8	140,3
500	2,74	3,12	3,03	2,96	14,4	142,5
600	2,84	3,16	3,10	3,03	13,6	141,4
700	2,72	3,08	3,01	2,94	13,0	138,7
800	2,70	3,01	2,86	2,86	12,8	137,5
НСР <sub>05</sub> т/га	0,37	0,35	0,41			

Сорта сои отличались между собой скороспелостью, массой 1000 зерен, содержанием белка и жира.

Плотность агроценоза должна дифференцироваться в зависимости от биологических особенностей сорта и влагообеспеченности. На основании многочисленных исследований с разными сортами сои нами установлены следующие закономерности: более отзывчивы на загущение раннеспелые сорта (*ВНИИОЗ 86* и др.); снижают продуктивность в загущенных посевах сорта высокорослые, хорошо ветвистые и облиственные (*Камызякская 136* и др.); при улучшении влагообеспеченности (орошение, близкий уровень грунтовых вод) плотность агроценоза должна быть выше на 50–100 тыс. растений на 1 га.

Для южной части Астраханской области оптимальная плотность для раннеспелых сортов (*ВНИИОЗ 86* и др.) составляет 500–600 тыс. растений на 1 га в широко-рядном посеве; среднеспелых (*Камызякская 136*, и др.), которые отличаются высокой ветвистостью – 450–500 тыс. растений на 1 га (табл.). Загущенные посевы из-за конкуренции за влагу и питательные вещества формируют ослабленные растения, менее устойчивые к патогенам [4, 5].

Норма высева оказывает значительное влияние на урожайность всех изучаемых сортов орошаемого агроценоза сои. Высокая урожайность в широко-рядных посевах складывается за счет сохранности повышенного числа растений к уборке.

**Библиографический список**

1. *Губанов, П. Е.* Соя на орошаемых землях Поволжья / П. Е. Губанов, К. П. Калиберда, В. Ф. Кормилицин. – М. : Россельхозиздат, 1987. – С. 5–9.
2. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 416 с.
3. *Мухортова, Т. В.* Интродукция новых сортов сои для полупустынной зоны Астраханской области / Т. В. Мухортова // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений : мат-лы Всерос. науч.-производ. конф. – Пенза, 1998. – С. 75.
4. *Петров, Н. Ю.* Особенности возделывания сои в условиях орошения / Н. Ю. Петров, В. В. Толоконников, В. И. Чернышов // Агротехнология и научное обеспечение интенсивного земледелия Нижней Волги на современном этапе. – М., 2005. – С. 172–174.
5. *Система* агротехнических мероприятий по возделыванию сои на орошаемых землях Северо-Западного Прикаспия. – М. : Современные тетради, 2005. – 16 с.

---

---

## ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

---

---

УДК 581.167:636.082.11

### ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ *CUCURBITA* В ПЕРИОД НАЧАЛА ПЛОДООБРАЗОВАНИЯ

**Козак Маргарита Федоровна**, доктор биологических наук, профессор кафедры молекулярной биологии, генетики и биохимии

**Хуссейн Ахмед Мохаммед Махмуд**, аспирант кафедры молекулярной биологии, генетики и биохимии

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел./факс (8512) 22-82-64, e-mail: mkozak@yandex.ru

*Дисперсионный анализ разнообразия морфологических признаков в период начала плодообразования показал, что растения исходной материнской линии Крошка fms обнаружили относительно невысокие средние значения количественных признаков, в сравнении с использованными отцовскими линиями. Однако у гибридных растений обнаружен высокий уровень развития некоторых признаков, по сравнению с родительскими формами, особенно по площади листа и связанных с ней признаков: длина главной жилки листа, длина черешка листа. Искусственно созданная материнская линия Крошка fms, используемая как инструмент при скрещивании, имеет пониженные фотосинтетические возможности. Однако гибриды F<sub>1</sub>, по сравнению с женской линией и исследуемыми отцовскими линиями, обладают высоким эффектом гетерозиса, способностью к мощному развитию фотосинтетического аппарата, обеспечивающего высокую продуктивность гибридов. Растения большинства гибридных комбинаций положительно отличались умеренной высотой закладки первого плода на главном стебле, небольшим количеством боковых ветвей.*

*Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о значительном и достоверном влиянии генотипа на формирование количественных признаков Cucurbita. Эти результаты показали, что отбор по морфологическим признакам определенных генотипов в фазу начала плодообразования будет эффективен при целенаправленном поиске новых вариантов с высокой продуктивностью, с определенными морфологическими признаками, приспособленных к условиям Астраханской области.*

**Ключевые слова:** гибриды F<sub>1</sub>, гетерозис, функциональная мужская стерильность, *Cucurbita maxima* Duch., дисперсионный, вариационный анализ, фаза начала плодообразования.

### VARIANCE ANALYSIS OF QUANTITATIVE TRAITS IN CUCURBITA HYBRIDS IN THE BEGINNING OF FRUIT FORMATION

**Kozak Margarita F., Hussein Ahmed Mohammed Mahmud**

*The analysis of variance for heterosis quantitative traits during fruit formation phase has shown that plants of the parent line "Kroshka fms" have rather low average values of quantitative traits in comparison with the fatherly used lines. However hybrid plants possess a high level of development of some traits in comparison with parental forms, especially in the area of leaf's blade and the traits connected with it are found out: length of the main leaf's midrib and length of leaf's petiole. The constructed parent line "Крошка fms", used as the tool at crossing, has the lowered photosynthetic opportunities. However, hybrids F<sub>1</sub> in comparison with a female line and investigated fatherly lines possess high effect heterosis, ability to powerful development of the photosynthetic device providing high efficiency of hybrids. The majority of hybrid's plants combinations positively differed in the moderate height of a bookmark of the first fruit on the main stalk, a small amount of lateral branches. Results of the dispersive analysis testify to significant and authentic influence of a genotype on formation of quantitative traits in Cucurbita. These results have shown that selection according to morphological traits of the certain genotypes in a phase of beginning fruits formation will be effective*

for purposeful search of new varieties with high efficiency with the certain morphological traits, adapted to conditions of the Astrakhan region.

**Key words:** hybrids  $F_1$ , heterosis, functional male sterility, *Cucurbita maxima* Duch., dispersive, variation analysis, fruits formation phase.

Фаза начала плодообразования является одной из важнейших для всесторонней оценки гетерозисных гибридов *Cucurbita* по комплексу признаков, на которые ведется селекция. До настоящего времени не исследовано проявление гетерозиса у гибридов  $F_1$  по количественным признакам морфологического характера в фазе начала плодообразования до наступления товарной спелости плодов с целью исследования возможности более ранней диагностики эффекта гетерозиса. В гетерозисной селекции познание закономерностей изменчивости и наследуемости важнейших признаков и свойств растений рассматривается как один из центральных вопросов. У тыквы среди признаков, определяющих формирование элементов продуктивности, наиболее сложную генетическую структуру имеет длина стебля растения и связанные с ней другие количественные признаки: количество ветвей первого порядка, количество узлов на главном стебле, высота закладки первого плода, количество плодов на главном стебле (и общее количество) и другие. Характер формирования длины стебля растений и связанных других количественных признаков у различных типов межсортовых и межлинейных гибридов не изучен достаточно глубоко.

Гибриды  $F_1$  и исходные родительские линии изучались по девяти количественным признакам в 11 гибридных комбинациях.

#### Материалы и методы

Растения гибридов  $F_1$  и исходных родительских линий испытывались на полях ГНУ «Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства РАСХН (ВНИИОБ)», г. Камызяк Астраханской области в соответствии с планом Лаборатории селекции и иммунитета бахчевых культур в течение вегетационного периода 2008 г. Репрезентативно отобранные растения гибридных комбинаций первого поколения ( $F_1$ ) и исходных родительских линий использованы для биометрического анализа количественных признаков.

Таблица 1

#### Исследуемые гибридные комбинации и исходные родительские линии

Наименование гибридов	Гибридные комбинации
<i>F1 Красная шапочка</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Голден тюрбан</i>
<i>F1 Краса России</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Россиянка</i>
<i>F1 Дюймовочка</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Тамара</i>
<i>F1 Фрау</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>C. maxima (ФРГ)</i>
<i>F1 Белоснежка</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Сахарная</i>
<i>F1 Волжанка</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Валок</i>
<i>F1 Натали</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Лечебная</i>
<i>F1 Крошка x Стелла</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Стелла</i>
<i>F1 Крошка x Тенгри</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Тенгри</i>
<i>F1 Крошка x Зеленовская</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Зеленовская</i>
<i>F1 Крошка x Зимняя сладкая</i>	♀ <i>Крошка fms</i> × ♂ <i>Зимняя сладкая</i>
Линия <i>Крошка fms</i> « <i>Крошка р/л fms</i> » (разрезнолистная с функциональной мужской стерильностью)	
Стандартный сорт <i>Крошка</i>	

В качестве материнской формы при скрещиваниях использовалась специализированная линия *Крошка р/л. fms* (разрезнолистная с функциональной мужской стерильностью), имеющая маркерный признак: пальчато-лопастную форму листа и нескрывающиеся при цветении пыльники. Сравнение развития количественных признаков у гетерозисных гибридов проводилось в сравнении с исходными родительскими линиями и со стандартным сортом *Крошка*. Растения сорта *Крошка* имеют лист цельнокрайней формы.

Цветение «условно стерильных» растений происходит нормально. Андроцей мужских цветков с функциональной мужской стерильностью внешне мало отличается от андроеца обычных фертильных цветков. Размеры цветка «условно стерильных» растений не уменьшены, но вариация их требует дальнейшего исследования, пыльники нормально развиты, светло-желтые, но не вскрываются при цветении.

При создании гибридов  $F_1$  были использованы в качестве отцовских 11 линий *Cucurbita maxima*: *Голден тюрбан*, *Россиянка*, *Тамара*, *C. maxima* (ФРГ), *Сахарная*, *Валок*, *Лечебная*, *Стелла*, *Тенгри*, *Зеленовская*, *Зимняя сладкая* (табл. 1). В 2008 г. максимальную продуктивность (урожай плодов) при максимальной доле стандартных плодов в урожае показали следующие четыре гибридные комбинации [2]:

- $F_1$  Крошка рл. *fms* × *Сахарная*;
- $F_1$  Крошка рл. *fms* × *Валок*;
- $F_1$  Крошка рл. *fms* × *Россиянка*;
- $F_1$  Крошка рл. *fms* × *Зимняя сладкая*.

*Статистический анализ.* Для анализа генотипического влияния на формирование количественных признаков в 11 гибридных комбинациях и оценки эффективности отбора биометрические данные первичных измерений случайно отобранных растений всех исследуемых форм были проанализированы методом дисперсионного анализа (Плохинский и Беккер) [1, 5]. Исследуемые признаки: длина главного стебля, высота закладки первого плода, длина междоузлий, площадь листа, длина главной жилки листа, длина черешка листа, количество узлов, количество плодов. Генотип каждой линии и каждого гибрида был исследован и оценивался ( $LSD_{0,05}$  %) при 5%-ом уровне значимости *Gomez and Gomez* [9].

Условные обозначения, принятые в дисперсионном анализе:

$$\text{Генотипическое влияние (генотипическая дисперсия)} = \frac{M_1 - M_2}{S}$$

$$\text{Экологическое влияние} = \frac{M_2}{S} \text{ (паратипическая дисперсия). Фенотипическое}$$

(общее) разнообразие:  $V_G + V_E$ ;  $\sigma^2_e$  – дисперсия экологическая,  $\sigma^2_{f(G)}$  – дисперсия генотипическая.  $F$  – число комбинаций.  $S$  – число растений в каждой комбинации.  $M_1$  – частные средние (межгрупповые);  $M_2$  – частные средние (в пределах комбинаций и линий).  $\sigma_p$  – стандартное отклонение фенотипическое. *Факториальное генетическое влияние* также рассчитывается по формуле, предложенной Becker [5]. Факториальное генетическое влияние =  $X_p - X_o$  (*Actual genetic gain*), где  $X_p$  – среднее из репрезентативно отобранных растений (положительное влияние) с 10%-ой интенсивностью.  $X_o$  – среднее значение по комбинации, линии.

Показатель достоверности влияния определяется по преобразованному критерию Фишера.  $F$  – эмпирический критерий достоверности силы влияния, равный отношению дисперсии факториальной и случайной;  $F_{st}$  – стандартные значения критерия Фишера.

$$\text{Гетерозис, \%} = [F_1 - \frac{1}{2}(P_1 + P_2)] / [\frac{1}{2}(P_1 + P_2)] \times 100.$$

### Результаты и обсуждение

*Общее фенотипическое разнообразие* проявления признака у гибридов имеет две основы: разнообразие генетической информации, полученной от родителей, и разнообразие условий среды, в которых эта информация реализуется в группе потомков. В данном дисперсионном анализе каждое растение (гибридов и исходных родительских линий) было взято в случайном порядке (без выбора), и группа исследованных растений представляет случайную выборку из их общей *генеральной совокупности*.

Развитие генетического анализа потребовало тщательного отбора признаков, в которых  $V_E$  (экологическое влияние) доведено до минимума.

Результаты исследования *генотипического влияния* на разнообразие (изменчивость) количественных признаков гетерозисных гибридов приводятся в таблице 2. *Дисперсионный анализ* показал, что разница генотипического влияния весьма значительна для всех исследуемых признаков всех изученных гибридов в сравнении со своими родителями.

Таблица 2

**Дисперсионный анализ различий генотипического влияния  
на разнообразие количественных признаков**

ANOVA (дисперсионный, вариационный анализ)	Дисперсия внутригрупповая	Генотипическое влияние	Ошибка репрезентативности
D.F	2	23	46
Признак	MS		
Длина главного стебля	3111,514*	60508,405**	881,586
Высота закладки первого цветка	350,681	8955,273**	253,043
Количество ветвей первого порядка	1,514	32,2**	0,978
Количество узлов на главном стебле	33,347	361,179**	11,579
Длина междоузлий	2,205	19,883**	0,789
Длина главной жилки листа.	1,431	41,811**	1,242
Длина черешка листа	6,514	153,782**	3,543
Размер листа	67,792	46608,348**	969,053
Количество плодов	0,042	0,152**	0,042

\*\* Надежность при 5%-ом уровне значимости (Significant at level 5 %).

Это свидетельствует о достаточно высокой генетической доле изменчивости, что может быть использовано в селекционных программах.

Анализ таблицы 2 показывает, что генотипическое влияние на разнообразие всех количественных признаков достоверно, в то время как внутригрупповое разнообразие оказалось недостоверным, за исключением вариации длины главного стебля.

Средний уровень развития количественных признаков стебля и листа гибридов F<sub>1</sub> и исходных родительских форм в фазе начала плодообразования приводится в таблице 3.

Таблица 3

**Дисперсионный анализ среднего уровня развития количественных признаков  
стебля и листа гибридов F<sub>1</sub> и исходных родительских форм в фазе  
начала плодообразования**

Генотипические варианты	Длина главного стебля, см	Высота закладки первого плода, см	Кол-во ветвей первого порядка	Кол-во узлов на главн. стебле	Длина между узлий, см	Длина главной жилки листа, см	Длина черешка листа, см	Площадь листа, см <sup>2</sup>
<i>Крошкa fms</i>	301	120,7	10,7	24,7	8,5	19,7	24	190,7
<i>Голден тюрбан</i>	386,7	24	4,7	33	8,3	19	39,7	181
<i>Россиянка</i>	97,7	46	3,6	19,7	5,8	12,6	24	78,6
<i>Тамара</i>	374	212,7	7,7	42	11,5	14,6	26	105,7
<i>С. тахита ФРГ</i>	290	160	11	21,7	8,5	17,7	39	153,7
<i>Сахарная</i>	110	37,7	6	16	7	16	32	128
<i>Валок</i>	268	36,7	10	32,7	7,5	20,7	40,7	210,7
<i>Лечебная</i>	112,7	50	3,7	19	4,64	19,7	23	190,7
<i>Стелла</i>	325	107,7	6,7	31,6	12,2	27,6	38,7	379,7
<i>Тенгри</i>	684,7	95	18,7	56	14,6	17,7	39,7	153,7
<i>Зеленовская</i>	210,0	24	4	26	5,2	23	40,6	265
<i>Зимняя сладкая</i>	341,7	215	7,66	40,7	11,6	17,67	28,6	153,7
<i>F<sub>1</sub> Красная шапочка</i>	423,3	16,6	7,7	33,7	10	20,7	46	306
<i>F<sub>1</sub> Краса России</i>	466	61,7	6,3	37	11,7	24,3	40,7	426,3
<i>F<sub>1</sub> Дюймовочка</i>	473,3	50,3	9,6	41	12,4	23,7	47,3	384,3
<i>F<sub>1</sub> Фрау</i>	576,7	103,3	9,6	54	12,4	24,7	45,7	361,7
<i>F<sub>1</sub> Белоснежка</i>	387,7	75,3	6,3	39	11,4	21,7	36	361
<i>F<sub>1</sub> Волжанка</i>	515,3	68,0	12,3	53,3	11	21,6	40	339,3
<i>F<sub>1</sub> Натали</i>	403,3	71,7	8,6	38	9,9	22,6	39,7	372

<i>F1 Крошка fms × Стелла</i>	330	124	7,6	29,7	7,7	20,7	40	306,7
<i>F1 Крошка fms × Тенгри</i>	304,7	89,3	5,3	34,3	11,5	24,7	36,7	489
<i>F1 Крошка fms × Зеленовская</i>	307,7	51	6	33	7,9	16,7	31	1913
<i>F1 Крошка fms × Зимняя сладкая</i>	481,7	98,3	7	45,7	11,5	26,3	42,3	500,3
<b>Крошка-стандарт</b>	393,3	140,3	7,7	45	10,3	22,7	41	406,3
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	48,8	26,14	1,63	5,59	1,46	1,83	3,09	51,2

Анализ данных показал, что растения исходной материнской линии *Крошка fms* обнаружили относительно невысокие средние значения количественных признаков, в сравнении с использовавшимися отцовскими линиями. Однако у гибридных растений (табл. 4) обнаружен самый высокий уровень развития некоторых признаков, по сравнению с родительскими формами, особенно по площади листа (300 / 500 см<sup>2</sup>) и связанных с нею признаков: длина главной жилки листа, длина черешка листа (47,33 см). Искусственно созданная материнская линия *Крошка fms*, используемая как инструмент при скрещивании, имеет пониженные фотосинтетические возможности. Однако гибриды F<sub>1</sub>, по сравнению с женской линией и исследуемыми отцовскими линиями, обладают высоким эффектом гетерозиса, способностью к мощному развитию фотосинтетического аппарата, обеспечивающего высокую продуктивность гибридов. Растения большинства гибридных комбинаций отличались положительно умеренной высотой закладки первого плода на главном стебле, небольшим количеством боковых ветвей.

Дисперсионный анализ позволил выявить наиболее характерные морфологические особенности мужских линий:

- линия *Россиянка* имела самые низкие показатели по следующим трем признакам: количество ветвей первого порядка (3,67), длина главной жилки листа (12,67 см), площадь листа (78,67 см<sup>2</sup>);
- линия *Тамара* и линия *Зимняя сладкая* отличались максимальной высотой закладки первого плода (соответственно 212,7 и 215 см);
- линия *Сахарная* и линия *Лечебная* характеризуются минимальной длиной главного стебля (110 и 112,7 см);
- линия *Лечебная* и линия *Зеленовская* отличаются самой малой длиной междоузлий (4,64 и 5,21 см);
- для линии *Стелла* характерна самая большая длина главной жилки листа (27,67 см);
- линия *Тенгри* имела максимальные значения по следующим трем признакам: длина главного стебля (684,7 см), количество боковых ветвей первого порядка (18,67 см), количество узлов на главном стебле (56) и длина междоузлий (14,57 см).

Биометрическим анализом выявлены некоторые морфологические особенности гибридов F<sub>1</sub>.

Так, гибрид F<sub>1</sub> *Белоснежка*, полученный от скрещивания: ♀*Крошка fms* × ♂*Сахарная*, обладает пониженной склонностью к ветвлению, и благодаря этому пластические и энергетические вещества растений расходуются на формирование на главном стебле стандартных плодов, доля которых в урожае достигает 96 % [2]. Это способствует получению максимального урожая стандартных плодов. Растения этой гибридной комбинации одними из первых начинают процесс плодообразования.

Однако самое большое количество плодов на главном стебле в начале плодообразования имели гибридные растения F<sub>1</sub> *Дюймовочка* (♀*Крошка fms* × ♂*Тамара*).

Растения гибридов F<sub>1</sub> ♀*Крошка fms* × ♂*Тенгри* и F<sub>1</sub> ♀*Крошка fms* × ♂*Зимняя сладкая* имели максимальную площадь листа (соответственно 489 и 500,3 см<sup>2</sup>).

Гибридные растения комбинации *Волжанка* (F<sub>1</sub> ♀*Крошка fms* × ♂*Валок*), а также *Фрау* (♀*Крошка fms* × ♂*C. taxita* (ФРГ)) отличались от других большим количеством узлов и листьев на стебле: 54,0 и 53,3.



Гибридные растения комбинаций *Красная шапочка* ( $F_1 \text{♀ Крошка } fms \times \text{♂ Голден тюрбан}$ ), *Дюймовочка* ( $F_1 \text{♀ Крошка } fms \times \text{♂ Тамара}$ ) и *Фрау* ( $F_1 \text{♀ Крошка } fms \times \text{♂ } S. \text{taxita}$ , ФРГ) имели самую большую длину черешка листа: соответственно, 46,0, 47,33 и 45,67 см. Это способствует наиболее оптимальному освещению листовой пластинки.

Растения гибридной комбинации *Красная шапочка* ( $F_1 \text{♀ Крошка } fms \times \text{♂ Голден тюрбан}$ ) отличались самым низким уровнем закладки первого плода (16,67 см) на главном стебле, более низким, чем у каждой родительской линии. *Отрицательная трансгрессия* наследования данного признака в  $F_1$  доказывает полимерный характер наследования данного признака. Большинство гибридов первого поколения отличались пониженной ветвистостью главного стебля, в сравнении с исходными линиями, что является положительным признаком растений, так как максимально обеспечивает получение большей части стандартных плодов от гибридных растений. Проявление данного признака также детерминируется, очевидно, полимерными генами, так как отрицательная трансгрессия по этому признаку прослеживается в разной степени по всем гибридным комбинациям.

Анализ количественных признаков гибридов  $F_1$  в сравнении с линией *Крошка-стандарт* (табл. 4) показал, что не все гибриды обнаружили эффект гетерозиса. Так, растения всех гибридных комбинаций, обнаружившие отрицательную трансгрессию по высоте закладки первого плода, имеют отрицательный эффект гетерозиса (от -5,0 до -77 %). Высота закладки первого плода у гибридов всех комбинаций была ниже, чем у растений линии *Крошка-стандарт*.

Гибрид  $F_1$  *Дюймовочка* ( $\text{♀ Крошка } fms \times \text{♂ Тамара}$ ) имел высокий эффект гетерозиса (20,99 %) по длине междоузлий и (15,44 %) по длине черешка листа, 50,83 % по количеству плодов на этот период, по длине главной жилки листа.

Лишь гибрид  $F_1$  *Фрау* ( $\text{♀ Крошка } fms \times \text{♂ } S. \text{taxita}$  (ФРГ)) имел высокий эффект гетерозиса по длине главного стебля (46,63 %), по количеству узлов на главном стебле (20 %).

Большинство гибридов  $F_1$  были менее ветвистыми, чем стандартный сорт *Крошка*, но гибрид *Волжанка* ( $\text{♀ Крошка } fms \times \text{♂ Валок}$ ) имел высокий эффект гетерозиса (60,76 %) по количеству ветвей первого порядка. Гибрид  $F_1$  *Крошка*  $\times$  *Зимняя сладкая* имел высокий эффект гетерозиса, по сравнению с сортом *Крошка* (16,14 %), по длине главной жилки листа и по площади листа (23,14 %).

Таблица 4

**Эффект гетерозиса (%) по количественным признакам гибридов  $F_1$  в сравнении с формой Крошка-стандарт;**

$$\text{Эффект гетерозиса (\%)} = [(F_1 - \text{Крошка-стандарт}) / \text{Крошка-стандарт}] \times 100 \%$$

Генотипические варианты гибридов $F_1$	Длина главного стебля	Высота закладки первого плода	Кол-во ветвей первого порядка	Кол-во узлов на главном стебле	Длина междоузлий	Длина главной жилки листа	Длина черешка листа	Площадь листа
<i>Красная шапочка</i>	7,6	-88,1	-0,13	-25,8	-2,8	-8,8	12,2	-24,5
$F_1$ <i>Краса России</i>	18,5	-56,0	-17,47	-17,8	13,6	7,3	-0,8	4,9
$F_1$ <i>Дюймовочка</i>	20,3	-64,1	25,95	-8,9	21,0	4,4	15,4	-5,4
$F_1$ <i>Фрау</i>	46,6	-26,3	25,95	20,0	20,1	8,8	11,4	-11,0
$F_1$ <i>Бело снежка</i>	-1,4	-46,3	-17,47	-13,3	11,3	-4,4	-12,2	-11,1
$F_1$ <i>Волжанка</i>	31,0	-51,5	60,76	18,5	6,9	-4,4	-2,4	-16,5
$F_1$ <i>Натали</i>	2,5	-48,9	12,91	-15,6	-3,5	0,0	-3,2	-8,4
$F_1$ <i>Крошка</i> $\times$ <i>Стелла</i>	-16,1	-11,6	-0,13	-34,1	-25,3	-8,8	-2,4	-24,5
$F_1$ <i>Крошка</i> $\times$ <i>Тенгри</i>	-22,5	-36,3	-30,51	-23,7	12,0	8,8	-10,6	20,3
<i>Крошка fms</i> <i>Зеленовск.</i>	-21,8	-63,6	-21,77	-26,7	-23,2	-26,5	-24,4	-52,9
<i>Крошка fms</i> $\times$ <i>Зимняя сладкая</i>	22,5	-29,9	-8,74	1,5	11,3	16,1	3,2	23,1

В таблице 5 приводятся результаты анализа эффекта гетерозиса по количественным признакам стебля и листа гибридов  $F_1$  в сравнении с двумя исходными родительскими линиями. Эффект гетерозиса гибридов  $F_1$ , по сравнению с двумя родительскими линиями, проявился в основном по важнейшему для обеспечения продуктивности признаку: площади листа, а также по длине главной жилки листа, длине междоузлий при уменьшении количества узлов на главном стебле. Анализ таблицы 6 показал, что большее количество гибридов дало гетерозис по большинству количественных признаков, кроме высоты закладки первого плода и количества ветвей первого порядка. Однако гибрид  $F_1$  *Натали* эффект гетерозиса дал 20,87 % по количеству ветвей первого порядка. Только гибрид  $F_1$  *Крошка fms* × *Стелла* дал 8,6 % эффекта гетерозиса по высоте закладки первого плода.

Гибрид  $F_1$  *Краса России* (♀*Крошка fms* × ♂*Россиянка*) дал самый высокий эффект гетерозиса по длине главного стебля (133,76 %), по длине междоузлий (63,7 %), по длине главной жилки листа (50,46 %), по площади листа (216,5 %).

Гибрид  $F_1$  *Дюймовочка* имел высокий эффект гетерозиса (89,3 %) по признакам: длина черешка листа, и 100%-ый эффект по количеству плодов на главном стебле.

Гибрид *Фрау* ( $F_1$  ♀ *Крошка fms* × ♂ *C. maxima* (ФРГ)) дал высокий эффект гетерозиса по количеству узлов (133 %).

Таблица 5

**Эффект гетерозиса (%) по количественным признакам стебля и листа гибридов  $F_1$  в сравнении с двумя родительскими линиями.**

$$\text{Гетерозис (\%)} = [F_1 - \frac{1}{2}(P_2 + \text{Крошка fms})] / [\frac{1}{2}(P_2 + \text{Крошка fms})] \times 100 \%$$

Генотипические варианты гибридов $F_1$	Длина главного стебля	Высота закладки первого плода	Кол-во ветвей первого порядка	Ко-во узлов на главном стебле	Длина междоузлий	Длина главн. жилки листа	Длина черешка листа	Площадь листа
<i>F<sub>1</sub> Красная шапочка</i>	23,1	-77,0	-0,13	16,8	18,8	6,9	44,50	65,0
<i>F<sub>1</sub> Краса России</i>	133,8	-26,0	-11,72	66,9	63,7	50,5	69,46	216,5
<i>Дюймовочка</i>	40,2	-69,8	5,34	23,0	24,2	37,9	89,32	159,3
<i>F<sub>1</sub> Фрау</i>	95,2	-26,4	-10,84	133,1	45,1	32,1	44,98	110,0
<i>Белоснежка</i>	88,7	-4,9	-24,06	91,8	47,7	21,5	28,57	126,5
<i>F<sub>1</sub> Волжанка</i>	81,1	-13,6	19,30	86,0	37,8	7,4	23,70	69,1
<i>F<sub>1</sub> Натали</i>	95,0	-16,0	20,87	74,3	51,1	15,2	68,81	95,1
<i>F<sub>1</sub> Крошка × Стелла</i>	5,4	8,6	-11,60	5,3	-25,7	-12,7	27,65	7,5
<i>F<sub>1</sub> Крошка × Тенгри</i>	-38,2	-17,2	-63,67	-14,9	-0,04	32,1	15,19	184,0
<i>F<sub>1</sub> Крошка × Зеленовская</i>	20,4	-29,5	-18,20	30,2	15,2	-21,9	-4,13	-16,0
<i>F<sub>1</sub> Крошка × Зимняя сладкая</i>	49,9	-41,4	-23,62	39,8	14,1	41,0	-0,02	190,5

Гетерозис (Heterosis) =  $[F_1 - \frac{1}{2}(P_1 + P_2)] / [\frac{1}{2}(P_1 + P_2)]$ , при наименьшей существенной разнице (LSD) – 0,05.

Результаты дисперсионного анализа генотипической (межгрупповой) и экологической (внутригрупповой) вариаций исследуемых признаков всех генотипических форм представлены в таблице 6. Анализ показал, что дисперсии (сумма квадратов центральных отклонений) между генотипами существенно различались для всех изученных признаков. Внутригрупповая дисперсия была вдвое ниже межгрупповой.

Таблица 6

**Дисперсионный анализ генотипической (межгрупповой)  
и экологической (внутригрупповой) вариаций  
исследуемых признаков всех генотипических форм  
(дисперсии между генотипическими группами и в пределах генотипов)**

	ANOVA	Дисперсия	Дисперсия	F
	(дисперсионный анализ признаков)	межгрупповая	внутригрупповая	
	D.F	22	46	Критическое
	No. Charactes	MS		
1	Длина главного стебля	63069,362	31109,46	2,027
2	Высота закладки первого плода	8952,088	4541,88	1,971
3	Количество ветвей первого порядка	33,658	17,126	1,965
4	Количество узлов на главном стебле	364,146	186,49	1,952
5	Длина междоузлий	20,739	10,266	2,02
6	Длина главной жилки листа	43,1502	21,535	2,003
7	Длина черешка листа	158,218	78,93	2,004
8	Площадь листа	46328,33	22856,4	2,026
9	Количество плодов на гл. стебле	0,15	0,1	1,489

\*\* Significant at level – 1 % (уровень значимости).

Данные таблицы 6 свидетельствуют о значительном и достоверном влиянии генотипа на формирование количественных признаков *Cucurbita*. Эти результаты показали, что отбор по морфологическим признакам определенных генотипов в фазе начала плодобразования будет эффективен в онтогенезе гибридов при целенаправленном поиске новых вариантов с высокой продуктивностью, с определенными морфологическими признаками, подходящими для условий Астраханской области. Полученные результаты свидетельствуют также о том, что все изученные признаки подвержены влиянию экологических и эдафо-климатических условий. Высокую генетическую детерминацию обнаружил признак *площадь листа*, важнейший для формирования высокой продуктивности растений.

Эффект гетерозиса гибридов  $F_1$ , по сравнению с мужскими линиями, проявился в основном по важнейшему для обеспечения продуктивности признаку: *площадь листа*, по длине главной жилки листа, длине междоузлий при уменьшении количества узлов на главном стебле. Анализ показал, что гетерозисные гибриды имеют меньше боковых ветвей, которые, как правило, не дают в будущем стандартных плодов. Гибриды  $F_1$  имеют более длинный главный стебель, чем родительские линии.

**Библиографический список**

1. Плохинский, Н. А. Математические методы в биологии / Н. А. Плохинский. – М. : МГУ, 1978. – 265 с.
2. Хуссейн, А. М. М. Комбинационная способность и эффекты гетерозиса количественных признаков у гибридов *Cucurbita*, созданных на основе использования в качестве материнских растений форм с функциональной мужской стерильностью / А. М. М. Хуссейн, М. Ф. Козак, С. Д. Соколов // Естественные науки. – 2008. – № 4.
3. Abd Allah, E. M. M. Performance of some common bean genotypes and heritability under normal and water stress conditions / E. M. M. Abd Allah // J. Pl. Breed. – 2007. – № 11 (2). – P. 531–542.
4. Azizi, F. Multivariate analysis of morphological traits of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) (Lima. Red and pinto beans) / F. Azizi, A. M. Rezaei // Agricultural Sciences and Technology. – 2002. – № 15 (2). – P. 131–141. – (C. F. Pl. Breed. Abst. – Vol. 72, № 9. – 10557 p.).
5. Becker, W. A. Manual of Quantitative Genetics / W. A. Becker. – 3rd ed. – Washington : Washington State University Press, 1975.
6. Coelho, A. D. F. Heritabilities and correlations of common bean yield and its primary components, in the spring-summer and summer-fall cultivation seasons / A. D. F. Coelho, A. A. Cardoso, C. D. Cruz, G. A. Arawo, M. R. Furtado, C. L. F. Amaral // Ciencia Rural. – 2002. – № 32 (2). – P. 211–216. – (C. F. Pl. Breed. Abst. – Vol. 72, № 9. – 10554 p.).
7. Dahiya, M. S. Gene action in french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) / M. S. Dahiya, S. K. Malhotra // Legume Research. – 2002. – № 25 (1). – P. 60–62. – (C. F. Pl. Breed. Abst. – Vol. 73, № 1. – 393 p.).

8. **Denna, D. W.** Morphology of the bush and vine habits and the allelism of the bush genes in *Cucurbita maxima* and *C. pepo* squash. / D. W. Denna, H. M. Munger // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1963. – № 82. – P. 370–377.
9. **Gomez, K. A.** Statistical Procedures for Agricultural Research / K. A. Gomez, A. A. Gomez. – 2th ed. // John Wiley and Sons. – New York, 1984. – 680 p.
10. **Kwack, S. N.** Inheritance of Internode Length in an Interspecific Cross *Cucurbita pepo* x *C. moschata* / S. N. Kwack, J. Fujieda. – Kasuyamachi, Fukuoka : Faculty of Agriculture, Kyushu Univ., 1986. – № 9. – P. 91–92.
11. **Kwack, S. N.** Pollen tube growth and embryo development in interspecific crosses of *Cucurbita* / S. N. Kwack, K. Fujieda // J. Fac. Agri. – Kasuyamachi, Fukuoka : Kyushu Univ., 1985. – № 30. – P. 1–8.
12. **Naqib Ullah, K.** Combining ability analysis to identify suitable parents for heterosis in seed cotton yield, its components and lint % in upland cotton industrial crops and products / K. Naqib Ullah, H. Gul, B. K. Moul, B. M. Khan, A. K. Muhammad, P. Aisha, A. Umm, S. Muhammad. – 2009. – № 29. – P. 108–115.
13. **Sadek, S. E.** Correlation and Path Coefficient Analysis in Five Parents Inbred Lines and Their Six White Maize (*Zea Mays* L.) Single Crosses Developed and Grown in Egypt / S. E. Sadek, M. A. Ahmed, H. M. Abd El-Ghaney // Journal of Applied Sciences Research. – 2006. – № 2 (3). – P. 159–167.
14. **Shinde, S. S.** Correlation and path coefficient analysis in French bean / S. S. Shinde, A. D. Dumbre // Journal of Maharashtra Agricultural Universities. – 2001. – № 26 (1). – P. 48–49. – (C. F. Pl. Breed. Abst. – Vol. 72, № 7. – 8092 p.).
15. **Teran H.** Selection for drought resistance in early generations of common bean populations / H. Teran, S. P. Singh // Can. J. Pl. Sci. – 2002. – № 82 (3). – P. 491–497. – (C. F. Pl. Breed. Abst. – Vol. 73, № 2. – 1438 p.).
16. **Zack, C. D.** The effect of light and fruit development on internode length in *Cucurbita maxima* squash / C. D. Zack, J. B. Loy // CGC Report. – 1979. – № 2. – P. 40–41.

УДК 663.88

### УПОТРЕБЛЕНИЕ НОВОГО ЧАЙНОГО НАПИТКА ИЗ ЛОФАНТА АНИСОВОГО В ЛЕЧЕБНЫХ ЦЕЛЯХ

*Абделаал Халед Абдельдаейм Абделаиз*, аспирант кафедры биологии и экологии растений

*Фурсов Виктор Николаевич*, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономии

Астраханский государственный университет  
414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,  
тел./факс (8512) 22-82-64, e-mail: khaled\_elhaies@yahoo.com, e-mail: khelhaies@yahoo.com

*Рассмотрены основные лечебные свойства лофант анисового (Lophanthus anisatus Benth.) – нового лекарственного растения для Астраханской области. Рекомендован авторами как новый чайный напиток в лечебных целях.*

*Представлены результаты химических анализов на содержание собственно ультрамикрорезлементов, микроэлементов и макроэлементов в сушеной траве лофанта и зеленого чая.*

*Только в 6 ингредиентах лофант не значительно уступает зеленому чаю, кроме массовой доли марганца, в 12 случаях он превышает зеленый чай.*

*Приводятся основные рецепты применения лофанта анисового в качестве биологически активной добавки в травяные сборы чайного напитка для человека.*

**Ключевые слова:** лофант анисовый, чаенепиточное растение, биологически активные добавки (БАД), лекарственное растение, медицинские цели.

### THE USE OF A NEW TEA DRINK FROM LOPHANTHUS ANISATUS BENTH. FOR MEDICAL PURPOSES

*Abd El-Aal Khaled Abd El-Daiem Abd El-Aziz, Fursov Viktor N.*

*In the article basic medicinal properties of Lophanthus anisatus Benth. were resulted. The authors of the article strongly recommend it as a new tea drink for medicinal purposes.*

*The results of chemical analysis on the ultramicroelements and macroelements in the herb and green tea made on the basis of Lophanthus anisatus are given.*

*Lophanthus doesn't concede to green tea only in six components, only in manganese, for example, it exceeds green tea in twelve times.*

*The basic recipes of application of Lophanthus anisatus Benth. as biologically active additives in tea grass for people are given.*

**Key words:** *Lophanthus anisatus Benth., tea drink plant, biologically active additives, medicinal plant, medical purposes.*

Лофант анисовый – новое для Астрахани и России многолетнее травянистое растение семейства Губоцветных. Лечебные свойства лофанта анисового недостаточно изучены нашей медициной. Однако наш личный десятилетний опыт его ежедневного использования в виде чайного напитка, а также отзывы фитотерапевтов, целителей, простых тружеников, дачников, пчеловодов [4, 6] позволяют рекомендовать его для массового применения в качестве общеукрепляющего, оздоровительного, успокаивающего, полезного для любого человека чайного травяного напитка.

Для заварки этого чайного напитка с мая по октябрь берутся молодые побеги и листочки лофанта с куста (осенью и зимой, а также когда нет вблизи посевов лофанта используются листья, терть, побеги и соцветия в засушенном виде). Сушится трава лофанта обязательно в тени, хранится в хорошо вентилируемом помещении, без посторонних запахов, относительная влажность воздуха не должна при этом превышать 70 %.

Для того чтобы организм человека привык к лофанту, его добавляют по вкусу вместе с зеленым, реже с черным чаем как биологически полезную добавку в соотношении 1 : 1, впоследствии долю лофанта можно увеличивать.

Зеленый традиционный чай готовится из листьев селекционных сортов чайного куста. Собранные свежие листья подвергаются обработке горячим паром, но завяливание и ферментация при этом исключаются. Потеря танина при производстве зеленого чая незначительная и составляет лишь 2–3 %, поэтому зеленый чай является неферментированным.

Поскольку дети более чувствительны к лечебным травам, дозировка чайных напитков для них определяется правилами Кларка, Коулинга, Янга [12], т.е. как 0,5, 0,3, 0,2 от 1,0 дозы взрослого человека. Самым важным ингредиентом лофанта анисового является эфирное масло, состоящее из 17 компонентов, главный из которых – метилхавикол, составляющий в общей массе эфирного масла около 65 %. Растительное масло лофанта из семян нами пока не изучено, а оно также может представлять очень большой интерес как лечебное средство.

Заслуживают особого внимания результаты химических анализов на содержание собственно ультрамикроэлементов, микроэлементов и макроэлементов в сушеной траве лофанта и зеленого чая, полученные в испытательной лаборатории ФГУ «Астраханского государственного центра агрохимической службы по Астраханской области» (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты испытаний воздушно-сухих проб, по 0,4 кг каждая, сушеной травы лофанта (листья, терть, соцветия, апикальные части стебля) и традиционного зеленого китайского байхового чая «Принцесса Ява» («жемчужный») <sup>1</sup>**

Наименование показателей, единицы измерений	Фактическое значение		+ / - к зеленому чаю	Научные документы (НД), методы анализа
	Лофант анисовый	Зеленый чай		
Массовая доля сухого вещества, %	89,96	92,01	- 2,05	ГОСТ 27548-97
Массовая доля азота, %	1,33	3,17	- 1,84	ГОСТ 13496.4-93
Массовая доля фосфора, %	0,47	0,22	+ 0,25	ГОСТ 26657-97
Массовая доля кальция, %	2,44	0,65	+ 1,79	ГОСТ 26570-95
Массовая доля калия, %	1,56	1,56	+ / -	ГОСТ 30504-97
Массовая доля магния, %	0,43	0,20	+ 0,23	ГОСТ 30502-97
Массовая доля нитратов, мг/кг	531	371	+ 160	ГОСТ 13496.19-93
Массовая доля железа, мг/кг	514,45	121,26	+ 393,19	ГОСТ 27998-88
Массовая доля кобальта, мг/кг	0,151	0,111	+ 0,04	ГОСТ 10.155-88
Массовая доля марганца, мг/кг	46,95	1002,64	- 955,69	ГОСТ 27997-88
Массовая доля меди, мг/кг	6,08	14,13	- 8,05	ГОСТ 30692-2000
Массовая доля цинка, мг/кг	95,87	26,91	+ 68,95	ГОСТ 27997-88
Массовая доля никеля, мг/кг	1,99	4,61	- 2,62	МУ № 01-19/47-11
Массовая доля свинца, мг/кг	1,57	0,385	+ 1,185	ГОСТ 30692-2000
Массовая доля кадмия, мг/кг	0,163	0,122	+ 0,041	ГОСТ 30692-2000
Массовая доля йода, %	0,18	0,21	- 0,03	ГОСТ 28459-90
Массовая доля хрома, мг/кг	2,17	1,03	+ 1,14	МУ № 01-19/47-11
Массовая доля растворимых углеводов (сахаров), %	10,64	5,15	+ 5,49	ГОСТ 26176-91
Массовая доля легкогидролизуемых углеводов (крахмал), %	4,38	4,25	+ 0,13	ГОСТ 26176-91
Массовая доля цезия-137, бк/кг	< 6,8	–	–	ГОСТ МУК 2.6.1.1194-2003
Массовая доля стронция-90, бк/кг	< 4,0	–	–	ГОСТ ВНИИФТРИ, 1996

<sup>1</sup> Выписка из протоколов испытаний ФГУ «Астраханского государственного центра агрохимической службы» № 5013 от 20.03.2009 г.

Таблица 2

**Содержание основных химических веществ в сушеной траве  
лофанта анисового урожая разных репродукций  
и китайского зеленого байхового чая «Принцесса Ява» (традиционный)**

Наименование образца	Сухое вещество, % (+/- к чаю)	Аскорбиновая кислота, мг, % (+/- к чаю)	Каротин, мг, % (+/- к чаю)
Лофант, 2008 г.	89,3 (-3,3)	9,92 (+1,36)	5,50 (-27,80)
Лофант, 2009 г.	89,2 (-3,4)	11,66 (+3,10)	13,48 (-19,82)
Зеленый чай	92,6 (+/-)	8,56 (+/-)	33,30 (+/-)

*Примечание:* 1) анализы проведены канд. с.-х. наук Н.И. Антипенко в ГНУ ВНИИОБ по общепринятым руководствам [1–4]; 2) условно считаем, что вся аскорбиновая кислота имеет активную L-форму, т.е. левого вращения, – что и является собственно витамином С [3].

Особый интерес представляют лекарственные свойства лофанта, поскольку эта культура в России возделывается недавно, лечебные эффекты от применения этого растения малоизвестны, однако личные результаты исследований авторов и наших семей показали, что препараты лофанта (настои, напары, отвары травы, порошки, мази, применение стеблей в ваннах) перспективны не только как активные биологические добавки (БАД), но и как новое профилактическое и лечебное средство для нормализации обменных процессов человека, укрепления его иммунной и нервной систем, улучшения функции органов дыхания, упорядочения желудочно-кишечного тракта. Его можно применять при кашле, бронхитах, воспалениях легких, гастритах, колитах, гепатитах, кожных заболеваниях и даже при лечении раковых поражений органов и при лечении СПИДа [13]. Эта информация академика А.Ф. Синякова, касающаяся сортов *Белый* и *Фиолетовый*, исключительно важна. Таким образом, лофант совершенно уникальное растение, за что его и назвали *северным женьшенем*.

Толстые стебли с листьями лофанта анисового можно добавлять в банные веники. Баня с лофантовым веником не только ароматна, но и полезна при простуде. Однако все-таки следует помнить, что употреблять листья непосредственно как приправу к мясным и рыбным блюдам, добавлять лофант в сборы и принимать их желательнее по назначению врача.

При порезах или ожогах смажьте лофантовым маслом травмированный участок тела и нагноения не будет, а ранка заживет очень быстро.

Употребление лофанта в косметике способствует устранению морщин, сохраняет молодость кожи, укрепляет корни волос, придает им блеск и шелковистость. Крепкий настой лофанта, его листья освежают и дезинфицируют кожу лица.

Но, несомненно, наиболее благотворное общее унифицированное влияние лофант производит при употреблении его в качестве чайного напитка. «Травяной чай – это напиток, получаемый путем настаивания в кипятке или отваривания определенных частей растений, имеющих пищевое и лекарственное значение, придающих напитку приятный вкус и запах, аппетитный цвет и свойства. Эти растения принято называть «чаепиточными» [1].

В Энциклопедии травяных чаев приводится более 1200 рецептов различных чаев, а в рекомендациях фитотерапевтов и астрологов по выбору напитка, «созвучного» вашей душе и целительного для вашего тела, указаны *лофант анисовый* и *яснотка белая* среди 109 лекарственных растений, здесь же приводится пример моделирования и алгоритмы по выбору «своего» (т.е. наиболее приемлемого человеку) лечебного чая.

Количество рецептов употребления лофанта впечатляет – остановимся подробнее лишь на некоторых из них (почти все рецепты нами проверены).

**Рецепт 1.**

*Чай ароматный, оздоравливающий, противопростудный.*

Смешать в равных количествах сухие листья лофанта и котовника лимонного или змееголовника. Добавить еще одну часть чая из гибискуса, суданской розы (каркадэ). Перемешать, заваривать 1 чайную ложку на стакан кипятка. Этот очень ароматный чай обладает противопростудным и успокаивающим действием.

**Рецепт 2.**

*Чай ароматный.*

Смешать 5 частей чая грузинского и 1 часть (можно и больше) лофанта, травы и заварить.

**Рецепт 3.**

*Чай для лечения гипертонии.*

Состав: омела белая (трава) – 3 части; боярышник (цветки) – 2,5 части; валериана (корневища с корнями) – по 2 части; тмин (плоды) – 1,5 части; лофант (трава) – по вкусу.

Залить одну столовую ложку комплексного сбора одним стаканом кипятка, настаивать 2 часа, процедить. Пить по 1 стакану два раза в день, лучше по согласованию с лечащим врачом.

**Рецепт 4.**

*Чай для лечения гипертонии.*

Состав: пастушья сумка (трава) – 3 части; тысячелистник (трава) – 2,5 части; спорыш (трава) – 3 части; омела белая (трава) – 3 части; лофант (трава) – по вкусу.

Залить 2 столовые ложки смеси одним стаканом кипятка, настоять 30 мин, процедить, пить по одному стакану утром и вечером. Рекомендуется в климактерический период при проявлениях вегетососудистой дистонии по гипертоническому признаку.

**Рецепт 5.**

*Чай для лечения гипертонии.*

В равных частях – боярышник (цветки); пустырник (трава); сушеница толченая (трава); омела белая (листья); лофант (трава).

Заварить 4 столовых ложки измельченной смеси в 1 литре кипятка, настаивать 8 часов, процедить. Пить равными порциями 3 раза в день через 1 час после еды.

**Рецепт 6.**

*Чай для лечения гипертонии.*

В равных частях – омела белая (трава); боярышник (цветки); боярышник (плоды); валериана (корневища с корнями); хвощ полевой (трава); береза (листья); лофант (трава).

**Рецепт 7.**

*Чай успокоительный, лофантовый.*

Состав: береза повислая (листья) – 1 г; тмин песчаный (цветки) – 5 г; боярышник (плоды) – 4 г; донник лекарственный (трава) – 1 г; мать-и-мачеха (листья) – 2 г; солодка голая (корни) – 2 г; сушеница толченая (трава) – 6 г; укроп (трава) – 3 г; хвощ полевой (трава) – 3 г; лофант (трава) – по вкусу.

Заварить 10 г смеси в 200 мл кипятка. Настоять. При гипертонии пить по 1 стакану 3 раза в день до еды в качестве успокаивающего гипотензивного, спазмолитического и мочегонного средства.

**Рецепт 8.**

*Целебный чай из лофанта (анисового, тибетского, китайского).*

1 чайная ложка на заварной чайник. Лучше пить такой чай с медом – 1 чайную ложку меда на стакан чая.

Этот чай укрепляет иммунитет, способствует прекращению воспалительных процессов в организме (бронхитов, ларингитов, трахеитов, пневмоний и пр.), улучшает функционирование печени. Укрепляет нервную систему (помогает, например, при болезни Паркинсона), действует успокаивающе.

**Рецепт 9.**

*Чай ароматный бактерицидный, противохолестериновый.*

В равных частях зеленый чай и лофант смешать, заварить – крепкий, бодрящий, прекрасно утоляющий жажду напиток. Обычно пьют без добавления сахара. В чае содержится набор витаминов: укрепляющий зрение витамин А (каротин); витамин В1, ответственный за нормальное функционирование нервной системы; витамин В2, придающий эластичность и здоровый цвет коже; витамин Р, укрепляющий стенки кровеносных сосудов. В сочетании с лофантом чай поддерживает иммунитет, улуч-



шает состояние сердечно-сосудистой системы, увеличивает свертываемость крови, выводит холестерин. Обладает бактерицидными свойствами. Иногда в чай добавляют сахар, лимон, мяту, но лучше – мед.

#### Рецепт 10.

*Лофант, жареный в тесте.*

Состав: 2,5 столовой ложки муки, 1 яйцо, 2 столовые ложки молока или сметаны, столовая ложка водки, молодые веточки лофанта с листочками и соцветиями по вкусу.

Желток растереть с молоком или сметаной, влить водку, всыпать муку до получения теста консистенции густой сметаны. Белок взбить в крепкую пену, выложить на тесто, аккуратно перемешать, стараясь сохранить его воздушность. В полученное тесто добавить лофант и обжарить в большом количестве жира.

#### Рецепт 11 (для ингаляции – лечебный).

1–2 чайные ложки соцветий лофанта поместить в чайник, залить водой, довести до кипения на медленном огне и через бумажную воронку попеременно через рот и ноздри вдыхать пар в течение 8–10 минут один раз в сутки до полного выздоровления.

#### Рецепт 12.

*Настой и отвар из лофанта по рецепту доктора А.Ф. Снякова.*

2–3 столовые ложки сухой измельченной травы лофанта залить 0,5 литра кипятка, настоять 20–30 минут и пить теплым 1/2 или 2/3 стакана 3 раза в день.

Отвар готовится в той же пропорции – кипятить на слабом огне 5–7 мин, настоять 0,5–1,0 час и пить в тех же дозах. Более крепкие отвары (4 столовые ложки сухой измельченной травы на 0,5 л кипятка) применяют наружно для обмывания и примочек при диатезах, фурункулезе, экземе, два полоскания при ангине, стоматите, раковых язвах [13].

#### Библиографический список

1. Бунер, С. Х. Лечебные травы. Лечение без антибиотиков / С. Х. Бунер. – М. : Мой мир, 2007. – 160 с.
2. Ермаков, А. И. Определение каротина по методу И.Л. Мурри (хроматография на колонках) / А. И. Ермаков // Методы биохимического исследования растений. – Л. : Агропромиздат, 1987. – С. 102.
3. Ермаков, А. И. Определение содержания сухого вещества в овощах, плодах и кормовых травах / А. И. Ермаков // Методы биохимического исследования растений. – Л. : Агропромиздат, 1987. – С. 25.
4. Ермаков, А. И. Цианидный метод определения сахаров в растениях / А. И. Ермаков // Методы биохимического исследования растений. – Л. : Агропромиздат, 1987. – С. 128–132.
5. Лавренов, В. К. Энциклопедия лекарственных растений народной медицины / В. К. Лавренов, Г. В. Лавренова. – СПб. : Нева, 2004. – С. 122.
6. Лавренова, Г. В. Лечение чаем / Г. В. Лавренова. – СПб. : Диалог, 1999. – 144 с.
7. Лудилов, В. А. Азбука овощевода / В. А. Лудилов, М. И. Иванова. – М. : Дрофа плюс, 2004. – С. 177–179.
8. Полинг, Л. Витамин С и здоровье / Л. Полинг. – М. : Наука, 1974. – С. 80.
9. Прошаков, Ю. И. Лофант анисовый – двойник женьшеня / Ю. И. Прошаков // Картофель и овощи. – 2002. – № 1. – С. 16–17.
10. Сняков, А. Ф. Большой медовый лечебник / А. Ф. Сняков. – М. : Авеонт, 2006. – С. 648–650.
11. Фурсов, Н. В. Новое растение для Астрахани и России – лофант анисовый / Н. В. Фурсов, В. Н. Фурсов, В. В. Фурсов, Г. Ф. Соколова, А. Г. Тырков, А. В. Великородов, Л. П. Ионова. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2009. – 123 с.
12. Энциклопедия народной медицины. – М. : ИДДК, 2004–2005. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
13. *British pharmacopoeia* : in 2 vol. – London : Majesty's stationary office, 1980. – Vol. 1. – 516 p. ; Vol. 2 – 940 p.
14. *Pharmacopes* Française. Editee sous la direction de la commission nationale de pharmacopée per l'ordre national des pharmaciens. – Paris, 1972. – Vol. 1, № 9–10.
15. *Pharmacopoeia* of India (The Indian Pharmacopoeia). – Delhi : Published by the manager of publications, 1955.
16. *The pharmacopoeia* of Japan // Ministry of Health & Welfare. – Tokyo, 1961.

17. *The United States Pharmacopoeia* // United States Pharmacopoeial Convention Inc. – Rockville, 1980.

18. *Venchikov, A. I.* Physiologically Active Amounts of Trace Elements. Trace Elements. Trace Elements Metabolism in Man & Animals-3 / A. I. Venchikov ; ed. by M. Kirhgesner. – 1978. – P. 15–17.

УДК 615.012.6

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ  
ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ СКОПАРИИ СЛАДКОЙ (*SCOPARIA DULCIS* L.),  
ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ПРОВИНЦИИ НГЕАН ВЬЕТНАМА<sup>1</sup>**

*Епинетов Михаил Александрович*, профессор, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой фармакологии

*Нгуен Ань Зунг*, аспирант кафедры биологии и экологии растений

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел./факс (8512) 22-82-64, e-mail: epinetov@mail.ru; nadungch8@yahoo.com

*В статье показан состав биологически активных веществ скопории сладкой, произрастающей в Нгеан провинции Вьетнама. Представлены результаты ботанического исследования химического состава, фармакологического действия и применения этого растения. Во Вьетнаме скопория сладкая используется для лечения сахарного диабета, анемии, альбуминурии, кетонурии, ретинита, других признаков, сопровождающих сахарный диабет, для ускорения заживления ран. Скопория также используется для лечения: кашля, ангины, высыпаний, кори, полименореи, диареи, дизентерии и лихорадки.*

**Ключевые слова:** лекарственное растение, скопория сладкая (*Scoparia dulcis*), биологическое активное вещество (БАВ), Норичниковые.

**PROSPECTS OF THE USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES  
OF MEDICINAL PLANT *SCOPARIA DULCIS* L. GROWING  
IN NGEAN PROVINCE, VIETNAM**

*Epinetov Mikhail A., Nguyen Anh Dung*

*In the article the phytochemical composition of Scoparia dulcis L. was showed. The results of the botanical characteristics, chemical composition, pharmacological action and use of this plant are presented. In Vietnam Scoparia dulcis L. is used to treat diabetes, anemia; albuminuria; ketonuria, retinitis, other signs that accompany diabetes; and to accelerate healing of wounds. S. dulcis is also used for treatment of cough, sore throat, rash, measles, polimenorrei; diarrhea, dysentery and fever.*

**Key words:** medicinal plant, *Scoparia dulcis*, biological active substance, Scrophulariaceae.

**Скопория сладкая** (*Scoparia dulcis* L.), семейство: Норичниковые (*Scrophulariaceae*) – пряморастущая многолетняя трава 0,3–1 м высотой, разветвленная, деревянистая в основании. Род *Scoparia dulcis* L. включает приблизительно 10 разновидностей. Во Вьетнаме встречается только одна разновидность – *Scoparia dulcis* L. Согласно некоторым авторам, *Scoparia dulcis* L. родом из тропической Америки. Во Вьетнаме скопория сладкая считается сорняком и распространена повсюду, от равнин до гор, высотой в несколько сотен метров.

*Scoparia dulcis* L. – влаголюбивое и солнцелюбивое растение, однолетнее, развивается из семян, цветет поздней весной, в середине лета или ранней осенью полностью увядает.

---

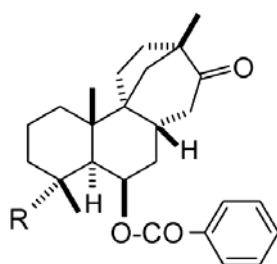
<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ Международный проект № 09-03-90302-Вьет\_a

Рис. 1. Скопария сладкая (*Scoparia dulcis* L.)**Сбор лекарственного сырья и используемые части.**

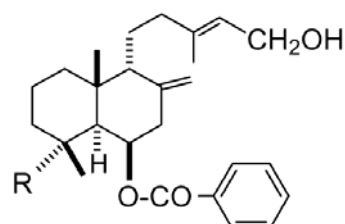
Целое растение, собранное летом, используется или в свежем виде, или высушенном, расщепленным на части перед употреблением. Вкус сладкий.

**Химический состав.**

Скопария сладкая (*Scoparia dulcis* L.) содержит: 6-Гидроxy-14,15-динор-13-оxo-8(17)-лабден-18-оic acid; Dulcinol; Dulcidiol; Isodulcinol; 8-Гидроxyтрицетин 7-глюконоид; Scoparic acid B; Scoparic acid C; Scoparinol; Scopadiol; Scopadulin; Scoparic acid A; Scopanolal; Scopadulcic acid C; adrenalin; 6-methoxybenzoxazolinone; Lupeol; betulinic acid; nirtetralin; niranthin; 4',5-dihydroxy-3,7-dimethoxyflavone, Acacetin 3'-hydroxy-4',5,7-trimethoxyflavone; nirtetralin; niranthin.



SDB: R = COOH  
SDC: R = CH<sub>2</sub>OH

Рис. 2. Scopadulcic acid B (SDB)  
Scopadulciol (SDC)

Scoparic acid A: R = COOH  
Scopadiol: R = CH<sub>2</sub>OH

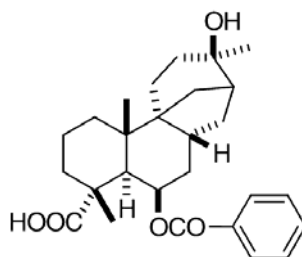
Рис. 3. Scopadulcic acid A  
Scopadiol

Рис. 4. Scopadulin

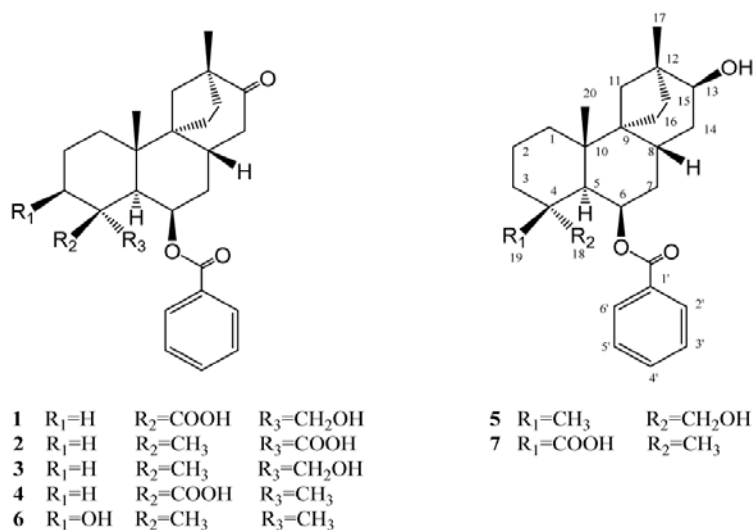


Рис. 5. Chemical Structures of 1–7 Scopadulane-Type Diterpenoids

#### Свойства по восточным критериям.

*Scoparia dulcis* L. имеет сладкий и жгучий вкус; прохладный характер.

Воздействие: тонизирует селезенку, улучшает функцию легких, устраняет лихорадку, связанную с интоксикацией; противодействует интоксикации, уменьшает жажду.

*Фармакологическое действие (экспериментальные данные) скопарии:*

- проявляет успокаивающее действие;
- уменьшает подвижность мышей;
- оказывает спазмолитическое действие на изолированной подвздошной кишке морской свинки;

• оказывает гипогликемическое действие. При пероральном приеме биологически активного вещества скопарии амеллина наблюдается уменьшение содержания глюкозы в плазме крови и прочие признаки сахарного диабета и эритремии. Амеллин не снижает уровень глюкозы крови при ее нормальном уровне, но уменьшает содержание глюкозы в крови и моче, кетоновых тел и железа крови, увеличивается щелочной резерв крови при диабете;

- противодействует преждевременному старению тканей организма;
- содействует лучшему метаболизму белков;
- уменьшает содержание липидов в жировой ткани;
- поддерживает заживление ран.

#### Применение и дозы.

Используют в качестве:

- общетонизирующего средства (*Scoparia dulcis* заменяет *Glycyrrhiza uralensis* при лечении);
- средства при лихорадке;
- противоядия при отравлении алкоголем;
- противокашлевого средства.

Скопария также используется для лечения ангины, высыпаний, кори, полиморфеи.

Ежедневная энтеральная доза – 8–12 г высушенного или 20–40 г свежего растения в форме отвара. Используется отдельно или в комбинации с другими лекарствами.

Настой листа скопарии вылечивает: лихорадку, кашель, бронхит; используется при полоскании или для устранения зубной боли.

Горячие настои используют как диуретическое средство, охлажденный отвар полезен при почечных камнях и при других почечных болезнях.

Отвар из корня, листьев и верхней части ответвлений эффективен при диарее, дизентерии, лихорадке.

Вымачивание семян в воде в течение дня дает освежающий напиток. Амеллин используется для лечения: сахарного диабета, анемии, альбуминурии, кетонурии, ретинита; других признаков, сопровождающих сахарный диабет; для ускорения заживления ран.

#### Библиографический список

1. **Кханг, Н.** Фармакогнозия и экспорт медикаменты Вьетнама за рубежом / Н. Кханг, В. В. Схьюнг // Бизнес. – Ханой, 1996. – Т. 5, № 3. – С. 27.
2. **Лой, Д. Т.** Лекарственные растения и препараты Вьетнама / Д. Т. Лой. – Ханой, 1999. – 1274 с.
3. **Ресурсы** лекарственных растений Вьетнама. – Ханой : Фармакол. акад., 1993.
4. **Схй, В. В.** Словарь лекарственных растений Вьетнама / В. В. Схй. – Хошимин, 1999. – 1468 с.
5. **Тьин, Н. Н.** Лекарственные растения этнической группы Тьай в районе Конкуонг, провинция Нгеан, Вьетнам / Н. Н. Тьин, Т. Н. Нань, Н. Ч. Нья. – Ханой : Изд-во сельскохоз-е, 2001. – 178 с.
6. **Nayashi, T.** Involvement of 2-C-Methyl-D-erythritol-4-phosphate Pathway in Biosynthesis of Aphidicolin-Like Tetracyclic Diterpene of *Scoparia dulcis* / T. Nayashi, K. M. Nkembo, J. B. Lee, T. Nakagiri / Chem. Pharm. Bull. – 2006. – № 54 (5). – P. 758–760.
7. **Nayashi, T.** Selective Enhancement of Scopadulcic Acid B Production in the Cultured Tissues of *Scoparia dulcis* by Methyl Jasmonate / T. Nayashi, K. M. Nkembo, J. B. Lee / Chem. Pharm. Bull. – 2005. – № 53 (7). – P. 780–782.
8. **Otsuka, H.** Chemical and Biological Evaluation on Scopadulane-Type Diterpenoids from *Scoparia dulcis* of Vietnamese Origin / H. Otsuka, M. G. Phan, T. S. Phan, K. Matsunami / Chem. Pharm. Bull. – 2006. – № 54 (4). – P. 546–549.
9. **Sankawa, U.** Geranylgeranyl Diphosphate Synthase from *Scoparia dulcis* and *Croton sublyratus*. Plastid Localization and Conversion to a Farnesyl Diphosphate Synthase by Mutagenesis / U. Sankawa, W. Sitthithaworn, N. Kolma, E. Viroonchatapa, D. Y. Suh, N. Iwanami, T. Hayashi, M. Nol, K. Saito, Y. Niw / Chem. Pharm. Bull. – 2001. – № 49 (2). – P. 197–202.
10. **Van N. D. N.** An overview of the use of plants and animals in traditional medicine systems in Vietnam / N. D. N. Van, N. Tap // Traffic Southeast Asia report : Greater Mekong Programme (Ha Noi). – 2008.
11. **Yagama Reddy, Y.** A Glimpse of Vietnam's Forest Wealth and Medicinal Plants-Based Traditional Medicine / Y. Yagama Reddy // Journal. Hum. Ecol. – 2005. – № 17 (4). – P. 293–299.

УДК 543

## PRODUCTION OF CHITIN FROM CRUSTACEAN SHELLS BY USING FERMENTS

**Younis Alaa Eldin Mohamed<sup>1</sup>**, Ph.D, student of Department of food biotechnology  
**Aly Eldeen Mohamed Abdelnaby<sup>2</sup>**, Ph.D, student of Department of biotechnology and bioecology

Astrakhan State Technical University<sup>1</sup>  
 414025, Astrakhan, Tatischeva st., 16,  
 tel. 8 (8512)-614-594, fax. 8 (8512)-28-16-44, e-mail: ala\_den@yahoo.com  
 Astrakhan State University<sup>2</sup>  
 414000, Astrakhan, Shaumyana sq., 1,  
 tel./fax (8512) 22-82-64, e-mail: m\_niof@yahoo.com

*Enzymatic deproteinization for crustacean shells by using ferments obtained from stomach sheatfish was used to remove the proteins content (deproteinization) after demineralization using hydrochloric acid, and the amount of protein still associated with chitin was removed using 1–3 % sodium hydroxide.*

*After removing the proteins and minerals content chitin had a moisture content of 6,0 %, 0,9 % proteins and 0,2 % ash. Chitin was prepared by using ferments and the chemical composition of this product was found to be of high quality of biopolymer.*

**Key words:** fermentation, chitin, crustacean shells, deproteinization, demineralization.

## ПРОИЗВОДСТВА ХИТИНА ИЗ ПАНЦИРЯ РАКООБРАЗНЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРМЕНТОВ

Юнес Алаа Эльдин Мухаммед, Али Эльдин Мохамед Абд Эльнаби

*Способ депротеинирования измельченного сухого панциря раков ферментным препаратом из желудочной ткани сома после проведения деминерализации кислотой позволяет вторую стадию очистки от белков осуществлять слабым раствором гидроксида натрия (1–3 %).*

*Химический состав хитина, очищенного от белков и минеральных примесей, имел после высушивания содержание воды – 5,2 %, примесей белка – 0,96 % и минеральных веществ – 0,2 %, что соответствует высокому качеству полученного биополимера.*

**Ключевые слова:** ферментация, хитин, панцирь ракообразных, депротеинизация, деминерализация.

### Introduction

Humans have learnt through ages to exploit nature's resources in many ways and have, from time immemorial, recognized the wealth and potential of the sea. Seafoods have served as energy and nutrient sources for humans for centuries, and have become a delicacy praised by many gastronomists. In addition to its use as energy and nutrient sources, seafoods have recently been shown to be excellent sources of useful biochemicals, such as chitin, a natural biopolymer with unique properties.

Chitin is one of the most abundant natural polysaccharides produced by many living organisms; it is usually found as a component of crustacean shells. This polymer consists of a linear chain of (1→4) linked 2-acetamido-2-deoxy-b-D-glucopyranose units (Fig. 1).

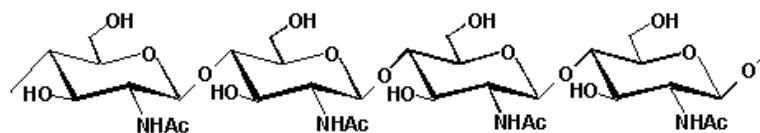


Fig. 1. Chemical structure of chitin

Crustacean waste is the major source of the chitin available in the market [16]. Chitin and its deacetylated derivative, chitosan, have a wide range of uses, not only in the food industry but also in the pharmaceutical, textile, and cosmetic industries, and in agriculture [4, 8, 14]. Usually chitin isolation consists of deproteinization, demineralization, and bleaching.

Chitosan is a natural carbohydrate biopolymer derived by deacetylation (DA) of chitin, after cellulose, chitin is the second most abundant natural biopolymer found in nature [11].

Like cellulose, chitosan is a fiber (Fig. 2, 3). However, unlike plant fiber, chitosan possesses unique properties including the ability to form films, optical structural characteristics and much more. Chitosan also possesses a positive ionic charge, which gives it the ability to chemically bind with negatively charged fats, lipids and bile acids [13]. Chitosan is a non-toxic, biodegradable and biocompatible polymer. Over the last several years, chitinous polymers, especially chitosan, have received increased attention as one of the promising renewable polymeric materials for their extensive applications in the pharmaceutical and biomedical industries for enzyme immobilization and purification, in chemical plants for wastewater treatment, and in food industries for food formulations as binding, gelling, thickening and stabilizing agent [6].

Traditionally, shrimp waste shells are deproteinized using alkaline aqueous solutions [3, 16].

However, the use of these chemicals causes depolymerisation of the product and therefore affects properties such as molecular weight, viscosity and degree of deacetylation. These chemical treatment methods bring about hazardous environmental problems like disposal of wastewater. The cost of the chemicals is another drawback of this approach.

To overcome the problems of chemical treatments, different microorganisms [15, 17] and proteolytic enzymes [1, 2] were used to remove the proteins and mineral content. Dur-

ing fermentation with microbes, deproteination takes place by the activity of proteases in the microorganisms.

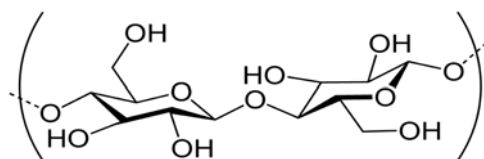


Fig. 2. Chemical structure of cellulose

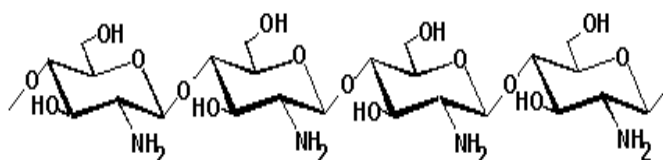


Fig. 3. Chemical structure of chitosan

In the present work, an attempt was made complete deproteination to produce chitin by fermentation using proteinase complex ferment, obtained from stomach sheatfish.

#### Material and method

The raw sample of crab shell was separated after steaming and washed with tap water the shells were cut with scissors and used for fermentation. De-proteinization was performed using proteinase complex ferment, obtained from stomach sheatfish, and thoroughly crab shell waste was mixed with 48 h incubated 0,35 % w/w proteinase complex. The flask was tightly closed and kept for fermentation at temperature 40 °C and pH 2.

After the completion of fermentation, sediments were removed, washed and estimated for its ash and chitin. the amount of protein still associated with chitin was removed using – 2,3 % NaOH at 95 °C for 2 h. Residual dry weight and chitin yield demineralization were carried out at room temperature using 4 % hydrochloric acid and drying at 25 °C for 48 h at room temperature. Moisture content, color, and ash of chitin were calculated according to standard method (state standard specification 7636).

#### Result and discussion

The proximate composition of crab shell is shown in Table 1. There were significant differences in the protein, fat, chitin and ash contents. Crude protein (N\*6,25) and crude fat contents of crab shell were 24 % and 0,8 %, respectively. This probably is due to the protein is bound by covalent bonds to the chitin. Ash contents of crab shell were 31 %. The ash content in crab shell is an important parameter because can affect other more important characteristics of the final product so the isolation of chitin specifically consists of two steps: demineralization (DM) and deproteination (DP).

Table 1

**The chemical composition of crab shell**

Chemical composition	Chitin (%)	Nitrogen (%)	Ash (%)	lipid (%)
Crab shell	22	24	31	0,8

Results of the moisture, nitrogen, ash, color and appearance of chitin sample are presented in Table 2.

Chitin powder is quite flabby in nature and its color varies from white to grayish-pink [10, 12] noted that, the pigment in the crustacean shell forms complexes with chitin (4-keto and three 4, 4'-diketo-β-carotene derivatives). Based on visual observation, the color of our crawfish chitin is white.

Table 2

**Proximate Analysis of Crawfish chitin**

Properties	Fermentation method	Standard 64–14–170
Appearance	flakes	powder or flakes
Color	white	from white to grayish-pink
Moisture (%)	6,0	10
Ash (%)	0,2	1,0
Nitrogen (%)	0,9	1,5

The crawfish chitin had a moisture content 6,0 %. Chitin is hygroscopic in nature. According to [5, 7] commercial chitin products contain less than 10 % moisture content.

Ash measurement is an indicator of the effectiveness of the demineralization step for removal of calcium carbonate. The ash content in chitin is an important parameter. Some residual ash of chitin may affect their solubility, consequently contributing to lower viscosity, or can affect other more important characteristics of the final product. A high quality grade of chitin should have less than 1 % of ash content [9]. Our crawfish chitin contained less than 1 % ash (0,2).

The percentage of protein remaining on the residue was 0,9 %, showing the efficiency of the deproteinization by fermentation using proteinase complex ferment, obtained from stomach sheatfish at temperature 40 °C and pH 2. Protein is bound by covalent bonds forming stable complex with chitin. Thus, it is very difficult to achieve 100 % deproteinization. Even with complete deproteinization, nitrogen is still remained as chitosan has the amino (-NH<sub>2</sub>) group.

**Acknowledgements**

We wish to acknowledge Prof. Dr. M. D. Mukatova Department of food biotechnology, Astrakhan state technical university, for her tireless support and valuable advice.

**Conclusion**

The use of proteinase complex ferment, obtained from stomach sheatfish at temperature 40 °C and pH 2 is a simple and inexpensive alternative to chemical methods currently employed in the preparation of chitin. It could be especially useful for the preservation of the natural state of this polymer.

**Reference**

1. **Broussignac, P.** Chitosan: a natural polymer not well known by the industry / P. Broussignac // *Chimie et Industrie – Génie Chimique*, 1968. – № 99. – P. 1241–1247.
2. **Gagne, N.** Use of proteolytic enzymes to facilitate the recovery of chitin from shrimp wastes / N. Gagne, B. K. Simpson // *Food Biotechnology*. – 1993. – № 7. – P. 253–263.
3. **Gildberg, A.** A new process for advanced utilization of shrimp waste / A. Gildberg, E. Stenberg // *Process Biochemistry*. – 2001. – № 36. – P. 809–12.
4. **Imeri, A. G.** Effects of chitosan on yield and compositional data of carrot and apple juice / A. G. Imeri, D. Knorr // *Journal of Food Science*. – 1988. – № 53. – P. 1707–1709.
5. **Khan, T.** Reporting degree of deacetylation values of chitosan: the influence of analytical methods / T. Khan, K. Peh, H. S. Ch'ng, // *Journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*. – 2002. – Vol. 5, № 3. – P. 205–212.
6. **Knorr, D.** Use of chitinous polymers in food. A challenge for food research and development / D. Knorr // *Food Technology*. – 1984. – № 38. – P. 85–97.
7. **Li, Q.** Applications and properties of chitosan / Q. Li, E. T. Dunn, E. W. Grandmaison, M. F. A. Goosen // *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*. – 1992. – № 7. – P. 370–397.
8. **Li, Q.** Application and properties of chitosan / Q. Li, E. T. Dunn, E. W. Grandmaison, M. F. Goosen // *Applications of chitin and chitosan*. – Lancaster, PA : Technomic Publishing Co. Inc, 1997. – P. 1–21.
9. **No, H. K.** Isolation of Chitin from Crab Shell Waste / H. K. No, M. Y. Lee // *Journal Korean Society of Food Science and Nutrition*. – 1995. – № 24 (1). – P. 105–113.
10. **No, H. K.** Preparation and Characterization of Chitin and Chitosan-A Review / H. K. No, S. P. Meyers // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. – 1995. – № 4 (2). – P. 27–52.



11. **No, H. K.** Recovery of amino acids from seafood processing wastewater with a dual chitosan-based ligand-exchange system / H. K. No, S. P. Meyers // Journal of Food Science. – 1989. – № 54 (1). – P. 60–70.
12. **Rout, S. K.** Physicochemical, Functional, and Spectroscopic analysis of crawfish chitin and chitosan as affected by process modification : dissertation / S. K. Rout. – 2001.
13. **Sandford, P. A.** High purity chitosan and alginate: Preparation, analysis, and applications / P. A. Sandford // Front Carbohydrate Research. – 1992. – № 2. – P. 250–269.
14. **Shahidi, F.** Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) / F. Shahidi, J. Synowiecki // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1991. – № 39. – P. 1527–1532.
15. **Shirai, K.** Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation / K. Shirai, I. Guerrero, S. Huerta, G. Saucedo, R. O. Gonzalez, A. Castillo, G. M. Hall // Enzyme and Microbial Technology. – 2001. – № 28. – P. 446–452.
16. **Synowiecki, J.** Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives / J. Synowiecki, N. A. Al-Khateeb // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2003. – № 43. – P. 145–71.
17. **Wang, S. L.** Deproteinization of Shrimp and Crab Shell with the Protease of *Pseudomonas Aeruginosa* K-187 / S. L. Wang, S. H. Chio // Enzyme and Microbial Technology. – 1998. – № 22. – P. 629–633.

УДК 34.27+34.47+ 57.021+62.01.94 +579

#### ЭФФЕКТЫ МИКРООРГАНИЗМОВ И ПРЕПАРАТОВ «ГУМАТ-80» И «POWNUMUS» НА НЕФТЕПРОДУКТЫ

**Стом Дэвард Иосифович**, доктор биологических наук, профессор, заведующий Лабораторией водной токсикологии Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете

**Дагуров Алексей Владимирович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете

**Боярова Надежда Анатольевна**, студентка V курса биолого-почвенного факультета

**Коквина Лариса Владимировна**, студентка V курса биолого-почвенного факультета

**Саксонов Михаил Наумович**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете

Научно-исследовательский институт биологии при Иркутском государственном университете

664003, г. Иркутск-3, ул. Ленина, 3, а/я 24,

тел. (3952) 34-34-37, факс (3952) 34-00-07, e-mail: stomd@mail.ru, e-mail: adagurov@mail.ru

*Изучено влияние препаратов гуматов и поверхностно-активных веществ на изменение гидрофобности поверхностей клеток и спор микроорганизмов и их адгезию к гидрофобным веществам. Установлено, что гуматы и поверхностно-активные вещества снижали адгезию клеток микроорганизмов на каплях эмульсий гидрофобных веществ и повышали гидрофильность их поверхностей.*

**Ключевые слова:** гуматы, микроорганизмы, гидрофобные вещества, эмульсии, адгезия.

THE EFFECTS OF MICROORGANISMS AND “HUMATE-80”  
AND “POWHUMUS” PREPARATIONS ON OIL PRODUCTS<sup>1</sup>

Stom Devard I., Dagurov Alexey V., Boyarova Nadegda A., Kokovina Larisa V., Saxonov Mihail N.

*The effect of humate samples and surface active substances on the change of hydrophobic properties of cell surface and spores of microorganisms and their adhesion to hydrophobic substances was studied. Humates and surface active substances are shown to decrease microorganism cell adhesion on the drops of hydrophobic substance emulsion and increase hydrophily of their surface.*

**Key words:** humates, microorganisms, hydrophobic substances, emulsions, adhesion.

На сегодняшний день одним из наиболее дешевых, эффективных и экологически безопасных способов биоремедиации субстратов, загрязненных гидрофобными веществами, является использование углеводородокисляющих микробиологических препаратов. Нефтеокисляющие микроорганизмы способны продуцировать биосурфактанты, обладающие эмульгирующей способностью, благодаря которой нефтепродукты становятся более доступными для микробиологической трансформации [9]. Ранее было показано, что гуминовые вещества (ГВ) способны диспергировать гидрофобные вещества и интенсифицировать процессы биоремедиации загрязнений окружающей среды углеводородами [2, 7]. Цель данного сообщения – изучение возможных механизмов эффекта гуматов на микробиологическое окисление углеводородов.

**Материалы и методы исследований**

В работе использовали штамм *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki* 7–14 кс., выделенный при эпизоотии лиственничной мухи (*Hylemyia laricicola*) в Камчатской области [3]. Штамм получен из коллекции О.Ф. Вятчиной. Для проведения исследований брали также вегетативные клетки непатогенных штаммов микроорганизмов *Yarrowia lipolytica* и *Rhodococcus erythropolis*. Эти культуры входят в состав углеводородокисляющего микробиологического препарата «Деворойл» [8]. Препарат разработан в Институте микробиологии РАН и Научно-производственном предприятии «Биотехинвест» [1]. Нефтеокисляющие штаммы культивировали на синтетической среде №1 для углеводородокисляющих микроорганизмов следующего состава (%):  $\text{KNO}_3$  – 0,40;  $\text{MgSO}_4$  – 0,08;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,06;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 0,14; водопроводная вода; pH – 7,2 [6]. Бактериальные споры получали следующим способом. Культуру *B. thuringiensis* выращивали на РПА при температуре 28–30 °С в течение 7 суток. При 98%-ом высевании спор их смывали дистиллированной водой и доводили до нужного титра, оценивая оптическую плотность при  $\lambda = 400$  нм.

В работе использовали следующие вещества: нефть марковского месторождения Иркутской области; дизельное топливо (зимний сорт); топочный мазут М-40; гексадекан; парафин.

Эффекты ГВ сопоставляли с действием неионогенного поверхностно-активного вещества “Tween-20”.

Источниками гуминовых веществ служили коммерческие препараты «Гумат-80» и “Powhumus”. Первый представляет собой смешанный гумат К/Na, выпускаемый ООО «Аграрные технологии», г. Иркутск. Его получают путем механохимической обработки бурого угля и смеси  $\text{K}_2\text{CO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  [5]. “Powhumus” – гумат калия (Humintech Ltd., Германия), производят по стандартной технологии мокрой щелочной экстракцией из окисленного угля (леонардита). Для приготовления матричного раствора гумата навеску соответствующего мелкодиспергированного воздушно-сухого препарата растворяли в воде и фильтровали через бумажный фильтр.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)» (проект РНП.2.2.2.3/8061), госконтракта Роснаука 02.740.11.0018 и ФЦП 2009-1.1-154-065-005 «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области географии и гидрологии суши».

Влияние нефтепродуктов и ГВ на гидрофобность поверхности клеток и спор микроорганизмов определяли колориметрически по количеству спор и клеток, перешедших из бактериальной суспензии в гидрофобную фазу [4].

Для подкрашивания олеофильных веществ использовали краситель «Судан-IV».

Влияние гумата и ПАВ на адгезию клеток *Y. lipolytica* на каплях эмульсий нефтепродуктов, подкрашенных суданом, определяли смешивая нефтепродукты и суспензию микроорганизмов (титр  $\sim 10^7$  КОЕ/мл) в соотношении 1 : 4. Затем смесь эмульгировали на магнитной мешалке две минуты и отстаивали десять минут. Микроскопирование проводили при увеличении  $\times 40$ . Диаметр капель нефтепродуктов определяли при помощи окулярмикрометра. Подсчитывали количество клеток, находящихся на каждой отдельной капле. Исходя из площади поверхности капель и количества находящихся на них клеток, оценивали величину адгезии (количество клеток микроорганизмов на 1 мкм капли гидрофобного вещества) по формуле:  $S = \pi d^2/2$ ;  $A = n/S$ , где  $S$  – площадь поверхности одной капли эмульсии,  $d$  – диаметр одной капли,  $n$  – количество клеток, адгезированных к одной капле,  $A$  – величина адгезии.

Для статистической обработки полученных данных пользовались общепринятыми методами [10] с применением пакета программ “Statgraf 3.0” и “Excel 2003”. Достоверность различия определяли с помощью критерия Стьюдента. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза  $P \geq 0,95$ .

### Результаты исследований и их обсуждение

Выдерживание спор *B. thuringiensis* и клеток *R. erythropolis* в эмульсиях нефтепродуктов приводило к повышению гидрофобности их поверхности (табл. 1). После инкубирования в растворах гумата индекс гидрофобности поверхности бактериальных спор *B. thuringiensis* был значительно ниже, чем у исходной бактериальной суспензии. Так, после обработки «Гуматом-80» индекс гидрофобности снизился на 47 %, а в случае “Powhumus” – на 31 %. Гуматы не только уменьшали гидрофобность поверхности исходных бактериальных спор, но и спор обработанных различными нефтепродуктами. Например, после инкубирования в мазуте индекс гидрофобности составлял 72 %. После обработки тех же бактериальных суспензий 0,5 г/л «Гумата-80» индекс снизился на 45 %. Подобное действие на споры, находившиеся в нефтепродуктах, оказывали и ПАВ (“Твееп-20”). Аналогичный эффект гуматов и ПАВ обнаружен и при проведении экспериментов с бактериальными спорами *Bacillus cereus*. Так, до обработки мазутом индекс гидрофобности *B. cereus* составлял 25 %, после – 48 %. Если же споры *B. cereus* последовательно обрабатывали мазутом, а потом растворами гумата или ПАВ, то индекс гидрофобности снижался до 27 % и 30 % соответственно.

Таблица 1

#### Индекс гидрофобности клеток штаммов бактериальных культур *B. thuringiensis*, *R. erythropolis*, *Y. lipolytica* после обработки гексадеканом, нефтью, дизельным топливом и мазутом

Состав суспензии	Индекс гидрофобности, %		
	<i>B. thuringiensis</i>	<i>R. erythropolis</i>	<i>Y. lipolytica</i>
Суспензия бактериальных клеток после обработки гексадеканом	36,2 ± 4,7	10,0 ± 2,2	23,2 ± 3,2
Суспензия бактериальных клеток после обработки нефтью	35,4 ± 4,3	7,1 ± 1,5	11,5 ± 2,5
Суспензия бактериальных клеток после обработки дизельным топливом	–	13,4 ± 2,2	13,4 ± 4,2
Суспензия бактериальных спор после обработки мазутом	69,3 ± 9,2	–	–

В связи с тем, что гумат мог оказать влияние на оптическую плотность суспензий, были поставлены эксперименты, в которых количество клеток и спор определяли методом Коха. Титры клеток и спор, перешедших в гексадекан после обработки

гуматом, снижались на  $7,3 \times 10^6$  КОЕ/мл и  $1,22 \times 10^6$  КОЕ/мл соответственно, а в гидрофобной фракции уменьшалось количество клеток *R. erythropolis* и спор *B. thuringiensis*. Следовательно, гумат делал их поверхность более гидрофильной.

Результаты измерений оптической плотности исходных бактериальных суспензий и суспензий после обработки гексадеканом, нефтью и дизельным топливом представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Оптическая плотность суспензии бактериальных культур *B. thuringiensis*, *R. erythropolis*, *Y. lipolytica* до и после обработки суспензии гексадеканом, нефтью, дизельным топливом и мазутом**

Состав суспензии	Оптическая плотность		
	<i>B. thuringiensis</i>	<i>R. erythropolis</i>	<i>Y. lipolytica</i>
Исходная суспензия бактериальных клеток (контроль)	0,64 ± 0,06	0,67 ± 0,05	0,67 ± 0,03
Суспензия бактериальных клеток после обработки гексадеканом	0,53 ± 0,09	0,40 ± 0,04	0,33 ± 0,02
Суспензия бактериальных клеток после обработки нефтью	0,06 ± 0,01	0,50 ± 0,07	0,41 ± 0,05
Суспензия бактериальных клеток после обработки дизельным топливом	–	0,55 ± 0,01	0,49 ± 0,01
Суспензия бактериальных спор после обработки мазутом	0,04 ± 0,02	–	–

Эксперименты показали, что инкубирование суспензии бактерий и спор с нефтепродуктами вызывает снижение их оптической плотности. Это свидетельствует об усилении перехода спор и клеток из бактериальной суспензии в гидрофобную фазу, так как после обработки суспензии гидрофобными веществами снижалась ее оптическая плотность (табл. 2).

Таким образом, ГВ и ПАВ, действуя на бактериальные споры, изменяли гидрофильно-гидрофобный показатель их поверхности в сторону повышения гидрофильности. Обработка нефтепродуктами суспензий спор бактерий приводила к возрастанию гидрофобности их поверхности. Под влиянием ГВ и ПАВ индекс гидрофобности поверхности спор бактерий, предварительно подвергнутых воздействию нефтепродуктов, снижался. К сходному заключению пришли, анализируя влияние ГВ на распределение модельных культур микроорганизмов в двух несмешивающихся жидкостях: водная суспензия – гидрофобное вещество (нефть, дизельное топливо, машинное масло).

При изучении распределения клеток *R. erythropolis* в системе: слой воды – слой гексадекана, больше всего клеток ( $1,7 \times 10^7$  КОЕ/мл) выявлено на границе раздела фаз гексадекана и водной суспензии микроорганизмов (для сравнения: в среднем и верхнем слоях гексадекана обнаруживали  $0,1 \times 10^7$  и  $3,8 \times 10^5$  КОЕ/мл соответственно). Таким образом, добавление гумата (концентрация “Powhumus” в растворе 1 г/л) снижало содержание клеток *R. erythropolis* на границе раздела фаз водная суспензия микроорганизмов – гексадекан на порядок. Следовательно, гумат делал клетки бактерий более гидрофильными и обеспечивал их переход в полярную фазу (в водную суспензию).

Титр клеток в суспензии *R. erythropolis* после выдерживания в ней предметного стекла оставался одного порядка при добавлении гумата (“Powhumus”) и без него ( $0,7 \times 10^8$  и  $1,03 \times 10^8$  КОЕ/мл соответственно). Следовательно, раствор гумата не влиял на адсорбцию микроорганизмов на полярных поверхностях.

Поверхность капель дизельного топлива, эмульгированного в воде (контроль), была густо облеплена клетками *Y. lipolytica*. При добавлении в лунку на предметном стекле раствора “Powhumus” с концентрацией 1 г/л наблюдали эффективное очищение капель дизельного топлива от клеток *Y. lipolytica*. Подобный эффект фиксировали и в растворе “Tween-20” с концентрацией 0,01 г/л. Растворы гумата 0,1 и 0,5 г/л, хотя и не устраняли полностью клетки микроорганизмов с поверхности капель дизельного топлива, но сильно снижали количество сорбированных клеток. Концентра-

ции 2 и 4 г/л раствора “Powhumus” не давали такого эффекта (клетки микроорганизмов оставались прикрепленными к поверхности дизельного топлива).

Обработка суспензии спор и клеток микроорганизмов витальными полярными красителями, например, метиленовым синим, делала картину распределения модельных культур значительно более четкой и яркой. Но вместе с тем после прокрашивания споры и клетки сорбировались на поверхности капель и полоске парафина слабее, чем до обработки красителем. Грозди, которые образовывали споры и клетки испытуемых культур при их слипании, после окрашивания были менее выражены и легче распадались. Отношение титров окрашенных клеток и спор, находившихся на границе двух сред – нефтепродукт-суспензия спор *B. thuringiensis* или клеток *Y. lipolytica* (*R. Erythropolis*) – было ниже, чем до прокрашивания. Это лишнее раз доказывает гидрофобность поверхности испытанных спор и клеток и снижение их олеофильности под действием некоторых веществ.

Авторы признательны И.А. Борзенкову за предоставление культур *Yarrowia lipolytica*, О.Ф. Вятчиной за предоставление культур *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki 7-14 кс.*, В. Stern “Humintech GmbH” (Германия) за препарат “Powhumus”, а Ю.В. Макушеву за «Гумат-80».

#### Библиографический список

1. **Борзенков, И. А.** Использование микроорганизмов при ликвидации нефтяных загрязнений почв / И. А. Борзенков, Р. Р. Ибатуллин, Е. И. Милехина, Д. Г. Сидоров, И. Т. Храмов, С. С. Беляев // Интродукция микроорганизмов в окружающую среду : мат-лы конф. (17–19 мая, г. Москва). – 1994. – С. 14–15.
2. **Вятчина, О. Ф.** Влияние гуматов на углеводородокисляющие микроорганизмы и на агрегатное состояние олеофильных продуктов / О. Ф. Вятчина, Д. И. Стом, О. О. Горбачевская, Н. А. Боярова, Л. В. Коковина // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 2. – С. 165–169.
3. **Вятчина, О. Ф.** Штаммы *Bacillus thuringiensis*, выделенные при эпизоотии лиственничной мухи (*Hylemyia laricicola*) в Камчатской области / О. Ф. Вятчина // Сибирский экологический журнал. – 2004. – № 4. – С. 501–506.
4. **Калмыкова, Г. В.** Биологическое разнообразие бактерий *Bacillus thuringiensis* из естественных экосистем : дис. канд. биол. наук / Г. В. Калмыкова. – Иркутск : Иркутск. гос. ун-т, 2005.
5. **Левинский, Б. В.** Все о гуматах / Б. В. Левинский – 4-е изд., перераб. и доп. – Иркутск : Корф-Полиграф, 2003. – 75 с.
6. **Практикум по микробиологии** / под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Академия, 2005. – 604 с.
7. **Салем, К. М.** Биорекультивация нефтезагрязненных почв гуминовыми препаратами / К. М. Салем, И. В. Перминова, Н. Ю. Гречищева, В. П. Мурыгина, С. В. Мещеряков // Экология и промышленность России. – 2003. – № 4. – С. 19–21.
8. **Сидоров, Д. Г.** Полевой эксперимент по очистке почв от нефтяного загрязнения с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов / Д. Г. Сидоров, И. А. Борзенков, Р. Р. Ибатуллин, Е. И. Милехина, И. Т. Храмов, С. С. Беляев, М. В. Иванов // Прикладная биохимия и микробиология. – 1997. – Т. 33, № 5. – С. 497–502.
9. **Куйкина, М. S.** Biosurfactant enhanced crude oil mobilization in a soil system: laboratory simulation and mathematical modelling / M. S. Kuyukina, I. V. Ivshina, L. V. Litvinenko, C. J. Cunningham, J. C. Philp // Proc. Second European Bioremediation Conference. – Chania, 2003. – P. 83–86.
10. **Piegorsch, W. W.** Statistics for Environmental Biology and Toxicology (Interdisciplinary Statistics) / W. W. Piegorsch, A. J. Bailer. – Chapman & Hall, 1997. – 579 p.

УДК 34.27+34.47+ 57.021+62.01.94 +579

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ГУМАТОВ НА ЭМУЛЬСИИ И ПЛЕНКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ<sup>1</sup>**

**Стом Дэвард Иосифович**, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией водной токсикологии Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете

**Дагуров Алексей Владимирович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете

**Боярова Надежда Анатольевна**, студентка V курса биолого-почвенного факультета  
**Саксонов Михаил Наумович**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете

**Балаян Алла Эдуардовна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете

Научно-исследовательский институт биологии при Иркутском государственном университете

664003, г. Иркутск-3, ул. Ленина, 3, а/я 24,

тел. (3952) 34-34-37, факс (3952) 34-00-07, e-mail: stomd@mail.ru, e-mail: adagurov@mail.ru

*Проанализированы эффекты препаратов гуматов на агрегатное состояние эмульсий и пленок нефти и нефтепродуктов. Показано, что определенные концентрации гуматов уменьшают средний диаметр и количество крупных капель эмульсий углеводородов нефти и способствуют разрушению пленок нефтепродуктов. Установлено, что препараты гуматов способны ускорять процесс элиминирования нефтепродуктов с поверхности жидких сред.*

**Ключевые слова:** гуматы, агрегатное состояние, нефтепродукты, гидрофобные вещества, эмульсии, дисперсность.

## **THE INFLUENCE OF HUMATE PREPARATIONS ON THE EMULSIFIED AND MEMBRANE OIL PRODUCTS**

**Stom Devard I., Dagurov Alexey V., Boyarova Nadegda A.,  
Saxonov Mikail N., Balayn Alla E.**

*We analyzed the effects of humate preparations on the aggregate state of emulsions and pellicles of oil and oil products. We demonstrated that certain concentrations of humates decrease the average diameter and the number of big drops of emulsions of oil hydrocarbons and help to destruct the pellicles of oil products. We determined that humate preparations can speed up the process of elimination of the oil products from the surface of liquids.*

**Key words:** humates, aggregate state, oil products, hydrophobic substances, emulsions, dispersion.

В литературе имеются сведения, что гуминовые вещества (ГВ) снижают токсичность и интенсифицируют процессы микробиологического разрушения углеводородов нефти [2–4]. Высказывается предположение, что ослабление ГВ негативного действия нефтепродуктов на организмы и ускорение ГВ элиминирования нефтяных загрязнений микроорганизмами связаны со способностью ГВ диспергировать углеводороды нефти. В связи с этим целью данного исследования являлось изучение способности препаратов ГВ солубилизировать и диспергировать нефть и нефтепродукты.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)» (проект РНП.2.2.2.3/8061), госконтракта Роснаука 02.740.11.0018 и ФЦП 2009-1.1-154-065-005 «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области географии и гидрологии суши».

### Материалы и методы исследований

В работе использовали следующие вещества: нефть марковского месторождения Иркутской области, дизельное топливо (зимний сорт), топочный мазут М-40, вазелиновое масло, гексан, октан, гексадекан, парафин.

В качестве ГВ использовали коммерческие препараты «Гумат-80» (ООО «Аграрные технологии», г. Иркутск) и «Powhumus» («Humintech Ltd.», Германия). Для приготовления раствора гумата навеску соответствующего мелкодиспергированного воздушно-сухого препарата растворяли в воде и фильтровали через бумажный фильтр.

Для изучения влияния препаратов ГВ на агрегатное состояние нефтепродуктов проводили их эмульгирование на магнитной мешалке в течение 20 минут. Эмульсии микроскопировали при увеличении  $\times 40$  через 10 мин, 1, 3 и 14 часов. Для подкрашивания нефтепродуктов использовали краситель «Судан-IV». Вычисляли среднее значение площади поверхности и объем одной капли. Общее число капель эмульсии определяли по формуле  $n = V/V_{cp}$  (где  $V$  – объем заэмульгированной дисперсной фазы в эмульсии) и площадь поверхности всех капель эмульсии [1].

Для изучения влияния гуматов на пленки нефтепродуктов в чашки Петри ( $d = 105$  мм) наливали 30 мл воды или раствора гумата (0,1 г/л) и сверху наносили пипеткой 0,1 мл нефтепродукта.

Для статистической обработки полученных данных пользовались общепринятыми методами [5]. Достоверность различия определяли с помощью критерия Стьюдента. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза  $P \geq 0,95$ .

### Результаты исследований и их обсуждение

На первом этапе было изучено влияние растворов «Гумата-80» и «Powhumus» различных концентраций на размер капель эмульсий нефтепродуктов. Микроскопирование эмульсии нефти и углеводородов позволяет сделать следующие заключения. В варианте с нефтью (исходное содержание 0,1 мл/л) в чистой воде и при низких концентрациях гумата увеличение и уменьшение диаметра, объема и числа капель хотя и происходили, но были выражены значительно слабее, чем при более высоком содержании ГВ. При концентрации гумата «Powhumus» 2 г/л от начала наблюдений до их окончания (через 14 часов) происходило непрерывное увеличение (с 0,03 до 254 мкм<sup>3</sup>) среднего объема капель, а также их средней поверхности (с 0,23 до 12 мкм<sup>2</sup>) и, соответственно, уменьшение общего количества капель и общей поверхности эмульгируемой фазы (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние препарата «Powhumus» на количество и параметры капель эмульсии нефти (1 мл/л)**

Параметры эмульсии	Время экспозиции, ч	Контроль (нефть + вода)	Концентрация раствора препарата «Powhumus», г/л			
			0,1	0,5	1	2
$S_{cp}$ , мкм <sup>2</sup>	1/6	$1,96 \times 10^{-3}$	$1,31 \times 10^{-3}$	$1,03 \times 10^{-3}$	$0,70 \times 10^{-3}$	$0,23 \times 10^{-3}$
	1	$0,9 \times 10^{-3}$	$1,29 \times 10^{-3}$	$0,31 \times 10^{-3}$	$1,79 \times 10^{-3}$	$2,25 \times 10^{-3}$
	3	$2,51 \times 10^{-3}$	$3,25 \times 10^{-3}$	$0,30 \times 10^{-3}$	$0,23 \times 10^{-3}$	$3,14 \times 10^{-3}$
	14	$3,63 \times 10^{-3}$	$3,89 \times 10^{-3}$	$1,04 \times 10^{-3}$	0	$12 \times 10^{-3}$
$V_{cp}$ , мкм <sup>3</sup>	1/6	$1,38 \times 10^{-5}$	$0,95 \times 10^{-5}$	$0,77 \times 10^{-5}$	$0,39 \times 10^{-5}$	$0,03 \times 10^{-5}$
	1	$1,03 \times 10^{-5}$	$0,29 \times 10^{-5}$	$0,06 \times 10^{-5}$	$0,91 \times 10^{-5}$	$1,43 \times 10^{-5}$
	3	$3,02 \times 10^{-5}$	$1,92 \times 10^{-5}$	$0,06 \times 10^{-5}$	$0,03 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-5}$
	14	$3,42 \times 10^{-5}$	$2,68 \times 10^{-5}$	$0,40 \times 10^{-5}$	0	$254 \times 10^{-5}$
n	1/6	$7,2 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$	$2,6 \times 10^4$	$3,3 \times 10^5$
	1	$9,7 \times 10^3$	$3,4 \times 10^4$	$1,7 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	$7 \times 10^3$
	3	$3,3 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^5$	$3,3 \times 10^5$	$4,7 \times 10^3$
	14	$3 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$	$2,3 \times 10^4$	0	39
$S_{\Sigma}$ , мкм <sup>2</sup>	1/6	14,3	13,9	13,49	18	76,7
	1	8,7	43,7	51,7	19,6	15,71
	3	8,31	17	47,2	76,7	14,6
	14	10,61	14,5	23,9	0	0,47

Примечание:  $S_{cp}$  – средняя площадь поверхности капель эмульсии нефти;  $V_{cp}$  – средний объем капель эмульсии нефти; n – количество капель эмульсии нефти;  $S_{\Sigma}$  – общая площадь поверхности эмульгируемой фазы нефти.

В контроле и при низком содержании гумата – 0,1 г/л, через час после приготовления эмульсии значение средней площади поверхности и среднего объема капель эмульсии уменьшалось на 0,02 мкм<sup>2</sup> и 0,66 мкм<sup>3</sup>, а затем увеличивалось на 1,96 мкм<sup>2</sup> и 1,63 мкм<sup>3</sup> соответственно. Количество капель эмульсии нефти при концентрациях гумата 0,1 и 0,5 г/л через час возрастало. Но через 3 и 14 часов – снижалось. Иную картину наблюдали при 1 г/л “Powhumus”. Здесь после снижения количества капель через час и через 3 часа отмечали резкое возрастание, но через 14 часов при микрокопировании капель не обнаруживали.

Таким образом, оптимальная концентрация растворов гумата для элиминирования капель нефти – 1 г/л. При этой концентрации ГВ через 14 часов в растворе не оставалось видимых капель нефти. Но если необходимо экстренное снижение общей площади поверхности нефти, то лучше использовать растворы гумата высоких концентраций – они наиболее эффективно снижали общую площадь поверхности капель нефти. Вместе с тем при повышенном содержании гумата в поле зрения наблюдались очень крупные капли через 14 часов, хотя общее их количество сильно сокращалось (на два порядка). Следовательно, при определенных концентрациях ГВ проявляют эффект противоположный диспергированию – снижают количество капель эмульгированных нефтепродуктов и увеличивают их диаметр.

При наблюдении непосредственно после суспензирования парафина отмечали увеличение общей площади поверхности парафина в суспензиях, в растворах всех концентраций гумата, следовательно, суспензирование парафина в растворах “Powhumus” приводило к диспергированию исследуемого вещества. Но в растворах с концентрациями гумата 0,5 и 4 г/л происходило последующее снижение общей площади поверхности парафина в суспензии (на  $9,44 \times 10^7$  мкм<sup>2</sup> и  $1,3 \times 10^7$  мкм<sup>2</sup> соответственно). Предположительно, это связано с резким сокращением числа капель парафина в суспензии, видимых при используемом увеличении микроскопа. К концу же наблюдений (через 12 часов после начала опыта) эффективнее всего за счет уменьшения числа капель парафина общую площадь поверхности снижал раствор гумата с концентрацией 2 г/л.

Подобные опыты были поставлены и с гексадеканом. Но в данном случае использовали препарат «Гумат-80». Через 3 часа после начала эксперимента в эмульсии гексадекана, содержащей 0,5 г/л гумата, в поле зрения не наблюдали капель. В то время как в контроле средний диаметр капель гексадекана достигал 5 мкм. При добавлении раствора гумата к готовой водной эмульсии гексадекана через 3 часа средний диаметр капель составил 1 мкм.

При исследовании влияния гуматов на пленку нефти и нефтепродуктов выявили следующее. После нанесения углеводородов (гексан, октан, гексадекан, дизельное топливо, вазелиновое масло, мазут, нефть) на поверхность воды в чашках Петри (контроль) наблюдали их медленное и равномерное растекание почти по всей площади. Через 1 час экспозиции растекание практически прекращалось и образовывалась равномерная пленка с ровными краями по всей окружности. При этом даже через длительное время экспозиции практически не отмечали существенных изменений в пятне, сформированном нефтепродуктами и их индивидуальными ингредиентами. От контроля принципиально отличалась картина распределения всех исследованных гидрофобных веществ на поверхности раствора гумата. В общем, она сводилась в конечном итоге к следующему: пленки исследованных нефтепродуктов постепенно истончались, края их разрывались, появлялись капли, зазубрины, потом длинные, глубоко заходящие языки, от основного пятна отщеплялось все большее число капель и, наконец, пленки гидрофобных веществ вообще исчезали с поверхности жидких сред. Вместе с тем наблюдали и некоторые различия. Так, скорость растекания и последующего растворения снижалась по мере увеличения молекулярной массы и температуры кипения нефтепродуктов.

Описываемые изменения капли гидрофобных соединений после их нанесения на поверхность воды и растворов гумата носили общий характер для всех испытанных



нефтепродуктов. Например, растекание гексана и октана по всей площади поверхности воды происходило практически сразу. Через 10–15 минут распространение практически прекращалось и отмечалось образование равномерной пленки с ровными краями по всей окружности. Капля гексадекана сразу растеклась до пленки диаметром около 7 мм с ровным краем. Через 18 часов она расплылась до 24 мм и через 48 часов расплылась по всей поверхности воды. На поверхности раствора гумата концентрацией 0,5 г/л гексадекан растекается гораздо быстрее. Через 8 часов образуется тонкая пленка диаметром около 81 мм с изорванными краями. Концентрации гумата больше 1 г/л не давали сильного растекания капли гексадекана и изорванных краев. Также по поверхности гумата капля вазелинового масла растекается быстрее, чем по поверхности воды.

Растекание гексана по поверхности растворов гумата прекращалось в первые секунды эксперимента. Спустя 24 часа он практически полностью растворялся, от всей пленки оставалась лишь незначительная, едва заметная ее часть.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов получены данные, характеризующие влияние ГВ на дисперсное состояние нефтей, нефтепродуктов и их индивидуальных ингредиентов, находящихся в различном состоянии (твердые, жидкие, эмульгированные и пленочные), а также изучены степень гетерогенности и диспергированности эмульсий нефтепродуктов под действием различных концентраций ГВ. Проведенные эксперименты позволяют сделать вывод, что добавление гуматов к эмульсиям нефтепродуктов вызывает значительное уменьшение размера капель, по сравнению с эмульсиями нефтепродуктов без их добавления. Это свидетельствует в пользу возможности ГВ диспергировать органические соединения, нерастворимые или малорастворимые в воде.

#### *Библиографический список*

1. **Абрамзон, А. А.** Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение / А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко, С. И. Файнгольд ; под ред. А. А. Абрамзона. – Л. : Химия, 1988. – 200 с.
2. **Вятчина, О. Ф.** Влияние гуматов на углеводородокисляющие микроорганизмы и на агрегатное состояние олеофильных продуктов / О. Ф. Вятчина, Д. И. Стом, О. О. Горбачевская, Н. А. Боярова, Л. В. Коковина // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 2. – С. 165–169.
3. **Салем, К. М.** Изучение детоксицирующей способности гуминовых препаратов по отношению к нефтяному загрязнению почв / К. М. Салем, Н. Ю. Гречищева, И. В. Перминова, С. В. Мещеряков, Л. Н. Блудова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2004. – № 1. – С. 34–37.
4. **Стом, Д. И.** Комбинированное действие нефтепродуктов и «Гумата» на дафний / Д. И. Стом, А. В. Дагуров // Сибирский экологический журнал. – 2004. – № 1. – С. 35–40.
5. **Piegorsch, W. W.** Statistics for Environmental Biology and Toxicology (Interdisciplinary Statistics) / W. W. Piegorsch, A. J. Bailer. – Chapman & Hall, 1997. – 579 p.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ, МОРФОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

---

---

УДК 612.453:575.853:577.161.3

### ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ДЕПРИВАЦИИ НА УРОВЕНЬ АПОПТОЗА КЛЕТОК КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ МОЛОДЫХ И СТАРЫХ МЫШЕЙ. СТРЕССПРОТЕКТОРНЫЕ ЭФФЕКТЫ $\alpha$ -ТОКОФЕРОЛАЦЕТАТА<sup>1</sup>

*Азизова Юлия Владимировна*<sup>1</sup>, кандидат медицинских наук, доцент кафедры физиологии и морфологии человека и животных

*Теплый Давид Львович*<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и морфологии человека и животных

*Бажанова Елена Давыдовна*<sup>2</sup>, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории сравнительной сомнологии и нейроэндокринологии Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН

*Позднякова Ольга Николаевна*<sup>1</sup>, старший научный сотрудник лаборатории экспериментальной физиологии

Астраханский государственный университет<sup>1</sup>

414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20 а,

тел. (8512) 25-17-09, e-mail: abatnina@mail.ru

Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН<sup>2</sup>

14223, г. Санкт-Петербург, пр. М. Горького, 44,

тел. (812) 552-32-27, e-mail: bazhanova@mail.ru

*Исследовали возрастные особенности уровня апоптоза клеток коры надпочечников в состоянии физиологического покоя, при водном дефиците и возможной коррекции стрессорной реакции мышцей  $\alpha$ -токоферолацетатом.*

*Показано, что с возрастом уровень апоптоза клеток коры надпочечников увеличивается, в свою очередь  $\alpha$ -токоферолацетат не оказал антиапоптозного действия на поздней стадии онтогенеза. При водной депривации число апоптотических клеток в коре надпочечников молодых и старых мышей увеличивается, а  $\alpha$ -токоферолацетат у стрессированных животных оказал стресспротекторное действие.*

**Ключевые слова:** гипоталамус, апоптоз,  $\alpha$ -токоферолацетат, старение, водная депривация, спонгиозиты.

### THE INFLUENCE OF WATER DEPRIVATION ON THE LEVEL OF APOPTOSIS IN ADRENOCORTEX CELLS OF YOUNG AND OLD MICE. STRESSPROTECTION EFFECTS OF THE ALPHA-TOCOPHEROL ACETATES

*Azizova Yulia V., Teply David L., Bazhanova Elena D., Pozdnicova Olga N.*

*We researched aging peculiarities of the apoptosis level of the adrenocortical cells in the state of physiological rest, under water deficit and possible correction of stress-reaction of mice with the help of alpha-tocopherolacetate.*

*With age the level of apoptosis cells of the adrenocortex increases; in its turn, alpha-tocopherolacetate has not got the apoptosis action on the late stage of ontogenesis. Under water deprivation the number of apoptosis cells of the adrenocortex of young and old mice increases, but alpha-tocopherolacetate of the animals also has a stress-protection effect.*

**Key words:** hypothalamus, apoptosis, alpha-tocopherol acetate, aging, water deprivation, spongiocytes.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 08-04-00102.

За последние годы накоплен огромный опыт в изучении апоптоза клеток различных систем организма, однако механизм гибели клеток гипоталамо-гипофизарной адренортикаральной системы изучен недостаточно. Между тем нейросекреторные клетки гипоталамо-адренортикаральной оси являются главным регуляторным компонентом в функционировании эндокринной системы, в поддержании гомеостаза и, возможно, пусковым звеном в развитии старения. Известно, что старение и стресс организма сопровождается усилением свободнорадикальных процессов. Развитие окислительного стресса неизбежно сопровождается снижением концентрации  $\alpha$ -токоферола – липорастворимого перехватчика свободных радикалов, повышающего стабильность клеточных мембран, играющих важную роль в передаче внеклеточных сигналов, которые необходимы в регуляции апоптоза. Кроме того, данный антиоксидант способен активировать гены, участвующие в индукции и ингибировании апоптоза, а равновесие этих путей определяет дальнейшую судьбу клеток [15]. По литературным данным известно в основном об антиапоптодном действии  $\alpha$ -токоферола [13, 18, 24], хотя имеются и противоречивые данные [26, 28].

Ранее нами было выявлено влияние  $\alpha$ -токоферола на уровень апоптоза нейроэндокринной системы от возраста [2], а также различная реакция нейроэндокринной системы на иммобилизационный стресс у старых и молодых мышей [1].

Таким образом, мы поставили целью экспериментов выявить возможность протекторного действия  $\alpha$ -токоферола при апоптозе клеток гипоталамо-гипофизарной адренортикаральной системы, вызываемом другой моделью стресса – водной депривацией, у мышей линии BALBc разного возраста.

#### **Материалы и методы**

В эксперименте использовались белые мыши-самцы линии BALBc двух возрастов – молодые (2 мес.) и старые (15 мес.), по 5–6 животных в группе, содержавшиеся в стандартных условиях вивария.

В опыте были следующие группы: 1) интактные мыши; 2) подопытная группа, подвергшаяся депривационному стрессу в течение четырех дней; 3) мыши, получавшие масляный 10%-ый раствор  $\alpha$ -токоферолацетат *per os* в течение 14 дней, в дозе 0,5 мг на 100 г массы тела, с 15 по 19 сутки эти мыши были подвергнуты депривационному стрессу; 4) мыши, получавшие токоферол *per os* в той же дозе и в те же сроки, без стрессирования. Водная депривация проводилась в течение 4 дней, животные получали только сухой корм.

Материал для исследования – надпочечники – фиксировали в 4%-ом параформе. После проводки и заливки в парафин делали срезы толщиной 5–6 мкм.

На срезах надпочечников подсчитывали количество апоптотических клеток – спонгиоцитов с конденсированным хроматином. Конденсация хроматина происходит на ранних стадиях апоптоза и предшествует фрагментации ДНК [10]. Определение клеток с конденсированным хроматином, или апоптотических клеток, проводили с помощью окраски этидием бромидом [16]. Число апоптотических клеток подсчитывали на 4–5 срезах у каждой мыши с последующим определением среднего количества на группу.

Достоверность различий между группами определяли по *t*-критерию Стьюдента.

#### **Результаты исследований**

Уровень апоптоза спонгиоцитов у стареющих животных достоверно выше, по сравнению с молодыми (табл., рис.). Водная депривация привела к достоверному увеличению процента апоптотических клеток в коре надпочечников как у молодых, так и у старых мышей. При этом уровень апоптоза спонгиоцитов старых мышей значительно выше, по сравнению с молодыми животными.

Введение  $\alpha$ -токоферолацетата молодым и старым животным не вызвало особых изменений, по сравнению с интактными животными. На фоне водной депривации  $\alpha$ -токоферолацетат оказал достоверное стресспротекторное влияние на спонгиоциты молодых и старых мышей, по отношению к стрессированным животным.

Таблица

**Количество апоптотических клеток коры надпочечников (M ± m)**

Воздействие		Надпочечники	
		Молодые	Старые
1	Контроль	4,25 ± 0,191	6,37 ± 0,589 <sup>##</sup>
2	Стресс	6,13 ± 0,515 <sup>*</sup>	9,44 ± 0,697 <sup>*</sup>
3	α-токоферол	4,62 ± 0,162	6,21 ± 0,459
4	α-токоферол + стресс	4,74 ± 0,288 <sup>0</sup>	5,62 ± 0,328 <sup>00</sup>

Примечание: \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$ ; \* – в сравнении с контролем, # – различие по отношению к молодым животным, 0 – различие между экспериментальными воздействиями внутри группы.

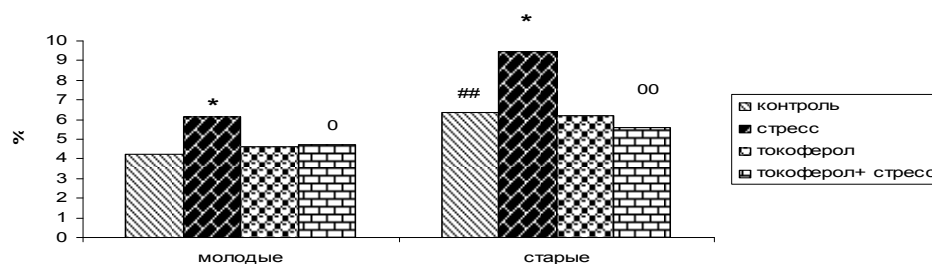


Рис. Количество апоптотических клеток коры надпочечников у молодых и старых животных

**Обсуждение результатов**

По многочисленным литературным данным, стареющие клетки, вероятно, более чувствительны к развитию апоптоза, в нашем эксперименте у старых мышей также происходит увеличение уровня апоптоза клеток пучковой зоны коры надпочечников, по сравнению с молодыми (табл., рис.).

Результатом повышения апоптоза может быть и снижение функциональной активности спонгиозитов в старости [12]. Еще одним из факторов увеличения уровня апоптоза при старении может быть высокий уровень свободнорадикального окисления при старении. В нашем исследовании уровень свободнорадикального окисления у старых мышей достоверно выше [11]. Этот процесс, вероятно, отличается от физиологического апоптоза по биохимическим характеристикам [17, 22, 23, 25].

Известно, что стрессовые воздействия сопровождаются активацией гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы [6, 8, 9]. Кроме того, известно, что стресс-реакция, в частности, повышение глюкокортикоидов в крови, является инициатором развития апоптоза [19], как и в нашем случае, уровень апоптоза клеток пучковой зоны коры надпочечников значительно увеличился у стрессированных молодых и старых животных. При этом процент апоптотических клеток наиболее выше у старых животных. Ранее нами было исследовано воздействие водной депривации на апоптоз нейросекреторных клеток супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталамуса на разных этапах онтогенеза, стресс вызвал увеличение уровня апоптоза клеток данных ядер только у молодых животных, в отличие от клеток коры надпочечников, где мы наблюдаем увеличение уровня апоптоза при стрессе, независимо от стадии онтогенеза [3]. Вероятно, это связано с тем, что у молодых животных более быстрая ответная реакция на стресс, это мы наблюдаем и в нашем эксперименте: увеличение уровня апоптоза клеток пучковой зоны коры надпочечников и гипоталамуса. У старых животных в связи с запоздалой реакцией на стресс мы наблюдаем увеличение апоптотических спонгиозитов, а уровень апоптоза в нейросекреторных клетках гипоталамуса не увеличился. Другой возможной причиной отсутствия реакции на стресс

нейросекреторных ядер гипоталамуса у старых животных может быть устойчивость мембранных структур мозговых клеток к действию повреждающих факторов, чем у клеток иных тканей [5]. Исходя из этого, чувствительность к данному стрессору у молодых мышей выше, чем у старых, т.е. у молодых и старых животных ответная реакция на воздействие стрессора различного генеза неодинакова [4, 7, 14].

Воздействие  $\alpha$ -токоферолацетата не изменило уровня апоптоза клеток коры надпочечников молодых и старых животных, по сравнению с интактными животными, хотя в литературе встречаются данные о том, что  $\alpha$ -токоферолацетат обладает антиапоптозным действием [21, 27], ранее в нашем эксперименте  $\alpha$ -токоферолацетат привел к дополнительной активации антиоксидантной и антиапоптозной защиты нейросекреторных клеток гипоталамуса у старых животных, однако имеются сообщения о том, что  $\alpha$ -токоферолацетат не влияет на апоптоз [20]: как и в данном исследовании, антиоксидант не повлиял на уровень апоптоза спонгиоцитов старых животных.

Известно, что максимальная концентрация эндогенного токоферола содержится в надпочечниках, семенниках [6], соответственно, и уровень антиоксидантов выше в данных тканях, вероятно, вследствие чего антиоксидантного и антиапоптозного действия  $\alpha$ -токоферолацетата на спонгиоциты старых животных мы не наблюдаем. Однако у стрессированных молодых и старых животных  $\alpha$ -токоферолацетат привел к достоверному ингибированию апоптоза клеток коры надпочечников, что, вероятно, можно объяснить стресспротекторным влиянием  $\alpha$ -токоферолацетата.

Таким образом, стареющие клетки коры надпочечников более чувствительны к развитию апоптоза. Гипогидратационный стресс вызвал инициацию апоптоза спонгиоцитов у молодых и старых животных, при этом  $\alpha$ -токоферол оказал стресспротекторное действие на клетки коры надпочечников.

#### Библиографический список

1. **Абатнина, Ю. В.** Апоптоз нейросекреторных клеток гипоталамуса при стрессе у мышей на разных этапах онтогенеза / Ю. В. Абатнина, Е. Д. Бажанова, Д. Л. Теплый // Морфология. – 2005. – Т. 127, № 3. – С. 27–29.
2. **Абатнина, Ю. В.** Влияние витамина Е на апоптоз клеток нейросекреторных центров гипоталамуса мышей при старении / Ю. В. Абатнина, Е. Д. Бажанова, Д. Л. Теплый // Общество, государство и медицина для пожилых и инвалидов : науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 7.
3. **Азизова, Ю. В.** Уровень апоптоза нейросекреторных клеток гипоталамуса при гипогидратационном стрессе на разных этапах онтогенеза. Стресспротекторные эффекты альфа-токоферола / Ю. В. Азизова, Д. Л. Теплый, Е. Д. Бажанова, О. Н. Позднякова, Д. Д. Теплый // Естественные науки. – 2008. – № 4.
4. **Бажанова, Е. Д.** Гипоталамическая регуляция функции коры надпочечников у старых и молодых крыс / Е. Д. Бажанова, Е. В. Черниговская, О. А. Данилова // Журнал эволюц. биохимии и физиологии. – 1998. – Т. 34, № 2. – С. 233–239.
5. **Бажанова, Е. Д.** Влияние интерферона-альфа на гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальную систему мышей при старении / Е. Д. Бажанова, Д. Л. Теплый // Журнал эволюц. биохимии и физиологии. – 2003. – Т. 39, № 5. – С. 482–487.
6. **Голиков, П. П.** Механизмы активации перекисного окисления липидов и мобилизации эндогенного антиоксиданта альфа-токоферола при стрессе / П. П. Голиков, Б. В. Давыдов, С. Б. Матвеев // Вопросы медицинской химии. – 1987. – Т. 33, № 1. – С. 47–50.
7. **Данилова, О. А.** Возрастные особенности реакции гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы крыс на физическую нагрузку / О. А. Данилова, И. А. Држевецкая, А. М. Коровина // Проблемы эндокринологии. – 1983. – Т. 29, № 4. – С. 67–71.
8. **Меерсон, Ф. З.** Патогенез и предупреждение стрессорных и ишемических поврежденных сердца / Ф. З. Меерсон. – М. : Медицина, 1984. – С. 174–176.
9. **Микаелян, Э. М.** Перекисное окисление липидов в крови при остром стрессе / Э. М. Микаелян, Л. А. Барсебян // Журнал эксперим. и клинич. медицины. – 1988. – Т. 28, № 3. – С. 286–232.
10. **Новиков, В. С.** Молекулярные механизмы инициации клеточной гибели / В. С. Новиков, Д. В. Булавин, В. Н. Цыган // Программированная клеточная гибель / под ред. В. С. Новикова. – СПб. : Наука, 1996. – С. 30–50.
11. **Теплый, Д. Л.** Возрастные и тканеспецифичные особенности ПОЛ гипоталамуса и печени мышей линии Valb – при водной депривации и после коррекции альфа-токоферолом / Д. Л. Теплый, О. Н. Позднякова, Д. Д. Теплый // Естественные науки. – 2008. – № 4.

12. **Фролькис, В. В.** Взаимодействие гипоталамо-гипофизарной системы и щитовидной железы в различные возрастные периоды / В. В. Фролькис, Г. В. Валуева, Н. В. Вержиковская // Бюл. эксперим. биологии. – 1978. – № 8. – С. 133–137.
13. **Ahlemeyer, B.** Inhibition of glutathione depletion by retinoic acid and tocopherol protects cultured neurons from staurosporine-induced oxidative stress and apoptosis / B. Ahlemeyer, J. Kriegelstein // Neurochem Int. – 2000. – Vol. 36, № 1. – P. 1–5.
14. **Cizza, G.** Male Fischer 344/N rats show a progressive central impairment of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis with advancing age / G. Cizza, A. E. Calogero, L. S. Brady [et al.] // Endocrinology. – 1994. – Vol. 134, № 4. – P. 1611–1620.
15. **Kong, A. N.** Differential Activation of MAPK and ICE/Ced-3 Protease in Chemical-Induced Apoptosis The of Role of Oxidative Stress in the Regulation of Mitogen-activated Protein Kinases (MAPKs) leading to Gene Expression and Survival or Activation of Caspases leading to Apoptosis / A. N. Kong, R. Yu, W. Lei, S. Mandelkar, T. N. Tan, D. S. Ucker // Restor Neurol Neurosci. – 1998. – Vol. 12, № 2–3. – P. 63–70.
16. **Kumari, S. R.** Expression of c-jun and c-fos in apoptotic cells after DNA damage / S. R. Kumari, R. Alvarez-Gonzalez // Cancer Invest. – 2000. – Vol. 18, № 8. – P. 715–721.
17. **Kyaw, M.** Atheroprotective effects of antioxidants through inhibition of mitogen-activated protein kinases / M. Kyaw, M. Yoshizumi, K. Tsuchiya [et al.] // Acta Pharmacol Sin. – 2004. – Vol. 24, № 8. – P. 977–985.
18. **Mason, R. P.** Inhibition of excessive neuronal apoptosis by the calcium antagonist amlodipine and antioxidants in cerebellar granule cells / R. P. Mason, P. R. Leeds, R. F. Jacob, C. J. Hough, K. G. Zhang, P. E. Mason, D. M. Chuang // J. Neurochem. – 1999. – Vol. 72, № 4. – P. 1448–1456.
19. **Mizoguchi, K.** Stress induced neuronal death in the hippocampus of castrated rats / K. Mizoguchi, T. Kunishita, D. H. Chui, T. Tariba // Neurosci. Lett. – 1992. – Vol. 138. – P. 157–160.
20. **Neuzil, J.** Vitamin E analogues as inducers of apoptosis: implications for their potential antineoplastic role / J. Neuzil, T. Weber, A. Terman, C. Weber, U. T. Brunk // Redox Rep. – 2001. – Vol. 6, № 3. – P. 143–151.
21. **Pandey, B. N.** Modification of thymocytes membrane radiooxidative damage and apoptosis by eugenol / B. N. Pandey, K. P. Mishra // J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol. – 2004. – Vol. 23, № 2. – P. 117–122.
22. **Pollack, M.** The role of apoptosis in the normal aging brain, skeletal muscle, and heart / M. Pollack, S. Phaneuf, A. Dirks, C. Leeuwenburgh // Ann N Y Acad Sci. – 2002. – № 959. – P. 93–107.
23. **Prolla, T. A.** Molecular mechanisms of brain aging and neurodegenerative disorders: lessons from dietary restriction / T. A. Prolla, M. P. Mattson // Trends Neurosci. – 2001. – Vol. 24, № 11. – P. 21–31.
24. **Takahashi, H.** Alpha-Tocopherol protects PC 12 cells from hyperoxia-induced apoptosis / H. Takahashi, N. Kosaka, S. Nakagawa // J. Neurosci Res. – 1998. – Vol. 52, № 2. – P. 184–191.
25. **Wallace, D. C.** Mouse models for mitochondrial disease / D. C. Wallace // Am J. Med Genet. – 2001. – Vol. 106, № 1. – P. 71–93.
26. **Weber, T.** Vitamin E succinate is a potent novel antineoplastic agent with high selectivity and cooperativity with tumor necrosis factor- related apoptosis-inducing ligand (Apo2 ligand) in vivo / T. Weber, M. Lu, L. Andera, H. Lahm, N. Gellert, M. V. Farris, V. Korinek [et al.] // Clin Cancer Res. – 2002. – Vol. 8, № 3. – P. 863–869.
27. **Zang, Y.** Evidence of a lysosomal pathway for apoptosis induced by the synthetic retinoid CD437 in human leukemia HL-60 cells / Y. Zang, R. L. Beard, R. A. Chandraratna, J. X. Kang // Cell Death Differ. – 2001. – Vol. 8, № 5. – P. 477–48.
28. **Yu, W.** Induction of apoptosis in human breast cancer cells by tocopherols and tocotrienols / W. Yu, M. Simmons-Menchaca, A. Gapor, B. G. Sanders, K. Kline // Nutr Cancer. – 1999. – Vol. 33, № 1. – P. 26–32.

УДК 616.155.1–007.1

## ВЛИЯНИЕ ЭРИТРОПОЭТИНА НА ПСИХОМОТОРНУЮ АКТИВНОСТЬ

*Андреева Анна Константиновна*, ассистент кафедры фармакологии  
*Дубина Диляра Шагидуллаевна*, доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой фармакологии

*Фельдман Бронислав Владимирович*, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биологии с курсом ботаники

*Горшков Дмитрий Александрович*, ассистент кафедры фармакологии

*Галимзянова Алия Халиловна*, аспирант кафедры фармакологии

ГОУ ВПО «Астраханская государственная медицинская академия»

414000, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121,

тел. (8512) 44-34-38, e-mail: avc@aspo.ru

*В настоящее время известно влияние препаратов рекомбинантного эритропоэтина на эритропоэз, что позволяет использовать его для коррекции анемии различной этиологии. Однако препарат обладает плейотропным эффектом, в частности, нейротропным действием. В работе несколькими методами (тест «Открытое поле», «Условная реакция пассивного избегания», «Экстраполяционное избегание», «Приподнятый крестообразный лабиринт») исследована психотропная активность препарата эритропоэтина. Показано, что введение экспериментальным животным эритропоэтина в дозе 1000 Ед/кг и 2000 Ед/кг повышает двигательную и исследовательскую активность и снижает латентный период двигательной активности. Полученные нами данные свидетельствуют о выраженной ноотропной и анксиолитической активности эритропоэтина, зависящей от дозы вводимого препарата.*

**Ключевые слова:** эритропоэтин, центральная нервная система, поведенческие реакции.

## INFLUENCE OF ERYTHROPOETIN ON PSYCHOMOTOR ACTIVITY

*Andreeva Anna K., Dubina Dilyra Sh., Feldman Bronislav V.,*

*Gorshkov Dmitry A., Galimzyanova Aliy H.*

*At present influence of the drugs of the recombinant erythropoietin on erythropoiesis is well known which gives the possibility to use it for correction of anemia of different etiology. However, the drug possesses pleiotropic effect, neurotropic action in particular. In this article psychotropic activity of erythropoietin has been studied by using the methods of "Open field", "Conditioned reaction of passive escape", "Extrapolar escape" and "Raised crest-like labyrinth". It was shown that that the injection of erythropoietin in the dose of 1000u/kg and 2000 u/kg to experimental animals increases movable and investigated activity and decreases latent period of movable activity. The data obtained show the expressed nootropic and anksyologic erythropoietin activity depending on the dose of the injected drug.*

**Key words:** erythropoietin, central nervous system, behavior reaction.

Последние десятилетия ознаменованы широким внедрением в клиническую практику препаратов рекомбинантного эритропоэтина (ЭПО). При всем их разнообразии ЭПО уникален тем, что независимо от рекомбинантной технологии, по которой он получен, аминокислотный состав его идентичен естественному ЭПО человека. Открытие тканевой специфичности позволило начать активное изучение неэритропоэтических функций гормона [5]. На сегодняшний день головной мозг идентифицирован как участок (сайт) продукции ЭПО, в котором экспрессия эритропоэтина имеет тканевую специфичность [6]. Однако исследования влияния ЭПО на нервную систему единичны.

Мы изучали влияние ЭПО на поведенческие реакции в эксперименте. Исследование выполнено на самцах белых беспородных крыс массой 180–220 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария при свободном доступе к воде и пище в клетках по 10 особей. Животные были разделены на 3 группы: 1 группе – контрольной (n = 10) – вводился физиологический раствор NaCl 200 мг/кг; 2 группе (n = 10) за 18 часов до обследования вводился препарат эритропоэтина в дозе 1000 ЕД/кг; 3 группе (n = 10) – препарат эритропоэтина в дозе 2000 ЕД/кг. В качестве препаратов контроля на различных этапах исследования использовались пираретам в терапевтически эффективной дозе –

200 мг/кг за 30 минут до обследования, и диазепам в дозе 1 мг/кг за 1,5 часа до обследования. Все препараты вводились однократно внутривенно.

Тест «Открытое поле» [2] позволяет оценить двигательную активность, исследовательскую деятельность, эмоциональность и тревожность. В тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» [4] акции страха и тревоги являются показателями анксиолитического действия. Тест «Условная реакция пассивного избегания» (УРПИ) традиционно применяется для выявления специфической ноотропной активности [1]. Тест «Экстраполяционное избегание» (ТЭИ) [3] позволяет оценить когнитивные функции.

#### **Полученные результаты и их обсуждение**

У крыс, получавших ЭПО в различных дозах, повышается двигательная активность, как горизонтальная (пересечение клеток), так и вертикальная (вертикальная стойка), по сравнению с животными, получавшими пираретам, и интактными. Исследовательская активность по показателю «заглядывание в норки» у крыс, получавших препарат ЭПО, также увеличилась, по сравнению с данными контрольной группы. Количество заходов в центральную зону у крыс, получавших препарат ЭПО в дозе 2000 ЕД/кг, значительно больше, чем у животных, получавших препарат в дозе 1000 ЕД/кг и контрольной группы. Количество грумингов и актов дефекаций снижено, по сравнению с животными, получавшими пираретам. В тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» у крыс, получавших ЭПО, в сравнении с контрольной группой, повышаются показатели ориентировочно-исследовательской активности: удлиняется время пребывания в открытом рукаве, укорачивается время пребывания в закрытом рукаве, увеличивается количество стоек в открытых рукавах. В тесте «Экстраполяционное избегание» препарат ЭПО достоверно уменьшал латентный период двигательной активности (скорость ориентировочных реакций) и латентный период подныривания (скорость решения экстраполяционной задачи) – как на этапе обучения навыку избегания, так и на этапе его воспроизведения через 24 часа, что свидетельствует о положительном влиянии указанного препарата на обучаемость и память, характеризующих когнитивную функцию. В тесте «Условная реакция пассивного избегания» крысы, получившие электрошоковое раздражение 40Вт, на фоне введения ЭПО в период обучения, на этапе воспроизведения (через 24 ч, 48 ч, 72 ч, 3 недели, 1 месяц) не заходили в темный отсек установки, где воздействовал стрессорный фактор. Это свидетельствует о запоминании и сохранении памятного следа. У животных, получавших болевой шок на фоне введения пираретама, наблюдались случаи захода в «опасный отсек».

Таким образом, результаты нашего исследования свидетельствуют о наличии у препарата ЭПО выраженной ноотропной и анксиолитической активности, коррелирующей с дозой вводимого препарата.

#### **Библиографический список**

1. **Буреш, Я.** Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Д. П. Хьюстон. – М. : Высшая школа, 1991. – 399 с.
2. **Воронина, Т. А.** Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Т. А. Воронина. – М. : Медицина, 2000. – 66 с.
3. **Крушинский, Л. В.** Биологические основы рассудочной деятельности / Л. В. Крушинский. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 272 с.
4. **Макарчук, Н. Е.** Обоняние и поведение / Н. Е. Макарчук, А. В. Калусев. – Киев : КСФ, 2000. – 134 с.
5. **Vuemi, M.** From the oxygen to the organ protection: erythropoietin as protagonist in internal medicine / M. Vuemi, L. Nostro, A. Romeo // *Cardiovasc Hematol Agents Med Chem.* – 2006. – № 4 (4). – P. 299–311.
6. **Chikuma, M.** Tissue-specific regulation of erythropoietin production in the murine kidney, brain and uterus / M. Chikuma, S. Masuda, T. Kobayashi [et al.] // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* – 2000. – № 279. – P. 1242–1248.



УДК 591.1.57.054: 042. 048

## ВОЗРАСТНЫЕ И ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ОСМОТИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ

**Козак Михаил Владимирович**, кандидат медицинских наук, докторант кафедры физиологии и морфологии человека и животных  
Астраханский государственный университет  
414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,  
тел./факс (8512) 22-82-64, e-mail: mvkozak@yandex.ru

*Установлены возрастные и половые различия осмотической резистентности эритроцитов и общей антиокислительной активности плазмы.*

*Осмотическая резистентность эритроцитов зависит от общей антиокислительной активности плазмы. Альфа-токоферол увеличивает минимальную осмотическую резистентность эритроцитов у старых самцов и самок белых крыс.*

*Обнаружен протекторный эффект тималина у молодых и старых самок на осмотическую резистентность эритроцитов при стрессе.*

**Ключевые слова:** альфа-токоферол, тималин, осмотическая резистентность эритроцитов.

## AGE AND SEXUAL DISTINCTIONS OF OSMOTIC RESISTANCE OF ERYTHROCYTES DURING CHANGE OF FREE RADICAL PROCESSES

*Kozak Michael V.*

*Age and sexual distinctions of osmotic resistance of erythrocytes and the total antioxidative activity of plasma were determined.*

*Osmotic resistance of erythrocytes depends on the total antioxidative activity of plasma. The alpha-tocopherol increases the minimal osmotic resistance of erythrocytes at old male and female white rats.*

*The protective effect of thymalin of young and old male on osmotic resistance of erythrocytes during stress is determined.*

**Key words:** alpha-tocopherol, thymalin, osmotic resistance of erythrocytes.

В процессе старения организма изменяется способность адаптироваться к экстремальным воздействиям. Большая роль в этом механизме принадлежит возрастным нарушениям функционирования гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы [8, 11]. В ответ на стрессовое воздействие в тканях и, прежде всего, в плазме крови наблюдается подъем концентрации активных форм кислорода, развивается окислительный стресс, который способствует запуску механизмов клеточной адаптации. Общий баланс антиоксидантной системы меняется с возрастом и при стрессе. Отмечено возрастное изменение соотношения антиоксидантов – прооксидантов, а также общего содержания витаминов А, С, Е в различных тканях. Концентрация витамина Е в печени животных увеличивается, в эритроцитах уменьшается, имеются также половые различия в накоплении витамина Е в печени [6, 9, 12]. Накопление продуктов перекисного окисления и возрастное уменьшение общей антиокислительной активности могут приводить к изменению функционирования мембран клеток.

В процессе старения разнонаправленно изменяется активность некоторых ферментов антиокислительной защиты в эритроцитах: понижается базальная активность супероксиддисмутазы у лабораторных грызунов. Базальная активность глутатионредуктазы в эритроцитах пожилых людей, наоборот, повышается [3, 6, 7]. Исследования показали, что иммобилизационный и тепловой стрессы также неоднозначно влияют на активность супероксиддисмутазы в эритроцитах крыс разного возраста. Снижение активности этого фермента обнаружено у молодых крыс, у старых – увеличение его активности [4, 7, 10].

При экспериментальном исследовании возрастных и половых особенностей осмотической резистентности эритроцитов в условиях изменения перекисного окисления в плазме крови при стрессе, введении альфа-токоферола и тималина необходимо учитывать общую направленность системы прооксидантных и антиоксидантных процессов.

Измерение общей антиокислительной активности плазмы крови позволяет это сделать.

*Цель работы:* изучение возрастных и половых различий осмотической резистентности эритроцитов при введении альфа-токоферола и тималина.

#### **Материал и методика**

Опыты проводились в зимний период на молодых и старых половозрелых белых крысах линии Вистар.

Группа молодых животных: возраст – 4 месяца, средняя масса тела самцов – 250 г, самок – 220 г.

Группа старых животных: возраст – 20 месяцев, средняя масса тела самцов – 350 г и самок – 280 г. Животные были разделены на группы (самцы и самки отдельно) по 6 вариантов у самцов и самок (10 животных в каждой группе).

Первый вариант (К) – контроль – без воздействия.

Второй (ТФ) – животным *per os* вводили 10%-ый раствор  $\alpha$ -токоферолацетата в дозе 1 мг на 100 г массы животного, в течение 14 дней (до декапитации), один раз в сутки в утренние часы.

Третий (С) – животных подвергали иммобилизационному стрессу: на 1 час в течение 5 дней животных помещали в пластиковый пенал по размеру тела.

Четвертый вариант – животные (Е + С) были подвергнуты 5-дневному стрессу в сочетании с двухнедельным введением ТФ.

Пятый вариант (Тм) – животным внутривентриально вводился тималин в дозе 1,7 мг на 100 г массы животного, в течение 5 дней. Введение заканчивали за два дня до окончания опытов.

Шестой (Тм + С) – животных подвергали 5-дневному стрессу в сочетании с введением тималина. Общая антиокислительная активность (АОА) плазмы крови определялась по величине торможения перекисного окисления липидов в модельном субстрате [1]. Декапитацию животных проводили в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», под хлоралгидратным наркозом внутривентриально (2,5%-ый раствор, 1 мл на 100 г массы тела животного). Общая антиокислительная активность (АОА) плазмы крови определялась по величине торможения перекисного окисления липидов в модельном субстрате [1]. Осмотическая резистентность эритроцитов определялась по устойчивости к гипотоническим растворам натрия хлорида [2].

#### **Результаты и обсуждение**

Результаты опытов показали, что имеются половые и возрастные различия общей антиокислительной активности плазмы крови интактных молодых и старых животных. На рисунках 1, 2 представлена общая антиокислительная активность плазмы самок (А) и самцов (Б) белых крыс разного возраста при экспериментальных воздействиях. Молодые самки имеют наиболее высокий уровень АОА, значительно меньше он у молодых самцов ( $p < 0,001$ ). Старые животные показали более низкий уровень АОА, в сравнении с молодыми ( $p < 0,001$ ), при сохранении половых различий, так как у самок определяется более высокий уровень АОА ( $p < 0,001$ ).

Ежедневное введение витамина Е самцам достоверно увеличило АОА вне зависимости от возраста ( $p < 0,05$  в обоих случаях). У самок резерв антиоксидантной защиты оказался изначально достаточно высоким, в связи с чем дополнительное введение витамина Е не привело к увеличению АОА ( $p > 0,05$  в обоих случаях).

Иммобилизационный стресс, вне зависимости от возраста, значительно увеличил общую антиокислительную активность плазмы крови, причем у самцов это произошло значительно в большей степени ( $p < 0,001$ ), чем у самок ( $p < 0,05$ ). Наибольшее разнообразие ответной реакции АОА наблюдалось при введении ТФ на фоне стресса. У молодых и старых самцов отмечалось увеличение АОА, в то же время у молодых самок дополнительное введение ТФ привело к ее снижению. Иная реакция отмечалась у старых самок – дополнительное введение ТФ на фоне стресса не изменило общую антиокислительную активность плазмы в сравнении с вариантом «стресс».

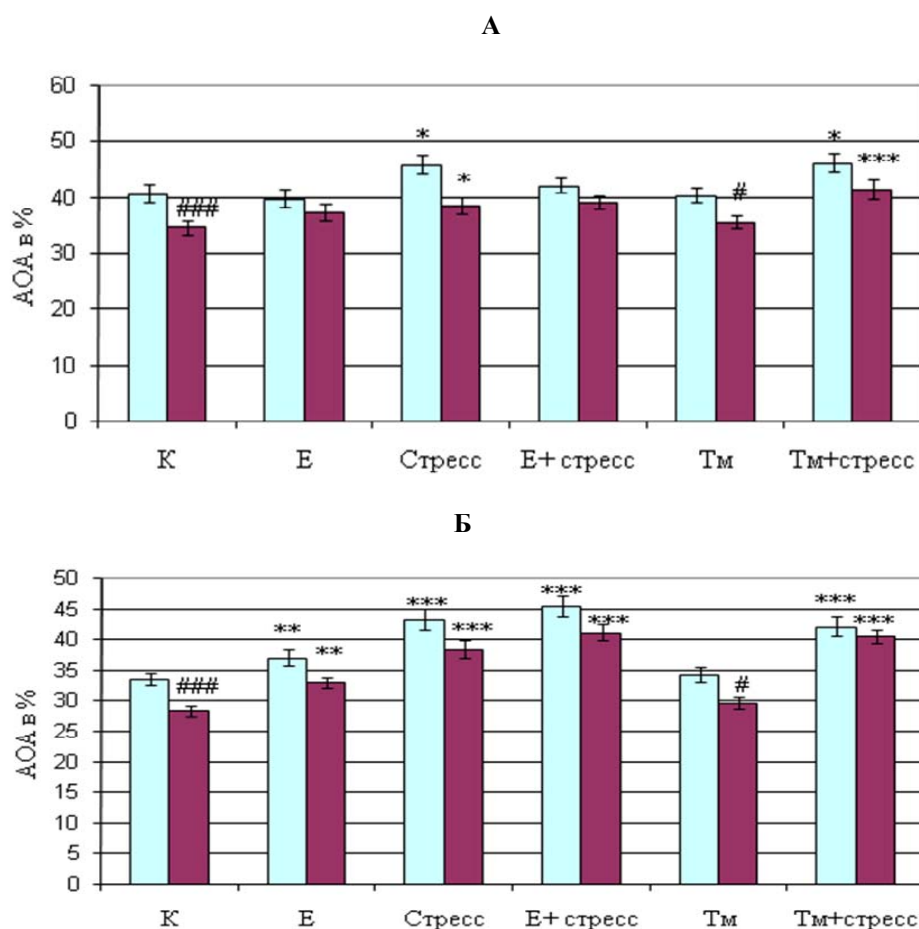


Рис. 1. Общая антиокислительная активность плазмы самок (А) и самцов (Б) белых крыс разного возраста при экспериментальных воздействиях (молодые – светлые, старые – темные)  
 Примечание: достоверность разности с контролем: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; достоверность разности между возрастными группами: #  $p \leq 0,05$ ; ###  $p \leq 0,001$ .

Введение тималина не изменило общую антиокислительную активность (АОА) плазмы вне зависимости от пола и возраста животных ( $p > 0,05$ , в сравнении с контролем). Выявлены различия между молодыми и старыми животными в уровне АОА в варианте ТМ + стресс. Дополнительное введение ТМ на фоне стресса привело к несколько большей активации АОА у старых животных, чем только действие стресса, эта разница оказалась недостоверной ( $p > 0,05$  в обоих случаях, в сравнении с вариантом «стресс»).

Анализ результатов измерения уровня АОА показал, что молодые самки, в сравнении с молодыми самцами, изначально имеют более высокий резерв общей антиокислительной активности плазмы крови, который связан с половыми различиями стероидного профиля (рис. 2).

Более низкий уровень АОА у старых животных может быть связан с возрастным уменьшением резерва антиоксидантной защиты, но у самок он остается на более высоком уровне, в сравнении с самцами. Дополнительное введение ТФ самкам разного возраста не отразилось на общей антиокислительной активности плазмы крови по причине изначально высокого уровня АОА. У самцов введение ТФ повысило АОА вне зависимости от возраста.

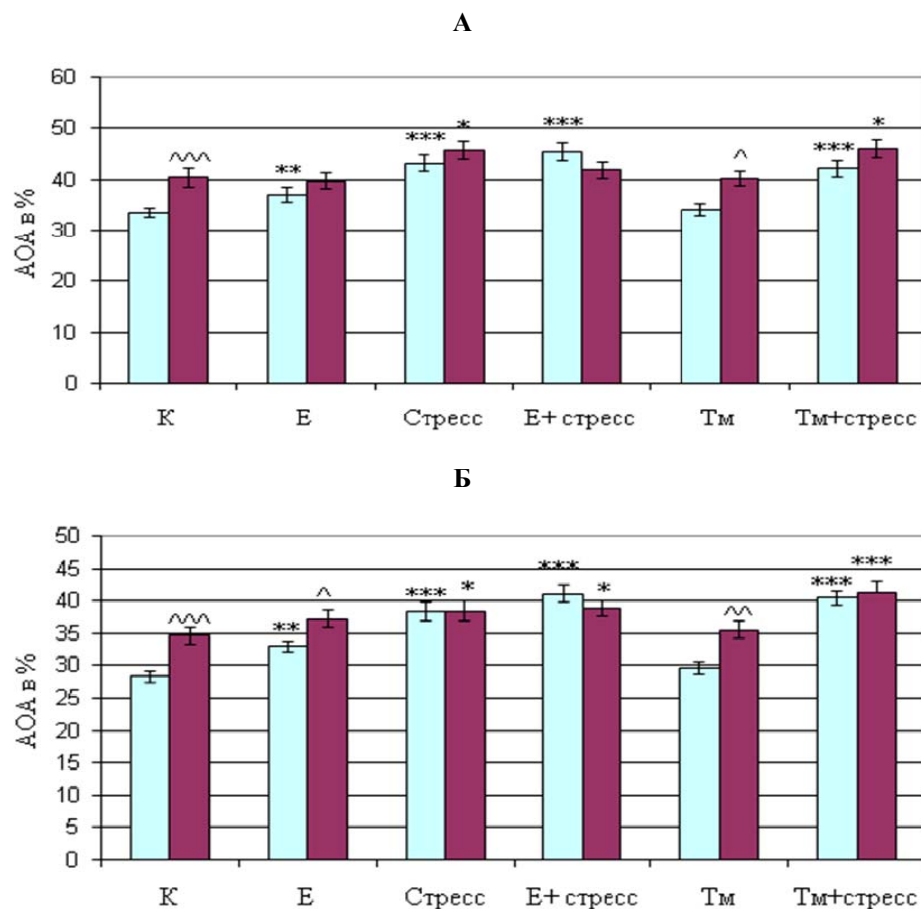


Рис. 2. Общая антиокислительная активность плазмы молодых (А) и старых (Б) белых крыс при экспериментальных воздействиях (самцы – светлые, самки – темные)  
 Примечание: достоверность разности с контролем: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; достоверность разности между полами: ^  $p \leq 0,05$ ; ^^  $p \leq 0,01$ ; ^^  $p \leq 0,001$ .

Действие острого иммобилизационного стресса значительно активировало резервы антиокислительной защиты плазмы крови, вне зависимости от пола и возраста за счет действия антиоксидантных ферментных систем. При дополнительном введении ТФ на фоне стресса сохраняются половые различия активации процесса АОА. У самцов вне зависимости от возраста она возрастает, у молодых самок не изменяется, что свидетельствует о значительном резерве антиоксидантной защиты плазмы крови у самок.

Введение тималина интактным животным не отразилось на уровне АОА, но введение его на фоне стресса увеличивает АОА вне зависимости от пола и возраста. Эффект влияния тималина на уровень АОА при стрессе, вероятно, обусловлен влиянием его на некоторые звенья антиоксидантной защиты (ферментные системы), не исключаются и другие малоизученные эффекты действия тималина, в частности, изменение чувствительности рецепторов к некоторым гормонам.

*Осмотическая резистентность эритроцитов.* Измерения показали, что *максимальная осмотическая резистентность* мембраны эритроцитов у молодых животных не имеет достоверных половых различий и практически не меняется во всех вариантах опыта (разница с контролем не достоверна). Половые различия максимальной осмотической резистентности выявлены у старых крыс, где этот показатель значительно выше у старых самцов ( $p < 0,01$ ). К изменениям максимальной резистентности мембраны эритроцитов приводят факторы стимуляции эритропоэза с последующим выходом в кровь молодых,

более устойчивых эритроцитов (при отсутствии патологии эритропоэза и гемолитических анемий). В нашем опыте отсутствовали факторы стимуляции эритропоэза. Более высокая максимальная осмотическая резистентность эритроцитарной мембраны старых самцов (в сравнении со старыми самками), скорее всего, связана с более низкой АОА плазмы крови. С возрастом уменьшается концентрация витаминов А и Е в плазме. Возрастание уровня ПОЛ приводит к ускоренному разрушению «старых» и относительному увеличению доли «молодых» эритроцитов.

Минимальная осмотическая резистентность эритроцитов оказалась более изменчивым показателем функционирования определенной части эритроцитов. У крыс в норме эритроциты со сниженной осмотической резистентностью (низкостойкие) составляют около 20 % [2]. Минимальная осмотическая резистентность мембраны эритроцитов (рис. 3, 4) молодых самцов выше, чем у молодых самок ( $p < 0,01$ ), подобная закономерность прослеживается и у старых животных ( $p < 0,001$ ).

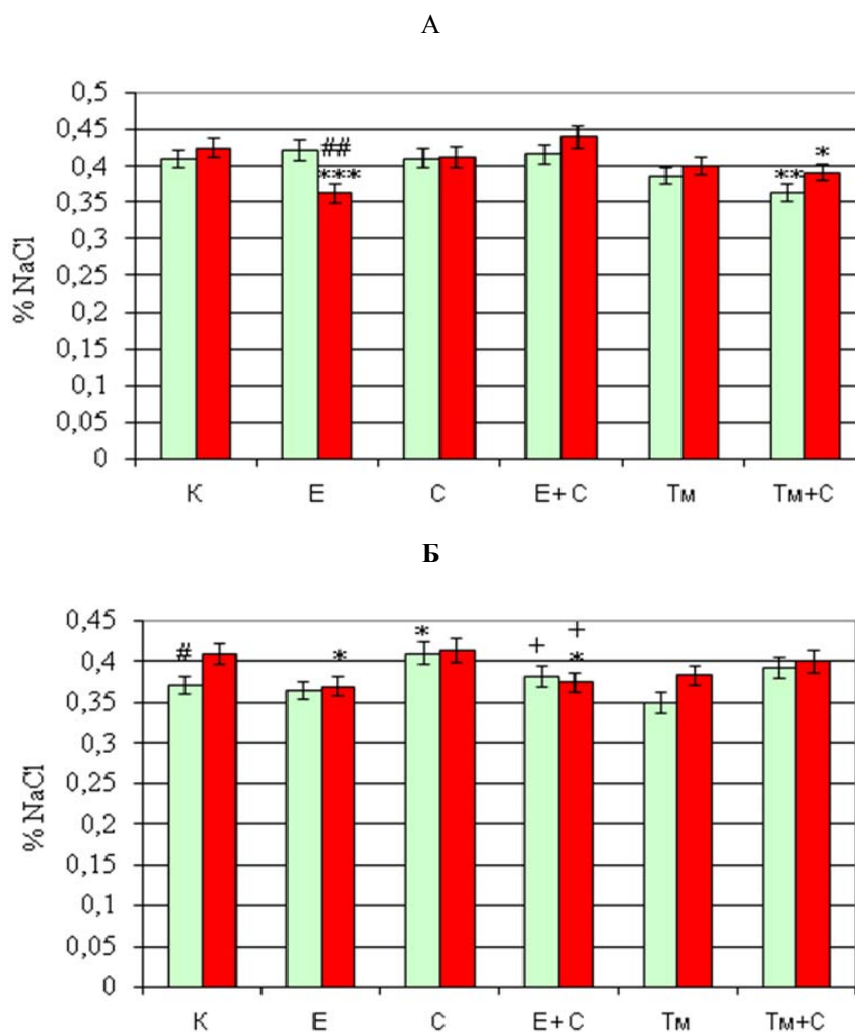


Рис. 3. Минимальная осмотическая резистентность эритроцитов самок (А) и самцов (Б) белых крыс разного возраста при экспериментальных воздействиях (молодые – светлые, старые – темные)

Примечание: достоверность разности с контролем: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; достоверность разности между возрастными группами: #  $p \leq 0,05$ ; ###  $p \leq 0,001$ ; достоверность разности с вариантом «стресс»: +  $p \leq 0,05$ .

Введение ТФ молодым животным разного пола не отразилось на минимальной осмотической резистентности ( $p > 0,05$ , в сравнении с контролем) и значительно увеличило ее у старых самок ( $p < 0,001$ ). Снижение минимальной осмотической резистентности обнаружено у молодых самцов после стресса ( $p < 0,01$ ). Дополнительное введение ТФ на фоне стресса привело к достоверному увеличению минимальной осмотической резистентности у молодых и старых самцов ( $p < 0,01$ , по сравнению с вариантом «стресс»). У молодых и старых самок воздействие стресса не отразилось на показателях минимальной осмотической резистентности, как и дополнительное введение ТФ ( $p > 0,05$ ).

Обнаружено увеличение минимальной осмотической резистентности при введении тималина на фоне стресса вне зависимости от возраста самок, в сравнении с вариантом «стресс» ( $p < 0,01$  у старых самок;  $p < 0,001$  у молодых самок). Введение только тималина не отразилось на изменении минимальной осмотической резистентности эритроцитов интактных животных.

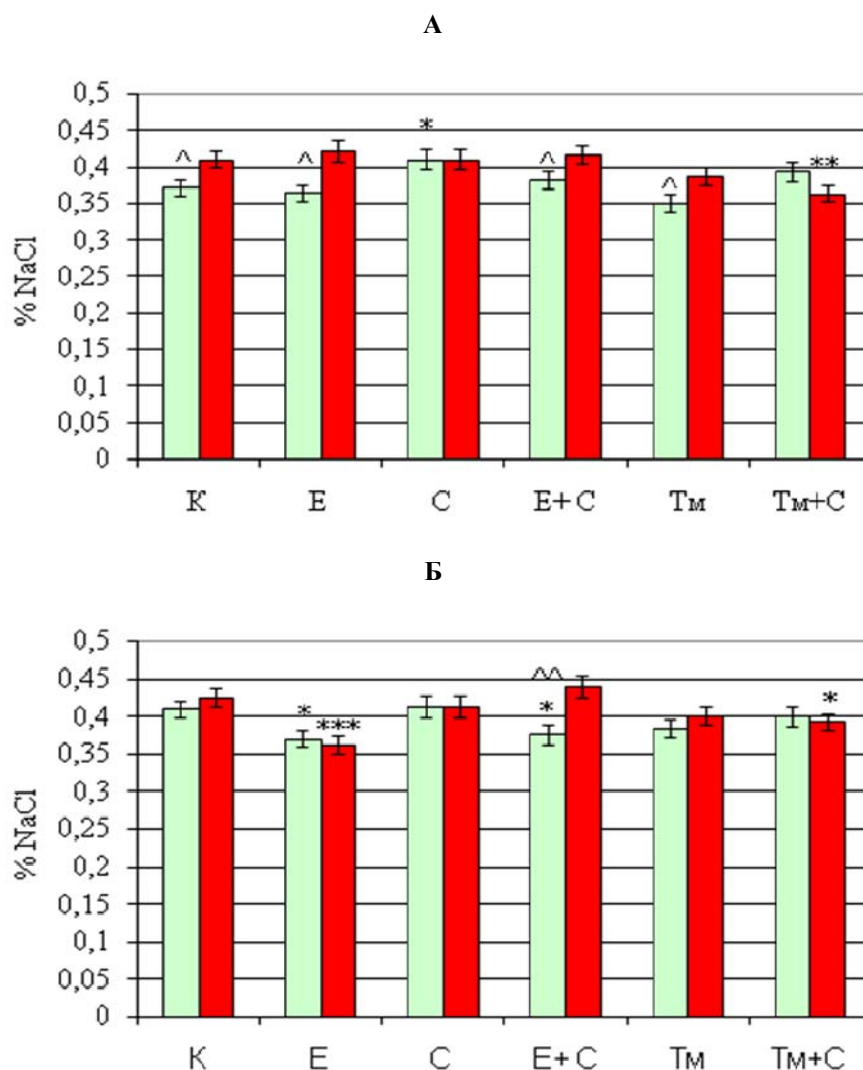


Рис. 4. Минимальная осмотическая резистентность эритроцитов молодых (А) и старых (Б) крыс при экспериментальных воздействиях (самцы – светлые, самки – темные)

Примечание: достоверность разности с контролем: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; достоверность разности между полами: ^  $p \leq 0,05$ ; ^^  $p \leq 0,01$ ; ^^ ^  $p \leq 0,001$ .

В нашем эксперименте найдена взаимосвязь между АОА плазмы крови и изменениями минимальной осмотической резистентности эритроцитов, эти закономерности становятся понятными при сопоставлении результатов обоих направлений исследования.

Более высокий антиоксидантный резерв плазмы крови самок обеспечивает защиту эритроцитарной мембраны от внешних воздействий, в том числе активизации процессов перекисного окисления. Высокая АОА плазмы крови самок увеличивает продолжительность жизни эритроцитов и позволяет сохранять в крови больше клеток со сниженной осмотической резистентностью. Как показали наши опыты, с возрастом снижается АОА плазмы. Это связано с уменьшением концентрации содержания витаминов А, С, Е, с изменением активности ферментных систем. Истощается резерв антиоксидантной защиты и в самих эритроцитах, что приводит к снижению минимальной осмотической резистентности. Поэтому введение витамина Е старым животным увеличивает минимальную осмотическую резистентность вне зависимости от пола.

Таким образом, при действии стресса дополнительное введение ТФ оказывает протекторный эффект на эритроцитарную мембрану самцов вне зависимости от возраста. Половые различия данного факта можно объяснить возрастными изменениями стероидного статуса и общей АОА самок. У молодых самок более высокий уровень АОА позволяет увеличить продолжительность жизни низкостойких эритроцитов, и дополнительное введение ТФ не увеличивает минимальную осмотическую резистентность. У старых самок изменение уровня стероидов значительно снижает степень антиоксидантной защиты эритроцитов, и даже дополнительное введение ТФ в дозе 1 мг на 100 г массы животного не хватает для ощутимого повышения минимальной осмотической резистентности. В пользу этого факта говорит более значительное увеличение минимальной осмотической резистентности при введении ТФ старым интактным самкам, в сравнении с самцами.

Обнаружен значительный протекторный эффект тималина на минимальную осмотическую резистентность эритроцитов на фоне стресса у молодых и старых самок, который имеет положительную взаимосвязь с уровнем АОА.

#### Библиографический список

1. **Клебанов, Г. И.** Оценка антиоксидантной активности плазмы крови с применением желточных липопротеидов / Г. И. Клебанов, И. В. Бабенкова, Ю. О. Теселкин, О. С. Комаров, Ю. А. Владимиров // Лабораторное дело. – 1988. – № 5. – С. 59–62.
2. **Трахтенберг, И. М.** Показатели нормы у лабораторных животных в токсикологическом эксперименте / И. М. Трахтенберг, Р. Е. Сова, В. О. Шефтель, Ф. А. Оникиенко. – М.: Медицина, 1978. – 176 с.
3. **Andersen, H. R.** Low activity of superoxide dismutase and high activity of glutathione reductase in erythrocytes from centenarians / H. R. Andersen, B. Jeune, H. Nybo. – Age Aging, 1998. – Vol. 27, № 5. – P. 643–648.
4. **Bhat, M. S.** Housing in pyramid counteracts neuroendocrine and oxidative stress caused by chronic restraint in rats / M. S. Bhat, G. Rao, K. D. Murthy, P. G. Bhat // Evid. Based Complement Alternate. – Med, 2007. – Vol. 4, № 1. – P. 35–42.
5. **Matsuo, M.** Age-related alterations in antioxidant capacity and lipid peroxidation in brain liver and lung homogenates of normal and vitamin E-deficient rat / M. Matsuo, F. Gomi, M. M. Doolley // Mech. Ageing and Dev. – 1992. – Vol. 64, № 3. – P. 273–292.
6. **Moorthy, K.** Administration of estradiol and progesterone modulate the activities of antioxidant enzyme and aminotransferase in naturally menopausal rats / K. Moorthy, D. Sharma, S. F. Basir, N. Z. Baquer // Exp. Geront. – 2005. – Vol. 40. – P. 295–302.
7. **Ozturk, O.** Changes in glucose-6-phosphate dehydrogenase, copper, zinc-superoxide dismutase and catalase activities, glutathione and its metabolizing enzymes, and lipid peroxidation in rat erythrocytes with age / O. Ozturk, S. Gumuslu // Exp. Geront. – 2004. – Vol. 39, № 2. – P. 211–216.
8. **Pedersen, W. A.** Impact of aging on stress-responsive neuroendocrine systems / W. A. Pedersen, R. Q. Wan, M. P. Mattson // Mech. Ageing Dev. – 2001. – Vol. 122. – P. 963–983.
9. **Rikans, L.E.** Sex-dependent differences in the effects of aging on antioxidant defense mechanisms of rat liver / L. E. Rikans, D. R. Moore, C. D. Snowden // Biochim. et Biophys. Acta. Gen. Subj. – 1991. – Vol. 1074, № 1. – P. 195–200.
10. **Sahin, E.** Marked changes in erythrocyte antioxidants and lipid peroxidation levels of rats exposed to acute, repeated and chronic restraint stress / E. Sahin, S. Gumuslu, O. Ozturk // Pharmazie. – 2004. – Vol. 59, № 12. – P. 961–964.

11. *Sapolsky, R. M.* The neuroendocrinology of stress and aging: the glucocorticoid cascade hypothesis / R. M. Sapolsky, L. D. Krey, B. S. McEwen // *Endocr. Rev.* – 1986. – Vol. 7. – P. 284–301.

12. *Yanagawa, K.* Age-related change in the alphatocopherolquinone / alphatocopherol ratio in the rat erythrocyte membrane / K. Yanagawa, H. Takeda, T. Matsumiya, M. Takasaki // *Nippon Ronen Igakkai Zasshi.* – 1999. – Vol. 36, № 5. – P. 335–341.

УДК 575.1

## АНАЛИЗ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДАКА ВОЛГО-КАСПИЙСКОГО КАНАЛА

**Кузина Татьяна Владимировна**, аспирант кафедры молекулярной биологии, генетики и биохимии

Астраханский государственный университет  
414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,  
тел./факс (8512) 22-82-64, e-mail: tatuls@mail.ru

*Гематологические показатели являются индикатором не только физиологического состояния организма, но и одним из основных критериев для выявления загрязнений водоемов. Представлены данные сезонных исследований (осень 2006 и 2007 гг.) периферической крови судака *Stizostedion lucioperca* Волго-Каспийского канала. Проведенный анализ гематологических показателей периферической крови судака и «микроядерное» тестирование эритроцитов, а также других патологических изменений ядер клеток крови показал наличие повышенного количества микроядер в эритроцитах крови рыб, имеющих отклонения по гематологическим показателям.*

**Ключевые слова:** микроядра, эритроциты, гематологические показатели.

## HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF A PIKE PERCH OF THE VOLGA-CASPIAN CHANNEL

*Kuzina Tatyna V.*

*Hematological parameters are the indicator not only of a physiological condition of an organism, but also one of the basic criteria for revealing pollution of reservoirs. Data of seasonal researches (autumn 2006 and 2007) of peripheral blood of pike perch *Stizostedion lucioperca* the Volga-Caspian channel are presented. The analysis of hematological parameters of peripheral blood of a pike perch and "micronuclear" testings of erythrocytes, and also other pathological changes of a nucleus of blood cells has shown the presence of the increased amount of micronucleus in erythrocytes of blood of the fishes having deviations in hematological parameters.*

**Key words:** micronucleus, erythrocytes, hematological parameters.

Система кроветворения рыб чутко реагирует на изменения факторов окружающей среды. Известно, что нарушение физиологического состояния рыб под действием токсического агента сразу же отражается на гематологических показателях. При патологических состояниях в крови рыб регистрируются морфологически измененные клеточные элементы. Изменения в крови рыб возникают в ответ на действие загрязняющих веществ, даже если их концентрация не превышает ПДК, тем более что действие различных токсикантов может суммироваться и усиливаться при их совместном действии. При воздействии неблагоприятных факторов среды происходит нарушение механизмов гомеостаза, отражающееся отрицательно на развитии организма и вызывающее изменения различных параметров жизнеспособности. Эти изменения прослеживаются на различных уровнях – от клеточного до организменного. Суммарный генотоксический эффект может быть учтен путем микроядерного тестирования. Генотоксический эффект воздействия токсикантов проявляется в виде индукции микроядер (МЯ) в эритроцитах периферической крови рыб [4, 5].

Целью исследования является использование гематологических и других показателей крови рыб в качестве критерия суммарного загрязнения вод Нижней Волги и одного из элементов в системе комплексного биологического мониторинга водных экосистем.



### Материал и методы

Исследования выполнены на репрезентативных выборках клеток тестовых объектов: эритроциты периферической крови судака *Stizostedion lucioperca*. Лов рыбы для анализа производился осенью 2006–2008 гг. на тоневом участке Волго-Каспийского канала. Для гематологического и микроядерного анализов отбирали рыб в количестве 25 экземпляров без видимых внешних повреждений и проявлений каких-либо заболеваний. Определяли СОЭ, концентрацию гемоглобина, количество эритроцитов, процентное соотношение лейкоцитов на мазках периферической крови, окрашенных азур-эозином по Романовскому. Количественное соотношение патологически измененных форменных элементов крови (ФЭК) определяли согласно рекомендациям Л.Д. Житневой с соавторами [2].

Генотоксические исследования проводили с помощью микроядерного теста [5, 6]. Мазки периферической крови фиксировали этанолом и окрашивали красителем Гимза. На препаратах проводили учет эритроцитов с микроядрами (МЯ) и другими фенотипическими нарушениями ядра. Определяли долю клеток с МЯ и другими типами патологии ядра по отношению к общему количеству проанализированных эритроцитов. Статистическую оценку результатов проводили с помощью метода альтернативного анализа и критерия Стьюдента.

### Результаты и обсуждение

Характеристика периферической крови судака приведена в таблице 1.

Осенью 2006 г. отмечали недостаточно высокие показатели крови: гемоглобин, количество эритроцитов, СОЭ, по сравнению с 2007 г. Однако насыщение гемоглобином эритроцитов (СГЭ, пг) соответствовало норме у всех экземпляров исследованных рыб как в 2006, так и 2007 гг.

Таблица 1

#### Показатели физиологического состояния судака в осенний период исследований

Показатели	2006 г.			2007 г.	
	условная норма	M ± m, n = 25	σ	M ± m, n = 25	σ
Промысловая длина, см		39,50 ± 0,57	2,78	41,27 ± 1,05	3,50
Масса тела, г		878,80 ± 46,40	227,10	980,45 ± 75,87	251,63
<b>Показатели периферической крови</b>					
Нь, г/л	70,00–72,00	61,88 ± 2,19 (n = 24)	10,70	75,04 ± 2,21	11,03
СОЭ, мм		1,77 ± 0,25 (n = 24)	1,24	1,48 ± 0,14	0,71
Количество эритроцитов *10 <sup>12</sup> в л	1,70–1,85	1,30 ± 0,10 (n = 11)	0,32	1,84 ± 0,08	0,42
СГЭ, пг	22,40–42,20	47,81 ± 2,73 (n = 11)	9,06	38,92 ± 1,62	8,13
Псевдозоинофилы, %		0,42 ± 0,17	0,89	0,04 ± 0,03	0,14
Псевдобазофилы, %		0,52 ± 0,17	0,85	–	–
Нейтрофилы, %	0,10–2,00	4,04 ± 1,34	6,72	11,86 ± 4,42	22,11
Лимфоциты, %	94,70–95,60	93,02 ± 1,34	6,69	83,63 ± 5,04	25,20
Полиморфоядерные лейкоциты, %	0,20–0,60	1,80 ± 0,35	1,77	–	–
Моноциты, %	3,30–4,40	0,10 ± 0,06	0,29	3,38 ± 0,71	3,53

При исследовании периферической крови рыб был обнаружен ряд изменений клеток красного ряда, отличающихся степенью проявления патоморфологических нарушений (табл. 2). Осенью 2006 г. у всех рыб доля молодых форм эритроцитов в среднем составляла 3,0–4,0 %, а 2007 г. – 2,0–3,0 %.

Размер клеток у большинства рыб находился в пределах физиологической нормы [2]. Частота встречаемости рыб с анизоцитозом эритроцитов осенью 2007 г. увеличилась в 2 раза, по сравнению с 2006 г., и составила 16,0 %. На мазках крови рыб выявлено значительное количество разрушенных клеток и эритроцитов в предгемолитическом состоянии. В 2007 г. процесс, заключающийся в распаде клетки, состав-

вил 88,0 % от общего числа исследованных клеток (рис. 1г). Подобные явления, как правило, возникают в результате воздействия неблагоприятных условий как вне, так и внутри организма (например, интоксикация различной этиологии).

Таблица 2

**Морфологические нарушения эритроцитов у судака**

Типы нарушений	Частота встречаемости (%)	
	Осень 2006 г.	Осень 2007 г.
Анизоцитоз ( <i>разноразмерность</i> )	8,0	16,0
Пойкилоцитоз (изменение формы)	32,0	33,0
Агглютинация	12,0	4,0
Нарушение осморезистентности	76,0	75,0
Шистоциты	4,0	25,0
Амитоз	32,0	4,0
Кариорексис	20,0	17,0
Разрушенные эритроциты	(деформация ядра) 32,0	88,0
Вакуолизация	12,0	29,0
Количество исследованных рыб (объем выборки)	25	24

В 2007 г. был зарегистрирован высокий процент (25,0 %) безъядерных эритроцитов (шистоцитов), образующихся вследствие атипичного деления клеток клетки (рис. 1в). Пойкилоцитоз эритроцитов (2006 г. – 32,0 %, 2007 г. – 33,0 %) был выражен полигональностью клеток.

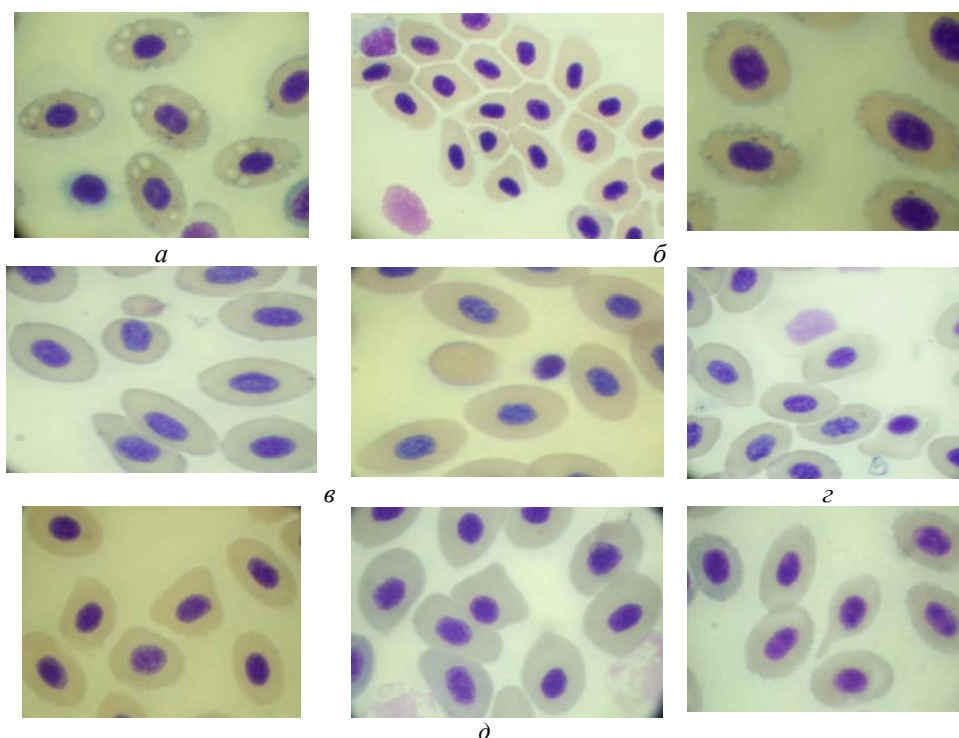


Рис. 1. Морфологические нарушения эритроцитов ( $\times 1000$ ):  
 а) вакуолизация; б) нарушение эластичности эритроцитарной мембраны;  
 в) шистоциты; г) разрушение эритроцитов; д) пойкилоцитоз

Отмечали клетки грушевидной, серповидной, ромбовидной формы с заостренными краями (рис. 1д). Изменение формы эритроцитов свидетельствует о снижении эластичности клеточной мембраны. У всех исследованных рыб наблюдали нарушение осмотической резистентности мембраны эритроцитов в легкой форме, т.е. не ис-

ключена обратимость данного процесса (рис. 1б). Деструктивные изменения ядер эритроцитов крови судака характеризовались их деформацией (полиморфизм), пикнозом, инвагинацией (вследствие нарушения резистентности ядерной оболочки), наличием пристеночных ядер. Явление *кариорексиса* носило более выраженный характер как по встречаемости признака, так и по степени его проявления в осенний период 2006 г. (2006 г. – 20,0 %, 2007 г. – 17,0 %).

В 2006–2007 гг. в белой крови рыб преобладали лимфоциты (93,0 %, 83,0 % соответственно), но находились в пределах условной нормы [9, 10].

При этом осенью 2006 г. гранулярные формы лейкоцитов были представлены псевдобазофилами (ПБФ), нейтрофилами и псевдозозинофилами (ПЭФ), последние встречались в основном на стадии миелоцита, т.е. молодой клетки, обладающей незначительной функциональной активностью. В 2007 г. псевдобазофилы отсутствовали (табл. 1).

Основной функцией нейтрофилов является защита организма от инфекций, токсического воздействия; как правило, они проявляют себя как фагоциты. Все функции нейтрофилов начинают выполнять на стадии палочкоядерной формы [2, 3]. Осенью 2007 г. процент нейтрофилов возрос (11,86 %), по сравнению с 2006 г. (4,04 %). Таким образом, стабилизация всех показателей крови судака в 2007 г. свидетельствует об улучшении физиологического состояния рыбы и, как следствие этого, повышении их иммунитета.

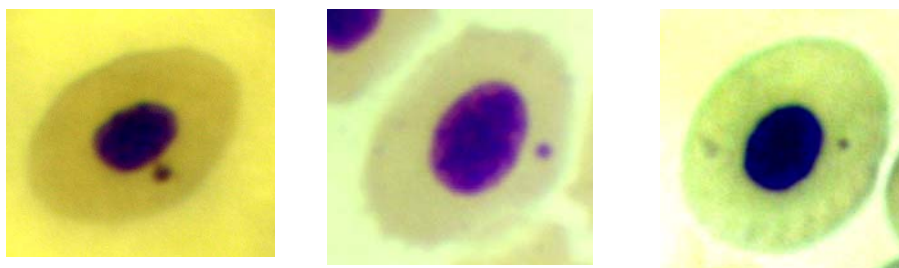


Рис. 2. Микроядра в эритроцитах периферической крови судака ( $\times 5000$ )

Исследования генотоксического влияния загрязнения среды проводились в осенний период 2007 г. с помощью микроядерного тестирования. Микроядра (МЯ) в основном образуются из хромосомного материала, лишённого центромеры в процессе образования *абберраций* хромосом и потому отставшего на стадии анафазы от общего числа расходящихся хромосом. В ходе митоза этот материал попадает лишь в одну из дочерних клеток и формирует одно или несколько МЯ (рис. 2). Исследование МЯ относится к одному из наиболее важных быстрых тестов выявления мутагенного действия биотических и абиотических факторов на организм рыб [1, 9].

Разность долей эритроцитов с МЯ в периферической крови рыб с отклонениями от условной нормы по гематологическим показателям, с экземплярами рыб относительно здоровыми является достоверной ( $p < 0,05$ ) (табл. 4). У рыб, гематологические показатели (СОЭ, Нб, количество эритроцитов в литре) которых соответствовали физиологическим нормам, доля эритроцитов с МЯ и другими нарушениями ядра составила 1,0–1,5 %. Достоверного различия частоты встречаемости микроядер в эритроцитах периферической крови рыб, различающихся по полу, не установлено.

Таблица 3

**Частота встречаемости микроядер и других нарушений структуры ядра в эритроцитах судака 2007 г.**

Показатели	Лето		Осень	
	М ± m	Лимиты	М ± m	Лимиты
Эритроциты с МЯ	9,22 ± 1,58	2–24	25,33 ± 3,87*	7–89
Эритроциты с другими нарушениями ядра	8,50 ± 1,79	1–27	12,83 ± 0,87*	5–21
Количество обследованных рыб	18		24	
Количество проанализированных клеток	28500		24000	

Проведенный цитопатологический анализ клеток периферической крови судака в осенние периоды 2006–2007 гг. позволил выявить наиболее значимые для здоровья рыб изменения: пойкилоцитоз эритроцитов, повреждение эритроцитов, вызванное нарушением их осморезистентности – явления, характерные для наличия негативного фактора воздействия (химическое влияние, заболевания различной этиологии). Можно предположить, что характер отмеченных изменений связан с нарушениями эритроцитарной мембраны при контакте с веществами, обладающими повреждающим действием, при этом не исключается обратимость этих процессов. Отмеченные изменения в соотношении различных форм лейкоцитов, представленные невысоким содержанием фагоцитов (моноциты) осенью 2006 г. и увеличением количества нейтрофилов в 2007 г., могут объясняться как физиологическими особенностями рыб, так и токсическим воздействием на организм рыб загрязняющих веществ вод Волго-Каспия. Обнаруженное повышенное количество микроядер в эритроцитах периферической крови судака может свидетельствовать о потенциальной мутагенности загрязнения воды Волго-Каспийского канала.

#### Библиографический список

1. Давыдов, О. Н. Патология крови рыб / О. Н. Давыдов, Ю. Д. Темниханов, Л. Я. Куровская. – ИНКОС, 2006. – 206 с., [12] л. цв. ил.
2. Житенева, Л. Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л. Д. Житенева, Т. Г. Полтавцева, О. А. Рудницкая. – Ростов н/Д.: Книж. изд-во, 1989. – 112 с.
3. Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб) / Н. Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1983. – 184 с.
4. Изюмов, Ю. Г. Количество микроядер в эритроцитах периферической крови плотвы *Rutilus rutilus* и леща *Abramis brama* Рыбинского и Горьковского водохранилищ / Ю. Г. Изюмов, М. Г. Таликина, Ю. В. Чеботарева // Биология внутренних вод. – 2003. – № 1. – С. 98–101.
5. Ильинских, Н. Н. Использование микроядерного теста в скрининге и мониторинге мутагенов / Н. Н. Ильинских // Цитология и генетика. – 1988. – Т. 22, № 1. – С. 67–71.
6. Ильинских, Н. Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность / Н. Н. Ильинских, В. В. Новицкий, Н. Н. Ванчугова, И. Н. Ильинских. – Томск, 1992. – 272 с.
7. Кошулин, Н. А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения / Н. А. Кошулин, А. А. Лукин, П. А. Амонтсен. – Апатиты, 1999. – 142 с.
8. Методические указания по гематологическому обследованию рыб в водной токсикологии / сост.: О. Н. Крылов. – Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1974. – 40 с.
9. Моисеенко, Т. И. Гематологические показатели рыб в оценке их токсикозов (на примере сига *Coregonus lavaretus*) / Т. И. Моисеенко // Вопросы ихтиологии. – 1998. – №3. – С. 371–380.
10. Справочник по физиологии рыб / сост.: А. А. Яржомбек, В. В. Лиманский, Т. В. Щербина [и др.]; под ред. А. А. Яржомбека. – М.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.
11. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб: справ. / сост.: Л. Д. Житенева, О. А. Рудницкая, Т. И. Калюжная. – Ростов н/Д.: Изд-во «Молот», 1997. – 152 с.

УДК 636.2.083.78:577.1

### ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

**Кузьмина Лия Раисовна**, аспирант кафедры зоологии и ботаники  
**Каниева Нурия Абдрахимовна**, доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и ботаники

Астраханский государственный технический университет  
414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16,  
тел. 61-45-45, e-mail: klr9169@mail.ru, e-mail: kanievana52@ru

*Изучено физиологическое состояние организма сельскохозяйственных животных в разные сезоны года, в отдельных областях юга России. На основе биохимического контроля белкового, углеводного, минерального и витаминного обменов веществ коров красной степной породы, максимальное количество которых распространяется по исследуемым областям,*

выявлена зависимость физиологического состояния. Установлены нарушения обменных процессов в организме животных, связанные с особенностями условий их содержания и кормления, характеризующихся недостаточным естественным минерально-витаминным, каротин-содержащим и легкоусвояемым углеводистым питанием.

**Ключевые слова:** физиологическое состояние, обмен веществ, сельскохозяйственные животные, питание, условия обитания.

#### PECULIARITIES OF METABOLISM IN ORGANISMS OF FARM ANIMALS IN SEPARATE STAGES OF LIFE CYCLE

*Kuzmina Liya R., Kanieva Nuriya A.*

*The physiological state of farm animals' organisms in different seasons of the year, in separate regions of the south of Russia was studied in the article. The dependence of physiological state of cows was revealed on the basis of biochemical control of protein, carbon hydrated, mineral and vitamin metabolism of cows of red steppe species which maximum quantity is spread over the researched regions. Metabolic disturbance in animals' organisms connected with peculiarities of housing and feeding conditions, which in their turn are characterized by an insufficient natural mineral and vitamin, carotin-containing and easy-digestible carbon hydrated feed, was established.*

**Key words:** physiological state, metabolism, farm animals, feed, living environment.

Нарушение обмена веществ является одним из основных факторов, препятствующих реализации генетического потенциала животных. Причины возникновения нарушений обмена веществ связаны, главным образом, с погрешностями в кормлении, содержании в определенных экологических средах и хозяйственном использовании животных. Несбалансированность рационов даже по нескольким питательным веществам может приводить к серьезным нарушениям в жизнедеятельности всего организма [4, 11].

Кровь, как одна из важнейших систем организма, играет большую роль в жизнедеятельности. Благодаря широко развитой сети кровеносных сосудов и капилляров, кровь приходит в соприкосновение с клетками всех тканей и органов, обеспечивая, таким образом, возможность питания и их дыхания. Поэтому всякого рода воздействия на ткани организма отражаются на составе и свойствах крови [7].

Целью данной работы явилось установление физиологического состояния коров красной степной породы на определенных этапах их развития в зависимости от условий обитания.

#### Материал и методы исследований

Объектом исследования явились коровы красной степной породы 2–3-летнего возраста, средний вес – 460–500 кг. Пробы крови отбирали до утреннего кормления из яремной вены животных, не имеющих признаков заболеваний, которые могли оказать влияние на биохимические показатели.

Определение общего белка в сыворотке крови проводили колориметрическим методом [3]. Содержание глюкозы определяли по цветной реакции (метод Сомоджи); общий кальций в сыворотке крови устанавливали комплексометрическим методом по Уилкинсону; неорганический фосфор определяли с использованием ванадат-молибдатного реактива; общее количество кетоновых тел – йодометрическим методом; содержание каротина определяли спектрофотометрическим методом, резервную щелочность – диффузионным методом [8].

#### Результаты собственных исследований

Результаты анализа сыворотки крови показали, что уровень общего белка за весь период исследования не всегда соответствовал биологическим потребностям организма животных. Разнонаправленный характер количества общего белка отмечен по сезонам. Так, в пробах за осень 2006 г. – 4,66 мг/%, весны 2007 г. – 9,06 мг/%, при норме – 7,2–8,6 мг/% (рис. 1). Однако этот показатель может изменяться под воздействием многих факторов, касающихся непосредственно как протеинового питания и некоторых нарушений обмена веществ, так и функции печени [1, 9].

Углеводный обмен у жвачных животных играет роль в предопределении уровня и интенсивности других обменов. Основным показателем метаболизма углеводов служит концентрация сахара в крови, главным образом, глюкозы. Глюкоза является важным, хотя и не единственным для жвачных животных, источником энергии [2].

Уровень глюкозы в крови жвачных невелик, но довольно стабилен и удерживается у здоровых животных в пределах 2,2–3,3 ммоль/л [13].

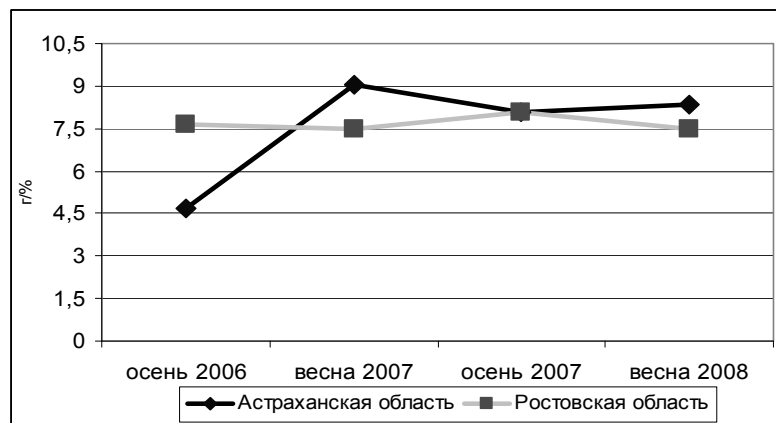


Рис. 1. Содержание общего белка в сыворотке крови животных

По результатам наших исследований отмечено значительное снижение уровня глюкозы в пробах сыворотки крови, отобранных весной 2007–2008 гг. у животных из Астраханской области и отдельных особей из Ростовской области. Наиболее низкий уровень глюкозы в организме исследуемых животных – 0,48–0,56 ммоль/л, является причиной дефицита легкоусвояемых углеводов (рис. 2).

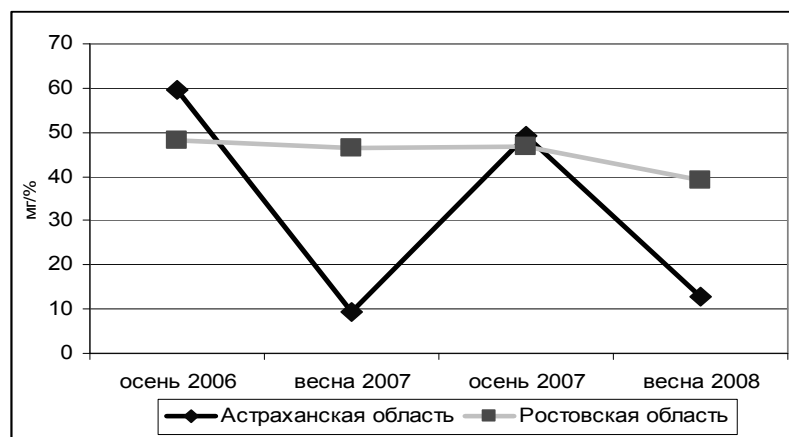


Рис. 2. Содержание глюкозы в сыворотке крови животных

Для нормальной жизнедеятельности организма животных необходимы минеральные вещества. Известно, что ионы кальция повышают защитные функции организма, понижая мембранную проницаемость для вредных веществ и усиливая фагоцитарную функцию лейкоцитов. Даже небольшое снижение уровня кальция в сыворотке крови приводит к существенным нарушениям, в том числе к функциональным расстройствам нервной системы. С обменом кальция тесно связан обмен фосфора. Фосфор необходим для нормального белкового, жирового и углеводного обменов, является буферным веществом крови, аккумулятором и источником энергии (макроэргические фосфаты).

Важное диагностическое значение имеет соотношение в крови кальция и фосфора. При нормальном уровне обмена веществ этот коэффициент равен 1,0–2,0, оптимальное отношение кальция к фосфору – 2 : 1 [5, 13].

По результатам наших исследований выявлен недостаток содержания кальция – 8,7 мг/%, в организме животных из Астраханской области в осенний период 2006–2007 гг. (норма – 10–12,5 мг%) [6].

Средние показатели неорганического фосфора были на минимуме допустимых значений – 4,47 мг/% осенью 2007 г., при норме – 4,5–6,0 мг%. В весенние периоды отмечали достаточный уровень кальция и небольшое превышение фосфора – 6,82 мг%, в сыворотке отдельных особей животных.

В пробах крови животных из Ростовской области высоки показатели содержания кальция – 10–12,28 мг/%, но значителен дефицит фосфора, особенно осенью 2006 г. – 2,5 мг/%, и весной 2007–2008 гг. – 3,34–4,21 мг%. Полученные данные свидетельствуют о низкой степени обеспеченности организма коров соединениями фосфора.

Определение резервной щелочности крови животных имеет большое значение при установлении ацидоза, который возникает у животных в результате нарушения обмена веществ [10].

Показатели резервной щелочности сыворотки крови в организме исследуемых животных характеризовали состояние кислотно-щелочного равновесия. Исключением явились показатели проб весеннего сбора 2007 г. у животных из Ростовской области с колебанием резервной щелочности от 33,1 до 40,3 объемных процентов CO<sub>2</sub> – кислотно-щелочное равновесие сдвинуто в сторону ацидоза, при норме – 46–66 об./% CO<sub>2</sub>. (рис. 3). Причиной таких отклонений мог стать недостаток сахаров и минеральных веществ в рационе питания.

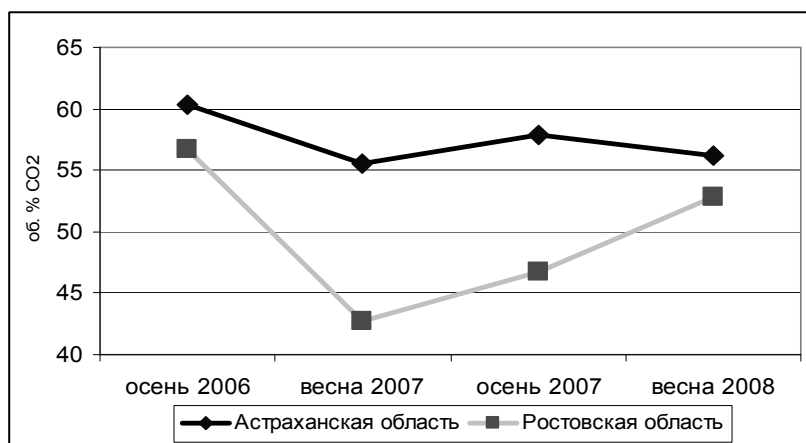


Рис. 3. Содержание резервной щелочи в сыворотке крови животных

Кетоновые тела (бета-оксимасляная кислота, ацетоуксусная кислота и ацетон) являются промежуточными продуктами обмена жиров, углеводов и белков. У здоровых коров общее количество кетоновых тел составляет 1–6 мг/%, причем на долю бета-оксимасляной кислоты их приходится в 3–4 раза больше, чем ацетона и ацетоуксусной кислоты. При кетозе соотношение меняется в сторону увеличения ацетона и ацетоуксусной кислоты.

По результатам наших исследований установлено возрастание кетоновых тел от 7 до 10 мг у 60 % животных из Ростовской области. При норме 1,0–6,0 мг/% в пробах сыворотки крови всех исследуемых коров из Астраханской области за весенний период 2007 г. и в 60 % случаев 2008 г. содержание кетоновых тел составило от 7 до 9 мг%. Повышение данного показателя связано с нарушением углеводного обмена и дефицитом микроэлементов в организме исследуемых животных. Накоплению в кро-

ви кетонных тел способствует высокая концентрация аммиака, который тормозит реакцию окисления ацетил-КоА в цикле трикарбоновых кислот.

Сельскохозяйственные животные нуждаются в поступлении каротиноидов и витамина А с кормами, причем, как известно, коровы способны накапливать максимум каротина без предварительного его превращения в витамин [14].

По результатам наших исследований определено минимальное количество каротина в весенний период 2008 г. у животных из Астраханской области и дефицит его (0,18 до 0,26 мг/%), при норме – 0,4–1,0 мг/% – у особей из Ростовской области. Как известно, последствием низкого содержания каротина является гиповитаминоз А и возможные серьезные нарушения интенсивности энергетического обмена в организме животных (рис. 4).

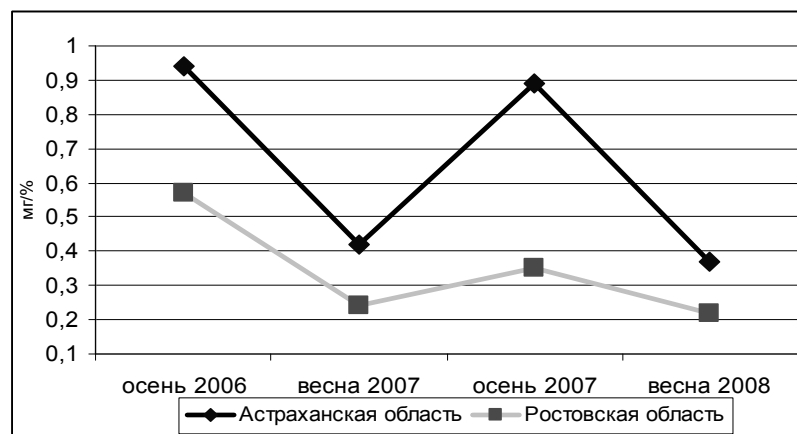


Рис. 4. Содержание каротина в крови животных

#### Заключение

Таким образом, установлено, что степень изменчивости обменных процессов в организме коров зависит от сезона года, от особенностей условий содержания животных в определенной географической территории.

Установлена тесная связь между минеральным, углеводным, липидным и витаминным обменами организма исследуемых животных. Характерно, что при сдвиге одного из звеньев обмена веществ нарушается любой другой.

Определено понижение общего белка, кальция и фосфора осенью и дефицит глюкозы весной у животных из Астраханской области и значительное снижение нормативных показателей каротина в весенний период у животных из Ростовской области.

Повышение уровня кетонных тел в организме исследуемых животных связано с нарушением углеводного обмена и низкими значениями микроэлементов, причиной тому является использование в питании животных силоса, сенажа, кислого жома и других кормов, содержащих в избытке уксусную и масляную кислоты. Установленный ацидоз у исследуемых коров возникает в результате нарушения обмена веществ, также является явной причиной неправильного кормления.

Восстановление пластичности обменных процессов в организме животных из-за недостатка естественного минерально-витаминного питания возможно при использовании сбалансированного рациона кормления. Необходимо добавлять каротинсодержащие и легкоусвояемые углеводистые корма (свеклу, морковь, тыкву, травяную массу, турнепс и т.д.), витаминные и минеральные подкормки или премиксы.

#### Библиографический список

1. Васильева, Е. А. Клиническая биохимия сельскохозяйственных животных / Е. А. Васильева. – М. : Агропромиздат, 2000. – 359 с.



2. **Воскобойник, В. Ф.** Ветеринарное обеспечение высокой продуктивности коров / В. Ф. Воскобойник. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 254 с.
3. **ГОСТ 25011-81 (СТ СЭВ 2787-80).** Мясо и мясные продукты. Метод определения белка. – М., 1981.
4. **Громыко, Е. В.** Оценка состояния организма коров методами биохимии / Е. В. Громыко // Экологический вестник Северного Кавказа. – Изд-во КубГАУ, 2005. – № 2. – С. 80–94.
5. **Зинченко, И. Л.** Минерально-витаминное питание коров / И. Л. Зинченко, И. Е. Погорелова. – М. : Колос, 1980. – С. 89–167.
6. **Кабыш, А. А.** Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у животных на почве недостатка и избытка микроэлементов в зоне Южного Урала / А. А. Кабыш. – Челябинск : Челябинский дом печати, 2006. – 408 с.
7. **Казарцев, В. В.** Унифицированная система биохимического контроля за состоянием обмена веществ коров / В. В. Казарцев, А. Н. Ратошный // Зоотехния. – 1986. – Вып. 3. – С. 323–330.
8. **Методические** указания по применению унифицированных методов исследования крови, мочи, молока в ветеринарных лабораториях. – М. : Всесоюз. академ. с.-х. наук им. Ленина, 1981. – 87 с.
9. **Профирьев, И. А.** Обмен веществ и продуктивность. Нарушения обмена веществ у высокопродуктивных молочных коров при различных условиях содержания и кормления / И. А. Профирьев // Сельскохозяйственная биология. – 2001. – Вып. 2. – С. 27–41.
10. **Риш, М. А.** Геохимическая экология животных и проблемы генетики / М. А. Риш // Биологическая роль микроэлементов. – М., 1983. – С. 17–28.
11. **Рындина, Д. Ф.** О микроэлементном составе тканей и органов крупного рогатого скота и свиней / Д. Ф. Рындина, О. Г. Егорова, И. В. Быстрова // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 2. – С. 123–128.
12. **Шамберев, Ю. Н.** Биохимические показатели крови у высокопродуктивных коров чернопестрой породы / Ю. Н. Шамберев, М. М. Эртуев, И. П. Прохоров // Зоотехния. – 1986. – Вып. 4. – С. 129–137.
13. **Юдин, М. Ф.** Болезни. Физиологическое состояние организма коров в разные сезоны года / М. Ф. Юдин // Ветеринария. – 2001. – Вып. 2. – С. 38–56.

УДК 611–018.46–003.219:615.272

### **ВЛИЯНИЕ ПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ ТЕРАПИИ НА СОСТОЯНИЕ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ КОСТНОГО МОЗГА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА<sup>1</sup>**

**Осипенко Марина Дмитриевна<sup>1</sup>**, ассистент кафедры патофизиологии  
**Лазько Алексей Евгеньевич<sup>2</sup>**, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой адаптивной физической культуры  
**Овсянникова Ольга Александровна<sup>1</sup>**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры патофизиологии

Астраханская государственная медицинская академия<sup>1</sup>

414000, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121,  
тел. (8512) 44-71-45, e-mail: aline31@mail.ru

Астраханский государственный университет<sup>2</sup>

414000, г. Астрахань, ул. Татищева, 20 а,  
тел. (8512) 59-48-60, e-mail: radmila56@mail.ru

*Статья затрагивает важные вопросы влияния серосодержащего газа на процессы эритропоэза в красном костном мозге и возможности их коррекции при помощи антиоксидантной терапии. В эксперименте определяется состояние перекисного окисления липидов (ПОЛ) в красном костном мозге на различных этапах постнатального онтогенеза в норме, при воздействии серосодержащего газа, а также в условиях воздействия антиоксидантов – витаминов Е и С.*

*Установлено, что использование антиоксидантов в качестве протекторов токсического действия серосодержащего газа позволило снизить концентрацию МДА в костном мозге*

<sup>1</sup> Работа поддержана грантом РГНФ № 09-06-00933а.

бедренных костей крыс. Однако характер действия протекторов неодинаков на различных этапах онтогенеза. Это подтверждает представления о наибольшей экосенситивности эритрона в неполовозрелом возрасте, его относительной устойчивости в зрелом и усугубляющейся разбалансировке процессов саморегуляции эритропоэза в старческом возрасте.

**Ключевые слова:** перекисное окисление липидов, серосодержащий газ, этапы онтогенеза, антиоксиданты, эритробластический островок, эритропоэз.

**THE INFLUENCE OF PATOGENETIC ANTIOXIDANT THERAPY ON THE STATE OF PERIACID OXIDATION OF SPINAL CORD LIPIDS DURING THE ACTION OF SULPHUR-CONTAINING GAS AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS**  
*Osipenko Marina D., Lazko Alexey E., Ovsyannikova Olga A.*

*The article deals with important questions of influence of sulphur-containing gas on the processes of erythropoiesis in red spinal cord and possibilities of correction with the help of antioxidant therapy. In the experiment the state of periacid oxidation of lipids (POL) in red spinal cord at different stages of postnatal ontogenesis in normal state was determined, during the action of sulphur-containing gas, under conditions of action of antioxidants – vitamins E and C. It was determined that the usage of antioxidants as protectors of sulphur-containing gas may be possible to decrease the concentration of MDA in spinal cord of hip bones of rats. The character of action of such protectors may be various at different stages of ontogenesis. It confirms the supposition about largest ecosensitivity of erythrone at the non-sexual age, its relative stability at the adult age and change of disbalance of processes of self-regulation of erythropoiesis at the old age.*

**Key words:** periacid oxidation of lipids, sulphur-containing gas, stages of ontogenesis, antioxidants, erythroblastic island, erythropoiesis.

Ухудшение экологической обстановки в мире и в Астраханском регионе [1, 2, 7, 8], связанное в немалой степени с загрязнением атмосферного воздуха, настоятельно требует изучения механизмов влияния на жизнеобеспечивающие биологические системы, к которым, несомненно, относится система эритропоэза, антропогенных факторов, в том числе и серосодержащих газов, а также поиска эффективных методов уменьшения этого влияния и повышения устойчивости эритрона к воздействию газообразных серосодержащих поллютантов.

Несмотря на проведенные многочисленные исследования действия производственных факторов в газовой промышленности на состояние различных систем организма человека, воздействие газообразных серосодержащих поллютантов на кровь и кроветворение до настоящего времени остается изученным недостаточно. Крайне скудны данные о взаимосвязи процессов эритропоэза и перекисного окисления липидов (ПОЛ) – одного из главных механизмов поддержания гомеостаза, интенсивность которого является очень важным фактором для функционирования любой биологической системы, в том числе и эритрона, на различных этапах онтогенеза как в норме, так и в условиях воздействия серосодержащего газа.

**Цель работы:** выявить онтогенетические периоды повышенной чувствительности костного мозга к серосодержащему газу путем исследования в нем состояния ПОЛ, а также изучить эффективность действия антиоксидантов (витаминов Е и С) в данном случае.

**Материалы и методики**

Для достижения поставленной цели проведен эксперимент на 54-х белых беспородных крысах-самцах. Были сформированы три типа групп: I – контрольные, II – подвергающиеся воздействию серосодержащих поллютантов, III – подвергающиеся воздействию серосодержащих поллютантов и получающие протекторное воздействие. Каждый тип состоял из трех групп по 6 особей в каждой, животные в которых находились на тех же этапах индивидуального развития, что и люди на протяжении постнатального онтогенеза. Группы II и III типов подвергались воздействию газообразных серосодержащих поллютантов в тот момент, когда животные в них имели возраст, равный половине того периода своего развития, который соответствовал выбранному для изучения этапу онтогенеза человека (табл. 1). Распределение экспе-

риментальных животных в соответствии с периодами онтогенеза человека производилось по данным, приведенным в работах [4, 5, 12, 13].

Таблица 1

**Распределение экспериментальных животных  
в соответствии с периодами онтогенеза человека**

Человек	Лабораторные крысы	
Период	Период	Возраст (до суток)
Детский	Неполовозрелый	36
Взрослый	Зрелый	435
Пожилой возраст	Старческий	810

В качестве токсического агента был применен природный осушенный газ Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ).

В эксперименте использовалась концентрация газа в газовой смеси, составляющая  $90 \pm 4$  мг/м<sup>3</sup> по сероводороду, что в 30 раз больше предельно допустимой концентрации (ПДК) сероводорода для рабочих зон при одновременном присутствии углеводородов. Затравка серосодержащим газом проводилась 4 часа в осенне-зимние сезоны статистическим методом в течение 30 дней, за исключением воскресных дней, строго с 10 до 14 часов

Концентрация газа и условия затравки полностью соответствовали условиям проведения токсикологических экспериментов, изложенным в издании ВОЗ «Принципы и методы оценки токсичности химических веществ» [9].

В качестве патогенетических протекторов воздействия газообразных серосодержащих поллютантов использовались антиоксиданты – витамин Е (50 мг/кг) и аскорбиновая кислота (0,5 мМ/кг), которые вводили животным перорально каждый день эксперимента перед началом затравки.

Состояние ПОЛ в костном мозге на различных этапах постнатального онтогенеза в норме, в условиях воздействия серосодержащего газа, а также эффективность действия антиоксидантов в данном случае оценивали по концентрации в нем малонового диальдегида (МДА) – одного из конечных продуктов ПОЛ [3, 11, 6].

**Результаты собственных исследований**

Как показали результаты исследований состояния ПОЛ в костном мозге, использование примененной патогенетической антиоксидантной терапии на фоне воздействия газообразных серосодержащих поллютантов вызывает тенденцию приближения концентраций МДА к контрольным цифрам, т.е. к нормализации ПОЛ на изучаемых периодах онтогенеза (табл. 2, рис.).

Таблица 2

**Концентрация малонового диальдегида в костном мозге крыс  
различного возраста в контроле, после воздействия серосодержащего газа  
и с использованием протектора (нМоль/мг)**

Возраст	Неполовозрелый	Зрелый	Старческий
Контроль (M ± m)	58,9 ± 1,7	60,3 ± 1,8	76,7 ± 1,6
Р*		> 0,05	< 0,01
Воздействие (M ± m)	74,3 ± 2,3	72,4 ± 2,1	82,6 ± 2,4
Р*		> 0,05	< 0,01
Р**	< 0,01	< 0,05	< 0,05
Воздействие+протектор (M ± m)	63,8 ± 2,6	64,1 ± 2,4	80,1 ± 2,3
Р*		> 0,05	< 0,05
Р**	< 0,05	> 0,05	< 0,05

*Примечание: \* – по отношению к предыдущему возрасту в той же группе; \*\* – по отношению к возрастному контролю.*

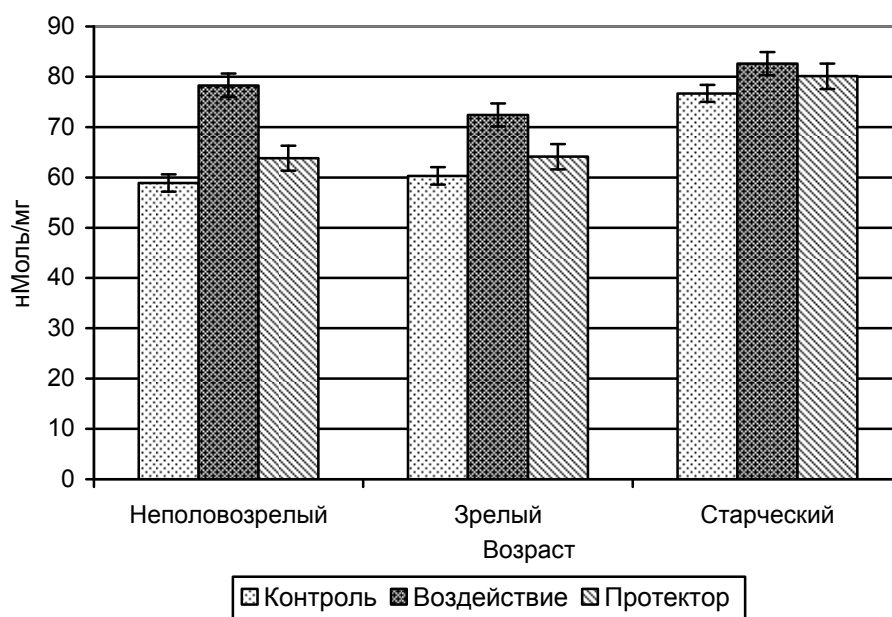


Рис. Количество малонового диальдегида в костном мозге крыс различного возраста в контроле, после воздействия серосодержащего газа и в условиях действия протектора

Однако эта тенденция неодинаково выражена на изучаемых этапах онтогенеза. Так, использование протектора в неполовозрелом возрасте хотя и вызывает значительное снижение содержания МДА в костном мозге, но все же остается статистически значимое различие ( $P < 0,05$ ) между итоговой концентрацией МДА после воздействия серосодержащий газ + протектор и контрольной концентрацией.

Данный достаточно позитивный эффект действия протектора проявляется, несмотря на весьма значительное и наибольшее на всех рассматриваемых этапах онтогенеза возрастание концентрации МДА в костном мозге неполовозрелых животных на фоне воздействия газообразных серосодержащих поллютантов. Это может служить доказательством высокой чувствительности АОС костного мозга крыс в этом возрасте как к негативному, так и к позитивному воздействиям.

Принципиально иная картина наблюдается в случае сочетанного воздействия серосодержащего газа и протектора в зрелом возрасте крыс. Концентрация МДА в костном мозге после токсического воздействия газообразных серосодержащих поллютантов также значительно повышается (+20 %). Однако итоговая концентрация этого вещества после сочетанного воздействия токсикант + протектор хотя и превышает контрольное значение, но статистически уже не отличается от них ( $P > 0,05$ ). Это свидетельствует о весьма эффективном положительном действии использованного протектора на интенсивность ПОЛ в костном мозге крыс данного возраста.

Значительно хуже дело обстоит у крыс старческого возраста. Аналогичное предыдущим случаям протекторное воздействие все же вызывает снижение активности ПОЛ на фоне действия серосодержащего газа. Однако этот эффект незначителен, что выражается статистически высокодостоверным ( $P < 0,01$ ) превышением итогового значения концентрации МДА после воздействия серосодержащий газ + протектор над контрольным значением.

Данный факт может служить подтверждением предположения о недостаточной чувствительности АОС костного мозга крыс старческого возраста к выбранному протектирующему воздействию, что усугубляется ее высокой сенсitivностью к токсическому действию газообразных серосодержащих поллютантов.

### Заключение

Использование антиоксидантов в качестве протекторов токсического действия серосодержащего газа позволило снизить концентрацию МДА в костном мозге бедренных костей крыс. Характер этого процесса подтверждает представления [10] о наибольшей экосенситивности эритрона в неполовозрелом возрасте, его относительной устойчивости в зрелом и усугубляющейся разбалансировке процессов саморегуляции эритропоэза в старческом возрасте.

### Библиографический список

1. **Асфандияров, Р. И.** Острые отравления серосодержащими газами / Р. И. Асфандияров, В. Н. Бучин, А. Е. Лазько, А. А. Резаев. – Астрахань, 1995. – 156 с.
2. **Бучин, В. Н.** Экология и здоровье человека / В. Н. Бучин // Астраханский медицинский журнал. – 2007. – № 2. – С. 8–9.
3. **Владимиров, В. А.** Перекисное окисление липидов в биологических мембранах / Ю. А. Владимиров, А. И. Арчаков. – М. : Наука, 1972. – 252 с.
4. **Душкин, В. А.** Лабораторное животноводство / В. А. Душкин. – М. : Россельхозиздат, 1980. – 48 с.
5. **Западнюк, И. П.** Лабораторные животные / И. П. Западнюк, В. И. Западнюк, Е. А. Захария, Б. В. Западнюк. – Киев : Высшая школа, 1983. – 381 с.
6. **Кочетов, Т. А.** Практическое руководство по энзимологии / Т. А. Кочетов. – М. : Высшая школа, 1980. – 60 с.
7. **Новиков, А. В.** Влияние загрязнения атмосферы на здоровье человека / А. В. Новиков, В. А. Новикова // Астраханский медицинский журнал. – 2007. – № 2. – С. 133–134.
8. **Полунин, И. Н.** Токсический отек легких / И. Н. Полунин, Р. И. Асфандияров, Н. Н. Тризно. – Астрахань, 1999. – 219 с.
9. **Принципы** и методы оценки токсичности химических веществ. – Женева : ВОЗ, 1981. – Ч. 1. – 312 с.
10. **Семенова, Л. К.** Возрастная морфология сегодня и завтра / Л. К. Семенова, Ф. В. Суздиловский // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1989. – № 12. – С. 5.
11. **Стальная, И. Д.** Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И. Д. Стальная, Т. Т. Гаришвили // Современные методы в биохимии. – М. : Медицина, 1977. – С. 66–68.
12. **Farris, E. I.** The rat in the laboratory investigation / E. I. Farris [et al]. – New York, 1962. – 364 p.
13. **Hagemann, E.** Ratte und Mans / E. Hagemann, G. Schmidt. – Berlin, 1960. – 320 p.

УДК 612.17 (4-053)

## ОСОБЕННОСТИ СИМПАТО-АДРЕНАЛОВОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

**Псеунок Аминет Аскеровна**, доктор биологических наук, профессор  
Адыгейский государственный университет  
385000, Республика Адыгея, ул. Университетская, 208,  
тел. 8 (8772) 59-39-38, e-mail: PseunokK@mail.ru

*Изучена динамика изменения активности симпато-адреналовой системы у детей младшего школьного возраста. Выявлены существенные половые различия в экскреции катехоламинов. Обнаружено, что у детей 6–8 лет адаптивная ситуация обостряется в конце учебного года, за исключением мальчиков 2-го класса, что связано, вероятно, с онтогенетическими особенностями роста и развития организма, так как адреналовый отдел у мальчиков формируется раньше, чем у девочек. Исследования показали, что с возрастом экскреция катехоламинов с мочой увеличивается, но это поступательное движение имеет неравномерный и небесконечный характер.*

**Ключевые слова:** адаптация, симпато-адреналовая система, школьники, гомеостаз, адаптационная возможность, вегетативная регуляция.

## PECULIARITIES OF SYMPATHOADRENAL SYSTEM OF CHILDREN OF YOUNGER SCHOOL AGE

*Pseunok Aminet A.*

*The article studies the dynamics of the activity of sympathoadrenal system of children of younger school age. Essential sexual distinctions in catecholamine excretions are revealed. It has been established that the adaptive situation of 6–8 year-old children becomes aggravated at the end of the academic year, except for boys of the 2-nd class. This is caused by the ontogenetic features of growth and development of an organism since the adrenal system of boys is formed earlier than that of girls. Researches have shown that with the increase of age catecholamine excretion with urine is increased, but this forward movement has a non-uniform and non-infinite character.*

**Key words:** *adaptation, sympathoadrenal system, pupils, homeostasis, adaptation opportunity, vegetative regulation.*

Среди физиологических систем, участвующих в организации приспособительных реакций и обеспечивающих постоянство внутренней среды организма, важная роль принадлежит симпато-адреналовой системе (САС). Она занимает одно из главных мест в нейро-гуморальной регуляции функций организма, организации стрессовых состояний. Под контролем симпато-адреналовой системы находятся все функции организма [5, 6].

Одним из направлений исследования биохимического фона регуляции функций у детей младшего школьного возраста является изучение возрастнo-половых особенностей экскреции катехоламинов как показателя деятельности симпатического звена вегетативной регуляции. В литературе имеется ряд работ, посвященных изучению в возрастном аспекте активности симпато-адреналовой системы по экскреции катехоламинов (КА) [1].

Предположение о нарастании утомления к концу учебного года на основании общего снижения экскреции КА было бы неправомерным, так как подобная динамика может свидетельствовать и об умеренной активности САС или ее устойчивости, а также выступать как адаптационный критерий [3]. На наш взгляд, это явление имеет место и в наших исследованиях. Но возрастнo-годовая динамика показателей САС, имеющих разнонаправленный характер, расхождение с сезонными колебаниями, большая подвижность коэффициентов дают основание говорить и о нарастании утомления во всех возрастнo-половых группах, но в разной степени.

Работы, посвященные изучению симпато-адреналовой системы у младших школьников, не позволяют составить четкого представления о функционировании этой системы в процессе учебной деятельности ввиду отрывочности и разноречивости результатов.

В связи с этим целью исследования явилось изучение динамики функциональных показателей симпато-адреналовой системы детей младшего школьного возраста в течение учебного года.

### Методы исследования

Обследовались мальчики и девочки в возрасте от 6 до 8 лет.

Углубленное медицинское обследование детей до поступления в школу включало обзор анамнеза, оценку физического развития, биологической зрелости.

На основании проведенного комплексного врачебного обследования сделан вывод о том, что состояние здоровья ребят было хорошим. Все обследуемые школьники имели средний уровень физического развития, занимались физической культурой по общей программе.

Дети 6 лет, обучающиеся в 1 классе, занимались в условиях пятидневной рабочей недели и при режиме – 4 урока по 35 минут, в середине учебного дня была введена часовая динамическая пауза, в середине III четверти – организованы дополнительные каникулы.

Определение КА проводилось флюориметрическим методом в порционной моче, собранной в первой половине дня (с 8 до 13 часов) в состоянии относительного покоя (по методике Э.М. Матлиной) [4].

### Обсуждение результатов

Анализ полученных данных показал, что в возрастной динамике экскреции катехоламинов обнаружены различия.

Так, у мальчиков-школьников в 6 лет экскреция адреналина (А) составила 3,90 нг/мин, в 8 лет – 4,58 нг/мин, у девочек, соответственно, – 3,24 и 4,05 нг/мин. Достоверность различий обнаружена по норадреналину (НА) между 6 и 7–8-летними мальчиками и 6–7-летними девочками. Анализ показателей свидетельствует о наличии существенных половых отличий в экскреции КА у детей младшего школьного возраста (табл.).

Таблица

**Изменение экскреции катехоламинов у детей младшего школьного возраста в течение учебного года**

КА	Месяц	± m	Мальчики			Девочки		
			1	2	3	1	2	3
(нг/мин)								
А	Октябрь	±	3,90 0,40	3,91 0,57	4,58 0,49	3,24 0,35	3,35 0,46	4,05 0,35
	Февраль	±	3,71 0,35	3,71 0,35	5,02 0,64	4,32 0,50	4,32 0,50	3,80 0,40
	Апрель	±	3,17 0,27	2,59 0,33	3,10 <sup>жс</sup> 0,38	2,71 <sup>с</sup> 0,37	2,90 <sup>с</sup> 0,28	2,61 <sup>жс</sup> 0,29
НА	Октябрь	±	7,34 0,47	11,30 0,75	10,47 0,70	8,03 0,64	8,65 <sup>х</sup> 0,62	9,51 0,91
	Февраль	±	12,89 <sup>к</sup> 0,96	12,89 0,96	14,48 <sup>к</sup> 1,19	10,28 1,17	10,28 1,17	11,39 <sup>х</sup> 0,87
	Апрель	±	5,70 <sup>ж</sup> 0,55	8,97 <sup>ж</sup> 0,63	4,76 <sup>ж</sup> 0,51	6,09 <sup>жс</sup> 0,59	9,62 0,63	5,61 <sup>жс</sup> 0,51

Примечание: достоверность различий между показателями: к – начала и середины учебного года; жс – начала и конца учебного года; с – середины и конца учебного года; х – между половыми группами.

В пользу этого положения С.П. Аникина обращает внимание на заметное понижение резервных возможностей САС. Необходимо отметить, что влияние школьной нагрузки превалирует над сезонными факторами. В динамике же сезонных колебаний обнаружено повышение активности в весенний период и снижение в зимний период на фоне осенне-весеннего [7]. Полученные нами данные свидетельствуют, что конец учебного года характеризуется более низкими показателями экскреции КА, по сравнению с осенью и зимой.

Известно, что по экскреции А определяют активность гормонального звена САС, а по экскреции НА – медиаторного звена. А коэффициент отношения адреналина к норадреналину (НА/А) показывает характер изменения различных звеньев САС. По уровню коэффициента НА/А видно, что у младших школьников сохраняется высокая активность медиаторного звена САС, особенно высок этот коэффициент у мальчиков 7-летнего возраста ( $4,14 \pm 0,13$ ). У 8-летних девочек самый низкий коэффициент НА/А и составляет он –  $2,61 \pm 0,29$ , у 7-летних школьниц –  $9,62 \pm 0,63$ .

В целом, полученные результаты убедительно доказывают, что у детей младшего школьного возраста адаптивная ситуация обостряется в конце учебного года, за исключением мальчиков 2-го класса. Возможно, это связано с онтогенетическими особенностями роста и развития организма – адреналовый отдел у мальчиков формируется раньше, чем у девочек.

Вполне понятно, что мальчики, в силу относительно более низкого, по сравнению с девочками, уровня морфофизиологической и психофизической организации организма, достигают адаптивных результатов в условиях идентичной работы более высокой «физиологической ценой», которая не должна превышать функциональные ресурсы организма. Иначе может наступить срыв адаптации с развитием патологических состояний [2].

Способность адаптироваться к новому школьному воздействию фактору без нарушения гомеостаза основных систем и поломки адаптационных механизмов

может проявиться только при достаточно высоких адаптационных возможностях организма, при большом запасе функциональных резервов. Здесь важную роль играет также адекватность и экономичность реагирования, эффективность восстановления затраченных ресурсов.

К концу учебного года у детей младшего школьного возраста происходит увеличение «физиологической цены» адаптации – это означает, что устойчивый в осенний период координационный тип адаптации сменяется к весне неустойчивым компенсаторным типом адаптации на фоне снижения функционального резерва и биологической надежности симпатно-адреналовой и сердечно-сосудистой систем.

Таким образом, наши исследования показали, что данная программа наиболее оптимальна для девочек, тогда как у мальчиков синдром утомления более выражен, особенно к концу учебного года. Также отмечено, что с возрастом экскреция катехоламинов с мочой увеличивается, но это поступательное движение неравномерное и небесконечное.

#### **Библиографический список**

1. *Акинина, С. П.* Возрастное становление активности САС и отдельных показателей холинергической системы у детей и подростков: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С. П. Акинина. – М., 1977. – 17 с.
2. *Баевский, Р. М.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М.: Медицина, 1979. – С. 30–45.
3. *Кассиль, Г. Н.* Внутренняя среда организма / Г. Н. Кассиль. – М.: Наука, 1983. – 225 с.
4. *Матлина, Э. Ш.* Методы исследования некоторых гормонов и медиаторов / Э. Ш. Матлина. – М., 1965. – С. 25–32.
5. *Орбели, Л. А.* О механизмах перестройки координаций / Л. А. Орбели // Вопросы высшей нервной деятельности. – М. – Л., 1949. – 448 с.
6. *Орбели, Л. А.* Физиология нервной системы / Л. А. Орбели. – Л., 1934. – С. 182–188.
7. *Физиология* развития ребенка / под ред. В. И. Козлова, Д. А. Фарбер. – М.: Педагогика, 1983. – 296 с.

УДК 612.112.91: 612.017.1

### **ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРО-ИММУНО-ЭНДОКРИННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

*Самотруева Марина Александровна*<sup>1,2</sup>, кандидат медицинских наук, докторант кафедры физиологии и морфологии человека и животных АГУ, ассистент кафедры фармакологии АГМА

*Теплый Давид Львович*<sup>2</sup>, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и морфологии человека и животных

*Тюренков Иван Николаевич*<sup>3</sup>, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фармакологии и биофармации факультета усовершенствования врачей Астраханская государственная медицинская академия<sup>1</sup>

414000, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121,

тел. (8512) 44-34-38, e-mail: ms1506@mail.ru

Астраханский государственный университет<sup>2</sup>

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 22-93-47, факс: (8512) 25-17-18

Волгоградский государственный медицинский университет<sup>3</sup>

400131, г. Волгоград, пл. Павших борцов, 1,

тел. (8442) 97-81-80, e-mail: fibfuv@mail.ru

*В настоящем обзоре рассмотрены ключевые проблемы развивающейся медико-биологической науки – иммунофизиологии. Аргументированы современные представления о нервной регуляции функций иммунной системы, иммунной регуляции нервной системы и механизмах нейро-иммуно-эндокринных взаимодействий в поддержании динамического гомеостаза.*

**Ключевые слова:** иммунофизиология, нейро-иммуно-эндокринные взаимодействия, регуляция функций иммунной системы, нейроиммунология.



WAYS OF NEURO-IMMUNO-ENDOCRINE INTERACTIONS  
REALIZATION

*Samotrueva Marina A., Teply David L., Tyurenkov Ivan N.*

*Current state of the development of medico-biological science – immunophysiology were revealed in the article. The problems of the nervous regulation of the immune functions, immune regulation of the nervous system function, and the neuro-immuno-endocrine interactions mechanisms are discussed and the modern concepts are argued.*

**Key words:** *immunophysiology, neuro-immuno-endocrine interactions, regulation of immune functions, neuroimmunology.*

Среди актуальных проблем экспериментальной и клинической иммунологии большое внимание в настоящее время уделяется вопросам иммунофизиологии (нейроиммунологии), приобретшей определенную систематизированную теоретическую базу в последние 20–30 лет. Предметом исследования данной дисциплины является изучение экстраиммунных (нервных, гормональных и других гуморальных) механизмов регуляции функций иммунной системы в целостном организме и роли иммунных механизмов в функционировании нейроэндокринной системы [2, 11, 29, 30, 80].

Концептуально возможное влияние мозга на функции иммунной системы (через организацию инфекционного процесса) было постулировано в 90-х гг. XIX столетия, когда И.Г. Савченко в 1891 г. впервые показал, что перерезка спинного мозга делает голубей восприимчивыми к сибирской язве, аналогичный эффект возникает при удалении полушарий головного мозга [43]. В 1901 г. И.И. Мечниковым впервые были продемонстрированы антигенные свойства мозга, а позднее доказана цитотоксичность сыворотки крови животного, иммунизированного экстрактом из ткани мозга. Всемирно признанным родоначальником систематических исследований в области иммунофизиологии считается С.И. Метальников, который в 1925 г. сформулировал идею и поставил вопрос о возможности существования регулирующих влияний нервной системы на защитные функции организма и выполнил первые эксперименты в этом направлении. Среди первых работ в этой области следует упомянуть исследования Н.Ф. Гамалея, указавшего на важную роль вегетативной нервной системы в регуляции иммунной реактивности, А.Д. Сперанского, доказавшего влияние подбугорья на течение местных иммунных реакций в тканях. Следует упомянуть ранее возникшие и успешно развивающиеся в работах Е.А. Корневой, G.F. Solomon «ответвления» иммунофизиологии, указавшие на конкретные структуры головного мозга, повреждение или раздражение которых резко изменяет интенсивность иммунного ответа. Крупным этапом в развитии иммунофизиологии явилось детальное изучение иннервации лимфоидных органов в работах К. Bulloch, D.L. Felten, L. Tollefson. Логически необходимым шагом на пути изучения иммунофизиологии явились исследования Л.В. Девойно, К. Bulloch, связанные с изучением значения различных нейромедиаторных систем в регуляции иммуногенеза. Перспективным в разработке данного направления являлось исследование Хиса и Краппа в 60-х гг. XX в., в котором они, используя метод иммунофлюоресценции, пришли к заключению о том, что при шизофрении имеется атипичный иммуноглобулин, реагирующий с элементами мозговой ткани. Особенностью этого иммуноглобулина является способность связываться с нейронами септальной области мозга, изменяя их нейрофизиологические свойства, приводя, таким образом, к изменению поведения [31, 30].

По мнению многих ученых, иммунитет – это диссеминированный мобильный головной мозг. Иммунная система также, как и центральная нервная система, способна распознавать, запоминать и извлекать информацию из памяти. Если носителями функций неврологической памяти являются нейроны анализаторной и лимбической систем мозга, то носителем функции иммунологической памяти являются определенные субпопуляции Т- и В-лимфоцитов, названные лимфоцитами памяти [21, 39, 44, 53, 54].

### **Регуляция иммунологических процессов**

В настоящее время накоплено значительное число фактов, рассматривающих иммунную систему совместно с нервной и эндокринной как многокомпонентную морфофункциональную общерегуляторную [41]. Взаимодействие нервной, эндокринной и иммунной систем обеспечивает нормальное функционирование организма, и, вероятно, именно эти три системы поддерживают постоянство среды организма, являясь «треугольником гомеостаза» [1, 3, 7, 11, 12, 15, 19, 23, 50, 103].

Многочисленные экспериментальные и клинические исследования позволили выявить конкретные факторы, посредством которых реализуются межсистемные связи между иммунной и нейроэндокринной системами при физиологических и патофизиологических состояниях [78].

Существует несколько способов передачи управляющих сигналов от мозга к иммунной системе: 1) нервные пути (через нейромедиаторы); 2) гормональные пути, когда эндокринные железы, подчиняясь сигналам центральной нервной системы, изменяют количество и соотношение выделяемых гормонов и, тем самым, влияют на функции иммунной системы; 3) передача влияний через третьи факторы, например, нейропептиды, коррегирующие интенсивность работы органов и клеток иммунной системы.

Схема нейро-иммуно-эндокринного взаимодействия выглядит следующим образом: нейроактивные вещества тем или иным из названных путей проникают в иннервируемые ими ткани и влияют на процессы иммуногенеза, изменяя химическое окружение клеток, осуществляющих защиту. В свою очередь, рецепторы на мембранах лимфоцитов воспринимают изменения химического состава нейромедиаторов, и лимфоциты реагируют на сдвиги в количестве и соотношении гормонов и нейромедиаторов в окружающей их среде. Встречаясь с чужеродным белком, клетка отвечает комплексом реакций, вовлекая другие клетки и синтезируя различные биологически активные факторы. И наоборот, со стороны иммунной системы поступают сигналы (цитокины), которые ускоряют или замедляют аксональный транспорт в зависимости от химической природы воздействующего фактора. Клетками лимфоидной ткани продуцируются гуморальные факторы, синтезируемые также клетками нервной и эндокринной системы (норадреналин, ацетилхолин, серотонин, вещество Р, кортикотропин, соматотропин, окситоцин, вазопрессин и др.), а в нервной ткани и эндокринной системе секретируются интерлейкины, интерфероны и другие медиаторы иммуномодуляции. С другой стороны, ИЛ-1 – ключевой медиатор нейроиммунного взаимодействия, способен воздействовать на надпочечники и изменять продукцию соответствующих гормонов [32].

Установлено, что в иммунорегуляции наиболее важное корригирующее влияние оказывают структуры мозга, модулирующие интенсивность иммунного ответа (заднее и переднее гипоталамические поля, гиппокамп, ретикулярная формация среднего мозга, ядра шва, миндалевидный комплекс) [25, 36, 76]. Участие в регуляции иммуногенеза коры больших полушарий, перегородки, базальных ядер и лимбической системы доказывает взаимосвязь между когнитивными функциями и иммуномодуляцией [8].

Работами последних лет показана роль центральных нейромедиаторных (серотонинергической, допаминергической и ГАМК-ергической) систем в регуляции функционирования иммунной системы. Установлено, что на мембране иммунокомпетентных клеток (лимфоцитов и макрофагов) имеются специфические рецепторы к нейромедиаторам, в том числе к ГАМК, допамину, серотонину, глутамату и др. [18, 23, 24, 29, 39, 41]. Баланс нейромедиаторов изменяет метаболическую и функциональную активность лимфоидных клеток [57, 89]. При изучении биохимических механизмов реализации действия нейромедиаторов на метаболизм и функциональную активность клеток иммунной системы показано, что передача сигнала происходит через систему циклических нуклеотидов (цАМФ и цГМФ), мембранные АТФ-азы, кальциевые потоки, через сфингомиелиновый путь [24].

Доказано, что активация допаминергической и ГАМК-ергической систем способствует повышению иммунологической реактивности, тогда как стимуляция серо-

тонинергической системы через пре- или постсинаптические механизмы вызывает снижение иммуногенеза [17, 23]. При этом реализация иммуномодулирующего действия нейромедиаторных систем возможна только при целостности гипоталамо-гипофизарного комплекса [18].

Факт обнаружения NMDA-рецепторов в клетках лимфоцитарной морфологии демонстрирует наличие глутаматной регуляции иммунокомпетентных клеток [10].

Регуляторами пролиферации и дифференцировки иммунокомпетентных клеток являются низкомолекулярные пептиды: нейропептиды, пептиды тимуса и миелопептиды [14, 48]. Нейропептиды ( $\beta$ -эндорфин, энкефалины) являются ключевым фактором, осуществляющим контроль стресс-индуцированных изменений иммунитета со стороны эндогенной опиоидной системы. Важную роль  $\beta$ -эндорфин играет в патогенезе инфекционных заболеваний, модулируя функции клеток адаптивного и естественного звеньев иммунной системы при их контакте с микроорганизмами и вирусами [122]. К настоящему времени выделено и структурно охарактеризовано 6 индивидуальных миелопептидов (МП), обладающих иммунорегуляторными свойствами, но отличающихся по своим конечным эффектам. МП-1 обладает иммунокорригирующим эффектом, специфически связываясь с CD4+Т-лимфоцитами и исправляя нарушенный баланс CD4+/CD8+ клеток. МП-2 тормозит рост различных типов опухолей благодаря способности восстанавливать функциональную активность Т-лимфоцитов, подавленную продуктами опухолевых клеток в организме опухоленосителя. МП-3 направленно действует на макрофагальное звено иммунитета, стимулируя фагоцитоз макрофагов, их антигенпрезентирующую активность, усиливая их цитотоксический эффект. МП-4 и МП-6 являются факторами клеточной дифференцировки, индуцируя терминальную дифференцировку миелоидных лейкозных клеточных линий; МП-5 снижает продукцию ИЛ-1 в стимулированных культурах клеток [14, 37].

В настоящее время установлено, что сигналы из ЦНС поступают к органам иммунной системы через участие симпатического и парасимпатического отделов *вегетативной нервной системы* в реализации центрально обусловленных изменений интенсивности иммунных реакций.

Главным вегетативным центром, регулирующим функции иммунной системы, является гипоталамическая область головного мозга [6, 84, 87]. Принципиальная возможность воздействия на интенсивность иммунологических процессов посредством раздражения гипоталамических структур была впервые показана в работе Гроота и Харриса, которые, раздражая серый бугор и мамиллярные тела гипоталамуса, наблюдали торможение иммунных реакций. До сих пор нет единой точки зрения касательно точной локализации иммунорегуляторного центра в гипоталамусе. Так, согласно данным одних авторов, латеральная часть, а по данным других – медиальная часть преоптической области гипоталамуса является интегративным центром иммунорегуляции. Однако, вполне вероятно, что существует определенная «специализация» гипоталамических зон в отношении иммунорегуляторных функций. Так, цитотоксичность натуральных киллеров селезенки супрессируется медиальной преоптической частью гипоталамуса через симпатическую иннервацию, а электрическое раздражение латерального гипоталамуса ведет к значительной активации НК-клеток [97, 127]. В то же время при сравнении экспериментальных групп крыс с повреждением вентромедиальной области гипоталамуса и ложноперированных было показано, что эта область может являться воспринимающей иммуногенные сигналы, но не является центром нейроиммуномодуляции [20, 75]. В пользу латеральных ядер гипоталамуса свидетельствует следующий факт: вживленные в латеральные ядра гипоталамуса электроды под воздействием электрических импульсов стимулировали ответ на ЭБ и БСА у крыс, тогда как билатеральное электрическое повреждение медиального пучка в преоптической области и роstralной части переднего гипоталамуса вело к снижению веса крыс Wistar на 27 % в течение 7 дней и вызывало тотальное инфицирование, афагию, адипсию, структурное нарушение лимфоидных органов с тяжелой супрессией цитотоксичности Т-клеток на 86 % в тимусе, 78 % в селезенке, 70 % в лимфоузлах. Масса тимуса снижалась на 78 %, селезенки – 49 % и лимфоузлов – 48 % [125].

Вероятно, эта область мозга поддерживает структуру лимфоидных органов и функциональную интеграцию в иммунной системе [112]. Доказано также, что при повреждении в эксперименте заднего гипоталамического поля происходит снижение колониеобразующей активности костного мозга. Исследования влияния ирригации подбугорья на титры антител позволили констатировать стимулирующее (или угнетающее при большой силе тока) влияние раздражения гипоталамуса на антителообразование [29]. Гипоталамические сигналы передаются через нейромедиаторы, воспринимаемые рецепторами лимфоидных клеток, и через систему вторичных передатчиков – циклических нуклеотидов, и изменяют метаболизм и функциональную активность лимфоцитов. Активацию системы цАМФ связывают с подавлением функций лимфоидных клеток, а активацию системы цГМФ – со стимуляцией их функций. Между лимфоидными клетками и гипоталамусом существует обратная связь, о чем свидетельствует сообщение – включение адреналина и норадреналина в иммунный процесс может индуцироваться продуктами активации макрофагов (например, ИЛ-1) на гипоталамическую область мозга [1, 3, 25].

Модуляция иммунных реакций посредством *симпатической нервной системы* может реализовываться в результате выброса адреналина в кровь из мозгового слоя надпочечников, высвобождения норадреналина из синапсов и непосредственно синтеза катехоламинов в клетках иммунной системы [51, 52]. Катехоламины, выделяющиеся нервными окончаниями, способны воздействовать на пролиферацию и дифференцировку иммунокомпетентных клеток через специфические рецепторы клеточных мембран. Имеются данные и о том, что клетки лимфоидных органов участвуют в поддержании гомеостаза на органном уровне путем выработки биогенных аминов, что определяет возможность их воздействия на другие иммунокомпетентные клетки, в частности, те из них, на мембране которых экспрессированы адренорецепторы. Так, после антигенной стимуляции происходит увеличение внутриклеточного содержания катехоламинов в лимфоцитах через сигнальные пути, инициируемые протеинкиназой С, играющей ключевую роль в активации Т- и В-лимфоцитов, NK-клеток и фагоцитов [70, 94]. По другим данным, катехоламины оказывают подавляющее влияние на пролиферацию Т-клеток, ускоряя дифференцировку Т-супрессоров, что также может вести и к ингибированию антителообразования плазмочитами [13, 52].

Как в строме, так и в паренхиме лимфоидных органов имеются нервные окончания из *парасимпатического отдела* вегетативной нервной системы. Согласно результатам многих исследований, ингибирование ацетилхолинэстеразы в нервной системе супрессирует иммунный ответ, т.е. ацетилхолин играет роль ингибитора иммунной системы. *In vitro* он угнетает пролиферацию спленоцитов, вызванную иммунизацией, но только до начала или сразу по началу экспозиции, когда Т-лимфоциты активируются посредством мускариновых холинэргических рецепторов. И напротив, гуморальный ответ к ЭБ у крыс ингибирует выработку ацетилхолина в ЦНС. Согласно данным других авторов, ацетилхолин активирует иммуностимуляцию, в частности, показано, что во время гуморального иммунного ответа на введение ЭБ (3–6 день после иммунизации) активность ацетилхолинэстеразы в гипоталамусе и гиппокампе была значительно снижена. Доказано, что ацетилхолин обладает способностью опосредованно стимулировать пролиферацию лимфоцитов в связи с усилением продукции ИЛ-1 и, возможно, интерферона. Как известно, указанные гуморальные факторы оказывают воздействие на пролиферацию и дифференцировку клеток В-звена иммунитета, ускоряя образование зрелых В-лимфоцитов из пре-В-элементов, и, тем самым, стимулируют гуморальный иммунный ответ [16].

Как свидетельствуют современные данные, практически все популяции клеток, участвующих в иммунных реакциях, снабжены помимо специфических рецепторов к факторам, реализующим иммунный ответ, и к нейромедиаторам, также рецепторами к гормонам, что определяет возможность модулирующего влияния этих агентов на функции иммунокомпетентных клеток [2, 4].

Показана зависимость пролиферации лимфоцитов в первичных и вторичных органах иммунной системы от продукции пролактина и гормона роста. Эти гормоны по-

зволяют иммунцитам отвечать на антигенный стимул и цитокины. Цитокины иммунных клеток, в свою очередь, способны индуцировать воспалительные реакции, изменять нейротрансмиттерную активность нейронов головного мозга и секреторную активность гипофиза. В последующем, как правило, активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы цитокинами ведет к иммуносупрессии [39].

В последние годы установлено, что гипофиз и эпифиз с помощью особых пептидных биорегуляторов, получивших наименование «цитомедины», контролируют деятельность тимуса. Наличие рецепторов, наряду со способностью самих иммунокомпетентных клеток продуцировать цитомедины, создает вероятность их участия в межклеточных кооперативных процессах [24, 39, 36]. По аналогии с данными о влиянии нейромедиаторов можно предположить, что цитомедины воздействуют на иммунные клетки через специфические рецепторы при помощи циклических нуклеотидов. Так, адренокортикотропный гормон (АКТГ) передней доли гипофиза оказывает влияние на функцию, по крайней мере, трех типов иммунокомпетентных клеток (Т-, В-лимфоцитов и макрофагов): в отличие от супрессирующего влияния на антителообразование, усиливает рост и дифференцировку В-клеток. Множественность эффектов АКТГ на В-клетки (подавление антителопродукции и усиление пролиферативной активности) может быть связана с характером действия АКТГ на В-лимфоциты различной стадии зрелости и с различиями в экспрессии рецепторов для АКТГ на разных клетках-мишенях. К настоящему времени исследовано влияние аденогипофизарного тиреотропного гормона (ТТГ) на развитие гуморального иммунитета, характеризующееся усилением антителопродукции. Для реализации эффекта ТТГ необходимо присутствие Т-лимфоцитов, т.е. его действие опосредуется через Т-лимфоциты. Доказано также, что при развитии Т-клеточного иммунодефицита соматотропный гормон (СТГ) стимулирует пролиферацию и дифференцировку Т-клеток-эффекторов. Лактотропный гормон также оказывает регулирующее влияние на иммуногенез: в эксперименте введение лабораторным животным данного гормона вызывало дозозависимое изменение синтеза антиэритроцитарных антител (в малых дозах – стимулирующее действие, при увеличении дозы – отсутствие эффекта) [2, 24, 39, 126]. Известны также иммуностимулирующие функции хорионического гонадотропина: индукция образования Т-супрессоров и подавление цитотоксических Т-клеток и естественных киллеров [2].

Нейрогипофизарные гормоны вазопрессин и окситоцин способны замещать функцию ИЛ-2, индуцирующего пролиферацию и рост Т-лимфоцитов, а также предохраняющего клетки от апоптоза и препятствующего развитию иммунологической толерантности. Важно отметить, что в тимусе выявлен нейроэндокринный пептидный гормон нейрофизин, биологическая активность которого подобна окситоцину [34].

В последние десятилетия обнаружено существенное иммуностимулирующее влияние мелатонина на иммунные процессы, проявляющееся в активации антителообразования. Механизм действия мелатонина достоверно неизвестен, но предполагается, что он действует через лимфокины, опиоидные молекулы, либо другие эндокринные изменения. Возможно, имеет место прямое действие мелатонина на лимфоидную ткань, так как мелатонинсвязывающие рецепторы обнаруживаются в гомогенатах мембран тимуса, селезенки. Демонстрируются изменения плотности мелатониновых рецепторов в течение суток и их снижение с возрастом [115].

Тиреоидные гормоны существенно изменяют функциональную активность иммунной системы и отдельных популяций иммунокомпетентных клеток, оказывая стимулирующее влияние на фагоцитарную активность лейкоцитов, на цитотоксические функции лимфоцитов периферической крови человека. Возможно, что в механизмах стимулирующего действия тироксина и трийодтиронина на функции иммунокомпетентных клеток может играть роль их влияние на количество эпителиальных клеток тимуса. Действие же паратормона сопровождается снижением пролиферативной активности тимоцитов [24, 36, 39].

Установлено, что инсулин обладает выраженными стимулирующими свойствами при нарушениях иммунного ответа. Нет полной ясности в вопросе о функциони-

ровании рецепторного аппарата, обеспечивающего действие гормона на иммунологические функции. Установлено, что покоящиеся лимфоциты лишены рецепторов к инсулину. Антигенная стимуляция приводит к появлению этих рецепторов, что отражает процесс дифференцировки клетки и свидетельствует о приобретении ею компетентности для ответа на стимулы, специфические для этих рецепторов [24, 36, 39].

Многочисленные исследования доказали, что глюкокортикоидные гормоны, особенно при длительном экзогенном их применении в больших дозах, вызывают торможение гуморального и клеточного иммунного ответа и активности отдельных клеточных пулов, участвующих в иммунологических реакциях. Важной стороной действия глюкокортикоидных гормонов является их способность угнетать процессы пролиферации, зависящие от способности подавлять продукцию ИЛ-1 и ИЛ-2. Известно, что ИЛ-1, вырабатываемый стимулированными макрофагами и моноцитами, является фактором, индуцирующим продукцию Т-клетками ИЛ-2, необходимого для нормального процесса клеточной пролиферации. Не следует упускать из виду информацию некоторых исследователей, что физиологический уровень глюкокортикоидов обладает не иммуносупрессирующим, а иммуномодулирующим действием [24, 36, 39, 40]. В условиях антигенного стресса глюкокортикоиды подавляют острую фазу иммунных реакций, опосредованную цитокинами. Известно, что Т-хелперы в процессе иммунной реакции поначалу проявляют Th-1 фенотип, в этом состоянии они продуцируют в основном ИЛ-2, ИЛ-12, ИФγ, тем самым стимулируя клеточное звено иммунитета. В дальнейшем Т-хелперы переключаются на Th-2 фенотип, продуцирующий в основном ИЛ-4, ИЛ-6, ИЛ-10, тем самым усиливая гуморальное звено иммунитета. Показано, что глюкокортикоиды провоцируют переключение Т-хелперов на Th-2 фенотип преждевременно. Таким образом, при стрессорном повышении уровня глюкокортикоидов, прежде всего, страдает клеточное звено иммунитета. Отсюда для нормального функционирования иммунной системы при стрессе должен иметь место механизм, снижающий продукцию гипоталамусом кортикотропных гормонов [93]. По данным Pguet, стрессозависимая иммуномодуляция гормонами, нейротрансмиттерами и цитокинами зависит от интенсивности и продолжительности действия стресс-факторов [117].

В исследованиях также показано, что гормоны репродуктивной системы способны влиять на иммунологические функции. Это действие реализуется через специфические рецепторы, существование которых в лимфоидных клетках подтверждено прямыми радиохимическими методами. Эстрогены и андрогены вызывают снижение массы тимуса, активности иммунокомпетентных клеток, подавляют проявление гуморальных и клеточных иммунных реакций [24, 36, 39].

#### **Влияние иммунной системы на неиммунные функции организма**

Последние годы характеризуются бурным ростом работ, посвященных регулированию влиянию иммунной системы на неиммунные функции организма, включающие выработку нейромедиаторов, гормонов, факторов свертывания крови и т.д. [49, 50]. Известно, что клетки иммунной системы синтезируют множество биологически активных веществ, считавшихся ранее продуктами нейроэндокринной системы. Имеются данные о том, что в лимфоидных органах содержатся клетки, которые по своим гистохимическим и иммуногистохимическим свойствам могут быть отнесены к АПУД-системе [7, 24, 39, 45].

Доказано, что в периферических лимфоидных органах в большом количестве содержатся катехоламины и серотонин: и в нервных окончаниях, и в иннервируемых структурах. В центре лимфоидных фолликулов имеются крупные специфические межфолликулярные гранулярные клетки типа макрофагов, контактирующие с адренергическими волокнами, внутрифолликулярные клетки, лимфоидная паренхима. В тимусе к специфическим адреносодержащим структурам нужно отнести субкапсулярные корковые гранулярные люминесцирующие клетки, тимусные тельца. К структурам, выполняющим общерегуляторную роль, в лимфоидных образованиях

относятся тромбоциты, эластические волокна и тучные клетки. В работе N.R. Musso показано, что Т-лимфоциты периферической крови содержат L-ДОФА и норадреналин, а В-клетки – только L-ДОФА, а также что лимфоциты способны *in vitro* синтезировать норадреналин как из тирозина, так и из L-ДОФА, т.е. доказана способность лимфоцитов синтезировать катехоламины из их естественных предшественников [106]. Авторы отметили, что соотношение норадреналин / адреналин в лимфоцитах периферической крови аналогично таковому в плазме, и изменение лимфоцитарного адреналина коррелирует с содержанием NK (CD3-CD56+) клеток и цАМФ [98]. Кроме того, важную роль в активации секреции адреналина и норадреналина клетками мозгового слоя надпочечников играют факторы, выделяемые мононуклеарными клетками иммунной системы [101].

В клетках иммунной системы (гранулоцитах, лимфоцитах, макрофагах, тучных клетках и др.) синтезируется и депонируется часть молекул вненейронального ацетилхолина, с которым связывают регуляцию таких важных клеточных функций как митоз, трофика, автоматизм, межклеточные контакты, барьерная и защитная функции; важным является участие ацетилхолина во взаимодействии развивающихся Т-лимфоцитов с эпителием тимуса. Значительная часть ацетилхолина находится в циркулирующих мононуклеарах, Т-лимфоцитах (в CD4+ выше, чем в CD8+), но не обнаружена в В-лимфоцитах и моноцитах [107, 128].

Установлено, что активированные Т- и В-лимфоциты продуцируют нейролепкин, первоначально считавшийся ростовым фактором нейронов, а также фактор, поддерживающий рост глии. Лимфоциты селезенки синтезируют фактор, влияющий на функциональную активность симпатических нейронов [63, 124].

Существенную роль во взаимодействии между иммунной и нейроэндокринной системами играют медиаторы, вырабатываемые в центральных органах иммуногенеза – тимусе и костном мозге. Известно, что клетки костного мозга и тимуса вырабатывают проопиомеланокортин с образованием  $\beta$ -липотропина,  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -эндорфинов, нейротропный эффект которых проявляется стресспротективным и анальгезирующим действием [13, 74, 126].

В последние годы накапливается все больше и больше данных, касающихся синтеза гормонов клетками иммунной системы. АКТГ и  $\beta$ -эндорфин синтезируются не только в аденогипофизе, но и в лимфоцитах также под индуцирующим влиянием кортикотропин-релизинг-фактора. Кроме того, в лимфоцитах синтезируется тиреотропный гормон (по структуре аналогичный гипофизарному). Гормон эпифиза – мелатонин – также образуется в клетках иммунной системы: тучных клетках, нормальных киллерах, эозинофилах, клетках тимуса [24, 36, 39, 41]. Вилочковая железа способна синтезировать глюкокортикоиды благодаря наличию в их клетках ферментов и кофакторов, необходимых для стероидогенеза. Доказано также, что гормоны тимуса оказывают регуляторное действие не только на иммунную систему, но и представляют собой важный компонент эндокринной системы, находясь под контролем гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. Так, образующийся в вилочковой железе тимулин находится под иррегулирующим влиянием пролактина, соматотропина и тиреоидных гормонов. В свою очередь, секретируемые в тимусе белковые молекулы регулируют секрецию гормонов «классических» эндокринных желез. Кроме того, доказано, что тимулин оказывает модулирующее действие на чувствительность периферических нервов, включая восприятие боли [24, 39, 74].

В центральных и периферических лимфоидных органах выявляются два источника синтеза вазоактивного интестинального пептида (VIP) (нейропептида и гормона диффузной эндокринной системы): нервные окончания и непосредственно лимфоидные клетки. Образование VIP возрастает под влиянием факторов активации пролиферации или антигенной стимуляции, воспаления или апоптоза [56].

И.М. Кветной и И.Э. Ингель, обобщив данные литературы о функции клеток иммунной системы, выявили следующий спектр продуцируемых биологически активных веществ: 1) тимоциты синтезируют серотонин, мелатонин, катехоламины,

ацетилхолин, АКТГ, ТТГ, СТГ, лютеинизирующий гормон и др.; 2) клетки костного мозга – серотонин, мелатонин, СТГ, пролактин, VIP, окситоцин; 3) спленоциты – гистамин, серотонин, ацетилхолин; 4) лимфоциты периферической крови – АКТГ, СТГ, пролактин, мелатонин; 5) естественные киллеры – мелатонин, серотонин, эндорфины; 6) эозинофильные лейкоциты – серотонин, мелатонин, VIP; 7) макрофаги – сосудистый натрийуретический пептид; 8) тучные клетки – мелатонин, серотонин, гистамин, VIP [27].

Связи иммунной системы с нейроэндокринной не ограничиваются только гуморальными механизмами, но имеют также морфологическую основу. Накапливаются доказательства об иммунонадпочечниковом взаимодействии, в котором важную роль играют макрофаги; обнаружена надпочечниковая макрофагальная система. Макрофаги, по своему фенотипу относящиеся к фагоцитирующим, находятся в прямом контакте с корковыми и хромоаффинными клетками, создавая клеточную основу для участия в формировании локальной иммунонадпочечниковой оси [86].

В последние годы все большее внимания уделяется цитокинам, которые по праву считаются «семьей молекул на все случаи жизни», так как вмешиваются во все физиологические процессы, протекающие в организме. Помимо выполнения своих специфических функций внутри иммунной системы, медиаторы иммунитета могут осуществлять и межсистемные связи. Накопление фактов о полифункциональности цитокинов, об их выработке не только в лимфоидных органах, о наличии рецепторов к медиаторам иммунитета на клетках нервной системы указывает на участие иммуномедиаторов в межсистемных кооперативных процессах и, в первую очередь, во взаимодействии между иммунной и нейроэндокринной системами [37]. Цитокины оказывают влияние на функцию всех эндокринных систем через ЦНС и на периферическом уровне. Цитокины, образовавшиеся в месте воспаления, проходят через ГЭБ и вызывают повышение выброса кортизола гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой осью, которая оказывает системный противовоспалительный эффект. Сигналы, повышающие выброс кортизола, идут через вагусную афферентацию, и регуляция выброса кортизола происходит непосредственно в воспаленной ткани через различные механизмы, в том числе аффинность кортизоловых рецепторов и изменение равновесия кортизол / метаболиты (это равновесие поддерживается цитокинами) [119]. Цитокины влияют на все три звена гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы: предполагается, что при выраженных острых процессах – через гипоталамус, тогда как через гипофиз и надпочечники цитокины воздействуют медленнее и, вероятно, эти пути используются при продолжительной секреции цитокинов (хронические воспаления, инфекции) [82].

ИЛ-1 считается связующим медиатором между иммунной и нейроэндокринной системами. Экспериментально показано, что рецепторы к ИЛ-1 распространены в различных отделах ЦНС с разной степенью частоты. Доказано, что ИЛ-1 проявляет анальгезирующие свойства, стимулирует метаболизм норадреналина в ЦНС и действует на глюкозный гомеостаз, а также играет важную роль в индукции астроглиальной пролиферации, которая наблюдается при повреждении мозга, в том числе посредством регуляции уровня фактора роста нервов [37, 59, 68, 100]. В литературе приводится множество статей, свидетельствующих о важной роли ИЛ-1 во многих патологических процессах: лихорадка, афагия, адипсия, поведенческие нарушения, изменения болевой чувствительности и др. Известно, что периферически синтезированный ИЛ-1 влияет на ЦНС. Однако остаются не установленными пути взаимодействия. Предполагается, что ИЛ-1 воздействует на афферентные окончания парасимпатической системы в качестве главного механизма либо как добавочный к прямому цитокиновому доступу в мозг. Субдиафрагмальная ваготомия блокирует ИЛ-1-рецепторозависимую секрецию норадреналина и отменяет ИЛ-1-рецепторозависимое повышение сывороточного кортикостерона. Эти данные предполагают, что ИЛ-1 активирует гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему посредством вагальной афферентации [79].

При изучении влияния ИЛ-1 $\alpha$  и  $\beta$  на эндокринные процессы было показано, что периферийное введение ИЛ-1 вызывает дозозависимый рост концентрации АКТГ и



кортикостерона в плазме [40]. Этот рост обусловлен повышением продукции кортикотропин-рилизинг-фактора в паравентрикулярных ядрах гипоталамуса. Введение ИЛ-1 в мозг, но не гипоталамус, изменяет секрецию лютеинизирующего гормона и овуляцию через механизмы, задействующие эндогенные опиаты. Введение ИЛ-1 в паравентрикулярные ядра гипоталамуса не ведет к изменению уровня гонадотропин-рилизинг-гормона, но введение его в медианную преоптическую область снижает секрецию гонадотропин-рилизинг-гормона. Таким образом, ИЛ-1 изменяет активность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы через повышение секреции кортикотропин-рилизинг-фактора в паравентрикулярных ядрах [118]. ИЛ-1 $\alpha$  – иммунорегуляторный протеин, в отличие от большинства протеинов, находящихся в кровотоке, способен легко проходить сквозь ГЭБ и оказывать значительное влияние на процессы взаимодействия ЦНС и иммунной системы [58]. В свою очередь, ИЛ-1 $\beta$  вызывает повышение продукции простагландинов E<sub>2</sub>, которые активируют нейроны к продукции провоспалительных цитокинов, через EP4-рецепторы [55]. В свою очередь, EP4-рецепторы нейронов играют роль в активации глюкокортикоидов [130]. Достаточно интересным является факт, что интравентрикулярное введение ИЛ-1 вызывает увеличение ИЛ-6 в крови лабораторных животных [4].

Другой цитокин – ИЛ-2, известный также как фактор роста Т-клеток, имеет множество иммунорегуляторных функций и другие биологические свойства, не связанные с иммунной системой. В отношении нервной системы было показано, что ИЛ-2 индуцирует пролиферацию олигодендроцитов, влияет на реактивность нейронов гипоталамуса, способствует секреции гормонов и транмиттеров, модулирует биоэлектрическую активность [110]. ИЛ-2 может быть вовлечен в регуляцию сна, памяти, локомоции и способен модулировать нейроэндокринный фон организма. Рецепторы к ИЛ-2 обнаружены в большинстве отделов ЦНС и на всех типах клеток. Известно, что он способен проникать через ГЭБ и, вероятно, является регулятором взаимодействия ЦНС и периферических тканей. ИЛ-2 взаимодействует с нейронами и глией в нормальных условиях. Нарушение соотношения ИЛ-2 / ИЛ-2-рецепторов, вероятно, ведет к патологическим изменениям как в иммунной системе, так и в ЦНС [91]. По ходу проведения исследований цитокиновой регуляции выяснилось, что в гипоталамусе *nude* мышей ИЛ-2 вызывает выработку вазопрессина и окситоцина [111].

Важно отметить, что трансгенные мыши с гиперпродукцией ИЛ-3 к пятому месяцу жизни имеют прогрессирующие моторные заболевания. У них показана активная пролиферация микроглии и астроглии с фагоцитозом липидов и миграцией макрофагов и тучных клеток в паренхиму. Лимфоциты инфильтрируют уже на поздних стадиях. Тучные клетки, незначительно представленные в менингеальном пространстве и таламусе беспородных мышей, значительно возрастают в количестве в этих областях мозга. Показано, что у тех же трансгенных мышей обнаруживается значительная демиелинизация и дистрофия аксонов в различных областях мозга. Внутривенное введение пероксидазы хрена показывает у них пробой ГЭБ [116]. И наоборот, у мышей с ИЛ-6-дефицитом воспаление в ЦНС значительно снижено из-за ингибирования костномозгового лейкопоэза. Дефицит ИЛ-6 ведет также к снижению нейропротективных эндоантиоксидантов и усилению проявлений оксидантного стресса в ЦНС. Этот цитокин регулирует дифференциацию и выживаемость олигодендроцитов [96, 113].

В отношении ИЛ-10 известно, что он вырабатывается нейронами гипоталамуса, гипофиза и, главным образом, лимфоцитами; является модулятором провоспалительных цитокинов (ИЛ-1, ФНО); повышает уровень АКТГ, кортикотропин-рилизинг-гормона в гипофизе и гипоталамусе [123].

Цитокины семейства интерферонов (ИФ) также вызывают большой интерес исследователей с позиции их нейро-иммунорегуляторных функций. ИФ $\beta$ -1 $\beta$  известен как антипролиферативный и иммуномодулирующий агент. Однако в *in vitro* условиях он не снижает экспрессию МНС-II на поверхности астроцитов и микроглии, а ИФ $\gamma$  – повышает экспрессию МНС-II на этих клетках, и его введение в паренхиму ведет к

каскаду нейротрансмиттерных и нейропептидных реакций, вызванных усилением экспрессии МНС-II на микро- и макроглиоцитах [114].

Среди эндогенных биорегуляторов значительный интерес представляет фактор роста нервов (ФРН), являющийся активным промотором роста и дифференциации нейронов и проявляющий модулирующее влияние на нейро-иммуно-эндокринные функции. Не так давно было показано, что мишенями для ФРН являются клетки гемopoэтической и иммунной систем, а также популяции клеток нервной ткани, отвечающие за нейроэндокринные процессы [120]. Другим свидетельством иммуномодулирующей активности ФРН является то, что его уровень повышается при многих аутоиммунных состояниях параллельно с повышением количества тучных клеток. Более того, ФРН, сначала характеризовавшийся как вещество необходимое для выживания и дифференцировки эмбриональных чувствительных и симпатических нейронов, сейчас считается ответственным за широкий спектр биологических функций. ФРН является важнейшим модулятором ноцицептивной чувствительности и обуславливает гипералгезию при воспалительных процессах в тканях. Тучные клетки и ФРН вовлечены в воспалительные реакции, где ФРН действует как основная сигнальная система при локальном и генерализованном стрессорном воздействии. Таким образом, ФРН рассматривается как мультифакторный модулятор нейро-иммуно-эндокринных функций и имеет важное значение в регуляции гомеостаза, включаясь в патологические процессы, происходящие из-за дезрегуляции локального или системного гомеостатического баланса [99].

Из числа цитокинов, нейро-иммунорегуляторная роль которых до последнего времени даже не предполагалась, следует выделить эритропоэтин и фактор активации тромбоцитов. Эритропоэтин (ЕРО) – гемopoэтический фактор роста, стимулирующий пролиферацию и дифференциацию эритроидных прекурсоров, он также повышает нейротрофную активность в ЦНС. Однако малоизученной остается экспрессия ЕРО и его рецепторов в ткани ЦНС. ЕРО генерируется только в астроцитах, тогда как ЕРО-R экспрессируются на нейронах, астроцитах и микроглии у человека. Олигодендроциты не обнаруживают ни ЕРО, ни ЕРО-R. Под воздействием провоспалительных цитокинов (ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6, ФНО- $\alpha$ ) уровень секреции ЕРО снижается. В нейронах ФНО- $\alpha$  повышает уровень ЕРО-R. Таким образом, провоспалительные цитокины регулируют взаимодействие различных типов клеток в ЦНС [108]. Другой цитокин, фактор активации тромбоцитов (ФАТ), имеет целый спектр биологических функций и воздействует посредством специфичных к нему рецепторов. В ЦНС единственным типом клеток с рецепторами к ФАТ являются астроциты. Предполагается, что наличие рецепторов к ФАТ играет определенную роль при развитии иммунных процессов при повреждениях мозга [67, 83].

В работе К.Т. Hall описано новое вещество – лейкоцитаактивирующий фактор (CD-100), он отнесен к разряду семафоринов (англ. *semaphore* – «сигнализировать») иммунной системы. Недавно семафорины были описаны для нервной системы – это вещества, управляющие онтогенетическим развитием нервной системы. CD-100 способствует В-клеточной агрегации и дифференциации в условиях *in vitro* [88]. Таким образом, работа над обнаружением нейро-иммунорегуляторных агентов продолжается.

В литературе имеются сведения о том, что иммунокомпетентные клетки способны вмешиваться в морфогенез, а также участвуют в регуляции репаративной регенерации тканей. В активирующем регенерацию эффекте иммунной системы существенная роль отводится Т-супрессорам [9, 53]. Результаты многих исследований показывают, что клетки системы фагоцитирующих мононуклеаров способны модулировать продукцию локальных регуляторов роста [38, 49, 50]. Еще одним механизмом регуляции обновления тканей является воздействие иммунной системы на апоптоз. Так, ИЛ-1 индуцирует апоптоз панкреатических  $\beta$ -клеток и ингибирует этот процесс у гепатоцитов, ИЛ-3 ингибирует программированную гибель тучных и миелоидных клеток, ИФ $\gamma$  – индуктор апоптоза клеток костного мозга и гепатоцитов [47].

В последние годы поставлен вопрос о сенсорной функции иммунной системы. Наиболее отчетливая сенсорная функция иммунной системы проявляется на уровне желудочно-кишечного тракта. Слизистая оболочка, содержащая три типа детекторов (нейроны, эндокринные и иммунные клетки), непосредственно контактирует с содержимым кишечника и защищает организм от вторжения вредных агентов. Воспринятые сигналы передаются либо локально и регулируют моторику, секрецию, перфузию сосудов, либо к другим органам (желудку, желчному пузырю), либо в ЦНС, изменяя пищевое поведение, тем самым ЖКТ формирует интегрированный ответ на изменения содержимого кишечника [36, 45, 81].

Несомненный интерес представляют работы, доказавшие, что на мембране Т-лимфоцитов и нейронов имеется общий антиген Тх-1, что еще раз свидетельствует в пользу общности нервной и иммунной систем [24, 36]. Были проведены интересные опыты: цыплят условно-рефлекторно обучали не склевывать гранулы красного цвета. После этого обученным птицам вводили моноклональные антитела к Тх-1-антигену Т-лимфоцитов. В результате у цыплят развивалась амнезия, строго зависящая от дозы антител. Птицы начинали склевывать гранулы всех цветов. Авторы сделали вывод о том, что Т-лимфоциты принимают участие в процессе формирования памяти.

Важно отметить, что иммунные механизмы участвуют непосредственно в ядерных механизмах активации генома нейронов, играющих роль в поведенческих реакциях. Показано, что иммунные реакции участвуют в формировании доминирующих мотиваций и обстановочной афферентации, в механизмах взаимодействия и памяти. Полагают также, что иммунные механизмы участвуют в построении аппарата предвидения потребных результатов, обеспечивая взаимодействие мотивации и подкрепления, а также формирование и оценку эмоций [44]. Результаты ряда экспериментов прямо указывают на участие иммунных механизмов в формировании эмоциональных реакций [102, 121].

#### Регуляция иммунных процессов ЦНС

В ЦНС, согласно современным данным, работает свой иммунный механизм, стимулируемый нервными и гуморальными влияниями, поступающими с периферии [5, 69]. Ключевым элементом нейроиммунных связей в ЦНС является гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), проницаемость которого обуславливает интенсивность взаимодействия двух систем. Эндотелий ГЭБ регулирует прохождение лейкоцитов и вырабатывает различные иммунные факторы в физиологических условиях и вовлечен в процессы пробоя барьера лимфоцитами в условиях патологии [66, 104, 105]. Например, на основании результатов клинических исследований предлагается принимать нарушение проницаемости ГЭБ, приводящее к иммунной патологии в ЦНС, в качестве этиологического фактора многих психопатологий [33, 90]. Антигенпрезентация в ЦНС происходит согласно тех же принципов, что и во всех остальных тканях, однако наличие в ней собственных иммунокомпетентных клеток и присутствие ГЭБ подразумевает некий отличный от остального организма путь реализации иммунных реакций [71]. ГЭБ управляет числом и типом лимфоцитов, проникающих в ЦНС посредством специфичных факторов (молекул) адгезии на эндотелии [92]. Так, в условиях *in vitro* показано, что Т-лимфоциты проходят через монослой мозгового эндотелия микрососудов человека (НВМЕС) после его обработки фактором ФНО- $\alpha$ . Лимфоциты не адгезировали к поверхности НВМЕС, не обработанных ФНО- $\alpha$ . [129]. Другими авторами утверждается, что непрекоммитированные Т-лимфоциты могут свободно проходить через ГЭБ, даже если они несут на своей поверхности рецепторы к нейронам и основному миелиновому белку (ОМБ). По всей вероятности, в ЦНС макрофаги придают Т-клеткам толерантность *in situ* [65].

Наряду с установлением ключевой роли ГЭБ в нейроиммунных взаимодействиях, в середине 90-х гг. прошлого столетия было показано, что не менее, а может, и более выраженной является интерактивная связь двух систем посредством обоюдонаправленной вагусной регуляции. Этот нейрогенный путь регуляции дополняется

гуморальным. Показано, что цитокины, продуцированные в иммунной системе, проникнув через ГЭБ, вызывают «вторую волну» цитокинопродукции в самой ЦНС (паренхиме мозга), и, в зависимости от источника этих локальнопродуцированных цитокинов, они могут воздействовать как избирательно на специфичные области мозга, так и диффундировать в паренхиму. Кроме того, цитокиновая активация нейронов может быть как прямой, так и опосредованной простагландинами [72, 73].

Изучение продукции медиаторов иммунитета в ЦНС показало, что цитокины являются мощными регуляторами функций глиальных клеток в ЦНС. В ней цитокины вырабатываются иммунными клетками, нейронами, глиальными клетками, мозговым васкулярным эндотелием. Они могут выступать как нейродегенераторы, так и нейропротекторы (регенерация нейронов зависит от нейротрофных цитокинов); они модулируют активность нейротрансмиттеров и нейропептидов [64]. Модуляция функций цитокинов в ЦНС представляется как новая стратегия при нейродегенеративных процессах, поскольку известно, что цитокины и хемокины играют значительную роль при патологии нервной системы. Принципиально важными стали работы, доказывающие нейротропную активность цитокинов. В ряде работ показано, что такие медиаторы, как ИЛ-1, ИЛ-2, тимозин, фактор некроза опухолей, способны регулировать функции нервной системы. Среди цитокинов, синтезируемых в ЦНС, следует особо подчеркнуть: ИФγ – проинфламатор; ИЛ-6 – обладает как про-, так и антиинфламаторными свойствами; трансформирующий фактор роста (TGF – tumor growth factor) – обладает иммуносупрессивной активностью. Эти и другие биоактивные вещества обладают комплексным воздействием, особенно в случаях повреждения ГЭБ и лимфоидной / макрофагальной инфильтрации ЦНС. Активированные макрофаги, продуцируя ИЛ-1, ИЛ-6, воздействуют на глиоциты, которые, в свою очередь, сами начинают продуцировать цитокины. Этот каскад цитокинопродукции может быть ингибирован трансформирующимся фактором роста [61, 62].

Доказано, что клетки микроглии и астроглии мозга продуцируют один из ключевых лейкокинов иммунной системы – ИЛ-1, способный стимулировать пролиферативные процессы. Авторы предполагают, что ИЛ-1 принимает участие в регуляции синтеза фактора роста нервов в ЦНС [85]. Синтезируемый астроцитами ИЛ-2 в больших количествах содержится в структурах гипоталамуса; способствует снижению электрической активности супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталамуса, снижению поведенческой активности, нарушению сна, стимуляции высвобождения кортиколиберина [109]. Есть сведения, что ИЛ-2 модулирует синтез и/или высвобождение, метаболизм нейротрансмиттеров в мозге. Имеются данные о продукции в ЦНС фактора некроза опухолей и ИЛ-6 (продуцируется астроцитами и фолликулярно-звездчатыми клетками аденогипофиза), которые играют существенную роль в патогенезе заболеваний нервной системы. Кроме того, ИЛ-6 участвует в реализации взаимосвязей между гипоталамусом и гипофизом, обладает анальгезирующей активностью, регулирует пищевую мотивацию, активирует гипоталамо-гипофиз-адренортикальную систему, а также проявляет действие, идентичное эффекту ФРН [60]. В *habenula*, в интерпедункулярном ядре и эпендиме, окружающей второй и третий желудочки мозга, синтезируется ИЛ-18, участвующий в модуляции стрессорной реакции; при эмоциональном стрессе значительно повышается уровень этого цитокина. Имеется информация об участии ИЛ-18 в процессах памяти и/или ее регуляции [36]. В некоторых работах приводятся данные о продукции клетками астроглии ИФα и ИФβ. ИФα способствует изменению биоэлектрической активности в сенсомоторной коре, гиппокампе, таламусе, гипоталамусе, оказывает влияние на процессы обучения и поведение; эффект цитокина опосредуется опиоидными рецепторами и оксидом азота [35]. ИФα и ИФβ угнетают горизонтальную и вертикальную двигательную активность крыс в открытом поле и увеличивают продолжительность груминга. ИФβ поддерживает выживание нейронов в культуре [36, 37, 124].

Качественный и количественный анализы цитокиновых взаимодействий в нервной ткани позволяют сделать вывод, что клетки микроглии оказывают на микроокружение в большей степени иммуносупрессирующий, нежели провоспалительный

эффект. Понимание биологического смысла доминирующего синтеза цитокинов, ингибирующих развитие иммунного ответа в нервной ткани, позволяет объяснить патогенез ряда заболеваний ЦНС [8, 11, 69].

Таким образом, в современной литературе сформировалось четкое представление о том, что нервная и эндокринная системы модулируют функции иммунной системы с помощью нейротрансмиттеров, нейропептидов и гормонов, а иммунная система взаимодействует с нейроэндокринной системой с помощью цитокинов, а также других иммунопептидов и иммунотрансмиттеров [50, 95]. И с позиции теории функциональных систем иммунные механизмы выступают как компоненты саморегулирующихся функциональных систем, участвуя в построении различной адаптивной, результативной деятельности организма [44]. Опираясь на представленный литературный обзор, можно сделать вывод об актуальности дальнейшего изучения принципов интеграции деятельности регуляторных систем (особенно в условиях патологии, когда в реализацию патофизиологического пути включаются все звенья, формирующие гомеостаз) и разработки способов фармакологической коррекции нейро-иммуно-эндокринных нарушений.

#### Библиографический список

1. **Абрамов, В. В.** Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем / В. В. Абрамов, Т. Я. Абрамова. – Новосибирск : Наука, 1996. – 97 с.
2. **Абрамов, В. В.** Взаимодействие иммунной и нервной систем / В. В. Абрамов. – Новосибирск, 1988. – 167 с.
3. **Абрамов, В. В.** Кооперация иммунокомпетентных клеток в культуре как модель изучения проблем взаимодействия иммунной и нервной систем / В. В. Абрамов // Иммунология. – 1991. – № 6. – С. 7–10.
4. **Адо, А. Д.** О взаимодействиях нервной и иммунокомпетентной систем / А. Д. Адо // Вестник Рос. академии мед. наук. – 1993. – № 7. – С. 48–51.
5. **Акмаев, И. Г.** Взаимодействие нервных, эндокринных и иммунных механизмов мозга / И. Г. Акмаев // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 1998. – Т. 98, № 3. – С. 54–56.
6. **Акмаев, И. Г.** Нейро-иммуно-эндокринология гипоталамуса / И. Г. Акмаев, В. В. Гриневич. – М. : Медицина, 2003. – 168 с.
7. **Акмаев, И. Г.** Нейро-иммуно-эндокринология: истоки и перспективы развития / И. Г. Акмаев // Успехи физиологических наук. – 2003. – Т. 34, № 4. – С. 4–15.
8. **Александровский, Ю. А.** Клиническая иммунология пограничных психических расстройств / Ю. А. Александровский, В. П. Чехонин. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 256 с.
9. **Бабаева, А.Г.** Регенерация и система иммуногенеза / А. Г. Бабаева. – М. : Медицина, 1985. – 256 с.
10. **Болдырев, А. А.** Нейрональные рецепторы в клетках иммунной системы / А. А. Болдырев // Природа. – 2005. – № 7. – С. 178–187.
11. **Ветлугина, Т. П.** Клиническая психо-нейроиммунология на современном этапе / Т. П. Ветлугина, В. Я. Семке // Сибирский вестник психиатрии и наркологии. – 2003. – № 1. – С. 34–36.
12. **Ветлугина, Т. П.** Фармакологическая модель анализа взаимодействия нервной и иммунной систем / Т. П. Ветлугина, С. А. Иванова // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 2000. – Т. 129. – С.47–50.
13. **Гейн, С. В.** Влияние миелопептидов на пролиферацию лимфоцитов и продукцию ИЛ-1 и TNF мононуклеарами, моноцитами и нейтрофилами / С. В. Гейн, Т. В. Гаврилова, В. А. Черешнев, М. В. Черешнева // Цитокины и воспаление. – 2008. – № 1. – С. 24–28.
14. **Гейн, С. В.** Роль  $\beta$ -эндорфина в нейроэндокринной регуляции функций иммунной системы : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / С. В. Гейн. – Пермь, 2007. – 45 с.
15. **Гордон, Д. С.** Нейромедиаторы лимфоидных органов (функциональная морфология) / Д. С. Гордон, В. Е. Сергеева, И. Г. Зеленова. – Л. : Наука, 1982. – 128 с.
16. **Гущин, Г. В.** К вопросу участия холинергических систем в механизмах обеспечения иммунологических процессов : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Г. В. Гущин. – Л., 1977. – 17 с.
17. **Девойно, Л. В.** Изменение иммунной реакции у животных в условиях активации и блокады  $D_1$  дофаминовых рецепторов / Л. В. Девойно, Е. Л. Альперина, М. А. Чейдо, М. М. Геворгян // Эксперим. и клинич. фармакология. – 2004. – Т. 67, № 3. – С. 48–50.

18. *Девойно, Л. В.* Нейромедиаторные системы в психо-нейро-иммуномодуляции: дофамин, серотонин, ГАМК, нейропептиды / Л. В. Девойно, Р. Ю. Ильиченко. – Новосибирск : ЦЭРИС, 1993. – 237 с.
19. *Девойно, Л. В.* Роль гипофиза в иммуномодулирующем влиянии ГАМК-ергической системы / Л. В. Девойно, Г. В. Идова, И. О. Белецкая // Физиологический журнал им. М.И. Сеченова. – 1990. – № 6. – С. 808–812.
20. *Ивашкова, Е. В.* К вопросу о влиянии функциональной асимметрии головного мозга и асимметричных повреждений мозговых структур на характер течения иммунологических реакций / Е. В. Ивашкова, А. М. Петров, Р. П. Огурцов [и др.] // Нейроиммунология : сб. тр. X конф. (28–31 мая 2001 г., г. Москва). – М., 2001. С. 45.
21. *Игнатьева, Г. А.* Современные представления об иммунитете / Г. А. Игнатьева // Патологическая физиология и эксперим. терапия. – 2003. – № 2. – С. 2–7.
22. *Игнатьева, Г. А.* Функции иммунной системы в отсутствии инфекций и изменения, наступающие при инфекционных процессах и травмах / Г. А. Игнатьева // Патологическая физиология и эксперим. терапия. – 2006. – № 4. – С. 6–10.
23. *Идова, Г. В.* Механизмы нейро-иммуномодуляции серотонинергической, допаминергической и ГАМК-ергической системами : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Г. В. Идова. – Новосибирск, 1993. – 35 с.
24. *Имунофизиология* / под ред. Е. А. Корнева. – СПб. : Наука, 1993. – 684 с.
25. *Исмагилов, М. Ф.* Роль вегетативной нервной системы в регуляции неспецифических иммунных реакций организма / М. Ф. Исмагилов, Ю. В. Коршун // Казанский мед. журнал. – 1991. – № 1. – С. 69–71.
26. *Казанский, Д. Б.* Регуляция иммунитета Т-лимфоцитами: роль низкомолекулярных адгезивных гликопротеинов тимуса / Д. Б. Казанский, Т. В. Анфалова, Л. М. Хромых // Онтогенез. – 2000. – № 4. – С. 276–277.
27. *Кветной, И. М.* Гормональная функция неэндокринных клеток: роль нового биологического феномена в регуляции гомеостаза / И. М. Кветной, И. Э. Ингель // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 2000. – № 11. – С. 483–487.
28. *Клименко, Л. Л.* Температурная асимметрия больших полушарий головного мозга крыс / Л. Л. Клименко // Известия АН. – 2000. – № 6. – С. 721–727. – (Сер. Биол.).
29. *Корнева, Е. А.* Введение в иммунофизиологию / Е. А. Корнева. – СПб. : ЭЛБИ, 2003. – 48 с.
30. *Корнева, Е. А.* Иммунофизиология – истоки и современные аспекты развития / Е. А. Корнева // Аллергия, астма и клиническая иммунология. – 2000. – № 8. – С. 36–44.
31. *Корнева, Е. А.* Интерлейкин-1 в реализации стресс-индуцированных изменений функций иммунной системы / Е. А. Корнева, Н. С. Шанин, Е. Г. Рыбакина // Рос. физиол. журнал. – 2000. – Т. 86, № 3. – С. 292–302.
32. *Корнева, Е. А.* Основные этапы и тенденции развития иммунофизиологии (к 20-летию основания Международного научного общества по нейро-иммуномодуляции) / Е. А. Корнева // Медицина XXI век. – 2007. – № 5 (6). – С. 16–23.
33. *Крыжановский, Г. Н.* Нейро-иммунопатологические механизмы в типовых патологических процессах в центральной нервной системе / Г. Н. Крыжановский, С. В. Магаева // Нейроиммунология : сб. тр. X конф. (28–31 мая 2001 г., г. Москва). – М., 2001. – С. 56.
34. *Лебедев, В. Ф.* Иммунотерапия рекомбинантным интерлейкином-2 тяжелых ранений и травм / В. Ф. Лебедев, В. К. Козлов, С. В. Гаврилин [и др.]. – СПб. : Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2002. – 72 с.
35. *Магаева, С. В.* Иммунодефицитное состояние при экспериментальной патологии гиппокампа : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / С. В. Магаева. – М., 1979. – 17 с.
36. *Магаева, С. В.* Нейро-иммунофизиология / С. В. Магаева, С. Г. Морозов. – М. : Изд-во ГУ НИИ биомед. химии им. В.Н. Ореховича РАМН, 2005. – 160 с.
37. *Михайлова, А. А.* Участие медиаторов иммунитета в нейро-иммунном взаимодействии / А. А. Михайлова // Иммунология. – 1992. – № 4. – С. 4–8.
38. *Осипенко, А. В.* Иммунобиологические механизмы регенерации тканей / А. В. Осипенко, В. А. Черешнев. – Екатеринбург : УрО РАН, 1997. – 130 с.
39. *Пальцев, М. А.* Руководство по нейро-иммуно-эндокринологии / М. А. Пальцев, И. М. Кветной. – М. : Медицина, 2006. – 384 с.
40. *Пиванович, И. Ю.* Роль глюкокортикоидных гормонов в трансдукции сигнала ИЛ-1 по сфингомиелиновому пути / И. Ю. Пиванович, Е. Г. Рыбакина, Е. Е. Фомичева, Е. А. Корнева // Рос. физиол. журнал. – 2004. – Т. 60, № 6. – С. 781–789.
41. *Полетаев, А. Б.* Регуляторная метасистема (нейро-иммуно-эндокринная регуляция гомеостаза) / А. Б. Полетаев, С. Г. Морозов, И. Е. Ковалев. – М. : Медицина, 2002. – 168 с.

42. **Пономарева, Н. В.** Нейро-иммунные взаимодействия при нормальном старении и болезни Альцгеймера / Н. В. Пономарева, В. Ф. Фокин, Л. В. Андросова [и др.] // Вестник РАМН. – 1995. – № 12. – С. 27–32.
43. **Савченко, И. Г.** К вопросу о невосприимчивости к сибирской язве / И. Г. Савченко // Врач. – 1891. – № 5. – С. 132–134.
44. **Судаков, К. В.** Иммуные механизмы системной деятельности организма: факты и гипотезы / К. В. Судаков // Иммунология. – 2003. – № 6. – С. 372–381.
45. **Филиппова, Л. В.** Интерорецепция и нейро-иммунные взаимодействия / Л. В. Филиппова, А. Д. Ноздрачев. – СПб.: Наука, 2007. – 295 с.
46. **Хаитов, Р. М.** Физиология иммунной системы / Р. М. Хаитов. – М., 2001. – 223 с.
47. **Хананавили, Я. А.** Апоптоз: морфогенетические и физиологические аспекты / Я. А. Хананавили, П. А. Хлопонин, Д. П. Хлопонин. – Ростов н/Д., 2001. – 51 с.
48. **Чейдо, М. А.** Участие опиатных  $\delta$ -рецепторов в иммуномодуляции / М. А. Чейдо, Г. В. Идова // Физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 1993. – № 12. – С. 18–21.
49. **Черешнев, В. А.** Иммунофизиология: проблемы и перспективы развития / В. А. Черешнев, Б. Г. Юшков, В. Г. Климин // Вестник Уральской мед. академии науки. – 2003. – № 1. – С. 47–54.
50. **Черешнев, В. А.** Физиология иммунной системы и экология / В. А. Черешнев, Н. Н. Кеворков, Б. А. Бахметьев [и др.] // Иммунология. – 2001. – № 3. – С. 12–16.
51. **Шилов, Ю. И.** Адренергическая регуляция пролиферативного ответа лимфоцитов в культурах с Т-клеточными митогенами / Ю. И. Шилов, С. В. Гейн // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1999. – Т. 128, № 8. – С. 207–209.
52. **Шилов, Ю. И.** Роль адренергических механизмов в реализации иммуномодулирующих эффектов глюкокортикоидов при стрессе / Ю. И. Шилов, Е. Г. Орлова, Д. В. Ланин // Вестник Уральской мед. академии наук. – 2004. – № 4. – С. 87–93.
53. **Юшков, Б. Г.** От иммунофизиологии к иммунопатофизиологии / Б. Г. Юшков, В. Г. Климин // Вестник Уральской мед. академии наук. – 2004. – № 4. – С. 101–104.
54. **Alves, G. J.** Neuroimmunomodulation: the cross-talk between nervous and immune systems / G. J. Alves, J. Palermo-Neto // Rev. Bras. Psiquiatr. – 2007. – Vol. 29 (4). – P. 363–369.
55. **Anisman, H.** Influence of continuous infusion of interleukin-1beta on depression-related processes in mice: corticosterone, circulating cytokines, brain monoamines, and cytokine mRNA expression / H. Anisman, J. Gibb, S. Hayley // Psychopharmacology. – 2008. – Vol. 199 (2). – P. 231–244.
56. **Arranz, A.** Vasoactive intestinal peptide suppresses toll-like receptor 4 expression in macrophages via Akt1 reducing their responsiveness to lipopolysaccharide / A. Arranz, A. Androulidaki, V. Zacharioudaki [et al] // Mol Immunol. – 2008. – Vol. 10. – P. 2970–80.
57. **Arrang, J. M.** Recepteurs hormonaux lymphocytaires / J. M. Arrang, J. M. Bidard // Ann. Biol. Clin. – 1980. – Vol. 38, № 5. – P. 283–292.
58. **Banks, W. A.** Interleukin-1 $\alpha$  in blood has direct access to cortical brain cells / W. A. Banks, A. J. Kastin, E. G. Gutierrez // Neurosci. Lett. – 1993. – № 1 (163). – P. 41–44.
59. **Bartfai, T.** Cytokines in neuronal cell types / T. Bartfai, M. Schultzberg // Neurochem. Int. – 1993. – № 5 (22). – P. 435–444.
60. **Billiau, A.** Interferon: the pathways of discovery I. Molecular and cellular aspects / A. Billiau // Cytokine Growth Factor Rev. – 2006. – Vol. 17 (5). – P. 381–409.
61. **Benveniste, E. N.** Cytokine actions in the central nervous system / E. N. Benveniste // Cytokine Growth Factor Rev. – 1998. – № 3–4. – P. 259–275.
62. **Benveniste, E. N.** Cytokine circuits in brain. Implications for AIDS dementia complex / E. N. Benveniste // Res. Publ. Assoc. Res. Nerv. Ment. Dis. – 1994. – Vol. 72. – P. 71–88.
63. **Bjarnadottir, M.** Neuregulin1 (NRG1) signaling through Fyn modulates NMDA receptor phosphorylation: differential synaptic function in NRG1 $\pm$  knock-outs compared with wild-type mice / M. Bjarnadottir, D. L. Misner, S. Haverfield-Gross [et al] // J. Neurosci. – 2007. – Vol. 27 (17). – P. 4519–4529.
64. **Blottner, D.** Neutrophy and regeneration in vivo / D. Blottner, H. G. Baumgarten // J. Acta. Anat. Basel. – 1994. – Vol. 150, № 4. – P. 235–245.
65. **Brabb, T.** In situ tolerance within the central nervous system as a mechanism for preventing autoimmunity / T. Brabb, P. von Dassow // J. Experim. Med. – 2000. – № 6. – P. 871–880.
66. **Brightman, M. W.** Penetration of solutes, viruses, and cells across the blood-brain barrier / M. W. Brightman, S. Ishihara, L. Chang // J. Curr. Top. Microbiol. Immunol. – 1995. – P. 20263–20278.
67. **Brodie, C.** Functional PAF receptors in glia cells: binding parameters and regulation of expression / C. Brodie // J. Int. Dev. Neurosci. – 1994. – № 7 (12). – P. 631–640.
68. **Brown, S. L.** Interleukin 1 and interleukin 2 enhance proopiomelanocortin gene expression in pituitary cells / S. L. Brown, L. R. Smith, J. E. Blalock // J. Immunol. – 1987. – Vol. 15 (10). – P. 3181–3183.

69. **Capuron, L.** Cytokines in clinical psychiatry / L. Capuron, R. M. Bluthé, R. Dantzer // *Am. J. Psychiatry.* – 2001. – Vol. 158 (7). – P. 1163–1164.
70. **Cosentino, M.** Unravelling dopamine (and catecholamine) physiopharmacology in lymphocytes: open questions / M. Cosentino, F. Marino, R. Bombelli [et al] // *Trends Immunol.* – 2003. – Vol. 24 (11). – P. 581–583.
71. **Couraud, P. O.** Blood-brain barrier and immunity / P. O. Couraud // *J. Ann. Rech. Vet.* – 1992. – Vol. 23, № 3. – P. 325–329.
72. **Dantzer, R.** Neural and humoral pathways of communication from the immune system to the brain: parallel or convergent? / R. Dantzer, J. P. Konsman // *J. Auton. Neurosci.* – 2000. – № 1–3. – P. 60–65.
73. **Dantzer, R.** Theories du stress processus de somatisation / R. Dantzer // *J. Encephale.* – 1995. – № 9 (73). – P. 73–79.
74. **Dardenne, M. B.** Role of thymulin or its analogue as a new analgesic molecule / M. Dardenne, N. Saade, B. Safieh-Garabedian // *Ann NY Acad Sci.* – 2006. – Vol. 10. – P. 153–163.
75. **Devi, R. S.** Regional specificity seen within hypothalamus in neuroimmunomodulation / A. Namasivayam // *Indian. J. Physiol. Pharmacol.* – 1996. – Vol. 40, № 1. – P. 70–74.
76. **Dorofteiu, M.** The phagocytic activity of rats with stereotaxic distractions in the main zones of amygdala / M. Dorofteiu, R. Orasan, C. Marina [et al] // *Eur. J. of Physiology.* – 1995. – № 4. – P. 109.
77. **Duennen, M. A.** Effects of experimental panic on neuroimmunological functioning / M. A. Duennen, K. R. Schruers, G. R. Kenis // *J. Psychosom. Res.* – 2008. – Vol. 64 (3). – P. 305–310.
78. **Elenkov, I. J.** Neurohormonal-cytokine interactions: implications for inflammation, common human diseases and well-being / I. J. Elenkov // *Neurochem Int.* – 2008. – Vol. 52 (1–2). – P. 40–51.
79. **Fleshner, M.** Interleukin-1 beta induced corticosterone elevation and hypothalamic NE depletion is vagally mediated / M. Fleshner, L.E. Goehler // *J. Brain. Res. Bull.* – 1995. – № 6 (37). – P. 605–610.
80. **Fleshner, M.** Psychoneuroimmunology: then and now / M. Fleshner, M. L. Laudenslager // *Behav. Cogn. Neurosci Rev.* – 2004. – № 3 (2). – P. 114–30.
81. **Furness, J. B.** The organisation of the autonomic nervous system: peripheral connections / J. B. Furness // *Auton. Neurosci.* – 2006. – Vol. 30 (1–2). – P. 1–5.
82. **Gaillard, R. C.** Interaction between the hypothalamo-pituitary-adrenal axis and the immunological system / R. C. Gaillard // *J. Ann. Endocrinol.* – 2001. – № 2 (62). – P. 155–163.
83. **Galinowski, A.** Neuro-psycho-immunology: the influence of aging on the biological mechanisms of stress, anxiety and depression / A. Galinowski // *Encephale.* – 2006. – Vol. 32. – P. 1112–1114.
84. **Galoyan, A.** Neurochemistry of brain neuroendocrine immune system: signal molecules / A. Galoyan // *J. Neurochem. Res.* – 2000. – № 9–10 (25). – P. 1343–1355.
85. **Giulian, D.** Cell surface morphology identifies microglia as a distinct class of mononuclear phagocyte / D. Giulian, J. Li, S. Bartel, J. Broker, X. Li, J. B. Kirkpatrick // *J. Neurosci.* – 1995. – Vol. 15 (11). – P. 7712–7726.
86. **González-Hernández, J. A.** IL-1 is expressed in human adrenal gland in vivo. Possible role in a local immune-adrenal axis / J. A. González-Hernández, S. R. Bornstein, M. Ehrhart-Bornstein [et al] // *Clin. Exp. Immunol.* – 1995. – Vol. 99 (1). – P. 137–141.
87. **Groot, J.** Hypothalamic control of anterior pituitary gland and blood lymphocytes / J. Groot, G. Harris // *J. Physiol.* – 1950. – Vol. 111. – P. 335–346.
88. **Hall, K. T.** Human CD 100, a novel leukocyte semaphoring that promotes B-cell aggregation and differentiation / K. T. Hall, L. Boumsell // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1996. – № 21 (93). – P. 11780–5.
89. **Hall, J. M.** Neurotransmitters and host defense / J. M. Hall, A. L. Goldstein ; ed. R. Guillemín [et al] // *Neural modulation of immunity* – New York, 1985. – P. 143–156.
90. **Hampel, H.** Blood-cerebrospinal fluid barrier dysfunction for high molecular weight proteins in Alzheimer disease and major depression: indication for disease subsets / H. Hampel, H. U. Kötter, H. J. Moller // *J. Alzheimer. Dis. Assoc. Disord.* – 1997. – Vol. 11, № 2. – P. 78–87.
91. **Hanisch, U. K.** Interleukin-2 as a neuroregulatory cytokine / U. K. Hanisch, R. Quirion // *J. Brain. Res. Brain. Res. Rev.* – 1995. – № 3 (21). – P. 246–284.
92. **Hart, M. N.** CNS antigen presentation / M. N. Hart, Z. Fabry // *J. Trends. Neurosci.* – 1995. – № 11. – P. 475–481.
93. **Hassig, A.** Stress-induced suppression of the cellular immune reactions: on the neuroendocrine control of the immune system / A. Hassig, L. Wen-Xi, K. Stampfli // *J. Med. Hypotheses.* – 1996. – № 6 (46). – P. 551–555.
94. **Heagy, W.** Neurohormones regulate T-cell function / W. Heagy, M. Laurance, E. Cohen, R. Finberg // *J. Exp. Med.* – 1990. – Vol. 171, № 5. – P. 1625–1633.
95. **Irwin, M. R.** Human psychoneuroimmunology: 20 years of discovery / M. R. Irwin // *Brain Behav. Immun.* – 2008. – Vol. 22 (2). – P. 129–139.



96. **Kahn, M. A.** Regulation of an oligodendrocyte progenitor cell line by the interleukin-6 family of cytokines / M. A. Kahn, J. De-Vellis // *J. Glia*. – 1994. – № 2 (12). – P. 87–98.
97. **Katafuchi, T.** Hypothalamic modulation of splenic natural killer cell activity in rats / T. Katafuchi, T. Ichijo // *J. Physiol. Lond.* – 1993. – Vol. 471. – P. 209–221.
98. **Knudsen, J.** Lymphocyte norepinephrine, but not plasma catecholamines predict lymphocyte cAMP production / J. Knudsen, N. Christensen, P. Bratholm // *Live Sci.* – 1996. – Vol. 59, № 8. – P. 639–647.
99. **Levi-Montalcini, R.** Update of the NGF saga / R. Levi-Montalcini, R. Dal-Toso // *J. Neurol. Sci.* – 1995. – № 2 (130). – P. 119–127.
100. **Licinio, J.** Central nervous system cytokines and their relevance for neurotoxicity and apoptosis / J. Licinio // *J. Neural. Transm. Suppl.* – 1997. – P. 49269–75.
101. **Lujan, H. J.** Human immune cells mediate catecholamine secretion from adrenal chromaffin / H. J. Lujan, H. L. Mathews, R. L. Gamelli, S. B. Jones // *Crit. Care Med.* – 1998. – Vol. 26, № 7. – P. 1218–1224.
102. **Maier, S. F.** Psychoneuroimmunology. The interface between behavior, brain, and immunity / S. F. Maier, L. R. Watkins, M. Fleshner // *Am. Psychol.* – 1994. – Vol. 49 (12). – P. 1004–1017.
103. **Mausch, K.** Main issues of psychoneuroimmunology / K. Mausch // *Psychiatr. Pol.* – 2000. – Vol. 34 (3). – P. 381–388.
104. **Miller, A. H.** Neuroendocrine and immune system interactions in stress and depression / A. H. Miller // *Psychiatr. Clin. North Am.* – 1998. – Vol. 21, № 2. – P. 443–463.
105. **Miller, D. W.** Immunobiology of the blood-brain barrier / D. W. Miller // *J. Neurovirol.* – 1999. – № 6. – P. 570–578.
106. **Musso, N. R.** Acetylcholine-induced, calcium-dependent norepinephrine outflow from peripheral human lymphocytes / N. R. Musso, S. Brenici, F. Indiveri, G. Lotti // *J. Neuroimmunol.* – 1998. – Vol. 1. – P. 82–87.
107. **Musso, N.** Catecholamine content and in vitro catecholamine synthesis in peripheral human lymphocytes / N. Musso, S. Brenici, M. Setti [et al] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1996. – Vol. 81, № 10. – P. 3553–3557.
108. **Nagai, A.** Erythropoietin and erythropoietin receptors in human CNS neurons, astrocytes, microglia, and oligodendrocytes grown in culture / A. Nagai, E. Nakagawa // *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* – 2001. – № 4 (60). – P. 386–392.
109. **Opp, M. R.** Sleep as a behavioral model of neuro-immune interactions / M. R. Opp, L. Imeri // *J. Acta. Neurobiol. Exp. (Warsz)*. – 1999. – № 1 (59). – P. 45–53.
110. **Otero, G. C.** Response of human oligodendrocytes to interleukin-2 / G. C. Otero, J. E. Merrill // *Brain Behav. Immun.* – 1997. – Vol. 11 (1). – P. 24–38.
111. **Pardy, K.** The influence of interleukin-2 on vasopressin and oxytocin gene expression in the rodent hypothalamus / K. Pardy, D. Murphy, D. Carter // *J. Neuroimmunol.* – 1993. – № 2 (42). – P. 131–138.
112. **Pasternak, K. I.** Circumscribed lesion of the medial forebrain bundle area causes structural impairment of lymphoid organs and severe depression of immune function in rats / K. I. Pasternak, C. Timo Laria // *J. Mol. Psychiatry.* – 1998. – № 5 (3). – P. 397–404.
113. **Penkowa, M.** IL-6 deficiency leads to reduced metallothionein-I+II expression and increased oxidative stress in the brain stem after 6-aminocotinamide treatment / M. Penkowa, J. Hidalgo // *J. Exp. Neurol.* – 2000. – № 1 (163). – P. 72–84.
114. **Phillips, L. M.** Site-specific immune regulation in the brain: differential modulation of major histocompatibility complex (MHC) proteins in brainstem vs. hippocampus / L. M. Phillips, P. J. Simon, L. A. Lampson // *J. Comp. Neurol.* – 1999. – № 3 (405). – P. 322–333.
115. **Poon, A. M.** Evidence for a direct action of melatonin on the immune system / A. M. Poon, Z. M. Liu // *J. Biol. Signals.* – 1994. – № 2. – P. 107–117.
116. **Powell, H. C.** Response of glia, mast cells and the blood brain barrier, in transgenic mice expressing interleukin-3 in astrocytes, an experimental model for CNS demyelination / H. C. Powell, R. S. Garrett // *J. Brain Pathol.* – 1999. – № 2 (9). – P. 219–235.
117. **Pruett, S. B.** Quantitative aspects of stress-induced immunomodulation / S. B. Pruet // *J. Int. Immunopharmacol.* – 2001. – № 3 (1). – P. 507–520.
118. **Rivier, C.** Mechanisms mediating the effects of cytokines on neuroendocrine functions in the rat / C. Rivier, S. Rivest // *Ciba. Found. Symp.* – 1993. – Vol. 172. – P. 204–220.
119. **Rook, G. A.** Glucocorticoids and immune function / G. A. Rook // *J. Baillieres. Best. Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1999. – № 4 (13). – P. 567–581.
120. **Sacerdote, P.** Centrally injected nerve growth factor modulates peripheral immune responses in the rat / P. Sacerdote, B. Manfredi // *J. Neuroendocrinology.* – 1996. – № 4 (64). – P. 274–279.
121. **Sali, A.** Psychoneuroimmunology. Fact or fiction? / A. Sali // *Aust. Fam. Physician.* – 1997. – Vol. 26 (11). – P. 1291–1294.

122. **Sitte, N.** Lymphocytes upregulate signal sequence-encoding proopiomelanocortin mRNA and beta-endorphin during painful inflammation in vivo / N. Sitte, M. Busch, S. A. Mousa [et al] // J. Neuroimmunol. – 2007. – Vol. 183 (1). – P. 133–145.
123. **Smith, E. M.** IL-10 as a mediator in the HPA axis and brain / E.M. Smith, P. Cadet // J. Neuroimmunol. – 1999. – № 1–2 (100). – P. 140–148.
124. **Suter, T.** The brain as an immune privileged site: dendritic cells of the central nervous system inhibit T cell activation / T. Suter, G. Biollaz, D. Gatto et al. // Eur. J. Immunol. – 2003. – Vol. 33 (11). – P. 2998–3006.
125. **Vlajkovic, S.** Brain self-stimulation and immunity: effect on humoral and cell-mediated immune responses / S. Vlajkovic, S. Dugandzija-Novakovic // Int. J. Neurosci. – 1993. – Vol. 69, № 1–4. – P. 235–250.
126. **Weigent, D. A.** Associations between the neuroendocrine and immune systems / D. A. Weigent, J. E. Blalock // J. Leukoc. Biol. – 1995. – Vol. 58 (2). – P. 137–150.
127. **Wenner, M.** Acute electrical stimulation of lateral hypothalamus increases natural killer cell activity in rats / M. Wenner, N. Kawamura // J. Neuroimmunol. – 1996. – Vol. 67, № 1. – P. 67–70.
128. **Wessler, I.** The biological role of non-neuronal acetylcholine in plants and humans / I. Wessler, H. Kilbinger, F. Bittinger [et al] // Eur. J. Pharmacol. – 2001. – Vol. 85, № 1. – P. 2–10.
129. **Wong, D.** In vitro adhesion and migration of T-lymphocytes across monolayers of human brain microvessel endothelial cells: regulation by ICAM-1, VCAM-1, E-selectin and PECAM-1 / D. Wong, R. Prameva, K. Dorovini Zis // J. Neuropathol. Exp. Neurol. – 1999. – № 2. – P. 138–152.
130. **Zhang, J.** A functional analysis of EP4 receptor-expressing neurons in mediating the action prostaglandin E2 within specific nuclei of the brain in response to interleukin-1 beta / J. Zhang, S. Rivest // J. Neurochem. – 2000. – № 5 (74). – P. 2134–45.

УДК [599.323.4-143.6:591.2]:547.212

#### ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕЧЕНИ ПРИ ИНТОКСИКАЦИИ ЭТАНОЛОМ У БЕЛЫХ МЫШЕЙ

**Федорова Надежда Николаевна<sup>1</sup>**, доктор медицинских наук, профессор кафедры гидробиологии и общей экологии

**Сентюрова Людмила Георгиевна<sup>2</sup>**, доктор медицинских наук, профессор кафедры медицинской биологии с основами генетики

Астраханский государственный технический университет<sup>1</sup>

414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16,

тел. (8512) 255-562, e-mail: mgrushko@mail.ru

Астраханская государственная медицинская академия<sup>2</sup>

414000, г. Астрахань, Бакинская, 121,

тел. (8512) 44-34-12

*Результаты исследования выявили индивидуальные реакции клеток печени белых мышей на интоксикацию слабыми растворами этанола: у некоторых особей развивалась в клетках печени жировая дистрофия, у других – превалировало разрастание соединительной ткани.*

**Ключевые слова:** белые мыши, этанол, интоксикация, изменения печени, гепатоцит, гистологическое исследование.

#### PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES OF LIVER DURING AN INTOXICATION OF WHITE MICE WITH ETHANOL

**Fedorova Nadezhda N., Sentyurova Lyudmila G.**

*The results of research have revealed individual reactions of cells of liver of white mice to an intoxication with lean solutions of ethanol: in some individuals the fatty dystrophy developed in cells of liver, in others growth of connective tissue prevailed.*

**Key words:** white mice, ethanol, intoxication, changes in liver, hepatocyte, histologic research.

Изменения, возникшие в печени при интоксикации этанолом, включают ожирение паренхимы органа, алкогольный гепатит, фиброз и цирроз печени. Причем ожирение гепатоцитов обратимо, но алкогольный гепатит расценивают как облигатный предшественник цирроза [1, 3, 4, 5].

Целью работы явился анализ патоморфологических изменений печени при интоксикации этанолом.

### Материал и методы

Экспериментальная часть работы выполнена с использованием 40 самок белых мышей линии *Balb/c* в возрасте 4 месяцев. Эксперимент продолжался 30 дней в осенний период года. При проведении исследования руководствовались базисными нормативами, документами: рекомендациями по экспериментальной работе с использованием животных Минздрава России, рекомендациями ВОЗ. Животные содержались в виварии НИИ по изучению лепры в контролируемых условиях: 12-часовой период освещения, комнатная температура +20–22 °С, влажность – 50–70 %, корм *ad libitum*. Животные содержались в 10 клетках по 3 самки и 1 самцу; 1–7 клетки были с экспериментальными мышами (I группа); 8–10 – с контрольными (II группа). У мышей I группы в клетках круглосуточно был выставлен для питья 0,5%-ый раствор алкоголя. По окончании опыта животных подвергли эфтаназии передозировкой хлоралгидрата.

Гистологическое исследование тканей печени проведено по общепринятым методикам [2]. Было сделано 20 парафинно-целлуидиновых блоков, 40 гистологических препаратов, по которым были определены изменения паренхимы печени.

*Контрольная группа мышей.* Паренхима печени образована печеночными дольками. Согласно классическому представлению, печеночная долька образована печеночными балками, радиально расположенными вокруг терминальной вены. Междольковая соединительная ткань формирует строму органа. В ней проходят кровеносные сосуды и желчные протоки. Печеночные балки, построенные из гепатоцитов, расположены в радиальном направлении. Балки анастомозируют между собой, и поэтому их радиальное направление в дольке не всегда четко заметно. В печеночных балках и анастомозах между ними располагаются гепатоциты двумя рядами, тесно прилегающими друг к другу. Между рядами печеночных клеток находятся желчные капилляры. Между балками тоже радиально, от периферии к центру, проходят внутривенные синусоидные кровеносные капилляры.

Гепатоциты имеют неправильную форму. Многие содержат два ядра. Ядра гепатоцитов имеют округлую форму.

*Опытная группа мышей.* Были обнаружены микроциркуляторные изменения печеночных сосудов. Эндотелий терминальных печеночных венул был отечен, синусоиды неравномерно, но резко расширены; форменных элементов в них небольшое количество. Стенки некоторых терминальных венул инфильтрированы лимфоцитами. Кроме того, вокруг стенок отдельных терминальных печеночных венул обнаружены мелкие кровоизлияния разной формы, величины, продолжительности во времени. Встречались мелкие кровозлияния и между отдельными балками. Архитектоника долек была несколько нарушена в связи с отеком ткани печени. Сами печеночные балки имели разную толщину. Выявлено относительно большое количество клеток с двумя ядрами (амитоз – 1 : 10; 2 : 10), имелись клетки с делящимися ядрами разной величины. Отмечен полиморфизм печеночных клеток и их ядер. Размеры как самих клеток, так и их ядер резко различались: наблюдались гигантские клетки с очень крупными ядрами или более мелкие клетки с темноокрашенными ядрами, которые были в 2–4 раза меньше обычных. Кроме того, имелись клетки обычных размеров, но с гигантскими ядрами. Цитоплазма многих клеток содержала мелкую зернистость; в некоторых участках клетки печени в цитоплазме содержали крупные прозрачные капли разной величины, которые смещали ядро клетки к периферии (жировая дистрофия печени). Имелось довольно значительное количество гепатоцитов без ядер, представлявших собой мелкие пустоты. Иногда несколько подобных образований сливались между собой, образуя некротические участки (мелкоочаговая форма некроза паренхимы печени). По ходу внутривенных капилляров выявлены незначительные разрастания соединительной ткани.

При анализе результатов интоксикации 0,5%-ым раствором этанолом мышей в течение месяца выделено 4 группы измененной печеночной паренхимы.

*I группа.* В печени обнаружена масса мелких некротических участков. В большинстве участков печени обнаружены признаки жировой дистрофии. Гигантские клетки встречались в клетках, имевших как признаки жировой дистрофии, так и в клетках, цитоплазма которых содержала мелкокапельную зернистость. Был замечен отек паренхимы печени, в связи с чем балочное строение долек было нарушено. Имелись мелкие многочисленные плазморрагии.

*II группа мышей.* Терминальные печеночные венулы были резко расширены (застойные явления). В печеночных клетках обнаружены очень мелкие гранулы гемосидерина (гемосидероз).

*III группа мышей.* Отмечены небольшие разрастания соединительной ткани вокруг терминальных печеночных венул и вдоль капилляров. Балки искривлены, имеют разную толщину даже по ходу одной балки. Имеются множественные мелкие некрозы. Обнаружено значительное количество гигантских ядер гепатоцитов. Резко отечны эндотелиальные клетки капилляров.

*IV группа мышей.* Выявлены мощные разрастания соединительной ткани, особенно вокруг терминальных венул. Много мелких некрозов. Все клетки с жировыми пустотами. Балки отечны, изменены, плохо контурируются.

Таким образом, в результате работы сделаны следующие **выводы**. Несмотря на то, что все опытные мыши содержались в одинаковых условиях, реакции клеток печени на интоксикацию раствором этанола малой концентрации и небольшой экспозиции были различными. Выделено четыре группы реакций: у одних мышей выявлена только токсическая жировая дистрофия печени, у других – гемосидероз, у третьих и четвертых – разные степени разрастаний соединительной ткани, т.е. реакции паренхимы печени на интоксикацию слабым раствором этанола могут быть индивидуальными.

#### **Библиографический список**

1. **Буков, В. У.** Метаболические последствия алкогольной интоксикации / В. У. Буков – Минск : Бел. науки, 2005. – 207 с.
2. **Волкова, О. В.** Основы гистологии с гистологической техникой / О. В. Волкова, Ю. К. Елецкий. – М. : Медицина, 1982 – С. 142–292.
3. **Логинов, А. С.** Алкоголь и печень / А. С. Логинов, Ю. Е. Блок. – М. : Высшая школа, 1987 – 75 с.
4. **Островский, Ю. М.** Метаболические предпосылки и последствия употребления алкоголя / Ю. М. Островский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 261 с.
5. **Пальцев, М. А.** Болезни органов пищеварительной системы / М. А. Пальцев, Н. М. Аничков // Патологическая анатомия. – М. : Медицина, 2001. – Т. 2, ч. 1. – С. 486–622.

УДК 591.147.1:615.272+616.45-001.1/3:612.65

### **ВЛИЯНИЕ ИММОБИЛИЗАЦИОННОГО СТРЕССА И АНТИОКСИДАНТОВ НА ТИРЕОИДНУЮ ФУНКЦИЮ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА**

**Ясенявская Анна Леонидовна**, аспирант кафедры физиологии и морфологии человека и животных

**Рябыкина Наталья Валерьевна**, аспирант кафедры физиологии и морфологии человека и животных

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-00-97, факс (8512) 22-82-64, e-mail: yasen\_9@mail.ru

*Представлены исследования влияния иммобилизационного стресса, витамина E и эмоксипина, а также их комплексного воздействия на тиреоидную функцию белых крыс в молодом и зрелом возрасте.*

*В ходе работы были определены концентрация тиреоидных гормонов (Т3, Т4) в плазме крови, а также высота тиреоидного эпителия, площадь ядер, площадь фолликулов, площадь фолликулярного коллоида. В результате исследования установлено, что стресс вызвал ослабление функциональной активности щитовидной железы, под действием как природного ан-*

тиоксиданта – витамина E, так и синтетического – эмоксипина, произошло усиление функциональной активности щитовидной железы.

**Ключевые слова:** щитовидная железа, тиреоидные гормоны, антиоксиданты, иммобилизационный стресс, онтогенез.

THE INFLUENCE OF THE IMMOBILIZATION STRESS  
AND ANTIOXIDANTS ON THE THYROID FUNCTION AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS

Yasenyavskaya Anna L., Ryabjkina Nataly V.

*The influence of immobilization stress,  $\alpha$ -tocopherol and emoksipine and complex influence on the thyroid function of the young and old white rats are investigated.*

*The concentration of the thyroid hormones (T3, T4), the height of the thyroid epithelium and the area of the nucleus, follicles and follicular colloid were determined. As a result of research it is established that under the action of the immobilization stress there is a decrease functional activity of the thyroid gland; under the action of the antioxidantes there is an increase in functional activity of the thyroid gland.*

**Key words:** thyroid gland, thyroid hormones, antioxidants, immobilization stress, ontogenesis.

В эмбриональный и ранний постнатальный периоды развития животных тиреоидные гормоны выполняют роль основных индукторов процесса дифференцировки практически всех органов и тканей, в особенности центральной нервной системы. Эти обстоятельства привлекли повышенное внимание специалистов разных областей науки к щитовидной железе. Однако, несмотря на обильный поток информации о морфофункциональных особенностях щитовидной железы, многие вопросы, касающиеся сложных процессов гормонообразования в тиреоцитах, депонирования и механизмов освобождения гормонов в кровь, и целый ряд других остаются невыясненными или спорными.

Изучение роли  $\alpha$ -токоферола в системе антиоксидантов организма, модифицирующего состояния щитовидной железы, осложнено рядом особенностей функционирования тиреоидного гомеостата: высоким уровнем метаболизма щитовидной железы и обильной васкуляризацией [3], особенностями системы, генерирующей перекиси в железе и, тем самым, увеличивающей ее прооксидантный фон [10, 11]; высокой антиоксидантной активностью тироксина, на три порядка превышающей таковую у  $\alpha$ -токоферола [4], наконец, значительной ролью тиреотропной оси (включающей щитовидную железу) в развитии стресса [8].

Возможно, с этими обстоятельствами связан неспецифический эффект щитовидной железы на избыток в организме млекопитающих  $\alpha$ -токоферола, выражающийся развитием гипотиреоидного состояния [14, 15, 40].

Таким образом, механизмы взаимосвязи тиреоидной функции и свободнорадикальных процессов остаются недостаточно ясными, особенно в динамике постнатального онтогенеза и при осложнении его стресс-индуцирующими воздействиями. Указанное определило цель данного исследования.

**Методика исследования**

В экспериментах, состоящих из двух серий, использовано 84 самца беспородных белых крыс двух возрастных групп: 42 старых самца со средней массой 280 г и 42 молодых со средней массой 75 г.

Крысы содержались в стандартных условиях вивария при естественном освещении и свободном доступе к пище и воде. Продолжительность опытов – 14 дней.

Животных подразделили на следующие группы:

- 1) интактные (контроль);
- 2) животные, подвергнутые иммобилизационному стрессу, продолжительностью 120 минут, ежедневно в течение 7 дней, начиная со второй недели эксперимента;
- 3) животные, получавшие витамин Е (10%-ый масляный раствор D,L, $\alpha$ -токоферолацетата) per os в суточной дозе 0,5 мг/100 г массы тела на всем протяжении опытов;
- 4) животные, подвергнутые иммобилизационному стрессу после однонедельного воздействия витамина Е и стрессированные на фоне продолжающегося воздействия витамином Е в течение последующей недели;
- 5) животные, получавшие в/м 1%-ый раствор эмоксипина в дозе 0,5 мг/100 г массы тела в течение 14 дней;
- 6) стрессированные животные, получавшие эмоксипин по той же схеме, что крысы, получавшие витамин Е и подвергнутые иммобилизационному стрессу.

Имобилизационный стресс создавали, помещая животное в пластиковую камеру, ограничивающую их движения в течение 2-х часов при комнатной температуре. По окончании опытов предварительно наркотизированных внутрибрюшинным введением этиамнала натрия – 4 мг/100 г массы тела – декапитировали, щитовидную железу фиксировали в смеси Буэна, после чего заливали в парафин. Срезы толщиной 5–7 мкм окрашивали по методу Ван-Гизона.

Концентрацию гормонов трийодтиронина и тироксина в плазме крови (предварительно хранившейся при -20 °С) определяли с использованием наборов фирмы “Accu-Bind Elisa Microwells” (США) в клиничко-диагностической лаборатории МУЗ ДГП № 1. Концентрацию тироксина выражали в мкг/дл, трийодтиронина – в нг/мл.

### Результаты исследований и обсуждение

В качестве морфометрических показателей для изучения функционального состояния щитовидной железы были исследованы: высота тиреоидного эпителия, площадь ядер, площадь фолликулов, площадь фолликулярного коллоида.

Известна высокая степень корреляции между высотой тиреоидного эпителия и скоростью секреции гормонов в щитовидной железе [2]. Таким же объективным показателем изменения функционального состояния органа являются размеры ядра, чувствительность которого к действию различных факторов значительно превосходит реактивность цитоплазмы.

Реабсорбция коллоида является ключевым объектом регуляции со стороны ТТГ и симпатической нервной системы [7]. Показателями степени реабсорбции являются площадь фолликулов и площадь фолликулярного коллоида.

*Высота тиреоидного эпителия.* Под влиянием антиоксидантов произошло достоверное увеличение (табл. 1, 2) высоты тиреоидного эпителия как у молодых, так и у старых животных. Имобилизационный стресс вызвал достоверное снижение этого показателя. При комплексном воздействии стресса и антиоксидантов изучаемый показатель приблизился к контролю.

*Площадь ядра.* При введении витамина Е и эмоксипина площадь ядер достоверно увеличилась ( $p < 0,001$  и  $p < 0,01$  соответственно) у животных обеих возрастных групп. Имобилизационный стресс достоверно ( $p < 0,05$ ) уменьшил величину данного показателя. В группах с комплексным воздействием исследуемые показатели приблизились к контролю.

*Площадь фолликулов.* Имобилизационный стресс способствовал значительному увеличению площади фолликулов. Воздействие антиоксидантами вызвало снижение этого показателя. Комплексное воздействие приблизило показатель к контролю.

*Площадь фолликулярного коллоида.* Витамин Е и эмоксипин, в отличие от стресса, способствовали уменьшению площади фолликулярного коллоида, а стресс, в свою очередь, способствовал, напротив, увеличению данного показателя. При воздействии стрессом на фоне действия антиоксидантов площадь фолликулярного коллоида приблизилась к величине контрольных показателей.

Как известно, к старости у крыс в щитовидной железе обнаруживаются застойные явления метаболизма, падает поглотительная способность к йоду, ослабляется секреция тиреоидных гормонов и их выведение в кровь. В тот же период онтогенеза нейроны нонапептидергических гипоталамических ядер нередко подвергаются дистрофическим изменениям, часто увеличиваются в размерах, содержат много нейросекрета, выход которого в кровяное русло заторможен [3, 4]. Следует учесть подавление синтеза и выведение тиротропина гипофизом со стороны соматотропина, глюкокортикоидов и дофамина, синтез которых обычно усиливается в ходе возрастной инволюции [2, 8, 33, 34].

Снижение к старости в крови уровня тиреоидных гормонов, особенно трийодтиронина, существенно ослабляет обратную отрицательную связь между щитовидной железой и центральным звеном регуляции тиростата. Последнее стимулирует выход тиролиберина, соответственно – тиротропина и приводит к активации секреторной активности тироцитов, морфометрически – к увеличению размеров ядер, обнаруженному в наших опытах.

Подобный механизм развития инволюционных процессов в гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системе, началом которого является дисфункция щитовидной железы, подтверждается исследованиями В.М. Гордиенко, Л.С. Ивановой, О.В. Даниловой и др. Авторы обнаружили при старении у крыс более существенные морфологические изменения в периферически эндокринных железах (в том числе в щитовидной железе) у старых крыс (при сохранении обычной структуры аденогипофиза).

Таблица 1

**Изменения морфометрических показателей функционального состояния щитовидной железы самцов молодых белых крыс**

Характер воздействия	Число особей	Морфометрические показатели			
		Высота тироцитов, мкм	Площадь ядер тироцитов, мкм <sup>2</sup>	Площадь фолликулов, мкм <sup>2</sup>	Площадь фолликулярного коллоида, мкм <sup>2</sup>
Контроль	7	8,9 ± 0,147	17,2 ± 0,54	3700,2 ± 218,78	1719,8 ± 143,36
Стресс	7	7,6 ± 0,51 *	15,47 ± 0,29 *	4280,1 ± 195,33	2050,3 ± 107,84
Витамин Е	7	13,7 ± 0,55 ***	23,94 ± 1,004 ***	3494,4 ± 198,09	1288,1 ± 133,05 *
Стресс + Витамин Е	7	9,93 ± 0,45 *##	19,94 ± 0,89 *##	3555,1 ± 223,2 #	1592,7 ± 166,9 #
Эмоксипин	7	11,46 ± 0,82 *	22,1 ± 1,83 *	3535,8 ± 244,36	1313,87 ± 134,1
Стресс + Эмоксипин	7	9,57 ± 0,145 *##	20,22 ± 0,54 **##	3624,9 ± 232,8 #	1419,83 ± 192,15#

Примечание: \* – различия с контролем (\*p < 0,05, \*\*p < 0,01, \*\*\*p < 0,001); # – различия со стрессом.

Таблица 2

**Изменения морфометрических показателей функционального состояния щитовидной железы старых самцов белых крыс**

Характер воздействия	Число особей	Морфометрические показатели			
		Высота тироцитов, мкм	Площадь ядер тироцитов, мкм <sup>2</sup>	Площадь фолликулов, мкм <sup>2</sup>	Площадь фолликулярного коллоида, мкм <sup>2</sup>
Контроль	7	7,6 ± 0,36 ..	20,1 ± 0,7 ..	3800,07 ± 194,54	1883,97 ± 138,59
Стресс	7	6,56 ± 0,26 *	17,6 ± 0,23 *	4159,3 ± 152,75	2148,6 ± 180,03
Витамин Е	7	11,23 ± 0,81 **	22,7 ± 0,24 ***	3421,56 ± 234,5	1392,3 ± 180,15
Стресс + Витамин Е	7	8,6 ± 0,26 *##	19,4 ± 0,2 *###	3734,6 ± 196,79	1786,4 ± 192,5
Эмоксипин	7	10,33 ± 0,73 **	20,2 ± 0,3 **	3508,5 ± 271,99	1441,4 ± 153,64
Стресс + Эмоксипин	7	9,2 ± 0,15 **###	19,6 ± 0,4 *	3661,17 ± 198,2	1660,93 ± 178,1

Примечание: \* – различия с контролем (\*p < 0,05, \*\*p < 0,01, \*\*\*p < 0,001); # – различия со стрессом; .. – различия между молодыми и старыми самцами.

Анализ полученных данных выявил усиление функциональной активности щитовидной железы при воздействии антиоксидантов, как природного – витамина Е, так и синтетического – эмоксипина: высота тироцитов увеличилась, площадь коллоида и фолликулов, соответственно, уменьшилась. Обнаруженное сходство в действии на функциональное состояние щитовидной железы природного антиоксиданта – витамина Е и синтетического – эмоксипина, свидетельствует о проявлении в действии витамина Е на функциональную активность щитовидной железы, преимущественно, антиоксидантных свойств витамина. Сходство в действии природного и синтетического антиоксидантов на щитовидную железу ранее было обнаружено и в работе Е.И. Кондратенко [15].



Экспериментально вызванный гипокинетический стресс ослабил функциональную активность щитовидной железы, независимо от возраста животных, вызвав уменьшение ( $p < 0,05$ ) размеров ядер, что свидетельствует, вероятно, об ослаблении транскрипционной и, соответственно, биосинтетической активности железы. Увеличение размеров фолликулов произошло, вероятно, за счет ослабления реабсорбции.

Обнаружено модифицирующее действие витамина Е и эмоксипина на фоне иммобилизационного стресса: витамин Е и эмоксипин возвращают морфометрические показатели высоты тироцитов ( $p < 0,01$ ), площади ядер ( $p < 0,01$ ), площади фолликулов ( $p < 0,05$ ) и площади коллоида ( $p < 0,05$ ) к контрольным значениям.

Таким образом, а-токоферол и эмоксипин оказали выраженное стресспротекторное действие на щитовидную железу при отсутствии каких-либо заметных возрастных отличий этого показателя у самцов беспородных белых крыс.

Результаты исследований гормональной активности щитовидной железы в динамике постнатального онтогенеза указывают на достоверное снижение уровня тиреоидных гормонов как трийодтиронина ( $P < 0,01$ ), так и тетраiodтиронина ( $P < 0,001$ ) у старых животных (табл. 3). Эти данные вполне соответствуют ранее полученным результатам опытов на крысах Н.В. Вержиковского и Г. В. Валуева [9], согласно которым к старости у белых крыс щитовидная железа секретирует меньшее количество тиреоидных гормонов, что подтвердил и В.Н. Никитин [25].

Таблица 3

**Влияние иммобилизационного стресса антиоксидантов на уровень тиреоидных гормонов в плазме крови молодых и старых крыс**

Трийодтиронин						
Возраст	Характер воздействия					
	Контроль	Стресс	Витамин Е	Стресс + Витамин Е	Эмоксипин	Стресс + Эмоксипин
Молодые	2,17 ± 0,327 □□	1,17 ± 0,286 *	1,58 ± 0,194 ***	2,97 ± 0,360	1,22 ± 0,348 *	0,66 ± 0,124 **
Старые	0,71 ± 0,080	0,59 ± 0,114	1,70 ± 0,283 *	0,42 ± 0,031 **	0,92 ± 0,348	0,88 ± 0,273
Тетраiodтиронин						
Молодые	3,74 ± 0,039 □□□	3,08 ± 0,180 **	4,29 ± 0,242 *	3,79 ± 0,330 ○	3,37 ± 0,139 *	3,19 ± 0,144 ** ○
Старые	1,44 ± 0,234	0,93 ± 0,128 *	2,82 ± 0,443 *	2,09 ± 0,414 *	1,81 ± 0,411	1,77 ± 0,191 ○○

Примечание: \* – различия с контролем (\* –  $P < 0,05$ , \*\* –  $P < 0,01$ , \*\*\* –  $P < 0,001$ ); ○ – различия между действиями антиоксиданта и стресса; □ – различия между молодыми и старыми.

Сравнение содержания в крови Т3 и Т4 как у молодых, так и у старых крыс подтвердило также установленные ранее факты существенного превышения уровня Т4 над уровнем Т3 (у молодых крыс –  $P < 0,01$ ; у старых –  $P < 0,05$ ). Известно, что основное количество присутствующих в крови тиреоидных гормонов представлено тетраiodтиронином [5, 21, 30], что обнаружилось и в наших опытах.

Следствием гипокинезии, вызванной повторяющейся иммобилизацией, стало падение уровня в крови обоих тиреоидных гормонов (как у молодых, так и старых животных). Развитие гипотиреоидного состояния происходило на фоне усиления перекисного окисления липидов, характерного для биохимических механизмов возникновения и развития стресса [6].

Анализ последствий от воздействия антиоксидантами выявил характерные различия в реакции щитовидной железы на антиоксиданты у крыс разного возраста: у молодых оба антиоксиданта способствовали развитию гипотиреоидного состояния, что проявилось в значительном уменьшении уровня Т3 и Т4 в плазме крови. В тех же условиях у старых животных антиоксиданты стимулировали синтез гормонообразования. Найденные различия проявились в условиях существенного понижения уровня ПОЛ (при определении в ткани печени) под влиянием обоих антиоксидантов.

При интерпретации полученных данных необходимо принять во внимание характерный для молодых животных высокий уровень антиоксидантной защиты. Избыток эндогенных антиоксидантов при длительном введении  $\alpha$ -токоферола способствовал, вероятно, развитию перенапряжения антиоксидантной системы, что могло вызвать компенсаторную реакцию усиленного радикалообразования в самой щитовидной железе и способствовать торможению инкреции гормонов в кровь. По данным Н.Г. Храповой, накопление природных антиоксидантов (в частности, токоферолов) в липидах выше оптимальных концентраций приводит к интенсификации окисления липидов мембран, ускоренной утилизации избытка антиоксидантов и возвращению окислительных реакций на исходный стационарный уровень. Автор рассматривает эту особенность как регуляторную [32].

К старости, как правило, снижается активность многих процессов, в ходе которых образуются свободные радикалы. Однако, как отмечалось, при этом происходит параллельное снижение мощности и надежности антиоксидантной системы. Воздействием дополнительными концентрациями  $\alpha$ -токоферола в наших опытах усилило антиоксидантную систему старых животных, что, по-видимому, стимулировало гормонообразование в щитовидной железе крыс.

Этот процесс характерен и для половозрелых белых крыс. Повышение уровня тиреоидных гормонов под влиянием витамина Е ранее было обнаружено в работе Е.И. Кондратенко [15]. В тех же опытах найдено сходство в действии на функциональное состояние щитовидной железы витамина Е и синтетического антиоксиданта ионола. Последнее свидетельствует о проявлении в действии витамина Е на гормонопоэз в щитовидной железе, главным образом, антиоксидантных свойств витамина.

Результаты опытов показали, что вне зависимости от возраста, 7-дневное стрессирование сопровождалось подавлением гормонообразования в щитовидной железе. Однако стрессирование молодых крыс, получавших в те же сроки витамин Е, либо усиливало инкрецию гормонов (ТЗ), либо доводило его до контрольных показателей.

Аналогичным образом проявилось действие стресса в сочетании с эмоксипином.

В отличие от молодых животных, у старых стрессированных крыс, получавших  $\alpha$ -токоферол, содержание трийодтиронина в крови значительно уменьшилось ( $P < 0,01$ ), а тетраодтиронина даже несколько возросло ( $P < 0,05$ ) – в сравнении с контрольными показателями. Однако в обоих случаях уровень гормонообразования не отличался от такового у стрессированных животных, не получавших антиоксиданты (витамин Е и эмоксипин). В целом, в отличие от молодых животных, значительное уменьшение радикалообразования под действием антиоксидантов у стрессированных животных оказалось, по-видимому, явно недостаточным для нивелирования стрессорного эффекта.

Таким образом, на функциональное состояние щитовидной железы оказывает заметное влияние изменение уровня свободнорадикальных процессов и, соответственно, антиоксидантной защиты. Ослабление этой важной системы при старении существенным образом изменяет уровень гормонообразования, особенно синтез «ведущего» тиреоидного гормона – трийодтиронина.

Не исключая непосредственного эффекта возрастного усиления свободнорадикальных процессов на функции щитовидной железы, следует принять во внимание снижение с возрастом синтеза тиротропина, отмеченного еще Л.И. Ставицкой, и нарушение нейроэндокринного контроля функции тиреоидного гомеостата, индуцированного ослаблением антиоксидантной защиты [18, 23].

#### **Библиографический список**

1. **Ажипа, Я. И.** Медико-биологические аспекты применения метода электронного парамагнитного резонанса / Я. И. Ажипа. – М. : Наука, 1983. – 527 с.
2. **Алешин, Б. В.** Гистофизиология гипоталамо-гипофизарной системы / Б. В. Алешин. – М. : Медицина, 1973. – 89 с.
3. **Бажанова, Е. Д.** Морфофункциональные изменения гипоталамо-гипофизарно-нейросекреторной системы крыс при старении : дис. ... канд. мед. наук / Е. Д. Бажанова. – СПб., 1996. – 215 с.

4. **Бажанова, Е. Д.** Реакция гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системы на оксидативный стресс у мышей разного возраста / Е. Д. Бажанова, А. Н. Москвин, Г. Б. Белостокская, А. Г. Таранухина, Д. Л. Теплый // Журнал эвол. биохимии и физиологии. – 2003. – Т. 39 (5). – С. 118–124.
5. **Балаболкин, М. И.** Эндокринология / М. И. Балаболкин. – М. : Универсум паблишинг, 1998. – С. 225–237.
6. **Барабой, В. А.** Перекисное окисление и стресс / В. А. Барабой, И. И. Брехман, В. Г. Голотин, Ю. Б. Кудряшов. – СПб. : Наука, 1992. – 148 с.
7. **Бобырев, В. Н.** Специфичность систем антиоксидантной защиты органов и тканей – основа дифференцированной фармакологии антиоксидантами / В. Н. Бобырев, В. Ф. Почерняева, С. Г. Стародубцев, Л. Е. Бобырева // Эксперим. и клинич. фармакология. – 1994. – Т. 57, № 1. – С. 33–36.
8. **Валдина, Е. А.** Заболевания щитовидной железы / Е. А. Валдина. – М. : 1993. – 78 с.
9. **Вержиковская, Н. В.** Старение и физиологические системы организма / Н. В. Вержиковская, Г. В. Валуева. – Киев, 1969. – 123 с.
10. **Владимиров, Ю. А.** Перекисное окисление липидов в биологических мембранах / Ю. А. Владимиров, А. И. Апчаков. – М. : Наука, 1972.
11. **Дильман, В. М.** Большие биологические часы / В. М. Дильман. – М. : Знание, 1986.
12. **Кейтлан, В. М.** Патопфизиология эндокринной системы / В. М. Кейтлан, А. Р. Арки. – СПб. : БИНОМ, 2001.
13. **Козак, М. В.** Гонадотропная функция аденогипофиза при гипервитаминозе / М. В. Козак. – Астрахань, 2007.
14. **Кондратенко, Е. И.** Изучение перекисного окисления липидов и поведенческих реакций у самок крыс в динамике эстрального цикла / Е. И. Кондратенко, С. С. Дегтярева, Н. А. Ломтева // Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Сев. Прикаспия : мат-лы II Всерос. науч. конф. (20–22 октября 1999 г., г. Астрахань). – Астрахань, 1999. – С. 49–51.
15. **Кондратенко, Е. И.** Исследование влияния естественного и синтетического антиоксидантов на функцию щитовидной железы белых крыс : автореф. дис. ... канд. наук / Е. И. Кондратенко. – Астрахань, 1996. – 26 с.
16. **Кондратенко, Е. И.** Функциональные взаимосвязи эндокринных и свободнорадикальных процессов у крыс разного пола при изменении освещенности / Е. И. Кондратенко. – Астрахань, 2003.
17. **Коркушко, О. В.** Пептидные препараты тимуса и эпифиза в профилактике ускоренного старения / О. В. Коркушко, В. Х. Хавинсон, Г. М. Бутенко, В. Б. Шатило. – СПб. : Наука, 2002. – 202 с.
18. **Котельников, А. В.** Роль витамина Е в регуляции проницаемости гистологических барьеров на разных этапах постнатального онтогенеза / А. В. Котельников. – М. : Академия естествознания, 2005. – С. 93–103.
19. **Кузнецов, С. Л.** Гистология, цитология и эмбриология: учеб. для мед. вузов / С. Л. Кузнецов, Н. Н. Мушкамбаров. – М. : Медицинское информац. агенство, 2005. – 600 с.
20. **Ланкин, В. З.** Антиоксиданты в комплексной терапии атеросклероза: pro et contra / В. З. Ланкин, А. К. Тихазе, Ю. Н. Беленков. – М. : Медпрактика, 2003. – 83 с.
21. **Лейкок, Дж. Ф.** Основы эндокринологии / Дж. Ф. Лейкок, П. Г. Вайс. – М. : Медицина, 2000. – С. 262–311.
22. **Лишневска, В. Ю.** Реологични властивости крови в осиб похилого веку, хворих на ІХС / В. Ю. Лишневска // Буковинський медичний весник. – 2002. – Т. 6, № 4. – С. 93–96.
23. **Мажитова, М. В.** Особенности влияния  $\alpha$ -токоферола на уровень перекисного окисления липидов гипоталамуса, больших полушарий головного мозга и печени самцов и самок белых крыс / М. В. Мажитова, Д. Л. Теплый, А. Г. Глинина, Е. И. Кондратенко // Нейроэндокринология – 2000 : тез. докл. V Всерос. конф., посвящ. 75-летию А.Л. Поленова (18–20 апреля 2000 г.). – СПб., 2000. – С. 84–85.
24. **Меньшикова, Е. Б.** Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты / Е. Б. Меньшикова, В. З. Ланкин, Н. К. Зенков, П. А. Бондарь, Н. Ф. Круговых, В. А. Труфанкин. – М. : Слово, 2006. – 553 с.
25. **Никитин, В. Н.** Эндокринная система в разные возрастные периоды. Щитовидная железа / В. Н. Никитин // Возрастная физиология. – Л. : Наука, 1975. – С. 345–348. – (Сер. Руководство по физиологии).
26. **Обухова, Л. К.** Роль свободнорадикальных реакций окисления в молекулярных механизмах старения живых организмов / Л. К. Обухова, Н. М. Эммануэль // Успехи химии. – 1983. – Т. 32. – С. 353–372.

27. **Рачев, Р. Р.** Тиреоидные гормоны и субклеточные структуры / Р. Р. Рачев, Н. Д. Ещенко. – М., 1975. – 95 с.
28. **Ставцкая, Л. И.** Заболевания щитовидной железы / Л. И. Ставцкая, Е. А. Валдина. – М. : Красная звезда, 1993. – 222 с.
29. **Стальная, Д. Д.** Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / Д. Д. Стальная, Т. Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии. – М., 1977. – 78 с.
30. **Теппермен, Дж.** Физиология обмена веществ и эндокринной системы / Дж. Теппермен, Х. Теппермен. – М. : Мир, 1989. – С. 274–314.
31. **Тодоров, И. Н.** Стресс и старение и их биохимическая коррекция / И. Н. Тодоров, Г. И. Тодоров. – М. : Наука, 2003. – 249 с.
32. **Храпова, Н. Г.** Перекисное окисление липидов и системы, регулирующие его интенсивность / Н. Г. Храпова // Биохимия липидов и их роль в обмене веществ. – М. : Наука, 1981. – С. 147–154.
33. **Физиология** эндокринной системы / под ред. Дж. Гриффина, С. Охеды. – М. : БИНОМ, 2008.
34. **Arimura, F.** Increase in basal and TRH-stimulated secretion of TSH baypassive immunaration with antiserum to somatostaition in rats / F. Arimura, F. Schally // Endocrinology. – 1976. – Vol. 98. – P. 1069–1074.
35. **Kagan, V. E.** Coenzyme Q: its role in scavenging and generation of radicals in membranes / V. E. Kagan, H. Nohl, P. J. Quinn, E. Cadenas, L. Packer // Handbook of antioxidant. – New York : Marcel Dekker, Inc., 1996. – P. 157–201.
36. **Ozawa, T.** Genetic and functional changes in mitochondria associated with aging / T. Ozawa // Physiol. Rev. – 1997. – Vol. 77, № 2. – P. 425–464.
37. **Papa, S.** Reactive oxygen species, mitochondria, apoptosis and aging / S. Papa, V. P. Skulachev // Molec. Cell. Biochem. – 1997. – Vol. 174. – P. 305–319.
38. **Reiter, R. J.** Oxidative processes and antioxidative defense mechanisms in the aging brain / R. J. Reiter, J. Faseb. – 1995. – Vol. 9. – P. 526–533.
39. **Shigenaga, M. K.** Oxidative damage and mitochondrial decay in aging / M. K. Shigenaga, T. M. Hogen, B. N. Ames // Proc. Nate. Acad. Sci. – 1994. – Vol. 91. – P. 10771–10778.
40. **Weiser, H.** Vitamin E and thyroid system / H. Weiser, U. Achterrath, W. Boguch // Acta agricultur scandinavica. – 1973. – Suppl. 19. – P. 208–218.



УДК 543.383.2

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА

*Алыков Нариман Мирзаевич*<sup>1</sup>, профессор, доктор химических наук, заведующий кафедрой аналитической и физической химии

*Менкеев Олег Анатольевич*<sup>1</sup>, аспирант кафедры аналитической и физической химии

*Никитина Юлия Евгеньевна*<sup>2</sup>, аспирантка кафедры водоснабжения

*Сахнова Варвара Александровна*<sup>1</sup>, студентка IV курса химического факультета

*Абуова Галина Бекмуратовна*<sup>2</sup>, аспирант кафедры водоснабжения

*Алыкова Анастасия Евгеньевна*<sup>1</sup>, студентка IV курса химического факультета

*Утюбаева Наталья Васильевна*<sup>2</sup>, аспирант кафедры водоснабжения

Астраханский государственный университет<sup>1</sup>

414056, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-00-96-(129), факс (8512) 44-02-24, e-mail: oleg\_menkeev@mail.ru

Нижегородский архитектурно-строительный университет<sup>2</sup>

603600, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65,

e-mail: srec@ngasu.sci-nnov.ru

*Дан обзор современных методов очистки воды от загрязнения нефтепродуктами по результатам патентного поиска. Наиболее приоритетным методом очистки воды является контактный фильтр, представляющий собой опилки, смешанные с цементом, катионитами (КУ-2-8, АВ-17) и 10%-ым раствором хлорида натрия. В результате образуется высокоэффективный и высокопористый сорбент. К числу перспективных в использовании методов очистки воды относится средство в виде пластины на основе композиции из резиновой крошки, порошкообразного полиэтилена и измельченного волокнистого целлюлозного материала.*

**Ключевые слова:** сорбция, отходы буровых работ, очистка воды от нефтепродуктов.

### MODERN METHODS OF CLEANING WATER FROM OIL PRODUCTS ACCORDING TO THE RESULTS OF PATENT SEARCHING

*Alykov Nariman M., Menkeev Oleg A., Nikitina Yuliya E., Sachnova Varvara A.,*

*Abuova Galina B., Alykova Anastasiya E., Utyubaeva Nataliya V.*

*The review of modern methods of cleaning water from polluting by oil products based on the results of the patent search was given. The most priority method is a contact filter, representing itself calfskin mixed with the cement, katyonyt (CU-2-8, AB-17) and 10 % sollution chloride of sodium. As a result, high-effective and high-pored sorbent will be formed. A means in the form of plates on the base of compositions from the rubber mite, powdery polyethylene and pulverized stringy cellulose material refers to the number of perspective water-cleaning methods.*

**Key words:** sorption, waste of boring, water cleaning from oil products.

Основными источниками загрязнения нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, речные и морские нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции. Объемы отходов нефтепродуктов и нефтезагрязнений, скопившиеся на отдельных объектах, составляют десятки и сотни тысяч кубометров. Значительное число хранилищ нефтешламов и отходов, построенных с начала 50-х гг., превратилось из средства предотвращения нефтезагрязнений в постоянно действующий источник таких загрязнений.

Наиболее широко распространенными загрязнителями вод являются нефтепродукты – неидентифицированная группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей, которые, вследствие их высокой токсичности, принадлежат, по данным ЮНЕСКО, к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Нефтепродукты могут находиться в растворах в эмульгированном, растворенном виде и образовывать на поверхности плавающий слой.

В настоящее время защита окружающей среды от нефтесодержащих сточных вод – одна из главных задач. Мероприятия, направленные на очистку воды от нефти, помогут сберечь определенные количества нефти и сохранить чистыми воздушный и водный бассейны [2].

В связи с этим все большее внимание уделяется разработкам методов по очистке воды от нефтезагрязнения и загрязнения другими органическими веществами, что отражено также и в тематике изобретений по данному направлению.

Известен способ очистки нефтесодержащих сточных вод путем обработки полимерколлоидным комплексом (ПКК), полученным смешением водного коллоидного раствора пентагидроксохлорида алюминия (ПГХА) с 0,1–1,0%-ным водным раствором полиакриламида (ПАА) при мольном отношении  $Al^{3+}$  : звено ПАА, равном (6–10) : 1.

ПГХА такого состава представляет собой в водном растворе коллоидные частицы полимерной природы и при смешении с водным раствором неионогенного ПАА образует интерполимерные комплексы за счет кооперативных донорно-акцепторных взаимодействий. По существу, такие интерполимерные комплексы представляют собой полимерколлоидные комплексы (ПКК) органоминеральной природы, имеют большие размеры, сочетающиеся с большой величиной положительного заряда, и выполняют роль катионоактивных полимерных флокулянтов. При избытке в ПКК частиц ПГХА, последние выполняют роль деэмульгаторов, разрушающих нефтяную эмульсию. Макромолекулы же ПКК выполняют роль коллекторов (флотореагентов), объединяя микрокапли нефтепродуктов в большие образования, флотируемые на поверхность очищаемой воды пузырьками барботируемого через нее воздуха.

При реализации предлагаемого способа очистки нефтесодержащих сточных вод получают следующий результат:

- во-первых, упрощение технологии и аппаратного оформления процесса, так как используется один реагент для очистки;
- во-вторых, доза реагента для очистки нефтесодержащих сточных вод существенно ниже, чем в аналогичном способе, а степень очистки от нефтепродуктов выше;
- в-третьих, реагент эффективно очищает нефтесодержащие сточные воды в широком интервале концентраций содержащихся в них нефтепродуктов [5].

Описано изобретение, которое относится к способам очистки сточных вод, содержащих механические взвеси и загрязнения органической природы в диспергированном состоянии, в том числе эмульгированные нефтепродукты. Способ очистки нефтесодержащих вод включает обработку их водорастворимым реагентом, в качестве которого используют полимерколлоидный комплекс, полученный путем смешения 1%-ного водного раствора полиэтиленамина и 6%-ного водного коллоидного раствора пентагидроксохлорида алюминия при мольном отношении  $Al^{3+}$  : звено полиэтиленамина (ПЭИ), равном (1,2–10) : 1, причем полимерколлоидный комплекс вводят в количестве 6–16 мг/л.

В предлагаемом изобретении решается важная задача – разработка технологически простого и экономически выгодного способа очистки сточных вод, содержащих взвешенные частицы различной природы и / или эмульгированные нефтепродукты, при этом сточные воды могут иметь кислый характер.

При реализации предлагаемого способа очистки сточных вод получают следующий технический результат:

- во-первых, при использовании флокулянта, полученного путем механического смешения коллоидного раствора ПГХА с водным раствором ПЭИ, происходит эффективное выделение нефтепродуктов из очищаемой воды, а также можно проводить процесс очистки как высококонцентрированных, так и низкоконцентрированных дисперсий;

• во-вторых, при данном способе очистки флокулянт эффективно работает в сточных водах, имеющих широкий диапазон рН среды.

Таким образом, способ очистки сточных вод и разделения фаз, заключающийся в получении полимерколлоидных комплексов различного состава при смешении водных растворов высокоосновного пентагидроксохлорида алюминия и полиэтиленimina и непосредственном их использовании, позволяет разделять дисперсии, содержащие взвешенные вещества и эмульгированные нефтепродукты, при этом специфической чертой реагента является то, что он эффективно работает в нейтральной и кислой средах при сравнительно небольших дозах [6].

Предлагается изобретение, которое относится к способам очистки воды и может быть использовано в нефтяной и других отраслях промышленности для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, а также для ликвидации аварий и экологических катастроф, возникающих при разливе нефти из танкеров, нефтепроводов и нефтехранилищ. Средство для очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов представлено в виде пластины на основе композиции из резиновой крошки и порошкообразного полиэтилена; композиция дополнительно содержит измельченный волокнистый целлюлозный материал при следующем соотношении компонентов (мас. ч.): резиновая крошка – 100; полиэтилен – 15–25; измельченный волокнистый целлюлозный материал – 10–30. Средство обеспечивает увеличение степени поглощения, более быструю сорбцию нефтяного пятна и защиту побережья, повышение удобства использования сорбирующего материала.

При эксплуатации сорбента получают следующий результат:

- увеличивается степень поглощения;
- обеспечивается более быстрая сорбция нефтяного пятна и защита побережья;
- повышается удобство использования сорбирующего материала;
- в предлагаемом средстве отсутствует двухслойность, что облегчает его изготовление.

Применение в составе композиции измельченного волокнистого целлюлозного материала (измельченной соломы, измельченной высушенной травы и т.п.) обусловлено необходимостью создания дополнительных капиллярных каналов для быстрого поглощения нефти. Особенностью получаемой структуры является сочетание пористой структуры, образованной частицами резиновой крошки, и измельченными пористыми волокнами, и стеблями соломы или высушенной травы. Целлюлозные стебли обеспечивают быстрое продвижение нефти вглубь материала, а резиновая крошка удерживает поглощенную нефть в объеме материала.

Полиэтилен, вводимый в виде порошка, обеспечивает функции связующего, сплавляя частицы резиновой крошки и волокнистый целлюлозный материал в пористую конструкцию [7].

Предлагается фильтр для очистки воды фильтрованием в хозяйственно-бытовом водоснабжении. Патронный фильтр для очистки воды содержит цилиндрический корпус, разделенный горизонтальной перегородкой с отверстиями на камеру исходной жидкости и камеру фильтрата, коаксиально расположенный фильтрующий элемент, зернистую загрузку и патрубки для подвода и отвода воды. Фильтрующий элемент и зернистая загрузка в нем выполнены из спеченного нержавеющей металлического порошка с размером пор не более 40 мкм, причем зернистая загрузка расположена с обеих сторон фильтрующего элемента на половину его высоты. Изобретение обеспечивает повышение качества очистки воды и регенерации фильтра.

Фильтрующий элемент и зернистая загрузка выполнены из спеченного титанового порошка. Достижимая эффективность очистки воды в заявляемом решении связана с химическими и физическими факторами, вытекающими из природы и свойств материала фильтрующего элемента и загрузки. К химическим факторам относится высокая восстанавливающая способность титана. Окислительно-восстановительный потенциал (E) пары  $Ti / Ti^{2+}$  составляет  $E = -1,628$ , для  $Fe / Fe^{2+}$ , соответственно,  $E = -0,44$ . В ре-



зультате в гетерофазной системе  $Ti / Ti^{2+} - IIIFe / Fe^{2+}$  протекают окислительно-восстановительные реакции [8].

Запатентован способ очистки природных и сточных вод водорастворимыми реагентами, полученными полимеризацией акриламида в растворе высокоосновного гидроксохлорида алюминия, обладающими свойствами как флокулянта, так и коагулянта. Способ очистки природных и сточных вод от взвешенных частиц включает введение водорастворимого реагента, перемешивание и отделение образующегося осадка отстаиванием, причем в качестве реагента используют продукт взаимодействия, полученный путем радикальной полимеризации акриламида (ПКК) в гидроксохлориде алюминия (ГОХА), взятых в массовом соотношении (0,033–0,533) : 1 в присутствии оксиалкил-трет-бутилпероксида при содержании Al (III) и полиакриламида во вводимом продукте (0,5–50) : (0,14–235) мг/л соответственно. Техническим результатом является повышение степени очистки от твердых диспергированных веществ, ускорение времени седиментации.

Наличие электролита (ГОХА) в полученном продукте улучшает флокулирующие действия водорастворимых полимеров. При этом уменьшается доза реагента, которая необходима для достижения определенной степени флокуляции; одновременно с этим расширяется зона флокуляции [9].

Описано изобретение, которое относится к способам получения водорастворимого реагента для очистки природной и сточной воды, обладающего свойствами как флокулянта, так и коагулянта. Способ получения водорастворимого реагента для очистки природных и сточных вод и разделения фаз включает радикальную полимеризацию акриламида в присутствии иницирующей системы, причем процесс полимеризации осуществляют в растворе гидроксохлорида алюминия при массовом соотношении акриламид: раствор гидроксохлорида алюминия (0,033–0,533) : 1, а иницирующая система включает оксиалкил-трет-бутилпероксид и ионы Fe(II), содержащиеся в гидроксохлориде алюминия в соотношении (0,692–1,022) : (0,0072–0,096) мас. % соответственно. Техническим результатом является упрощение способа получения водорастворимого реагента для очистки природной и сточной воды и разделения фаз, обладающего как коагуляционными, так и флокуляционными свойствами, что расширяет область его применения. Кроме того, применение предлагаемого коагулянта-флокулянта позволяет сократить время подготовки воды и увеличить степень ее очистки.

Способ осуществляют следующим образом.

В раствор ГОХА добавляют акриламид в массовом соотношении ГОХА : АА = 1 : (0,033–0,533). После полного растворения АА в смесь вводят разное количество оксиалкил-трет-бутилпероксида, который с ионами Fe(II), содержащимися в ГОХА, образуют иницирующую систему. При этом в зависимости от содержания железа в ГОХА соотношение оксиалкил-трет-бутилпероксида и Fe(II) составляет (0,692–1,022) : (0,0072–0,096) мас. %. Температура смеси достигает 60–90 °С. После окончания процесса полимеризации определяют характеристическую вязкость  $[\eta]$  [10].

Описано изобретение, которое относится к области очистки воды и может быть использовано в нефтяной и других отраслях промышленности для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, а также для ликвидации аварий и экологических катастроф, возникающих при разливе нефти из танкеров, нефтепроводов и нефтехранилищ. Средство для очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов представлено в виде пластины, на основе композиции из резиновой крошки и связующего на основе латекса натурального каучука, которая дополнительно содержит структурирующие агенты в виде дисперсии серы с тиурамом и порофор при соотношении компонентов (мас. ч.): резиновая крошка – 100; указанное связующее – 20–30; порофор – 1,0–1,5; сера – 4–6; тиурам – 0,6–1. Средство обеспечивает более быструю сорбцию нефтяного пятна и защиту побережья, повышение удобства использования сорбирующего материала.

При реализации изобретения получают следующий технический результат:

- увеличивается степень поглощения;
- обеспечивается более быстрая сорбция нефтяного пятна и защита побережья;

- повышается удобство использования сорбирующего материала;
- в предлагаемом средстве отсутствует двухслойность, что облегчает его изготовление.

Применение указанных компонентов в средстве для очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов обеспечивает получение пластины с оптимальным сочетанием пористости, сорбционных свойств резиновой крошки и латексного связующего. Пористая структура композиции обеспечивает капиллярный эффект «всасывания» нефти. Резиновая крошка набухает в нефти и обеспечивает ее удержание в пластине. Латексное связующее, в отличие от полиэтилена (связующего в известном решении), также набухает нефтью, что увеличивает общее количество ее поглощения, обеспечивает более быструю сорбцию нефтяного пятна.

Введение структурирующих агентов дополнительно к структурирующим агентам в латексной смеси необходимо для повышения степени вулканизации латексного связующего, так как при недостаточной вулканизации связующее слишком сильно набухает и пластина разрушается и распадается на мелкие куски.

Введение в композицию порофора обеспечивает образование пор в латексном связующем.

Введение серы и тиурама в указанных дозировках обеспечивает необходимую степень вулканизации латексного связующего и его совулканизацию с резиновой крошкой.

Эффективность применения заявляемого средства определяется надежностью извлечения набухших в нефти пластин без разрушения, возможностью локализации нефтяного пятна и обеспечения защиты кромки берега, удобством использования [11].

Известен способ очистки промышленных сточных вод, содержащих фенол и формальдегид, в лакокрасочной, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности. Сущность изобретения: способ включает поликонденсацию фенола и формальдегида в кислой среде и процесс альдольной конденсации формальдегида. Перед поликонденсацией надсмольные воды обрабатывают бишофитом. Предлагаемый способ позволяет улучшить технологичность процесса за счет сокращенного времени, упростить аппаратное оформление, исключить выброс экологически вредных веществ в окружающую среду, получить очищенную от фенола и формальдегида воду, используемую в водооборотном цикле.

Задача изобретения – разработка экономически выгодного способа очистки сточных вод от фенола и формальдегида, использование очищенных надсмольных вод в водообороте, исключение выброса экологически вредных веществ в окружающую среду.

При введении бишофита происходит высаживание водорастворимого смолистого продукта с образованием крупных фолликул. Присутствие бишофита способствует агрегированию молекул в монодисперсные фолликулы, обладающие удовлетворительной соединительной способностью. Кроме того, добавка бишофита не вызывает значительного повышения жесткости воды и используется в качестве интенсификатора процесса очистки сточных вод от фенола и формальдегида.

Бишофит в своем составе содержит следующие компоненты (мас. на 1 л воды):  $\text{CaCl}_2$  – 7,42;  $\text{KCl}$  – 0,02;  $\text{Br}_2$  – 0,10;  $\text{MgCl}_2$  – 77,55;  $\text{CaCO}_3$  – 0,05;  $\text{CaSO}_4$  – 1,07;  $\text{MgBr}_2$  – 13,79.

Бишофит – материал, не требующий дополнительной обработки. Транспортировка его осуществляется перекачкой по трубопроводу или в различных емкостях, что ведет к экономии. За счет бишофита повышается экономия энергии.

Таким образом, рекомендуемое введение бишофита является необходимым и достаточным для улучшения технологичности процесса очистки сточных вод от фенола и формальдегида и снижения затрат на проведение этого процесса.

*Пример.* Надсмольные воды, содержащие 0,6 % фенола, 1,7 % формальдегида и 4 % метанола, остальное – вода, подают в стальной реактор с рубашкой для подогрева паром. Процесс проводят в кислой среде, при этом в раствор сточных вод добавляют бишофит (57 г/л по сухому веществу), продувают воздух и нагревают при 95–98 °С. Образуется осадок в виде водонерастворимого смолистого продукта. Раствор охлаж-

дают с отделением метанола, отфильтровывают. В фильтрат добавляют щелочной реагент извести, создавая  $\text{pH} = 9\text{--}10,5$ , и проводят альдольную конденсацию. Весь процесс очистки воды длится 3 ч. Степень очистки воды от фенола – 100 %, а от формальдегида – соответствует ПДК.

Предлагаемый способ очистки надсмольных вод позволяет, по сравнению с известным:

- упростить технологический процесс очистки надсмольных вод;
- сократить время проведения очистки воды;
- исключить использование дорогостоящих реагентов;
- снизить энергозатраты;
- упростить аппаратное оформление;
- получить практически чистую воду, которую можно использовать в водообороте [12].

Известен способ очистки от твердых и жидких диспергированных веществ на металлообрабатывающих заводах, лесоперерабатывающих комбинатах, предприятиях пищевой промышленности, а также очистка природной воды до питьевого уровня. Сущность изобретения: сточные воды обрабатывают коагулянтom, в качестве которого используют продукты взаимодействия природного бишофита и металлического алюминия в массовом соотношении 1 : (0,001–0,01), в количестве 0,4–40 мл/л, или природного бишофита, соляной кислоты и металлического алюминия в массовом соотношении 1 : (0,02–0,3) : (0,08–0,9), в количестве 0,2–30 мл/л. При осуществлении способа степень очистки по ХПК составляет, %: по ХПК – 97,5 %; по нефтепродуктам – 96,9 %; по взвешенным – 99,4 %.

В предлагаемом изобретении решается важная задача – разработка экономически выгодного и экологически чистого способа очистки сточных вод и природных вод от твердых и жидких диспергированных веществ, а именно: сточных вод на лесоперерабатывающих предприятиях, металлообрабатывающих заводах, предприятиях пищевой промышленности, а также использование в процессах очистки природной воды при водоподготовке питьевой воды.

При реализации предлагаемого способа очистки сточных вод получают следующую технический результат: повышается степень очистки от твердых и жидких диспергированных веществ. При этом степень очистки по ХПК достигает 97,2 %, по нефтепродуктам – 96,2 %, а по взвешенным (мутность для питьевой воды) – 99,7 %.

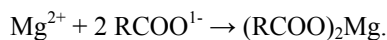
Уменьшается потребность в дефицитном алюминии, который входит в состав используемых коагулянтов, в 2–6 раз, по сравнению с известными коагулянтами и с прототипом.

Использование предлагаемого способа очистки сточных вод с помощью коагулянтов, продуктов взаимодействия природного бишофита, соляной кислоты и металлического алюминия или природного бишофита и металлического алюминия, по сравнению с прототипом, дает экономию алюминия в 2–6 раз [13].

Описан способ очистки сточных вод от нефтепродуктов на металлообрабатывающих заводах. Сущность изобретения: сточные воды обрабатывают коагулянтom, в качестве которого используют природный бишофит в количестве 1–40 мл/л при температуре сточной воды 20–80 °С. При осуществлении способа достигается степень очистки по химическому поглощению кислорода (ХПК) – 95,7 %, а по нефтепродуктам – 97,8 %.

Эффект улучшения технико-экономических показателей процесса очистки сточной воды, содержащей нефтепродукты, происходит за счет дешевого способа производства коагулянта: добыч из скважин, небольшие концентрации, вводимые в очищаемую воду, и высокая скорость выделения нефтепродуктов.

Кроме того, в смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) эмульсия масла стабилизируется анионактивными ПАВ, в частности, кислотами алифатического ряда. При этом ион магния, выполняя роль коагулирующего иона, способствует также протеканию реакции:



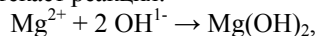
Полученная соль плохо растворяется в воде, выделяется из нее в виде хлопьев и выталкивается в поверхностный слой, при этом данная соль (например, стеарат магния) обладает флокулирующим действием и является дополнительным коагулирующим агентом.

После этого масло удаляют, а в осветленной очищенной сточной воде определяют содержание нефтепродуктов, ХПК и наличие невыделившейся дисперсной фазы.

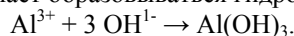
Выбранный интервал концентраций добавляемого бишофита объясняется различной устойчивостью к коагулянтам эмульгированных сточных вод (СОЖ) и неэмульгированных (сточная вода после мойки машин и танкеров нефтеналивных судов). Применение природного бишофита в качестве коагулянта в количестве более 40 мл недопустимо из-за повышения солесодержания (ионы хлора) в очищаемой воде и возникновения явления стабилизации, которое возникает при передозировке коагулянта [14].

Известен способ очистки сточных вод от твердых и жидких диспергированных веществ на металлообрабатывающих заводах, лесоперерабатывающих комбинатах, пивзаводах, а также очистка природных вод при водоподготовке воды. Сущность изобретения: в качестве коагулянта для обработки воды применяют смесь природного бишофита и гидроксихлорида алюминия (ГОХА) в соотношении (0,1–0,9) : (0,9–0,1), которую вводят в количестве 0,4–30 г/л. При осуществлении способа достигается степень очистки по ХПК – 96,2 %, нефтепродуктам – 98,1 % и по взвешенным – 99,9 %. Расход коагулянта в пересчете на алюминий уменьшается в 2–5 раза, по сравнению известными способами.

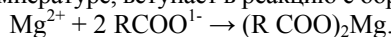
Эффект улучшения технико-экономических показателей процесса очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты и взвешенные вещества, происходит за счет синергизма ионов алюминия, входящих в ГОХА, и ионов магния, входящих в природный бишофит. При этом такая смесь работает в большом интервале значений pH, от кислой pH – 4–6, где в качестве коагулянта выступает ГОХА, до щелочной pH – 8–11, где в качестве коагулянта выступают ионы магния, давая гидроксиды  $Mg(OH)^2$ . В сильно щелочных растворах –  $pH > 10$ , сначала протекает реакция:



затем pH понижается, и начинает образовываться гидроксид алюминия:



Кроме того, в сточных водах, содержащих эмульгированные нефтепродукты, эмульсии масла стабилизированы анионактивными ПАВ, в частности, жирными кислотами алифатического ряда. При этом ион магния, входящий в природный бишофит, особенно при повышенной температуре, вступает в реакцию с образованием соли:



Полученная соль плохо растворяется в воде, выделяется из нее в виде хлопьев и выталкивается в поверхностный слой вместе с нефтепродуктами. Эмульсия из-за потери стабилизатора разрушается.

Выбранное соотношение смеси ГОХА и природного бишофита объясняется различными значениями pH очищаемой воды, удешевлением очистки, а также различной устойчивостью диспергированных веществ очищаемой воды к действию коагулянтов.

Применение предлагаемой смеси в качестве коагулянта в количестве более 30 г/л неприемлемо из-за повышения солесодержания в очищаемой воде и возникновения явления стабилизации, которая обусловлена передозировкой коагулянта [15].

### Описание некоторых новых сорбционных материалов

Предлагается изобретение, которое относится к способам водоподготовки и может быть использовано для очистки природных подземных и поверхностных, а также техногенных слабоминерализованных и слабоокрашенных гуминовыми веществами вод.

В качестве изобретения нами предлагаются отходы буровых работ (ОБР) в том виде, в каком они поступают на захоронение, при их влажности от 10 до 60 % (грязь). Для получения рабочего сорбента ОБР смешивают с равным количеством портландцемента-500. Если влажность смеси небольшая, то вносят соответствующее количество воды для получения однородной бетонной массы. Массе дают подсохнуть до

состояния, когда из нее можно сформовать колбаски при использовании шнекового измельчителя или гранулы на установке для гранулирования керамзита. Высушивают массу при температуре 25–40 °С в токе воздуха, далее оставляют материал до полного схватывания, на что уходит 3–4 дня. При больших объемах производства можно использовать пропаривание острым паром в камерах для производства силикатного кирпича или бетонных изделий. Полученный материал выдерживают в проточной воде до тех пор, пока проба на хлорид-ион не будет отрицательной. Гранулы должны иметь диаметр от 15 до 20 мм, а колбаски, при длине 20–30 мм, должны иметь диаметр около 8–10 мм.

Отходы содержат вместе с диоксидом кремния, каолином, карбонатом кальция и некоторыми другими оксидами, также и значительное количество хлорида натрия, соли железа, цинка, кадмия и др. Результаты определения компонентов в отходах приводятся в таблице 1 [4].

Таблица 1

**Содержание компонентов в отходах буровых работ**

№ п.п.	Определяемые показатели	Нормативное содержание в грунтах и почвах, сельхозугодьях и материалах, используемых при производстве строительных материалов Сан-Пин 2.1.7.573-96	Результаты исследований 6 образцов. Первая цифра – наименьшее, вторая – наибольшее содержание
1	рН солевой вытяжки, ед. рН	6,0–9,7	8,5–8,8
2	Нефтепродукты, мг/кг	10,0	0,50–0,95
3	СПАВ, мг/кг	5,0	0,05–1,2
4	Хлориды, мг/кг	~ 1500 (для песка)	25000–38000
5	Сульфаты, мг/кг	10000 (песок, бетон)	790–950
6	Фосфаты, мг/кг	не нормировано	10,0–15,0
7	Сухой остаток после извлечения солей водой и упаривания воды, мг/кг		45000–60000
8	Железо подвижное, мг/кг	10,0	5,0–6,5
9	Цинк подвижный, мг/кг	не более 23,0	1,4–2,9
10	Свинец подвижный, мг/кг	не более 32,0	0,10–0,15
11	Кадмий подвижный, мг/кг	не более 1,0	0,005–0,01
12	Ртуть общая, мг/кг	не более 2,1	0,003–0,005
13	Никель подвижный, мг/кг	1,0	0,035–0,040
14	Марганец подвижный, мг/кг	2,0	1,0–5,0
15	Мышьяк, мг/кг	не более 0,05	0,045–0,050
16	Хром подвижный, мг/кг	0,05	0,01–0,02
17	Медь подвижная, мг/кг	3,0	0,25–0,35

**Результаты очистки воды от загрязнителей, присутствующих совместно, сорбентом ОБР-1**

Были проведены опыты по очистке воды от ряда органических и неорганических загрязнителей, присутствующих совместно. Загрязнители вносили в исходную воду в количествах, указанных в таблице 2.

После очистки вода имела показатели по каждому загрязнителю в пределах от 0,001 до 0,1 ПДК.

Проверка эффективности очистки воды сорбентом ОБР-1 показала, что сорбент ОБР-1 обладает высокой поглотительной способностью к токсичным металлам и органическим соединениям.

Таким образом, сорбент ОБР-1 по своим сорбционно-структурным характеристикам и способности очищать воду от различных загрязнителей не только конкурирует с известными сорбентами для очистки воды, но и превосходит их (например, сорбент СВ-4) по стоимости [1].

Таблица 2

**Эффективность очистки воды от токсичных ионов металлов и органических соединений сорбентом ОБР-1**

Определяемый показатель	Содержание в мг/дм <sup>3</sup>		Эффективность очистки, %
	До сорбции	После сорбции	
Токсичные металлы:			
Свинец	10,35 ± 1,05	0,01 ± 0,005	99,9
Кадмий	5,6 ± 0,5	0,006 ± 0,0006	99,9
Цинк	3,3 ± 0,5	0,003 ± 0,0003	99,9
Ртуть	10,1 ± 0,8	0,001 ± 0,00005	99,9
Медь	3,2 ± 0,5	0,003 ± 0,0004	99,9
Кобальт	3 ± 0,2	0,003 ± 0,0004	99
Хром (III)	2 ± 0,2	0,005 ± 0,0005	99,7
Хром (VI)	2 ± 0,2	0,005 ± 0,0005	99,7
Органические загрязнители:			
Дизельное топливо	5 ± 0,1	0,01 ± 0,005	99,8
Мазут	5 ± 0,1	0,01 ± 0,005	99,8
Бенз(а)пирен	0,25 ± 0,05	0,00025	99,9
Фенол	1 ± 0,01	0,001 ± 0,0005	99,9
о,м,п-Хлорфенолы	1 ± 0,01	0,001 ± 0,0005	99,9
2,4-Дихлорфенол	0,5 ± 0,01	0,0005 ± 0,0001	99,9
2,4-Динитрофенол	0,5 ± 0,01	0,0005 ± 0,0001	99,9
Диоксины	0,0005	Не обнаружено	99,99

Предлагается способ сорбции нефти, нефтепродуктов с поверхности воды и почвы. Он заключается в загрузке контактного фильтра, представляющего собой опки, измельченные до размеров 0,001 мм в поперечнике, массой 1 кг, в которые вносят также тонкоизмельченные катионит КУ-2-8 (массой 0,2 кг), катионит АВ-17 (массой 0,2 г), портландцемент марки 500 (массой 1 кг), 10%-ный раствор хлорида натрия (массой 1,5 г) до получения тестообразной массы, пропускают массу сквозь шнековый измельчитель, полученные «колбаски» обрабатываются острым паром (температура ~ 180 °С) до полного схватывания. Схватившийся (затвердевший) материал помещают в проточную воду и выдерживают до тех пор, пока реакция на хлорид-ион будет отрицательной. Полученная композиционная смесь эффективно поглощает катионы, анионы, углеводороды, фенолы, альдегиды, гуминовые вещества и др.

Полученная композиционная смесь эффективно поглощает катионы, анионы, углеводороды, фенолы, альдегиды, гуминовые вещества и др. Наличие крупных пор в зернах (или колбасках) сорбента обеспечивает высокую скорость прохождения воды через слой сорбента. Емкость материала при поглощении из воды ряда компонентов характеризуется следующими величинами (г/кг) (табл. 3).

Таблица 3

**Емкость загрузки при поглощении из воды ряда веществ**

Железо (II), железо (III)	45	Фенол	25
Свинец (II)	75	Пирокатехин	30
Цинк	50	Резорунин	15
Кадмий	70	Гидрохинон	15
Медь	50	Муравьиный альдегид	5
Никель	45	Метанол	5
Марганец (II)	50	Этанол	8
Ртуть	80	Бутанол	15
Калий	20	Пентанол	20
Натрий	10	Полимеры акриловой кислоты (в среднем)	150
Изооктан	8		

Предварительно отмытая загрузка засыпается в корпус контактного фильтра. Далее загрузка заливается водой, выдерживается одни сутки, после чего проводят промывку загрузки снизу вверх с интенсивностью, обеспечивающей 10–15%-ное расширение всего слоя загрузки.

После промывки в загрузку подается вода для очистки со скоростью фильтрации 20 м/ч. При этом мутность фильтрации находится в пределах 0,01–0,1 мг/дм<sup>3</sup> за все время фильтроцикла, что в 20 раз ниже, в сравнении с аналогами и прототипом.

Загрузка контактного фильтра для очистки природных вод отличается тем, что для увеличения скорости и эффективности очистки загрузка включает в себя гранулы, полученные смешиванием измельченных опок, катионита КУ-2-8, анионита АВ-17, портландцемента-500, которые замешивают на 10%-ном водном растворе хлорида натрия, высушивают массу и схватывают ее при 180 °С, далее отмывают хлорид натрия водой, в результате чего образуется высокоэффективный и высокопористый сорбент [3].

#### Библиографический список

1. *Алыков, Н. М.* Опoki Астраханской области : монография / Н. М. Алыков ; под ред. проф. Н. М. Алыкова. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2005. – 140 с.
2. *Карелин, Я. А.* Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / И. А. Попова, Л. А. Евсеева [и др.]. – М. : Стройиздат, 1982. – 184 с.
3. *Никитина, Е. Ю.* Новый материал для удаления нефтепродуктов с поверхности воды / Е. Ю. Никитина, Е. Н. Алыков, А. А. Горюнова // Геология, география и глобальная энергия. – 2008. – № 2.
4. *Сахнова, В. А.* Создание технологий использования отходов бурения в Каспийском море / В. А. Сахнова, Н. М. Алыков // Фундаментальные и прикладные проблемы современной химии : мат-лы II Междунар. конф. (15–17 апреля 2008 г., г. Астрахань). – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2008. – 397 с.
5. *Пат. 2288182* Российская Федерация, МПК51 С 02 F 1/58, В 01 D 21/01. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод / Радченко С. С., Новаков И. А., Радченко Ф. С. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 2005117498/15 ; заявл. 07.06.05 ; опубл. 27.11.06, БИ № 33.
6. *Пат. 2292308* Российская Федерация, МПК51 С 02 F 1/52, С 02 F 1/56, В 01 D 21/01. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод и разделения фаз / Радченко С. С., Новаков И. А., Радченко Ф. С. ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 2005119419/15 ; заявл. 22.06.05 ; опубл. 27.01.07, БИ № 3.
7. *Пат. 2148025* Российская Федерация, МПК51 С 02 F 1/28, С 09 К 3/32, С 02 F 1/28, С 02 F 101/32. Средство для очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов / Каблов В. Ф., Ефанова Е. Ю. ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 99100594/12 ; заявл. 10.01.99 ; опубл. 27.04.00, БИ № 12.
8. *Пат. 2193911* Российская Федерация, МПК7 В 01 D 27/02, В 01 D 35/24. Патронный фильтр для очистки воды / Шишляников В. В., Рябчук Г. В. ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 2001116438/12 ; заявл. 13.06.01 ; опубл. 10.12.02, БИ № 34.
9. *Пат. 2174104* Российская Федерация, МПК51 С 02 F 1/52, С 02 F 1/56, С 02 F 103/02. Способ очистки природных и сточных вод от взвешенных частиц / Новаков И. А., Быкадоров Н. У., Радченко С. С. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 2000115973/12 ; заявл. 16.06.00 ; опубл. 27.09.01, БИ № 21.
10. *Пат. 2174105* Российская Федерация, МПК51 С 02 F 1/52, С 02 F 1/56, С 02 F 103/02. Способ получения водорастворимого реагента для очистки природных и сточных вод и разделения фаз / Новаков И. А., Быкадоров Н. У., Радченко С. С. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 2000115974/12 ; заявл. 16.06.00 ; опубл. 27.09.01, БИ № 21.
11. *Пат. 2148024* Российская Федерация, МПК51 С 02 F 1/28, С 09 К 3/32, С 02 F 1/28, С 02 F 101/32. Средство для очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов / Каблов В. Ф., Желтобрюхов В. Ф., Каргин Ю. Н. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 99100593/12 ; заявл. 10.01.99 ; опубл. 27.04.00, БИ № 12.
12. *Пат. 2057083* Российская Федерация, МПК6 С 02 F 1/58. Способ очистки надсмольных вод / Строкатова С. Ф., Юркьян О. В. ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 94017992/26 ; заявл. 17.05.94 ; опубл. 27.03.96, БИ № 9.
13. *Пат. 2064443* Российская Федерация, МПК6 С 02 F 1/52. Способ очистки сточных вод от взвешенных веществ (варианты) / Быкадоров Н. У., Радченко С. С. ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 94017482/26 ; заявл. 13.05.94 ; опубл. 27.07.96, БИ № 21.
14. *Пат. 2064442* Российская Федерация, МПК6 С 02 F 1/52. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов / Быкадоров Н. У., Радченко С. С. ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 94017481/26 ; заявл. 13.05.94 ; опубл. 27.07.96, БИ № 21.
15. *Пат. 2064444* Российская Федерация, МПК6 С 02 F 1/52. Способ очистки сточных вод от взвешенных веществ / Быкадоров Н. У., Радченко С. С. ; заявитель и патентообладатель Волгоград. госулар. техн. ун-т. – № 94017868/26 ; заявл. 13.05.94 ; опубл. 27.07.96, БИ № 21.

УДК 641.183:543.54

## НОВЫЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Алыков Нариман Мирзаевич*<sup>1</sup>, профессор, доктор химических наук, заведующий кафедрой аналитической и физической химии

*Павлова Анастасия Васильевна*<sup>1</sup>, студентка I курса магистратуры химического факультета

*Нгуэн Кхань Зуй*<sup>1</sup>, аспирант кафедры аналитической и физической химии

*Абуова Галина Бекмуратовна*<sup>2</sup>, аспирант кафедры водоснабжения

*Утюбаева Наталья Васильевна*<sup>2</sup>, аспирант кафедры водоснабжения

Астраханский государственный университет<sup>1</sup>

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-02-24, факс (8512) 44-02-95, e-mail: nastushka87-07@mail.ru

Нижегородский архитектурно-строительный университет<sup>2</sup>

603600, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65,

e-mail: srec@ngasu.sci-nnov.ru

*Сорбент ОБР-1, получаемый из отходов буровых работ, обладает хорошей сорбционной способностью по отношению к большой группе ионов металлов: железу (III), кобальту, никелю, цинку, кадмию, хрому, свинцу, ртути. Изучена адсорбция из воды этих ионов сорбентом ОБР-1 в статическом и динамическом режимах. Рассчитаны константы сорбции при температурах 278, 295 и 315 К, на основании чего рассчитаны основные термодинамические характеристики сорбции. Определены характеристики кинетики адсорбции металлов на сорбенте ОБР-1 из водных растворов.*

**Ключевые слова:** адсорбция, сорбент ОБР-1, загрязнители воды, методы удаления.

### NEW SORBENT FOR WATER PURIFICATION FROM IONS OF TOXIC ELEMENTS

*Alykov Nariman M., Pavlova Anastasya V.,*

*Nguan Khan Zuy, Abuova Galina B., Utyubaeva Natalya V.*

*Sorbent OBR-1, produced from waste of chisel works, has a good sorption ability in relation to ions of metals: to iron, cobalt, nickel, cadmium, chromium, lead and mercury. Adsorption of these compounds from water by sorbent OBR-1 in static and dynamic modes is studied. Constants of sorption at temperatures 278, 295 and 315 are calculated, on the basis of that the basic thermodynamical characteristics of sorption are calculated. Characteristics of kinetics of metal adsorption by sorbent OBR-1 from water were calculated.*

**Key words:** adsorption, sorbent OBR-1, pollutants of water, methods of removal.

Недавно были обнаружены использованные сорбенты, которые получают из отходов буровых работ (ОБР) [1].

Целью работы явилось изучение возможностей применения нового сорбента ОБР-1 для удаления из воды большой группы ионов металлов, среди которых нами, в первую очередь, выделены железо (III), кобальт, никель, цинк, кадмий, хром, свинец, ртуть.

В работе представлены результаты изучения сорбции ионов железа, кобальта, никеля, цинка, кадмия, хрома, свинца, ртути сорбентом ОБР-1, полученным из отходов буровых работ в Каспийском море.

### Изучение сорбционных характеристик ОБР-1

*Реагенты и аппаратура.* Сорбент ОБР-1, растворы солей: сульфаты железа (III), цинка, кадмия, кобальта (II), никеля (II), хрома (III), ацетат свинца, нитрат ртути (II), квалификации «х.ч», индикатор пиридилазорезорцин (ч.д.а), буферные растворы аммонийно-ацетатные с pH = 3–11, создавали среду с иными значениями pH из растворов HCl или КОН. Ионная сила поддерживалась постоянной ( $\mu = 0,05$ , KCl). Температура растворов (278, 295, 313 К) поддерживалась постоянной с точностью  $\pm 0,5$ . Были применены концентрационный фотоколориметр КФК-3-Ц, иономер «Эконикс эксперт 0,001».



*Влияние pH на сорбцию.* Экспериментально были определены области pH, при которых наиболее полно происходит адсорбция ионов металлов на сорбенте ОБР-1. Для изученных процессов адсорбция происходит в широком диапазоне pH – от 3 до 8 (величины pH<sub>опт.</sub>, при которых проводились дальнейшие исследования).

*Изотермы сорбции ионов металлов из водных растворов.* Содержание ионов металлов в водных растворах до и после сорбции при изучении изотерм сорбции определяли фотометрическим методом с использованием индикаторной реакции с пиридилазорезорцином, при участии которого формируются соединения, окрашенные в красный цвет.

В 10 пробирок вносили 0, 0,8, 1, 2, 3, 4 см<sup>3</sup> × 10<sup>-3</sup> моль/дм<sup>3</sup> и 0,6, 0,8, 1, 2 см<sup>3</sup> × 10<sup>-2</sup> моль/дм<sup>3</sup> растворов соли металлов. Добавляли по 1 см<sup>3</sup> ацетатного буферного раствора с pH = 6 и доводили объем всех растворов водой до 10 см<sup>3</sup>.

Во вторую серию, состоящую из таких же растворов, вносили по 0,5 г сорбента ОБР-1. Интенсивно встряхивали содержимое пробирок 5 минут и центрифугировали 15 минут.

Из первой серии растворов и из осветленных центрифугированием растворов второй серии, которые отделили от сорбента, отбирали по 5 см<sup>3</sup> и вносили по 1 см<sup>3</sup> раствора ПАР.

Измеряли оптические плотности растворов до и после сорбции при длине волны 540 нм в кювете с толщиной 0,5 см относительно воды. Опыты проводили при температурах 278 ± 0,5, 295 ± 0,5 и 313 ± 0,5 К.

По результатам опытов первой серии строили градуировочные графики в координатах «оптическая плотность – концентрация».

По градуировочным графикам, с использованием результатов опытов второй серии определяли равновесные концентрации исследуемых веществ. Строили изотермы сорбции в координатах «сорбция (A) – равновесная концентрация».

Сорбцию (Г) рассчитывали по уравнению:

$$\Gamma = \frac{(c_0 - x)MV}{1000m}, \quad (1)$$

где c<sub>0</sub> – исходная концентрация сорбата в пробе объемом V (10 см<sup>3</sup>), моль/дм<sup>3</sup>; x – остаточная (равновесная) концентрация сорбата, моль/дм<sup>3</sup>; M – молярная масса сорбата, г/моль; m – масса сорбента, г.

Изотермы сорбции ионов металлов приведены на рисунках 1–8.

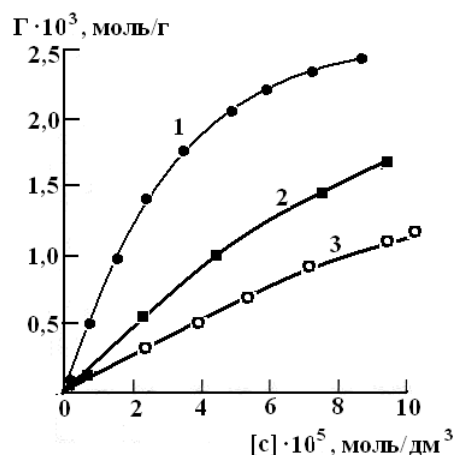


Рис. 1. Изотермы сорбции железа (III) из водных растворов сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

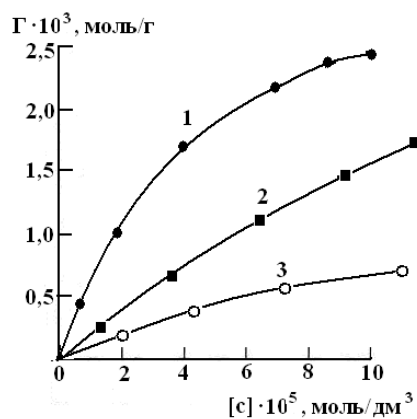


Рис. 2. Изотермы сорбции кобальта (II) из водных растворов сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

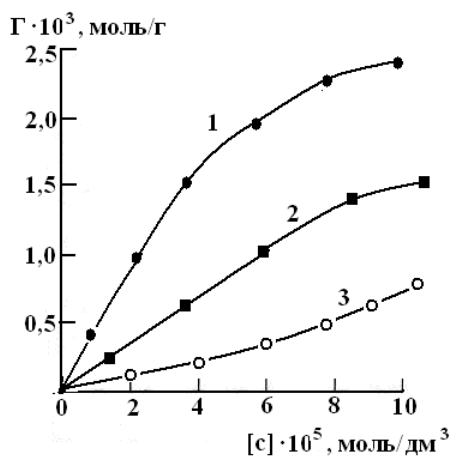


Рис. 3. Изотермы сорбции никеля (II) из водных растворов сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

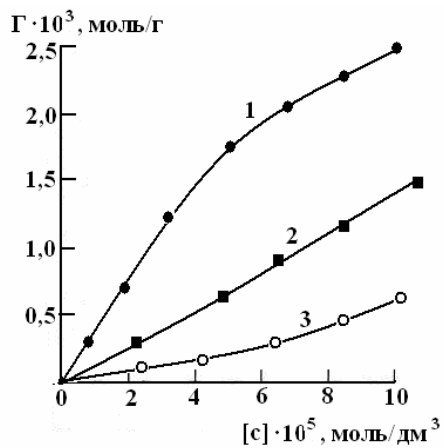


Рис. 4. Изотермы сорбции цинка из водных растворов сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

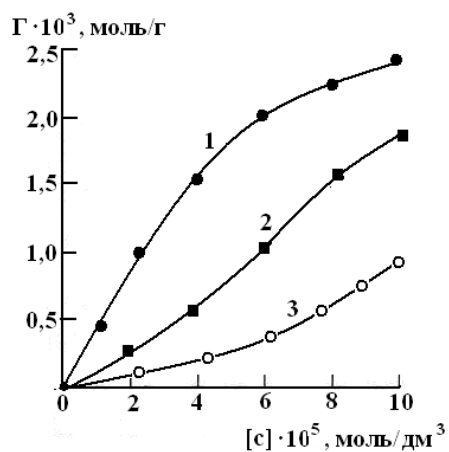


Рис. 5. Изотермы сорбции кадмия из водных растворов сорбентом ОБР-1;  
1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

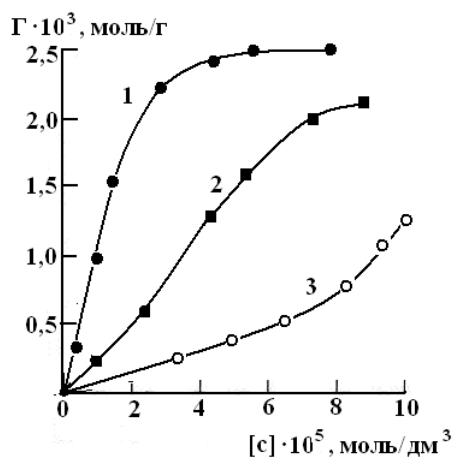


Рис. 6. Изотермы сорбции свинца из водных растворов сорбентом ОБР-1;  
1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

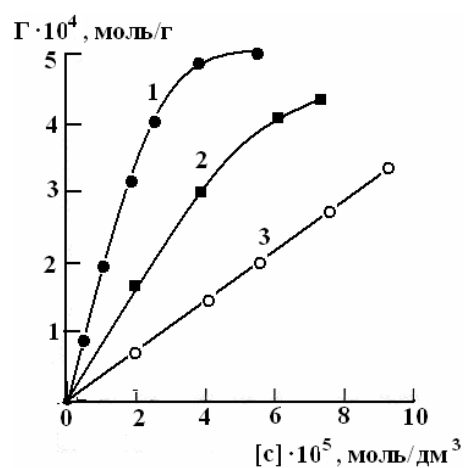


Рис. 7. Изотермы сорбции ртути (II) из водных растворов сорбентом ОБР-1;  
1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

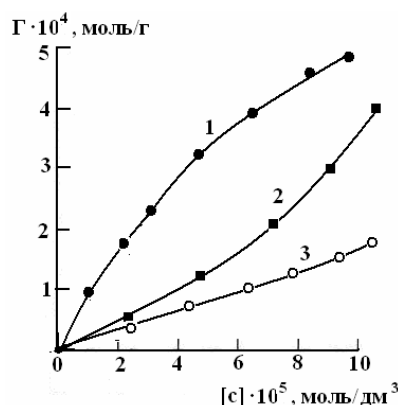


Рис. 8. Изотермы сорбции хрома (III) из водных растворов сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

Изотермы сорбции ионов металлов на сорбенте ОБР-1 можно отнести к S-типу, т.е. это изотермы по Ленгмюру.

На основе изотерм сорбции, путем графического решения уравнения Ленгмюра в прямолинейной форме определили предельную сорбцию  $A_{\infty}$  (емкость сорбента) и константы сорбции  $K$  для  $T_1, T_2, T_3$ .

Различие в адсорбции при разных температурах позволило рассчитать термодинамические характеристики сорбции: изменение энтальпии ( $\Delta H$ ), изобарно-изотермического потенциала ( $\Delta G$ ) и энтропии ( $\Delta S$ ), необходимые для трактовки механизма сорбции:

$$\Delta H = \frac{RT_i T_k \ln \frac{K_i}{K_k}}{T_i - T_k}, \quad (2)$$

$$\Delta G_i = -RT_i \ln K_i, \quad (3)$$

$$\Delta S_i = \frac{\Delta H - \Delta G_i}{T_i}. \quad (4)$$

Основные характеристики сорбции ионов металлов сорбентом ОБР-1 приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Основные термодинамические характеристики сорбции ионов металлов сорбентом ОБР-1 из водных растворов ( $n = 6, t_p = 0,95, S = 2,57$ )**

Ион ТМ	Константы сорбции · 10 <sup>-3</sup> при температурах, К			$\Gamma_{\infty}$ , мг/г при 298 К	- $\Delta H$ , кДж/моль	- $\Delta G_{295}$ , кДж/моль при 298 К	$\Delta S_{295}$ , Дж/моль · К при 298 К
	278	295	315				
Fe <sup>3+</sup>	10,0 ± 1,00	1,11 ± 0,12	0,31 ± 0,05	160	42,98 ± 5,20	17,35 ± 2,05	86,01 ± 7,50
Co <sup>2+</sup>	9,5 ± 1,05	1,00 ± 0,12	0,25 ± 0,03	160	71,47 ± 7,05	17,09 ± 1,52	182,5 ± 17,3
Ni <sup>2+</sup>	10,0 ± 1,00	1,15 ± 0,20	0,27 ± 0,05	150	71,00 ± 2,00	17,29 ± 1,50	177,0 ± 10,0
Zn <sup>2+</sup>	12,0 ± 1,00	1,05 ± 0,20	0,20 ± 0,03	180	80,44 ± 7,50	17,21 ± 1,85	212,0 ± 15,5
Cd <sup>2+</sup>	10,5 ± 1,10	1,15 ± 0,10	0,20 ± 0,03	320	77,82 ± 6,50	17,44 ± 1,50	202,6 ± 15,1
Cr <sup>3+</sup>	18,0 ± 1,50	8,0 ± 0,60	4,00 ± 0,20	140	29,55 ± 3,50	22,44 ± 1,80	24,50 ± 2,20
Pb <sup>2+</sup>	20,0 ± 1,80	10,5 ± 1,05	2,50 ± 0,30	810	40,85 ± 3,55	22,79 ± 2,50	60,60 ± 4,05
Hg <sup>2+</sup>	9,5 ± 1,05	4,50 ± 0,50	1,20 ± 0,03	520	40,65 ± 3,50	20,80 ± 2,05	66,6 ± 7,50

Как видно из таблицы 1, сорбция изученных веществ возрастает с понижением температуры. Отрицательные значения изменений изобарно-изотермического потенциала и энтальпии свидетельствуют о самопроизвольном и экзотермическом процессе.

**Кинетика сорбции.** В колбу емкостью 500 см<sup>3</sup>, которую термостатировали (278, 298, 313 К), вносили 25 см<sup>3</sup> соли металла, 20 см<sup>3</sup> раствора с pH = 6 и воду до 250 см<sup>3</sup>. Отбирали 10 см<sup>3</sup> исходного раствора, проводили индикаторную реакцию с 1 см<sup>3</sup> ПАР, фотометрировали при 540 нм и получали данные для начальной реакции ( $\tau = 0$ ).

В оставшийся раствор вносили 2,5 г сорбента ГУТ, одновременно включали секундомер, быстро перемешивали смесь. Через 5, 10, 20, 30, 100, 150, 200, 300, 600,

900 с отбирали по 11 см<sup>3</sup> проб и центрифугировали 15 минут. Отбирали по 10 см<sup>3</sup> центрифугата, быстро проводили индикаторную реакцию с 1 см<sup>3</sup> ПАР и фотометрировали при 540 нм в кювете с толщиной 0,5 см относительно воды.

По полученным данным строили изотермы кинетики сорбции в координатах «оптическая плотность – время» при 278 ± 0,5, 295 ± 0,5 и 313 ± 0,5 К. Изотермы кинетики сорбции ионов металлов приведены на рисунках 9–16.

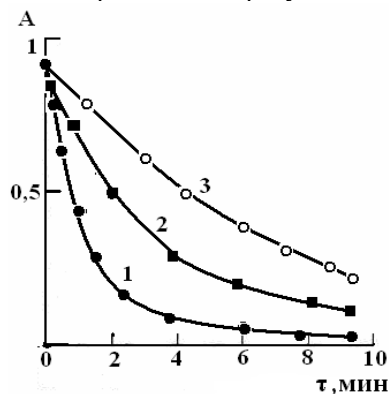


Рис. 9. Изотермы кинетики сорбции железа (III) сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

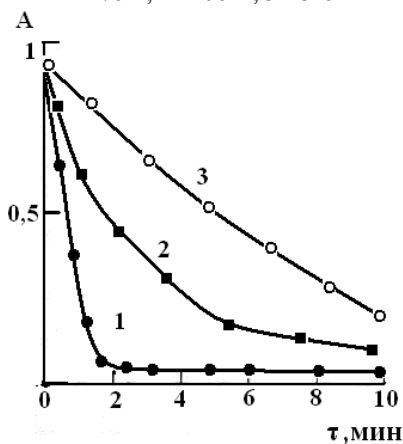


Рис. 10. Изотермы кинетики сорбции кобальта сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

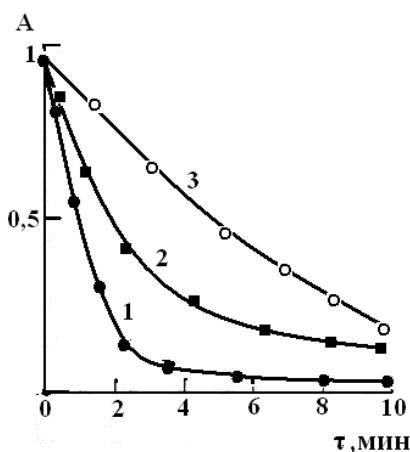


Рис. 11. Изотермы кинетики сорбции никеля сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

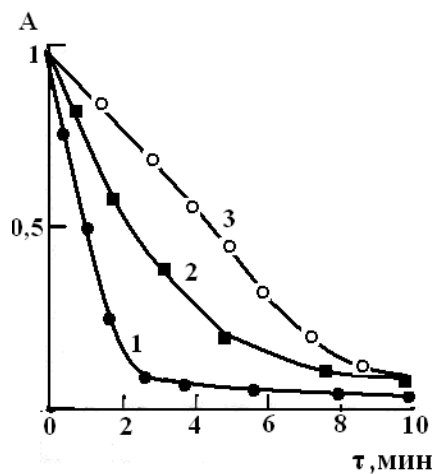


Рис. 12. Изотермы кинетики сорбции цинка сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

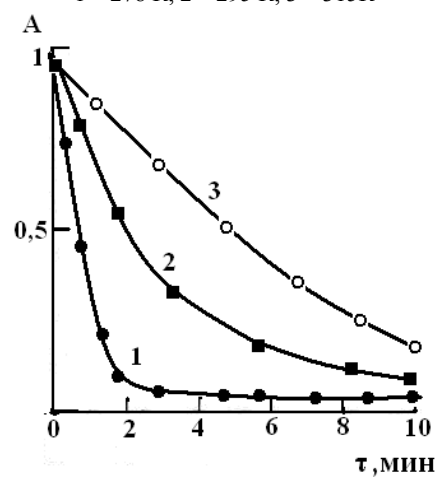


Рис. 13. Изотермы кинетики сорбции кадмия сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

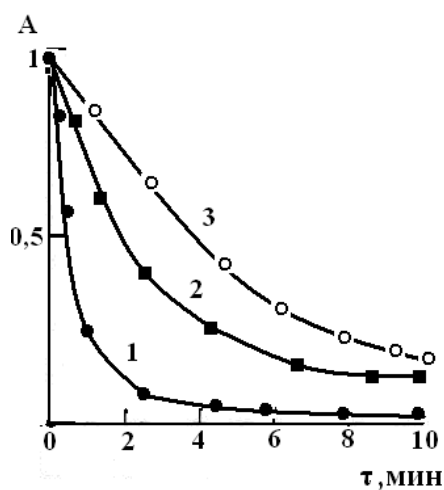


Рис. 14. Изотермы кинетики сорбции свинца сорбентом ОБР-1; 1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

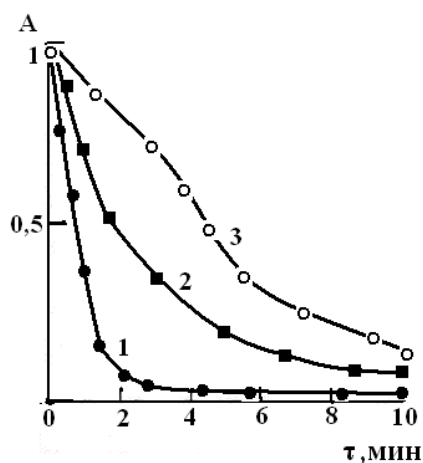


Рис. 15. Изотермы кинетики сорбции ртути сорбентом ОБР-1;  
1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

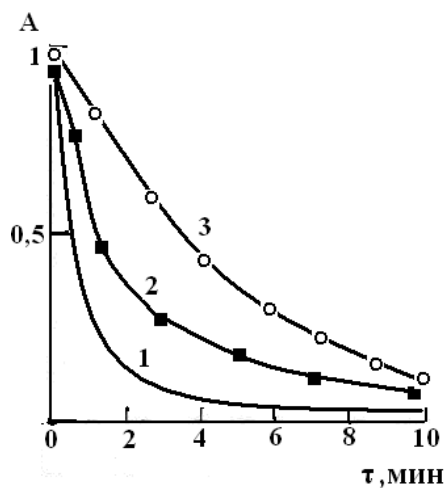


Рис. 16. Изотермы кинетики сорбции хрома (III) сорбентом ОБР-1;  
1 – 278 К, 2 – 295 К, 3 – 315 К

Для всех сорбционных процессов характерен достаточно крутой начальный участок изотерм кинетики сорбции. Процесс сорбции протекает быстро и практически заканчивается через несколько минут.

По экспериментальным данным, с использованием кинетического уравнения первого порядка, по уравнению (5) рассчитаны значения констант скоростей сорбции:

$$K = \frac{1}{\tau} \ln \frac{A_0}{A_i} \quad (5)$$

где  $\tau$  – время (с);  $A_0$  – исходные оптические плотности (при  $\tau = 0$ );  $A_i$  – оптические плотности, соответствующие времени  $\tau_i$ .

$$\ln PZ_0 = 10,36 + \ln T + \frac{\Delta S^\ddagger}{R} \quad (6)$$

В уравнении (6)  $\Delta S^\ddagger$  – изменение энтропии активации формирования активированного комплекса,  $R$  – газовая постоянная. Результаты расчета констант скоростей сорбции,  $\Delta S^\ddagger$  и  $E_{акт}$ , приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Основные характеристики кинетики адсорбции металлов  
на сорбенте ОБР-1 из водных растворов ( $n = 6, t_p = 0,95, S = 2,57$ )**

Ионы ТТМ	Константы скоростей $K \cdot 10^{-2}$ при температурах, К			$E_{\text{акт}}$ , кДж/моль	$-\Delta S^\ddagger$ , Дж/моль·К
	278	295	315		
Fe <sup>3+</sup>	8,38 ± 0,95	4,06 ± 0,53	2,09 ± 0,35	22,28 ± 1,50	218,2 ± 15,0
Co <sup>2+</sup>	10,50 ± 0,95	4,15 ± 0,45	2,15 ± 0,25	31,16 ± 2,50	230,0 ± 12,3
Ni <sup>2+</sup>	9,50 ± 0,98	4,10 ± 0,41	2,20 ± 0,20	28,74 ± 2,65	225,0 ± 15,0
Zn <sup>2+</sup>	9,80 ± 1,00	5,10 ± 0,50	3,50 ± 0,45	20,29 ± 2,10	228,0 ± 18,0
Cd <sup>2+</sup>	12,50 ± 1,20	6,25 ± 0,50	3,20 ± 0,35	26,77 ± 2,50	230,5 ± 17,5
Cr <sup>3+</sup>	11,25 ± 1,15	6,15 ± 0,65	3,05 ± 0,35	25,64 ± 2,10	215,0 ± 18,0
Pb <sup>2+</sup>	8,25 ± 0,90	4,10 ± 0,45	2,02 ± 0,25	25,97 ± 2,25	225,0 ± 18,5
Hg <sup>2+</sup>	10,7 ± 1,05	4,20 ± 0,50	2,25 ± 0,23	30,64 ± 2,95	235,0 ± 18,5

Анализ результатов, приведенных в таблицах 1 и 2, позволяет считать, что во всех случаях адсорбция проходит в две стадии. Первая стадия – формирование адсорбционного активированного комплекса АК<sup>‡</sup>, захват сорбентом сорбата, при этом процесс сопровождается только лишь образованием унитарной неустойчивой частицы (величины  $\Delta S^\ddagger$  в основном отрицательны). АК<sup>‡</sup> становится более устойчивым, когда происходит перераспределение связей и вытеснение воды из координационной сферы сорбента и металла.

**Библиографический список**

1. **Алыков, Н. М.** Адсорбция из воды органических веществ сорбентом ОБР-1 / Н. М. Алыков, Г. Б. Абуова, А. Е. Алыкова, Нгуэн Кхань Зуй, О. А. Менкеев, С. В. Лобанов, О. А.Объедкова, В. А. Сахнова // Естественные науки. – 2009. – № 1. – С. 11–17.

УДК 544.723.21

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЕНТА СВ-1-А  
ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ФЛОКУЛЯНТОВ**

**Алыков Нариман Мирзаевич**, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой аналитической и физической химии

**Шачнева Евгения Юрьевна**, аспирант кафедры аналитической и физической химии Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-00-96-(129), факс (8512) 44-02-24, e-mail: evgshachneva@yandex.ru

*Изучена адсорбция флокулянтов на сорбенте СВ-1-А, полученном на основе опок Астраханской области, обладающих высокими сорбционными характеристиками по отношению к ряду органических и неорганических веществ.*

*Изучено влияние различных характеристик на процесс сорбции. Получены изотермы статической сорбции веществ из водных растворов, рассчитаны изменения энтальпии ( $\Delta H$ ), изобарно-изотермического потенциала ( $\Delta G$ ) и энтропии ( $\Delta S$ ) сорбции.*

*Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы для очистки воды от флокулянтов.*

**Ключевые слова:** сорбент, сорбция, флокулянты, очистка воды.



## USE OF SORBENT SV-1-A FOR WATER TREATMENT FROM FLOCCULANTS

*Alykov Nariman M., Shachneva Eugenia Yu.*

*The adsorption of flocculants on the basis of sorbent SV-1-A received from calfskin of the Astrakhan region, possessing high sorption characteristics in relation to a number of organic and inorganic substances is studied.*

*Influence of various characteristics on the process is studied. Isotherms of static sorption substances from water solutions are received, changes in enthalpy ( $\Delta H$ ), isobar-isothermal potential ( $\Delta G$ ) and entropy ( $\Delta S$ ) sorption were calculated.*

*The received experimental results can be used for water treatment from flocculants.*

**Key words:** sorbent, sorption, flocculants, water treatment.

Охрана окружающей среды, в частности, природных вод, от загрязнений является актуальной проблемой современности. В этой связи вопросы очистки сбросов в гидросферу и совершенствование способов и сооружений, применимых для этих целей, приобрели особое значение. Большинство методов очистки природных и производственных сточных вод основано на использовании реагентов. Реагенты применяются также в технологиях очистки и доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Одним из способов интенсификации существующих технологий очистки природных и сточных вод и обработки осадков является использование флокулянтов, способствующих процессу коагуляции. Их применяют самостоятельно или совместно с минеральными коагулянтами, чье потребление они позволяют резко снизить, а также улучшить качество очистки, повысить производительность очистных сооружений, надежность и стабильность их работы при низких температурах и пиковых нагрузках, сократить капитальные затраты на их строительство.

Флокулянтами называются растворимые в воде высокомолекулярные вещества (ВМВ), применяемые для отделения твердой фазы от жидкости и образующие с находящимися в воде грубодисперсными и коллоидными частицами трехмерные структуры (агрегаты, хлопья, комплексы). Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с неорганическими коагулянтами (сернокислым алюминием, хлорным железом, известью и другими минеральными реагентами). Флокулянты вызывают агрегацию частиц вследствие химического взаимодействия, в отличие от коагулянтов, действие которых основано на изменении электрических свойств коллоидных частиц.

Основными характеристиками флокулянтов являются химическая природа, основность, молярная масса, вязкостные характеристики растворов, товарная форма и санитарно-гигиенические характеристики.

Химическая природа большинства флокулянтов может значительно отличаться, но наибольшее распространение получили флокулянты на основе акриламида, аминоалкиловых эфиров метакриловой и акриловой кислот, четвертичных аммониевых солей акриловой и метакриловой кислот, полиаминов. Основными способами получения флокулянтов являются полимеризация и сополимеризация акриламида и ионогенных мономеров, полимераналогичные превращения [1–3].

Растворы флокулянтов обладают свойствами неньютоновских жидкостей, что проявляется в нелинейном увеличении приведенной вязкости растворов с разбавлением. Эти свойства растворов полимеров усиливаются с увеличением концентрации полимера и его молярной массы. Неньютоновский характер течения и уменьшение вязкости при повышенных давлениях вызваны изменением формы макромолекул (разворачиванием клубков макромолекул и увеличением их размеров), а также разрушением надмолекулярных структур и пространственных сеток.

Вязкость – один из важнейших показателей растворов полимеров. Для измерения вязкости обычно используют капиллярные и ротационные вискозиметры [4, 5].

Целью работы явилось изучение возможности очистки воды от остаточных количеств флокулянтов на основе акриламида с использованием природного сорбента СВ-1-А, полученного из опок Астраханской области.

**Характеристика проводимого эксперимента**

Нами установлено, что все флокулянты адсорбируются, в зависимости от их класса, на катионных, анионных или нейтральных сорбентах.

Также было установлено, что флокулянты адсорбируются на тонкоизмельченных опоках Астраханской области, которые получили название сорбентов группы «СВ». Модификация сорбента «СВ» включала в себя введение в его массу связующего портландцемента-500 и окислителя – диоксида марганца (IV) (пирролюзита).

Для создания сорбента с большим числом микропор в смесь «опока – портландцемент-500 – пирролюзит» вносили хлорид натрия. После вымывания хлорида натрия из готового сорбента формируется пористый материал, обладающий высокой сорбционной емкостью и одновременно высокой прочностью. Смысл введения пирролюзита заключается в получении сорбента, который обладает окислительными свойствами по отношению к низкомолекулярным органическим и неорганическим соединениям.

Общая процедура изучения адсорбции включает в себя адсорбцию из воды различных флокулянтов при их увеличивающейся концентрации. Количественной характеристикой сорбции является уменьшение вязкости растворов флокулянтов после сорбции. Вязкость изучали по времени истечения воды и водных растворов флокулянтов с их различными концентрациями из специально подобранной пипетки, емкостью 5 см<sup>3</sup>. Вначале измеряли время истечения воды при той температуре, при которой измеряли и время истечения флокулянтов различной концентрации. Рассчитывали динамическую вязкость растворов флокулянтов, величину которой использовали для построения изотерм сорбции и нахождения различных термодинамических характеристик.

#### Экспериментальная часть

**Получение сорбента.** Сорбент получают следующим образом: к 100 г тонкоизмельченной опоки с размерами частиц около 0,01 мм в поперечнике (месторождение с. Каменный Яр Астраханской области) вносят 100 г портландцемента-500, 10 г тонкоизмельченного пирролюзита (MnO<sub>2</sub>), 25 см<sup>3</sup> 10%-ного раствора хлорида натрия, полученную смесь тщательно перемешивают. Массе дают подсохнуть до состояния, когда из нее можно сформовать колбаски или гранулы, и высушивают при температуре 100–105 °С. Полученный материал выдерживают в проточной воде до тех пор, пока реакция на хлорид-ион будет отрицательной, и высушивают при температуре 100–105 °С.

**Приготовление растворов флокулянтов.** В исследовании использовались флокулянты серии АК-631(Н-150, КП-1020, КП-540, А-155, А-930, А-1510) (ТУ 6-02-00209912-41-94, тех. регламент от 20.06.98 г. Изготовитель – ФГУП «Саратовский НИИ Полимеров» ООО «Гель-Сервис» г. Саратов), а также флокулянт Z-92 (произведен в г. Мерн, Германия). Характеристики веществ представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Основные гигиенические характеристики флокулянтов

Вещества, показатели качества (факторы)	Гигиенический норматив (СанПин, МДУ, ПДК и т.д.)
Остаточное количество мономера акриламида	0,2 %
ПДК полиакриламида в воде рыбохозяйственных водоемов	0,04 мг/дм <sup>3</sup>
ПДК полиакриламида в питьевой воде	2,0 мг/дм <sup>3</sup>

Приготавливали 1,0%-ные растворы флокулянтов. Навеску сухого вещества постепенно вносили в стаканчик с 75 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, постоянно перемешивали на магнитной мешалке при 50 °С. После добавления всей порции флокулянта продолжали интенсивное перемешивание еще 1,5 часа до полного исчезновения комочков. Жидкость переносили в колбу емкостью 500 см<sup>3</sup> и доводили ее объем до метки дистиллированной водой. Через сутки раствор флокулянта готов к работе. Растворы флокулянтов не изменяют свои свойства (вязкость, прозрачность) в течение пяти суток.

**Получение данных для построения градуировочного графика.** Так как растворы изучаемых веществ являются вязкими жидкостями и их вязкость зависит от концентрации вещества, то при определенной температуре можно судить о концентрации вещества по его вязкости. Главное условие состоит в том, чтобы исходный раствор был жидко-текучим.

В серию из 10 градуированных центрифужных пробирок вносили 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 см<sup>3</sup> 1%-ного раствора флокулянта и доводили объемы растворов дистиллированной водой до 10 см<sup>3</sup>. Из каждой пробирки отбирали по 5 см<sup>3</sup> веществ и измеряли время истечения жидкости.

По результатам измерений стоили градуировочные графики (для примера градуировочный график для флокулянта КП-540 приведен на рисунке 1).

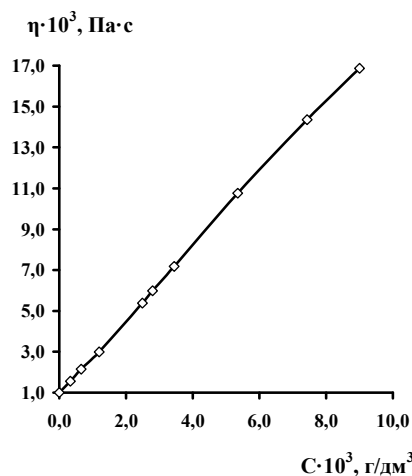


Рис. 1. Зависимость вязкости флокулянта КП-540 от концентрации при 298 К

### Изучение адсорбции флокулянтов на сорбенте СВ-1-А

**Порядок выполнения работы.** В серию из 10 градуированных центрифужных пробирок вносили 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 см<sup>3</sup> раствора флокулянта и доводили объемы растворов дистиллированной водой до 10 см<sup>3</sup>.

В полученный раствор вносили по 1 г сорбента, встряхивали 10 мин, отстаивали, центрифугировали при 3000 об./мин. После отделения жидкостей измеряли их вязкость. По градуировочным графикам определяли равновесные концентрации исследуемых веществ. Опыты проводили при 277, 298, 313 К. Строили изотермы сорбции в координатах «динамическая вязкость ( $\eta$ ) – равновесная концентрация [с]». Сорбцию ( $\Gamma$ ) рассчитывали по уравнению (1):

$$\Gamma = \frac{(C_{исх} - x) \cdot V}{1000 \cdot m}, \quad (1)$$

где  $C_{исх}$  – исходная концентрация сорбата, г/дм<sup>3</sup>;  $V$  – объем исследуемого раствора, см<sup>3</sup>;  $x$  – остаточная (равновесная) концентрация сорбата, г/дм<sup>3</sup>;  $m$  – масса сорбента, г.

В качестве примера на рисунках 2–8 приведены изотермы сорбции флокулянтов Н-150, КП-1020, КП-540, Z-92, А-155, А-930, А-1510.

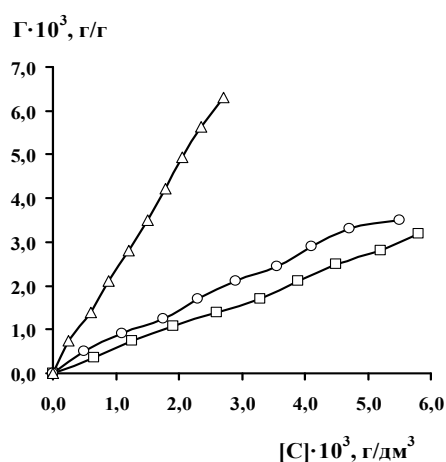


Рис. 2. Влияние температуры на адсорбцию флокулянта Н-150:  
-Δ- 277 К; -○- 313 К; -□- 298 К

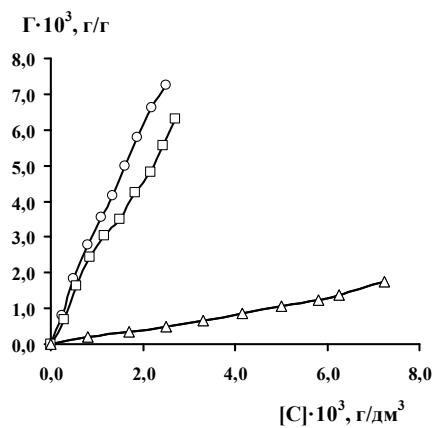


Рис. 3. Влияние температуры на адсорбцию флокулянта КП-1020:  
-○- 313 К; -□- 298 К; -△- 277 К

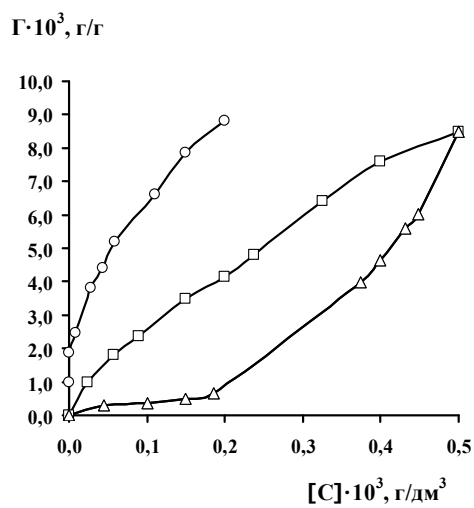


Рис. 4. Влияние температуры на адсорбцию флокулянта КП-540:  
-○- 313 К; -□- 298 К; -△- 277 К

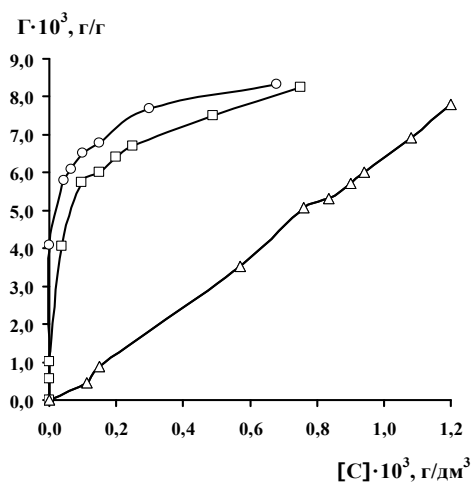


Рис. 5. Влияние температуры на адсорбцию флокулянта Z-92:  
-○- 313 К; -□- 298 К; -△- 277 К

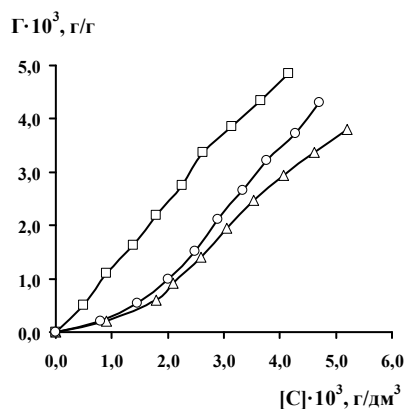


Рис. 6. Влияние температуры на адсорбцию флокулянта А-155:  
 -□- 298 К; -○- 313 К; -Δ- 277 К

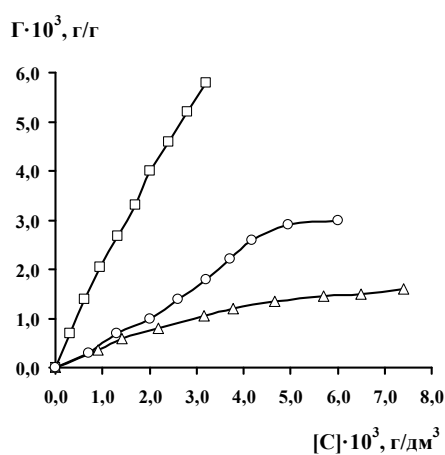


Рис. 7. Влияние температуры на адсорбцию флокулянта А-930:  
 -□- 298 К; -○- 313 К; -Δ- 277 К

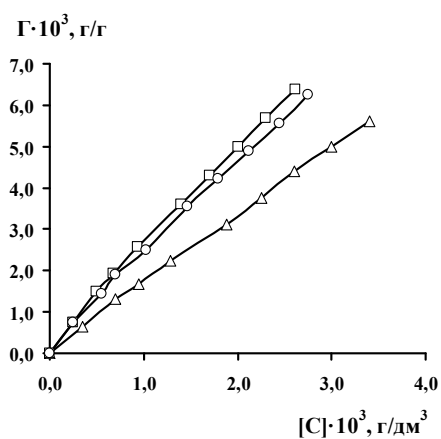


Рис. 8. Влияние температуры на адсорбцию флокулянта А-1510:  
 -□- 298 К; -○- 313 К; -Δ- 277 К

Изотермы сорбции (рис. 2–8) были перерасчитаны в изотермы уравнения Ленгмюра, а с их использованием были рассчитаны константы сорбции ( $K$ ) и величина предельной сорбции ( $A_{\infty}$ ) при 277, 298 и 313 К.

По величинам констант сорбции были рассчитаны изменения энтальпии ( $\Delta H$ ) и изобарно-изотермического потенциала ( $\Delta G$ ), а с их использованием были рассчитаны значения изменения энтропии ( $\Delta S$ ) (2–4).

$$\Delta H = \frac{RT_i T_k \ln \frac{K_i}{K_k}}{T_i - T_k}, \quad (2)$$

$$\Delta G_i = -RT_i \ln K_i, \quad (3)$$

$$\Delta S_i = \frac{\Delta H - \Delta G_i}{T_i}. \quad (4)$$

Результаты опытов и расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Основные характеристики сорбции флокулянтов на СВ-1-А  
(n = 6, t<sub>p</sub> = 0,95, S = 2,57)**

Определяемая характеристика	Температура, К	Флокулянт						
		Н-150	КП-1020	КП-540	Z-92	A-155	A-930	A-1510
Константы сорбции · 10 <sup>-2</sup>	277	1,62 ± 0,16	0,05 ± 0,005	0,32 ± 0,03	1,80 ± 0,18	0,17 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,30 ± 0,03
	298	0,81 ± 0,08	0,10 ± 0,01	0,40 ± 0,04	2,75 ± 0,25	0,57 ± 0,05	0,40 ± 0,04	0,47 ± 0,04
	313	0,90 ± 0,09	0,55 ± 0,05	1,20 ± 0,12	3,00 ± 0,30	0,23 ± 0,02	0,33 ± 0,03	0,36 ± 0,03
-ΔG, кДж/моль	277	26,98 ± 2,60	8,53 ± 0,80	30,19 ± 3,00	44,20 ± 4,00	11,78 ± 1,10	15,89 ± 1,50	20,75 ± 2,00
	298	25,05 ± 2,50	13,18 ± 1,30	34,18 ± 3,40	45,60 ± 4,50	23,05 ± 2,30	21,05 ± 2,00	21,97 ± 2,00
	313	26,94 ± 2,60	24,01 ± 2,40	52,28 ± 5,20	47,45 ± 4,50	14,60 ± 1,40	20,96 ± 2,00	21,57 ± 2,00
-ΔH, кДж/моль		3,82 ± 0,30	8,31 ± 0,80	1,08 ± 0,10	1,15 ± 0,11	3,73 ± 0,30	5,17 ± 0,50	4,24 ± 0,40
-ΔS, Дж/моль/К	277	75,44 ± 7,50	0,80 ± 0,08	10,51 ± 1,00	14,73 ± 1,40	29,06 ± 2,90	36,78 ± 3,60	55,09 ± 5,50
	298	71,23 ± 7,10	16,33 ± 1,60	11,11 ± 1,10	14,91 ± 1,40	64,83 ± 6,40	53,29 ± 5,30	59,48 ± 5,90
	313	73,41 ± 7,00	50,16 ± 5,00	16,36 ± 1,60	15,53 ± 1,50	34,73 ± 3,40	50,45 ± 5,00	55,36 ± 5,50
Емкость сорбента (A <sub>c</sub> ), мг/г	277	16,60 ± 1,60	20,00 ± 2,00	10,00 ± 1,00	50,00 ± 5,00	10,00 ± 1,00	5,00 ± 0,50	33,33 ± 3,30
	298	10,00 ± 1,00	50,00 ± 5,00	11,10 ± 1,10	83,30 ± 8,00	20,00 ± 2,00	50,00 ± 5,00	50,00 ± 5,00
	313	11,10 ± 1,10	50,00 ± 5,00	14,30 ± 1,40	90,90 ± 9,00	16,60 ± 1,60	50,00 ± 5,00	45,50 ± 4,50

**Кинетика сорбции флокулянтов на сорбенте СВ-1-А**

**Порядок проведения работы.** В широкогорлой колбе приготавливали 250 см<sup>3</sup> раствора вещества. Для этого 25 см<sup>3</sup> 1,0%-ого исходного раствора флокулянта разбавляли водой до объема 250 см<sup>3</sup>. Полученное исследовали при температурах 298, 277 и 313 К. Для этого в растворы вносили 20 г мелкоизмельченного сорбента, быстро перемешивали, одновременно включали секундомер. Через определенный промежуток времени отбирали пробы мутного раствора, отфильтровывали через стеклянный фильтр или центрифугировали их. Отбор проб осуществлялся через 0, 10, 30, 60, 90, 120, 300, 600, 900 и 1200 с. Из осветленных растворов каждой пробирки отбирали по 5 см<sup>3</sup> веществ и с помощью секундомера измеряли время истечения жидкости.

По результатам измерений были построены изотермы кинетики сорбции в координатах «динамическая вязкость (η) – время (τ)».

Сорбция проходит быстро и заканчивается за 120 с. Десорбция с сорбента не происходит. Для расчета констант скоростей были использованы участки изотерм кинетики сорбции в пределах от 0 до 120 с (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 с).

На рисунке 9 в качестве примера приведены изотермы кинетики сорбции для флокулянта КП-540.

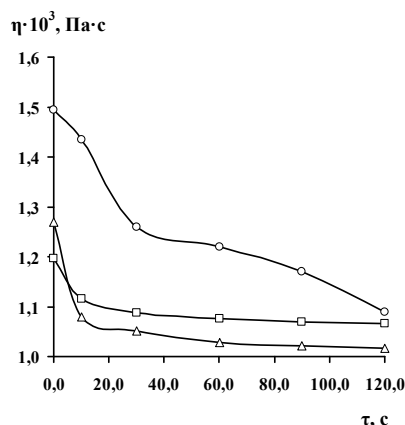


Рис. 9. Изотермы кинетики сорбции флокулянта КП-540 сорбентом СВ-1-А:  
-Δ- 277 К; -□- 298 К, -○- 313 К

По результатам исследований были рассчитаны константы кинетики сорбции,  $S^\#$  и  $E_{\text{акт}}$  флокулянтов на сорбенте СВ-1-А при температурах 277, 298 и 313 К:

$$K = \frac{1}{\tau} \ln \frac{\eta_0}{\eta_i}, \quad (5)$$

где  $\eta_0$  – исходная динамическая вязкость, Па·с;  $\eta_i$  – вязкость в момент времени  $\tau$ , Па·с;  $\tau$  – время, с.

По графикам Аррениуса в координатах « $\ln K - 1/T$ » рассчитаны величины энергии активации кинетики сорбции ( $E_{\text{акт}}$ ), а также с использованием уравнения Эйринга изменение энтропии образования сорбционных комплексов ( $S^\#$ ).

$$\ln PZ_0 = 10,36 + \ln T + \frac{\Delta S^\#}{R}. \quad (6)$$

В уравнении (6)  $PZ_0$  – предэкспоненциальный фактор в уравнении Аррениуса, ( $\Delta S^\#$ ) – изменение энтропии активации формирования активированного комплекса,  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – температура.

Результаты расчетов констант кинетики сорбции,  $E_{\text{акт}}$  и  $\Delta S^\#$  флокулянтов на сорбенте СВ-1-А приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Термодинамические характеристики кинетики сорбции флокулянтов на СВ-1-А (n = 6, t<sub>p</sub> = 0,95, S = 2,57)**

Определяемая характеристика	Температура, К	Флокулянт						
		Н-150	КП-1020	КП-540	Z-92	А-155	А-930	А-1510
Константы скоростей $K \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$ при температурах, К	277	2,21 ± 0,20	1,07 ± 0,11	1,71 ± 0,17	1,16 ± 0,16	1,37 ± 0,13	1,15 ± 0,11	1,23 ± 0,12
	298	1,99 ± 0,19	2,48 ± 0,20	1,76 ± 0,17	1,64 ± 0,16	1,84 ± 0,18	7,35 ± 0,73	2,86 ± 0,28
	313	1,96 ± 0,19	2,84 ± 0,20	1,79 ± 0,17	1,89 ± 0,18	1,78 ± 0,17	6,42 ± 0,64	1,33 ± 0,13
$E_{\text{акт}}$ , кДж/моль		2,58 ± 0,28	3,58 ± 0,30	1,70 ± 0,17	1,10 ± 0,11	1,38 ± 0,13	2,51 ± 0,25	4,20 ± 0,42
$-\Delta S^\#$ , Дж/моль·К	277	2,55 ± 0,25	2,49 ± 0,25	2,42 ± 0,20	2,19 ± 0,20	2,45 ± 0,24	2,58 ± 0,26	2,45 ± 0,24
	298	2,54 ± 0,25	2,50 ± 0,25	2,43 ± 0,24	2,20 ± 0,20	2,47 ± 0,24	2,61 ± 0,26	2,47 ± 0,24
	313	2,53 ± 0,25	2,51 ± 0,25	2,44 ± 0,24	2,93 ± 0,29	2,46 ± 0,24	2,59 ± 0,26	2,46 ± 0,25

**Результаты очистки воды от флокулянтов на сорбенте СВ-1-А**

Были поставлены опыты по изучению очистки воды от различных флокулянтов. Результаты опытов и расчетов дают основание считать, что сорбент СВ-1-А можно использовать для удаления из воды различных флокулянтов.

Вещества вносили в исходную воду в количествах, указанных в таблице 4.

Таблица 4

**Эффективность очистки воды от флокулянтов сорбентом СВ-1-А (n = 6, t<sub>p</sub> = 0,95, S = 2,57)**

Флокулянт	Исходная концентрация · 10 <sup>3</sup> , г/дм <sup>3</sup>	Концентрация после сорбции · 10 <sup>3</sup> , г/дм <sup>3</sup>			Эффективность очистки, %		
		Температура, К			277	298	313
		277	298	313			
Н-150	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,25 ± 0,02	0,65 ± 0,06	0,50 ± 0,05	99,35	99,75	99,50
	2	0,60 ± 0,06	1,25 ± 0,12	1,10 ± 0,10	99,37	99,70	99,45
	3	0,88 ± 0,08	1,92 ± 0,19	1,75 ± 0,17	99,40	99,72	99,42
	4	1,20 ± 0,12	2,60 ± 0,26	2,30 ± 0,20	99,35	99,67	99,43
	5	1,50 ± 0,15	3,29 ± 0,30	2,90 ± 0,29	99,36	99,70	99,42
	6	1,79 ± 0,17	3,90 ± 0,39	3,55 ± 0,35	99,37	99,69	99,41
	7	2,06 ± 0,20	4,50 ± 0,45	4,10 ± 0,40	99,36	99,70	99,41
	8	2,36 ± 0,23	5,20 ± 0,50	4,70 ± 0,47	99,35	99,71	99,42
	9	2,70 ± 0,27	5,80 ± 0,58	5,50 ± 0,55	99,36	99,70	99,39
КП-1020	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,80 ± 0,08	0,3 ± 0,03	0,25 ± 0,25	99,20	99,30	99,75
	2	1,70 ± 0,17	0,55 ± 0,05	0,50 ± 0,05	99,15	99,28	99,75
	3	2,50 ± 0,25	0,85 ± 0,08	0,80 ± 0,08	99,17	99,28	99,75
	4	3,30 ± 0,30	1,16 ± 0,11	1,10 ± 0,11	99,18	99,30	99,73
	5	4,15 ± 0,40	1,50 ± 0,15	1,35 ± 0,30	99,17	99,30	99,73
	6	5,00 ± 0,50	1,84 ± 0,18	1,60 ± 0,16	99,17	99,25	99,73
	7	5,80 ± 0,55	2,17 ± 0,20	1,88 ± 0,18	99,17	99,31	99,74
	8	6,25 ± 0,60	2,43 ± 0,25	2,20 ± 0,20	99,18	99,29	99,73
	9	7,25 ± 0,70	2,70 ± 0,27	2,50 ± 0,25	99,19	99,30	99,72
КП-540	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,04 ± 0,004	0,02 ± 0,002	0	99,95	99,97	100
	2	0,10 ± 0,01	0,05 ± 0,005	0	99,95	99,97	100
	3	0,15 ± 0,01	0,08 ± 0,008	0	99,95	99,97	100
	4	0,20 ± 0,02	0,15 ± 0,01	0,01 ± 0,001	99,95	99,96	99,99
	5	0,37 ± 0,03	0,20 ± 0,02	0,03 ± 0,003	99,92	99,96	99,99
	6	0,40 ± 0,04	0,23 ± 0,02	0,07 ± 0,007	99,93	99,96	99,98
	7	0,43 ± 0,04	0,32 ± 0,03	0,11 ± 0,01	99,93	99,953	99,98
	8	0,44 ± 0,04	0,40 ± 0,04	0,15 ± 0,015	99,94	99,95	99,98
	9	0,50 ± 0,05	0,50 ± 0,05	0,20 ± 0,02	99,94	99,94	99,97
Z-92	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,11 ± 0,01	0	0	99,88	100	100
	2	0,15 ± 0,01	0	0	99,89	100	100
	3	0,57 ± 0,05	0,03 ± 0,003	0	99,86	99,99	100
	4	0,75 ± 0,07	0,07 ± 0,007	0,04 ± 0,07	99,86	99,98	99,99
	5	0,83 ± 0,08	0,10 ± 0,01	0,06 ± 0,06	99,86	99,98	99,98
	6	0,90 ± 0,09	0,20 ± 0,02	0,10 ± 0,01	99,86	99,96	99,98
	7	0,94 ± 0,09	0,25 ± 0,02	0,15 ± 0,01	99,86	99,96	99,97
	8	1,08 ± 0,10	0,60 ± 0,06	0,30 ± 0,03	99,86	99,92	99,96
	9	1,20 ± 0,12	0,75 ± 0,07	0,68 ± 0,06	99,86	99,91	99,92
A-155	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,50 ± 0,05	0,90 ± 0,09	0,80 ± 0,08	99,10	99,50	99,20
	2	0,90 ± 0,09	1,80 ± 0,18	1,80 ± 0,18	99,10	99,55	99,10
	3	1,38 ± 0,13	2,70 ± 0,27	2,50 ± 0,25	99,10	99,54	99,17
	4	1,80 ± 0,18	3,30 ± 0,30	3,00 ± 0,30	99,175	99,55	99,25
	5	2,25 ± 0,2	3,85 ± 0,38	3,50 ± 0,35	99,23	99,55	99,30
	6	2,60 ± 0,26	4,30 ± 0,43	3,90 ± 0,39	99,23	99,57	99,35
	7	3,15 ± 0,30	4,60 ± 0,46	4,30 ± 0,40	99,34	99,55	99,38
	8	3,65 ± 0,35	4,90 ± 0,49	4,60 ± 0,46	99,39	99,54	99,43
	9	4,15 ± 0,4	5,2 ± 0,50	4,9 ± 0,49	99,42	99,48	99,48



Продолжение таблицы

А-930	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,90 ± 0,09	0,30 ± 0,03	0,70 ± 0,07	99,20	99,70	99,30
	2	1,41 ± 0,14	0,61 ± 0,06	1,30 ± 0,13	99,25	99,65	99,35
	3	2,19 ± 0,20	0,96 ± 0,09	2,00 ± 0,20	99,23	99,67	99,33
	4	3,16 ± 0,30	1,32 ± 0,13	2,60 ± 0,26	99,22	99,65	99,35
	5	3,79 ± 0,37	1,70 ± 0,17	3,20 ± 0,32	99,20	99,66	99,36
	6	4,66 ± 0,46	2,00 ± 0,20	3,71 ± 0,37	99,18	99,67	99,33
	7	5,70 ± 0,57	2,40 ± 0,24	4,18 ± 0,40	99,18	99,64	99,33
	8	6,50 ± 0,65	2,80 ± 0,28	4,96 ± 0,49	99,18	99,65	99,32
	9	7,40 ± 0,74	3,20 ± 0,32	6,00 ± 0,60	99,18	99,64	99,33
А-155	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,35 ± 0,03	0,25 ± 0,25	0,25 ± 0,02	99,65	99,75	99,75
	2	0,70 ± 0,07	0,50 ± 0,05	0,55 ± 0,05	99,65	99,75	99,78
	3	0,95 ± 0,09	0,68 ± 0,068	0,70 ± 0,07	99,63	99,72	99,77
	4	1,28 ± 0,12	0,94 ± 0,09	1,02 ± 0,10	99,64	99,70	99,79
	5	1,88 ± 0,18	1,40 ± 0,14	1,46 ± 0,14	99,64	99,71	99,75
	6	2,25 ± 0,20	1,70 ± 0,17	1,75 ± 0,17	99,63	99,72	99,76
	7	2,60 ± 0,26	2,00 ± 0,20	2,12 ± 0,20	99,63	99,71	99,76
	8	3,00 ± 0,30	2,30 ± 0,20	2,45 ± 0,24	99,63	99,71	99,76
	9	3,40 ± 0,34	2,61 ± 0,26	2,75 ± 0,27	99,62	99,71	99,76

Таким образом, сорбент СВ-1-А можно использовать для сорбционной очистки воды от флокулянтов.

#### Библиографический список

1. **Вейцер, Ю. И.** Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод / Ю. И. Вейцер, Д. М. Минц. – М. : Стройиздат, 1984. – 200 с.
2. **Липатов, Ю. С.** Коллоидная химия полимеров / Ю. С. Липатов. – Киев : Наук. думка, 1984. – 343 с.
3. **Николаев, А. Ф.** Водорастворимые полимеры / А. Ф. Николаев, Г. И. Охрименко. – М. : Химия, 1979. – 145 с.
4. **Френкели, С. Я.** Введение в статистическую теорию полимеризации / С. Я. Френкели. – М. : Наука, 1965. – 267 с.
5. **Фролов, Ю. Г.** Курс коллоидной химии / Ю. Г. Фролов. – М. : Химия, 1982. – 400 с.

УДК 543.06

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА БАРАЛГИНА С ИОНАМИ МЕДИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

**Глинина Антонина Григорьевна**, доцент, кандидат химических наук, профессор кафедры неорганической и биоорганической химии

**Тулешкалиева Айман Кувайдуллаевна**, магистрант химического факультета

**Русакова Ирина Владимировна**, аспирант кафедры неорганической и биоорганической химии

**Кривенцева Любовь Александровна**, ассистент кафедры неорганической и биоорганической химии

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. / факс (8512) 22-82-64, e-mail: aiman2217@mail.ru

*Метамизол натрия, выступая в качестве восстановителя, окисляется перекисью водорода при участии ионов меди. Образованное окрашенное соединение исследовалось спектрофотометрически. Соединение поглощает при длине волны, равной 540 нм.  $\Delta\lambda = 140$  нм, полученное соединение контрастно, устойчиво. Компоненты системы взаимодействуют при стандартных условиях в избытке перекиси водорода; между концентрацией баралгина и оптической плотностью раствора существует линейная зависимость от 0,8 до 1,8 мг/мл. Результаты спектрофотометрических исследований могут быть использованы для количественного определения баралгина в лекарственных препаратах и продуктах жизнедеятельности организма.*

**Ключевые слова:** баралгин, спектрофотометрический метод, метамизол натрия, перекись водорода.

RESEARCH OF PROCESSES OF INTERACTION  
OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCE BARALGIN  
WITH IONS OF COPPER UNDER VARIOUS CONDITIONS

Glinina Antonina G., Tuleshkalieva Aiman K., Rusakova Irina V., Kriventseva Lyubov A.

*Metamizole sodium, representing itself as a reducer, is oxidized by hydrogen peroxide with the participation of ions of copper. The formed colored compound was investigated spectrophotometrically. The compound absorbs at length of the wave that equals 540 nanometers.  $\Delta\lambda = 140$  nanometers, the received compound, is contrast and steady. The components of the system interact under standard conditions in abundance of hydrogen peroxide; between the concentration of baralgin and optical density of a solution there is a linear dependence from 0,8 up to 1,8 mg/ml. The results of spectrophotometric analysis can be used for quantitative identification of baralgin in drugs and products of vital functions of an organism.*

**Key words:** baralgin, spectrophotometric method, metamizole sodium, hydrogen peroxide.

Биометаллы, взаимодействуя с лигандами, образуют комплексные соединения. В зависимости от природы комплексообразователя изменяются биологические функции этих комплексов [4]. Лекарственные препараты, выступая в качестве лигандов и взаимодействуя с биометаллами, образуют комплексные соединения. Результаты этих исследований могут найти применение как в анализе этих препаратов, так и в лечебной практике. Многие биохимические реакции, происходящие в организме и контролируемые ферментами, являются окислительно-восстановительными, играют исключительно важную роль, снабжая его энергией и необходимыми метаболитами, а также участвуя в регуляторных механизмах жизнедеятельности организма [4].

Ненаркотические анальгетики, имеющие широкое применение в повседневной медицинской практике, могут участвовать в окислительно-восстановительных процессах [2]. Одним из наиболее известных и широко используемых лекарственных средств с анальгетическим и жаропонижающим действием является метамизол натрия. Баралгин является многокомпонентным препаратом, содержащим метамизол натрия [3].

Методы количественного определения баралгина могут быть связаны с его способностью взаимодействовать с окислителями. В настоящее время ведутся интенсивные работы по определению метамизола натрия. Учитывая возросшее количество препаратов сложного состава, необходимо внедрение новых, более селективных и экспрессных методов для определения основного и других активных компонентов в препарате.

Метамизол натрия часто выступает как восстановитель, и это свойство можно использовать для создания метода количественного его определения. Исследование процесса взаимодействия баралгина с перекисью водорода и ионами меди проводят спектрофотометрически [1]. Для выполнения эксперимента использовали раствор баралгина  $C_{13}H_{18}N_3SO_5Na$  (Фарм), пероксид водорода  $H_2O_2$  (ХЧ) и сульфат меди  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (ХЧ); оптическую плотность измеряли на спектрофотометре КФК-3 с длиной волны от 400 до 880 нм, со стеклянными кюветами с толщиной слоя 0,5 и 1 см.

Взаимодействие баралгина с перекисью водорода идет очень медленно, поэтому в качестве катализатора мы выбрали ионы меди, они очень эффективно увеличивают скорость реакции. Метамизол натрия активно взаимодействует с перекисью водорода, образуя соединение. Спектры поглощения компонентов системы и образуемого соединения приведены на рисунке 1.

Образованное соединение имеет спектр поглощения с  $\lambda_{max} = 540$  нм. Соединение интенсивно окрашено, имеет довольно высокую устойчивость, оно контрастно.  $\Delta\lambda = 140$  нм, наблюдается сдвиг в длинноволновую область, процесс характеризуется гипсохромным эффектом.

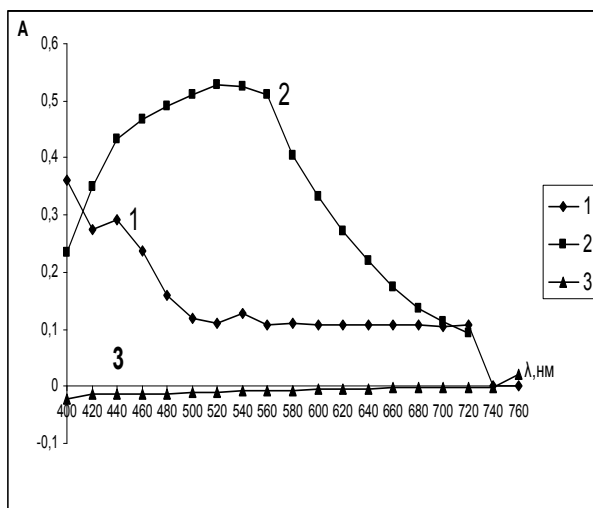


Рис. 1. Спектр поглощения растворов в системе  $R_1 + R_2 + Cu^{2+}$ ;  $R_1$  – баралгин,  $R_2$  – пероксид водорода;  $C_{R^1} = 10^{-2}$  моль/л,  $C_{R^2} = 10^{-1}$  моль/л,  $C_{Cu^{+2}} = 10^{-2}$  моль/л; 1 – спектр поглощения  $R_1$ , 2 – спектр поглощения  $R_1 + R_2 + Cu^{2+}$ , 3 – спектр поглощения  $Cu^{2+}$

Следует отметить, что между баралгином и ионами меди происходит взаимодействие, но оно идет в неразбавленном растворе. Спектры поглощения растворов в системе баралгин – ионы меди приведены на рисунке 2.

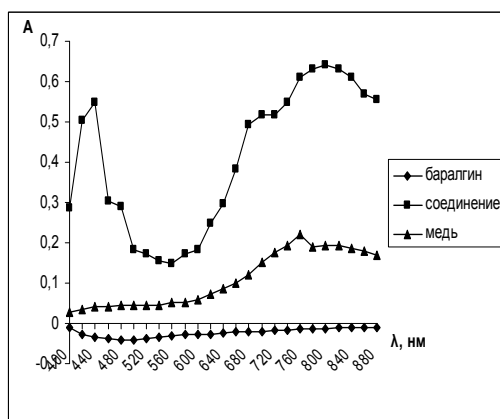


Рис. 2. Спектр поглощения растворов в системе  $R_1 + Cu^{2+}$ ;  $C_{R^1} = 10^{-1}M$ ,  $C_{Cu^{+2}} = 10^{-1} M$ ;  $R_1$  – баралгин;  $\epsilon_{\lambda} = 23,895$ ,  $C_{к-са} = 2,79 \cdot 10^{-2}$

Образованное комплексное соединение поглощает при длине волны – 810 нм.  $\Delta\lambda = 50$  нм, что указывает на малоустойчивость этого соединения, которое при введении перекиси водорода, видимо, разлагаясь, катализирует процесс взаимодействия баралгина с перекисью водорода.

Методом изомолярных серий (рис. 3) установлено, что  $Cu^{2+}$  и баралгин взаимодействуют в довольно концентрированных растворах при соотношении компонентов 1 : 1.

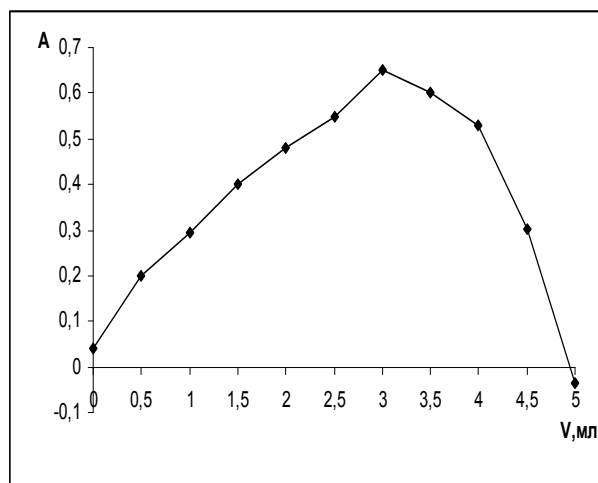


Рис. 3. Изомолярная серия в системе  $R_1 + Cu^{2+}$  при  $\lambda = 440$  нм;  
 $C_{R_1} = 10^{-1}$  М,  $C_{Cu^{2+}} = 10^{-1}$  М,  $R_1$  – баралгин

На рисунке 4 представлена графическая зависимость оптической плотности от соотношения компонентов: баралгина и перекиси водорода – при одинаковой невысокой концентрации ионов меди. Выяснено, что соотношение компонентов – 3 : 2. Но устойчивость соединения достигается при избыточной концентрации перекиси водорода ( $\epsilon_x = 0,102 \cdot 10^3$ ). Это может быть использовано для спектрофотометрического определения метамизола натрия в баралгине. Образующееся соединение устойчивое, яркоокрашенное, реакция в этих условиях происходит достаточно быстро. Наблюдается зависимость между концентрацией баралгина и оптической плотностью растворов.

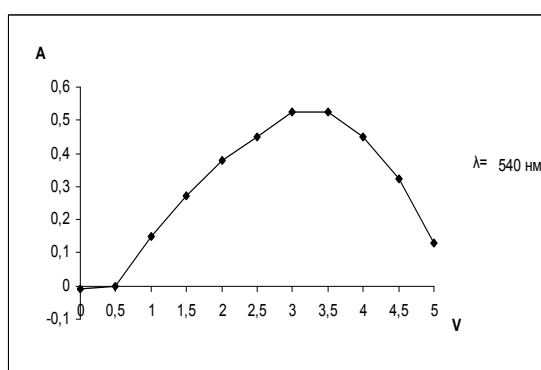


Рис. 4. Изомолярная серия в системе  $R_1 + R_2 + Cu^{2+}$ ;  
 $R_1$  – баралгин,  $R_2$  – пероксид водорода;  $C_{R_1} = 10^{-2}$  моль/л,  
 $C_{R_2} = 10^{-1}$  моль/л,  $C_{Cu^{2+}} = 10^{-2}$  моль/л

Градуировочный график представлен на рисунке 5, показывает линейную зависимость между оптической плотностью и концентрацией метамизола натрия в пределах от 0,8 до 1,8 мг/мл. Эта зависимость подчиняется закону Бугера–Ламберта–Бэра.

Исследования процессов, происходящих в достаточно концентрированных растворах, имеют смысл, так как в препарате велико содержание метамизола натрия – 50 %. Результаты этих исследований могут быть использованы для создания методов идентификации и количественного определения баралгина в фармацевтических препаратах и продуктах жизнедеятельности организма. Определение концентрации ме-

тамизола натрия в препарате баралгин показало, что содержание метамизола натрия в нем соответствует ГОСТу.

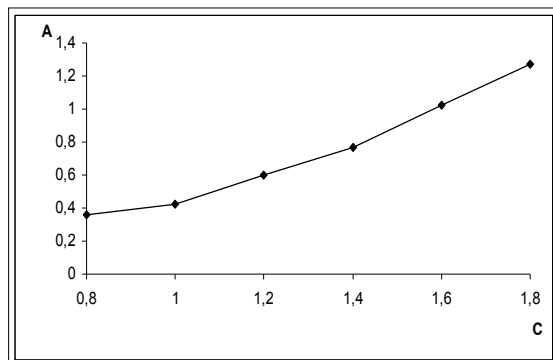


Рис. 5. Градуировочный график в системе  $R_1 + R_2 + Cu^{2+}$ ;  
 $R_1$  – баралгин,  $R_2$  – пероксид водорода;  
 $C_{R^1} = 10^{-1}$  моль/л,  $C_{R^2} = 1$  моль/л,  $C_{Cu^{+2}} = 10^{-1}$  моль/л

Баралгин – лекарственный препарат, который в своей структуре содержит активные центры, способные проявлять себя в большей степени как восстановители. Поэтому взаимодействие его с окислителями может привести к образованию новых соединений, где произошел окислительно-восстановительный процесс. Эти соединения могут быть окрашены, и тогда их можно исследовать спектрофотометрически.

Окислительно-восстановительная реакция обусловлена наличием в молекуле баралгина неустойчивой пиразолиновой системы (двойная связь), которая обуславливает его восстановительные свойства, а следовательно, и способность к окислению. На окислительно-восстановительную способность метамизола натрия оказывает влияние и характер заместителя у  $C^4$ . Окисление метамизола натрия идет не только за счет пиразолиновой системы, но, главным образом, за счет сульфитной серы в боковой цепи у  $C^4$  [2]. Поэтому баралгин проявляет сильные восстановительные свойства.

Баралгин содержит в своем составе, наряду с метамизолом натрия, очень небольшое количество питофенона гидрохлорида и фенпивериния бромиды. Содержание этих компонентов очень невелико, однако они влияют на процесс взаимодействия. Метамизол натрия окисляется пероксидом водорода быстрее, чем в анальгине, и интенсивность окраски выше.

#### Библиографический список

1. Булатов, М. И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / М. И. Булатов, И. П. Калинин. – 5-е изд., перераб. – Л. : Химия, 1986. – 432 с.
2. Вергейчик, Е. Н. Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции / Е. Н. Вергейчик, Н. Н. Карева. – Пятигорск : Пятигорская ГФА, 2007. – Вып. 62. – 797 с.
3. Машковский, М. Д. Лекарственные средства : в 2 т. / М. Д. Машковский. – 14-е изд., перераб., испр. и доп. – М. : Новая волна, 2002. – Т. 1. – 540 с. – ISBN 5-7864-0128-6.
4. Слесарев, В. И. Химия: Основы химии живого : учеб. для вузов / В. И. Слесарев. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Химиздат, 2001. – 784 с.

УДК [628.31: 546.56]:[628.35: 633.87]

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕДИ

**Глинина Елена Геннадьевна**, старший преподаватель кафедры общей неорганической и аналитической химии

**Ульянова Анастасия Сергеевна**, студентка III курса Института рыбного хозяйства, биологии и природопользования

Астраханский государственный технический университет

414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16,

тел. (8512) 61-44-22, e-mail: Genelal\_chemistru@astu.org

*Спектрофотометрическим методом исследовались процессы взаимодействия ионов меди (II) с танином в водных растворах. Определены условия, при которых образуются нерастворимые соединения. Приведены результаты осаждения ионов меди (II) из модельных растворов танином (фарм.) и экстрактами из листьев чая черного, коры дуба и коры акации. Потенциометрическим методом определено, что степень извлечения ионов меди (II) из модельных растворов с концентрацией  $10^{-3}$  и  $10^{-2}$  моль/л довольно высока и мало изменяется при замене танина на экстракты растительного сырья. Предложен способ очистки растворов от ионов меди (II) с использованием растительного сырья.*

**Ключевые слова:** растительное сырье, танин, экстракты, медь, очистка, сточные воды.

## THE USE OF VEGETABLE RAW MATERIALS TO PURIFY INDUSTRIAL WASTE WATERS FROM COPPER IONS

*Glinina Elena G., Ulyanova Anastasia S.*

*The processes of copper ions interaction with tannin in water solutions have been studied using the method of spectrophotometry. The conditions of insoluble compounds formation have been determined. The results of copper ions precipitation from model solutions with tannin (pharm.) and extracts of black tea leaves, oak bark and acacia bark are given. It has been determined by the potentiometric method that the degree of copper ions (II) extraction from model solutions with the concentration  $10^{-3}$  u  $10^{-2}$  mol per liter is rather high and hardly changes when tannin is replaced with vegetable extracts. The method of purifying solutions from copper ions using vegetable material is described in the article.*

**Key words:** vegetable raw materials, tannin, extracts, copper, purification, waste waters.

Сточные воды различных предприятий, попадая в окружающую среду и взаимодействуя с другими компонентами среды, негативно воздействуют на здоровье населения и биоразнообразие экосистем. Тяжелые металлы являются загрязнителями кумулятивного действия со специфическими токсическими свойствами. Разработка методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов – актуальное направление совершенствования природоохранных технологий. Предлагаются разнообразные способы очистки, но высокая стоимость и возможное вторичное загрязнение стоков реагентами затрудняет их внедрение. Перспективным направлением в разработке недорогих и эффективных способов очистки сточных вод является использование местного сырья и отходов производства [4].

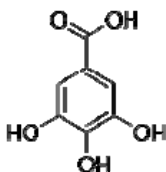
Почти во всех растениях содержатся дубильные вещества, главными активными компонентами которых являются танины – группа фенольных соединений растительного происхождения, содержащих большое количество групп ОН [1]. Танины содержатся в коре, древесине, листьях и плодах многих растений: чая, акации, дуба, каштана, ели, ливственницы, черники, зверобоя и других [3]. Известно, что танины образуют нерастворимые соединения с солями тяжелых металлов [2, 6]. Это свойство танина мы используем для очистки сточных вод различного происхождения от ионов меди (II).

Медь является одним из металлов, ионы которых содержатся в сточных водах многих предприятий [5]. Соединения меди даже при малых концентрациях тормозят развитие, а при больших (более 4 мг/л) – оказывают токсическое воздействие на водную фауну. Поэтому удаление из воды ионов меди (II) является чрезвычайно важной задачей.

Исследование процессов взаимодействия ионов меди (II) с водным раствором танина (фарм.), водными вытяжками из листьев чая черного, коры дуба и коры акации проводили спектрофотометрическим и потенциометрическим методами. Водные растворы с концентрацией ионов меди (II)  $10^{-1}$  моль/л готовили из кристаллического  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  марки «х.ч.». Раствор танина такой же концентрации получали растворением в воде кристаллического вещества танина (фарм.). Растворы меньшей концентрации готовили путем количественного разбавления. Измельченные листья чая черного, кору дуба и кору акации заливали кипящей водой, после остывания фильтровали. Водные экстракты разбавляли водой до оптической плотности раствора танина требуемой концентрации. Определенные значения pH от 3 до 11 поддерживали аммиачно-ацетатными буферными растворами.

Медь активно взаимодействует с танином при разных значениях pH с образованием нерастворимых соединений, устойчивых, сохраняющихся в течение длительного времени. В зависимости от реакции среды образуются осадки разной плотности (консистенции) и разной окраски. При добавлении буферов отдельно к растворам танина и соли меди подобных эффектов не наблюдается. В слабокислых, нейтральных и слабощелочных средах образуются объемные, плотные осадки, при увеличении pH плотность и количество осадков уменьшается и при pH = 9–10 наблюдается легкое помутнение, при pH = 11 образуются окрашенные растворы. В момент сливания в этих условиях интенсивность окраски растворов невелика. Видимо, происходит слабое взаимодействие компонентов, так как оптические плотности растворов с различным соотношением реагентов мало отличаются друг от друга. В спектрах поглощения смещение максимума незначительное ( $\Delta\lambda = 20$  нм). Наблюдается гипохромный эффект. Со временем цвет и интенсивность окраски изменяются. Анализ спектров изученных растворов показывает, что буферная смесь оказывает действие на танин, однако и в этом случае образования прочных соединений с медью не происходит.

Структурными элементами гидролизующихся танинов являются сложные эфиры галловой кислоты [2]:



Водный раствор танина имеет кислую реакцию среды, что связано с высокой подвижностью протона карбоксильной группы. Именно это позволяет ионам меди (II) активно взаимодействовать с танином, образуя нерастворимые в воде соли – таниды. Осуществляется связь между кислородом карбоксильной группы и ионом меди. Уменьшение кислотности раствора приводит к тому, что подвижность протона понижается, возможность образования связи иона меди (II) с карбоксильной группой падает и может происходить образование донорно-акцепторных связей. Но в этих условиях (pH = 11) не происходит образование прочного комплексного иона, хотя процесс комплексообразования, видимо, все-таки происходит.

Потенциометрическим методом с использованием иономера И-130 и ион-селективного электрода были исследованы процессы осаждения ионов меди танином и водными вытяжками из листьев чая черного, коры дуба и коры акации, получена количественная характеристика происходящих процессов.

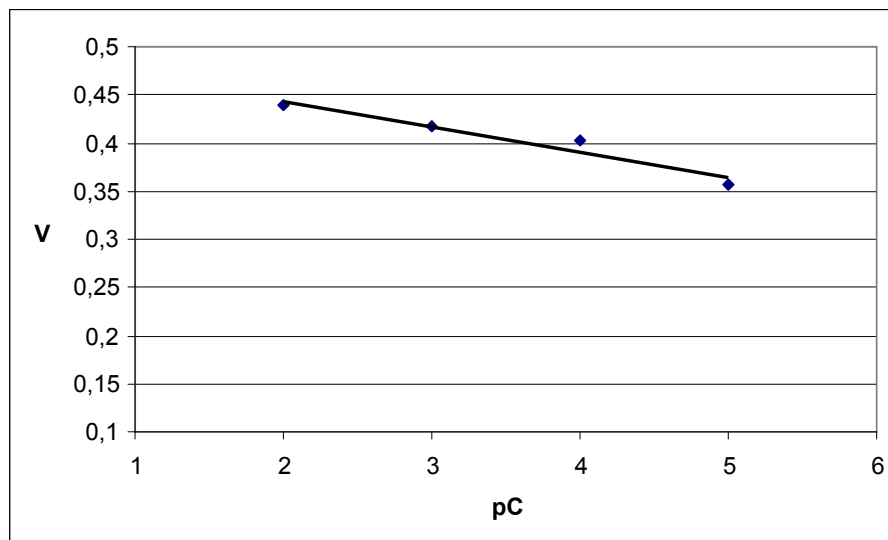


Рис. Зависимость потенциала от концентрации иона меди (II) в растворе

Системы с определенным соотношением компонентов получали сливанием исходных растворов без использования буферных смесей. Образовавшийся осадок отделяли и определяли концентрацию оставшихся в растворе ионов меди (II).

Таблица

**Результаты очистки модельных растворов от ионов меди (II)**

Осадитель	Концентрация ионов меди (II), моль/л		Степень извлечения ионов меди (II) из раствора, %
	до очистки	после очистки	
Танин	0,01	0,0010	90
Вытяжка из листьев чая черного	0,01	0,0012	88
Вытяжка из коры дуба	0,01	0,0010	90
Вытяжка из коры акации	0,01	0,0008	92
Танин	0,001	0,00003	97
Вытяжка из листьев чая черного	0,001	0,00003	97
Вытяжка из коры дуба	0,001	0,00007	93
Вытяжка из коры акации	0,001	0,00006	94

Результаты проведенных исследований показывают, что ионы меди осаждаются танином, остаточная концентрация ионов меди (II) в растворах невелика. В менее концентрированных растворах с концентрацией  $10^{-3}$  моль/л осаждение более эффективно, осаждается 97 % ионов меди. Из растворов с концентрацией ионов меди (II)  $10^{-2}$  моль/л извлечение меди происходит в меньшей степени, степень извлечения составляет 90 %. Замена танина водными вытяжками из листьев чая черного, коры дуба и коры акации очень в малой степени изменяет степень извлечения ионов из более концентрированных растворов. В менее концентрированных растворах степень очистки вытяжкой из листьев чая черного такая же, как и при использовании раствора танина. Вытяжки из коры дуба и акации осаждают ионы меди в меньшей степени, но степень извлечения при этом остается высокой.

Таким образом, водные вытяжки из листьев чая черного, коры дуба и коры акации являются эффективными осадителями ионов меди (II) из растворов, поэтому они могут использоваться для очистки сточных вод от этого иона. По всей видимости, для очистки сточных вод от меди и других тяжелых металлов может быть использовано и другое растительное сырье. Предложенный способ очистки является экологически безопасным, так как водные экстракты получают из природных растительных



материалов, что предотвращает вторичное загрязнение воды реагентом. Экономическая целесообразность метода определяется тем, что для получения экстрактов могут быть использованы отходы переработки растительного сырья.

**Библиографический список**

1. **Блажей, А.** Фенольные соединения растительного происхождения / А. Блажей, Л. Шутый. – М. : Мир, 1997. – 236 с.
2. **Зефирова, Н. С.** Химическая энциклопедия / Н. С. Зефирова [и др.]. – М. : Науч. изд-во «Большая рос. энцикл.», 1995. – Т. 4. – С. 493–494. – ISBN 5-85270-092-4
3. **Исламбеков, Ш. Ю.** Растительные дубильные вещества / Ш. Ю. Исламбеков, А. К. Каримджанов, С. М. Мавлянов // Химия природных соединений. – 1990. – № 3. – С. 293–307.
4. **Петросян, В. С.** Нормативы качества окружающей среды / В. С. Петросян, Д. Хан [и др.] // Гармонизация экол. стандартов (ГЭС) : промеж. отчет программы. – М., 2009. – 42 с. – Режим доступа: <http://www.irpc-russia.org>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
5. **Уоррен, С.** Нормативы качества воды, оценка качества воды, постановка целей в отношении качества воды, определение предельной величины сбросов, система разрешений / С. Уоррен // Нормативы качества окружающей среды : промеж. техн. отчет. – М., 2008. – 25 с.
6. **Шмелева, Л. И.** О возможности консервации документов, прожженных железогалловыми чернилами, с применением электрического тока / Л. И. Шмелева // Консервация памятников культуры в единстве и многообразии : мат-лы IV Междунар. конф. (21–24 октября, 2003 г., г. Санкт-Петербург). – СПб., 2003. – С. 165–166, 167–170.

УДК 544.723:544.032.2

**ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ НА ОПОКАХ И ДИФФУЗИИ  
В ГЛИНАХ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

*Джегола Людмила Александровна*, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической и физической химии

*Симакова Юлия Михайловна*, магистрант 1 года обучения по направлению «Органическая химия»

*Рублева Анна Викторовна*, студентка V курса химического факультета

*Никитина Ольга Валерьевна*, студентка IV курса химического факультета

*Уразалиева Ания Канатовна*, студентка IV курса химического факультета

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-00-96-(129), факс (8512) 44-02-24, e-mail: [djegola@mail.ru](mailto:djegola@mail.ru)

*Изучены диффузия в глинах и сорбционное концентрирование ионов Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup> опоками и глиной Астраханской области.*

*Найдены константы (K), сорбционная емкость (Γ<sub>∞</sub>) и термодинамические характеристики (ΔH, ΔG, ΔS) сорбции ионов металлов опокой и глиной из водных растворов.*

*Определены значения коэффициентов диффузии (D) ионов Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup> в глинах.*

*Результаты исследования могут стать основой в разработке модели геохимического барьера для аккумуляции токсичных веществ с целью очистки воды природных источников и сточных вод промышленных предприятий.*

**Ключевые слова:** диффузия, сорбция, природные сорбенты, цеолиты, ионометрия, тяжелые металлы, ионы Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup>.

**THE RESEARCH OF THE SORPTION BY THE ZEOLITE  
AND THE DIFFUSION IN THE MARLS OF IONS OF HEAVY METALS**  
*Djegola Lyudmila A., Simakova Yulia M., Rubleva Anna V., Nikitina Olga V., Urazalievaniya K.*

*Diffusion in the marls and the sorption concentration of the ions Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup> by the zeolite and the marls of the Astrakhan region were studied.*

*Constants (K), sorptive capacity of rocks (Γ<sub>∞</sub>) and thermodynamic characteristics (ΔH, ΔG, ΔS) of the sorption metals ions by the zeolite and the marls from the water solution were determined.*

*The implications of the diffusion constants  $t(D)$   $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^{+}$  ions in the marls were determined.*

*The research results can become the base for the creation of the geochemical barrier model for toxic substances storage with the purpose of the purification of water natural sources and manufacturing water.*

**Key words:** diffusion, sorption, natural sorbents, zeolites, ionometry, heavy metals, ions  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^{+}$ .

Функционирование гигантского газового комплекса в Астраханской области сопровождается естественными выделениями огромных объемов технических вод, способствующих изменению несущих способностей грунтов, повышению засоленности почв и химической агрессивности вод.

Среди загрязнителей биосферы наибольшую опасность представляют тяжелые и радиоактивные металлы (ртуть, свинец, цинк, железо, кадмий, цезий и др.), которые относятся к числу наиболее опасных для здоровья человека и животных загрязняющих веществ. Тяжелые металлы играют особую роль в биосфере. Они находятся в рассеянном состоянии, но при этом способны образовывать природные локальные аккумуляции, где их концентрация превышает предельно допустимые концентрации.

Накопившиеся техногенные изменения в водоносных пластах и грунтах за многие годы преобразуются в новую стабильную систему техногенеза, которая должна быть под постоянным контролем соответствующего мониторинга. На особом контроле должен быть механизм диффузии и накопления различных загрязнителей через подземные и грунтовые воды в естественные водоемы и реки.

#### **Определение сорбционных характеристик ионов $Hg^{2+}$ , $Cs^{+}$ , $Fe^{3+}$ , $Pb^{2+}$**

Определение сорбционных характеристик глин и опок Астраханской области [1] по отношению к ионам  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^{+}$  включало изучение изотерм и термодинамических характеристик сорбции этих ионов металлов.

При изучении сорбции и диффузии впервые использован ионометрический метод определения концентрации ионов  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^{+}$ . Метод основан на измерении потенциала ионселективных электродов (ИСЭ) на ионы ртути (II) «ХС- $Hg$ -001», свинца (II) «ХС- $Pb$ -001», железа (III) «ХС- $Fe$ -001», цезия / калия «Элит-031», погруженных в анализируемые растворы, относительно хлорсеребряного электрода сравнения «ЭВЛ-1МЗ.1». Измеряли потенциал электродов ( $E$ , мВ) в растворах анализатором жидкости «ЭКСПЕРТ-001-3» в режиме работы – вольтметр.

По результатам измерений и расчетов по методу наименьших квадратов строили градуировочные графики в координатах « $E - -lgC_i$ »: по оси ординат откладывали соответствующие значения потенциала ИСЭ ( $E$ , мВ), а по оси абсцисс – обратный логарифм концентрации ионов в стандартных растворах, используя которые, определяли концентрации ионов  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^{+}$  (рис. 1, 2).

Для построения градуировочных графиков в координатах « $E - -lgC_i$ » приготавливали растворы определяемых соединений, полученные путем последовательного разбавления исходных растворов нитрата ртути (II), нитрата свинца (II), хлорида железа (III), хлорида цезия (I) с концентрациями 1 моль/дм<sup>3</sup>.

В мерных колбах вместимостью 50 см<sup>3</sup> готовили растворы с концентрациями: нитрата ртути (II)  $1 \cdot 10^{-1}$ ,  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-5}$ ,  $1 \cdot 10^{-6}$  моль/дм<sup>3</sup>; нитрата свинца (II)  $1 \cdot 10^{-1}$ ,  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-5}$ ,  $1 \cdot 10^{-6}$ ,  $1 \cdot 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>; хлорида железа  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-5}$ ,  $1 \cdot 10^{-6}$ ,  $1 \cdot 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>; хлорида цезия  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-5}$ ,  $1 \cdot 10^{-6}$  моль/дм<sup>3</sup>, поддерживали постоянный солевой фон и рН среды. Для измерения потенциала ИСЭ переносили приготовленные растворы в химические стаканы вместимостью 50 см<sup>3</sup> и измеряли потенциал ИСЭ, переходя последовательно от меньших концентраций к большим.

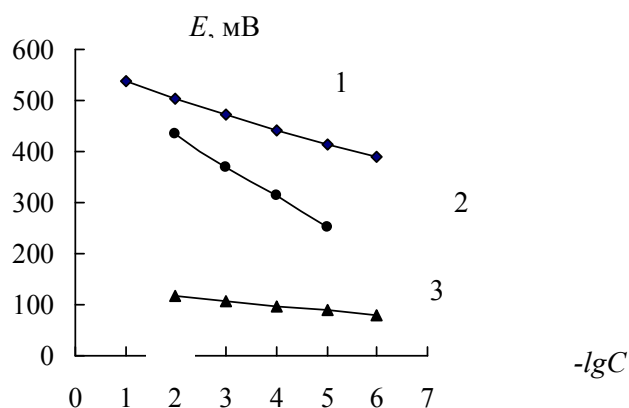


Рис. 1. Градуировочный график для определения ионов: 1 – Hg<sup>2+</sup>; 2 – Fe<sup>3+</sup>; 3 – Cs<sup>+</sup>

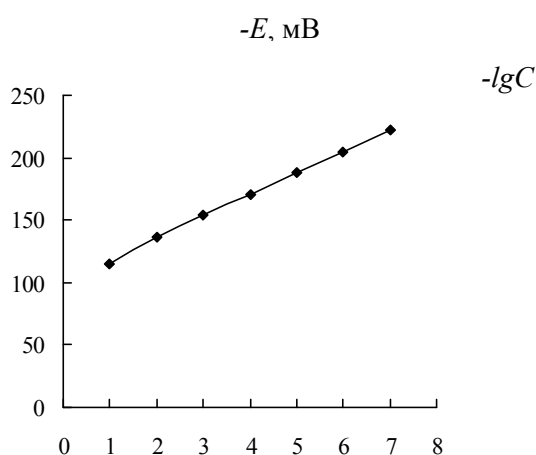


Рис. 2. Градуировочный график для определения ионов Pb<sup>2+</sup>

При изучении сорбции ионов Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup> глиной и опоками в мерных колбах емкостью 50 см<sup>3</sup> готовили по две серии растворов ионов Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup> в установленном интервале концентраций (градуировочные графики), поддерживали постоянный солевой фон и pH среды и измеряли потенциал ИСЭ в растворах. Далее, в первую серию растворов (отдельно для каждого иона) вносили по 2 г глины, а во вторую – по 2 г опок, интенсивно перемешивали 5–10 минут и вновь измеряли потенциал ИСЭ в растворах [3, 4].

Сорбцию (Γ, моль/г) оценивали через величины исходной (C<sub>0</sub>), равновесной [C] концентраций ионов Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup> и массы минерального сырья m:

$$\Gamma = \frac{C_{\text{сорб}}}{m} = \frac{(C_0 - [C]) \cdot V}{m}, \quad (1)$$

где C<sub>сорб</sub> – количество сорбированного вещества (моль/дм<sup>3</sup>); V – объем раствора (дм<sup>3</sup>), m – масса минерального сырья (г).

Константы сорбции (K) и емкость минерального сырья (Γ<sub>∞</sub>) рассчитывали графически с использованием уравнения Ленгмюра в линейной форме:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K} \cdot \frac{1}{[c]}. \quad (2)$$

Используя уравнение 3, 4 и найденные значения констант сорбции, рассчитали изменения энтальпии ( $\Delta H$ ) и изобарно-изотермического потенциала ( $\Delta G$ ) процесса сорбции:

$$\Delta H = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \ln \frac{K_2}{K_1}}{T_2 - T_1}, \quad (3)$$

$$\Delta G = -R \cdot T \cdot \ln K. \quad (4)$$

Значения  $\Delta H$  и  $\Delta G$  и уравнение 5 позволили рассчитать изменение энтропии сорбционного процесса  $\Delta S$ :

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S. \quad (5)$$

Для исследования десорбции данных ионов растворы декантировали, к глине и опокам добавляли 1 см<sup>3</sup> концентрированной  $HNO_3$ , кипятили, доводили объем дистиллированной водой до 50 см<sup>3</sup>, поддерживали постоянный солевой фон и pH среды и вновь измеряли потенциал ИСЭ. Результаты проведенных нами опытов приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

**Константы и термодинамические характеристики сорбции ионов металлов опок из водных растворов**

Характеристики сорбции	$Hg^{2+}$		$Cs^+$		$Fe^{3+}$		$Pb^{2+}$	
	Температура, К							
	275	298	278	293	273	292	275	295
Константы сорбции, $K$	$K \cdot 10^4$		$K \cdot 10^{-2}$					
	35,9	32,1	10,02	10,9	11,4	12,81	14,87	57,81
Емкость, $\Gamma_{\infty}$ , мг/г	87,20	35,20	16,61	22,15	11,2	37,3	36,85	207
$\Delta H$ , кДж/моль	-15,89		3,89		34,88		-41,32	
$-\Delta G$ , кДж/моль	29,23	31,08	15,96	17,03	17,09	16,24	16,58	21,28
$\Delta S$ , Дж/моль·К	-48,51	-51,52	71,45	-4,98	44,6		202,09	202,3

Отрицательные значения изобарно-изотермического потенциала (табл. 1, 2) свидетельствуют о самопроизвольном характере процесса сорбции, протекающего через стадию образования достаточно прочного активированного адсорбционного комплекса, что иллюстрируют значения энтропии в исследуемом интервале. Изотермы сорбции, термодинамические характеристики, константы и сорбционная емкость позволяют отметить, что процесс сорбции – экзотермический для ионов  $Hg^{2+}$  и  $Pb^{2+}$ , а для ионов  $Cs^+$  и  $Fe^{3+}$  – эндотермический. Кинетические исследования позволяют предположить, что начальная стадия механизма сорбции – ионный обмен, далее преобладает хемосорбция [5, 6, 7].

Таблица 2

**Константы и термодинамические характеристики сорбции ионов металлов глиной из водных растворов**

Характеристики сорбции	$Hg^{2+}$		$Cs^+$		$Fe^{3+}$		$Pb^{2+}$	
	Температура, К							
	275	298	278	293	273	292	275	295
Константы сорбции, $K$	$K \cdot 10^4$		$K \cdot 10^{-2}$					
	34,15	3,09	15,12	21,7	14,52	21,4	4,64	36,7
Емкость, $\Gamma_{\infty}$ , мг/г	466,06	463,96	12,4	16,5	9,33	20,0	126,27	517,5
$\Delta H$ , кДж/моль	-71,14		16,31		13,53		69,74	
$-\Delta G$ , кДж/моль	29,12	25,60	16,92	18,72	16,53	18,62	3,51	8,84
$\Delta S$ , Дж/моль·К	-0,36	-0,15	12,6	11,38	0,11		266,36	

Значительно большую емкость глины (табл. 1, 2), чем опок, можно объяснить, сравнивая состав и строение глинистых пород и минерального сырья – опок Астраханской

области. Кластеры поверхности сорбента на основе опок представляют собой природный ионофор [1]. При образовании адсорбционного комплекса, вероятно, участвуют вакантные орбитали ионов и *n*-электронные пары кислорода силанольных, силоксановых и мостиковых групп сорбента, образуя прочные донорно-акцепторные связи. Глина Астраханской области представляет собой глинистый минерал – каолинит, имеющий микроструктуру «книжного домика» со сквозными порами размером 2–3 мкм [2].

Полученные расчетные данные (табл. 1, 2) свидетельствуют о высокой сорбционной емкости опок и глин по отношению к исследуемым ионам.

#### Определение диффузионных характеристик ионов $Hg^{2+}$ , $Cs^+$ , $Fe^{3+}$ , $Pb^{2+}$

Моделирование диффузии осуществляли в пробах глины, имеющих форму прямоугольного параллелепипеда. Уравнение закона Фика описывает трехмерное распределение диффундирующего вещества (трехмерный поток диффузии), но гидродинамическая сущность этого распределения очень сложна и не может быть выражена в форме доступных количественных зависимостей. Поэтому направление потока диффузии рассматривали в одной плоскости (плоский поток). В этом случае градиенты концентрации рассматривали в направлении какой-то одной оси, например, вдоль оси «*x*».

В природных пластах местных глин отбирали пробы в виде параллелепипедов размером  $10 \times 5 \times 5$  см, в которых отбирали образцы глины диаметром 1 см и высотой 0,5 см, помещали образцы в химические стаканы емкостью 50 см<sup>3</sup> и заливали 5%-ми растворами нитрата ртути (II), нитрата свинца (II), хлорида железа (III) и хлорида цезия. Далее образцы глины, содержащие ионы  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^+$ , помещали обратно в центр изучаемой пробы. Параллелепипеды герметизировали в стеклянных кристаллизаторах и термостатировали при  $T \sim 295$  К. Далее, через 1, 6 и 24 часа на расстоянии от центра в изучаемой пробе 0,5, 1 и 3 см отбирали образцы глины.

Отобранные образцы глины помещали в химические стаканы емкостью 50 см<sup>3</sup> и по описанной выше методике десорбировали ионы  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^+$ , после чего, используя метод прямой потенциометрии и ионселективные электроды, измеряли потенциалы ИСЭ в этих растворах. Используя градуировочные графики (рис. 1, 2), находили концентрации ионов  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^+$  в растворах после десорбции, т.е. концентрации диффундирующего вещества на различных участках этой системы.

Используя полученные данные и сделав упрощающее допущение, что диффузия происходит в гомогенной среде, обладающей во всех точках одинаковыми диффузионными свойствами, рассчитали коэффициент диффузии (*D*):

$$D = \frac{m \cdot l}{(c_1 - c_2) \cdot S \cdot t}, \quad (6)$$

где *m* – исходное количество вещества в насыщенной пробе, г; *l* – расстояние вдоль потока диффузии, см; *S* – площадь сечения параллелепипеда, см<sup>2</sup>; *t* – время диффузии, с; *c*<sub>1</sub>, *c*<sub>2</sub> – соответственно, исходная и равновесная концентрации ионов, г/см<sup>3</sup>.

Результаты проведенных нами опытов приведены в таблице 3.

Таблица 3

#### Коэффициенты диффузии ионов $T \sim 295$ К

Расстояние от центра элементарного объема, <i>l</i> , см	Время отбора проб, ч	$Hg^{2+}$	$Fe^{3+}$	$Pb^{2+}$	$Cs^+$
		$D \cdot 10^4, \text{см}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$			$D \cdot 10^7, \text{см}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$
0,5	1	5,4	0,47	1,8	2,7
1	6	1,8	1,39	1,4	1,39
3	24	1,35	0,35	1,1	1,38

Полученные значения коэффициентов диффузии (табл. 3) сопоставимы с данными, полученными для плотных глиняных экранов, что свидетельствует о высоких задерживающих свойствах глины как одного из компонентов при моделировании геохимического барьера на пути загрязненных водоносных потоков.

**Библиографический список**

1. **Алыков, Н. М.** Опои Астраханской области : монография / Н. М. Алыков, Т. В. Алыкова [и др.]. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2005. – 140 с.
2. **Брилинг, И. А.** Фильтрация в глинистых породах / И. А. Брилинг. – М., 1984. – 57 с.
3. **Джигола, Л. А.** Изучение сорбционного концентрирования ионов цезия / Н. М. Алыков, Л. А. Джигола // Химия и химическая технология. – 2005. – Т. 48, № 2. – С. 87–90.
4. **Джигола, Л. А.** Использование природного сорбента для очистки водных объектов от ионов цезия / Н. М. Алыков, Л. А. Джигола // Экологические системы и приборы. – 2006. – № 6. – С. 12–15.
5. **Джигола, Л. А.** Моделирование инженерного геохимического барьера для концентрирования ионов железа (III) на основе изучения сорбционных и диффузионных равновесий / Л. А. Джигола, А. В. Рублева // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов : мат-лы III Междунар. науч. конф. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2009. – С. 207–213.
6. **Силантьева, И. Н.** Диффузия ионов свинца (II) в глинистых породах Астраханской области / И. Н. Силантьева // Геология, география и глобальная энергия. – 2008. – № 3 (30). – С. 137–139.
7. **Симакова, Ю. М.** Применение экспресс-метода ионометрии в изучении сорбции ионов ртути (II) / Ю. М. Симакова // Геология, география и глобальная энергия. – 2008. – № 3 (30). – С. 134–137.

УДК 502.31(52)

**МОДЕЛЬ ГЕОХИМИЧЕСКОГО БАРЬЕРА ДЛЯ АККУМУЛЯЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ ТОКСИЧНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ**

*Джигола Людмила Александровна*, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической и физической химии

*Симакова Юлия Михайловна*, магистрант 1 года обучения по направлению «Органическая химия»

*Рублева Анна Викторовна*, студентка V курса химического факультета

*Никитина Ольга Валерьевна*, студентка IV курса химического факультета

*Куаталиева Сабина Байбулатовна*, студентка IV курса химического факультета

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-00-96-(129), факс (8512) 44-02-24, e-mail: djegola@mail.ru

*Разработана модель геохимического барьера на основе минерального сырья Астраханской области для предотвращения загрязнения грунтов, почв и подземных вод тяжелыми токсичными и радиоактивными металлами в зонах их накопления и миграции.*

*На пути миграции техногенно-загрязненных потоков за пределами источников загрязнения создают геохимический барьер с многослойной изоляцией из опок и глины в виде траншеи или в виде котлована для локализации очага загрязнения в предполагаемом месте захоронения токсичных отходов. Моделирование барьера основано на изучении сорбционных и диффузионных равновесий.*

**Ключевые слова:** сорбция, диффузия, геохимический барьер, тяжелые металлы, ионометрия.

**THE GEOCHEMICAL BARRIER MODEL FOR HEAVY, TOXIC AND RADIOACTIVE METALS STORAGE**

*Djegola Lyudmila A., Simakova Yulia M., Rubleva Anna V., Nikitina Olga V., Kuatalieva Sabina B.*

*The geochemical barrier model on the based mineral Astrakhan region is developed for preventing of the pollution bottoms, ground and groundwater by heavy, toxic and radioactive metals in accumulation zones and migration.*

*On the path of the man-caused polluting flows migration outside of the pollution sources is produced geochemical barrier with multilayer insulation composed of the zeolite and the argil in the form of trench, or for localization of a center polluting in the form of pit proposed disposal site. The geochemical barrier model is based on the studying sorption and diffusion balances.*

**Key words:** *sorption, diffusion, geochemical barrier, heavy metals, ionometry.*

Все геохимические барьеры можно разделить на две группы: природные и синтетические (техногенные). Геосинтетические барьеры представляют собой листовые водонепроницаемые материалы, которые используются для гидроизоляции грунтовых сооружений. Подразделяются на полимерные геомембраны, битумные геомембраны и глиноматы [3].

Геоприродные барьеры имеют несколько классификаций. По агенту, приводящему к концентрации элементов, выделено 8 классов барьеров: кислородный, сероводородный, гелевый, щелочной, кислый, испарительный, сорбционный, термодинамический (несут информацию о природе аномалий).

Известен способ создания искусственного геохимического барьера для удержания тяжелых металлов, мигрирующих в техногенно-загрязненных потоках. На пути миграции потока создают поглотительный барьер путем бурения цепи скважин на расстоянии 4–5 м, в которые нагнетают растворы со временем гелеобразования 1–1,5 ч, формирующие гель, например, щавелево-алюмосиликатный, поглощающий тяжелые металлы. Недостатками этого способа являются невозможность прогнозирования предельного времени эксплуатации территории, отведенной под складирование указанных отходов, а также отсутствие оценки необходимой мощности экрана, обеспечивающей защиту подземных вод на период эксплуатации территории.

Существует также способ защиты от загрязнений подземных вод, где в предполагаемом месте захороняемых отходов создают экран, формируют наборы проб грунтовой толщи на глубину до первого водоносного горизонта защищаемой территории и наборы проб местных глин из ближайшего региона. Недостатками этого способа являются необходимость разделения пробы грунтовой толщи на слои; на отдельные участки территории; определение предельного времени функционирования геохимического барьера для каждого отдельного участка.

На пути миграционных потоков металлоносных вод формируют буферный слой (преимущественно из сульфидов), а барьер – непосредственно из гранулированных мелкодисперсных глин. Недостатком данного решения является то, что такой барьер не предотвращает фильтрации загрязненных растворов. При этом начальный период очистки загрязненных растворов от токсичных и радиоактивных веществ может быть достаточно длительным, но со временем, по достижении сорбционной емкости, эффективность барьера будет падать, через него будет проходить неочищенный загрязненный раствор и цель не будет достигнута.

Изучив классификацию геохимических барьеров и существующие аналоги, была разработана модель геохимического барьера на основе природного сырья Астраханской области: опок и глины. Для моделирования сорбционного геохимического барьера провели исследование сорбционных и диффузионных равновесий в системах «ионы  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^+$  – глина и опоки Астраханской области» [1, 2].

### Экспериментальная часть

Моделирование геохимического барьера в виде котлована, имеющего многослойную изоляцию, осуществляли следующим образом: на дне и стенках котлована укладывали слой глины, затем слой опок Астраханской области, затем слой глины (рис. 1).

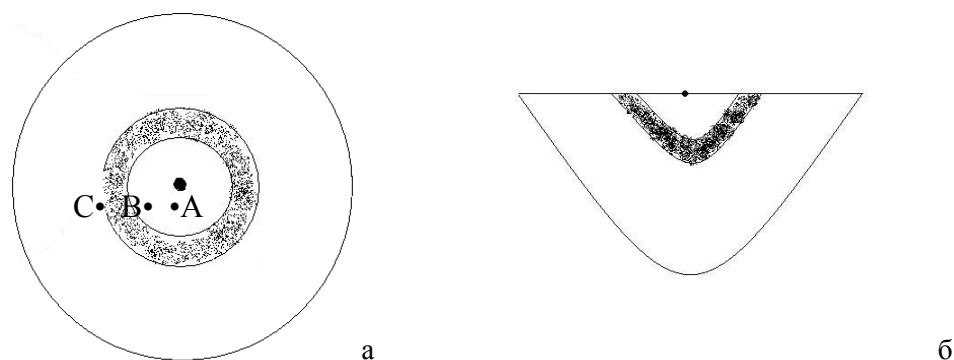


Рис. 1. Модель геохимического барьера для аккумуляции ионов токсичных металлов:  
а – вид модели сверху, б – вид модели на вертикальном срезе

Толщина и количество слоев геохимического барьера, характеризующие мощность поглощения, определяются аналитически на основе: сорбционной емкости ( $\Gamma_{\infty}$ ) по отношению к загрязняющему компоненту, предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющего компонента в данном объекте окружающей среды, концентрации в выбросах загрязненной территории и диффузионных характеристик.

Поглощающую и удерживающую способность геохимического барьера исследовали следующим образом: из центра смоделированного геохимического барьера (рис. 1) отбирали образец глины, насыщали ионами  $Hg^{2+}$ ,  $Cs^+$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$  (исследование проводили отдельно для каждого иона), помещали обратно в центр геохимического барьера, термостатировали при  $T \sim 295$  К. Через одни сутки в точках А, В и С (рис. 1а) отбирали образцы глины и опок в разных направлениях. Отобранные образцы глины и опок помещали в химические стаканы емкостью 50 см<sup>3</sup>, десорбировали ионы  $Hg^{2+}$ ,  $Cs^+$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ , после чего, используя метод прямой потенциометрии и ионселективные электроды, измеряли потенциалы ИСЭ в этих растворах. Используя градуировочные графики, находили концентрацию ионов  $Hg^{2+}$ ,  $Cs^+$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$  в растворах после десорбции, т.е. содержание данных ионов на различных участках модели геохимического барьера (табл. 1) [7, 8].

Таблица 1

**Содержание ионов металлов в модели геохимического барьера**

Место отбора проб в геохимическом барьере (рис. 1а)	[C], моль/дм <sup>3</sup>			
	$Hg^{2+}$	$Fe^{3+}$	$Pb^{2+}$	$Cs^+$
т. А	$1,25 \cdot 10^{-5}$	0	$0,1 \cdot 10^{-4}$	0
т. В	0	$10^{-2}$	$1,16 \cdot 10^{-4}$	$1,46 \cdot 10^{-6}$
т. С	0	0	0	0

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в толще слоев геохимического барьера необратимо аккумулируются ионы тяжелых токсичных и радиоактивных металлов. В зависимости от сорбционной способности металлов, их накопление происходит в различных слоях минерального сырья.

При диффузии ионов ртути  $Hg$  (II) накопление данных ионов происходит в слое из глины, перед слоем из минерального сорбента [5]. При диффузии ионов  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^+$  и  $Fe^{3+}$  [4, 6] происходит поглощение данных ионов слоем геохимического барьера из опок Астраханской области. Результаты работы позволяют отметить, что в толще слоев геохимического барьера будет происходить энергичное осаждение мигрирующих ионов  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cs^+$  (табл. 1).

Таким образом, установлено, что предлагаемый геохимический барьер будет служить надежным фильтром для загрязнителей на протяжении длительного периода



эксплуатации. Открытая поверхность предполагаемого сооружения не является источником аэрозольного загрязнения тяжелыми токсичными и радиоактивными металлами, также не возможна десорбция металлов под действием почвенных растворов, так как сорбция носит необратимый характер в условиях рассматриваемых экосистем. Использование природного минерального сырья не требует дополнительных затрат на привлечение высококвалифицированных специалистов для обслуживания и контроля над предлагаемым объектом, сбора и утилизации отработанного материала. Предлагаемая модель геохимического барьера не способствует вторичному загрязнению окружающей среды.

#### Библиографический список

1. *Алыков, Н. М.* Опои Астраханской области : монография / Н. М. Алыков, Т. В. Алыкова [и др.]. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2005. – 140 с.
2. *Брилинг, И. А.* Фильтрация в глинистых породах / И. А. Брилинг. – М., 1984. – 57 с.
3. *Геохимические барьеры в зоне гипергенеза* / под ред. Н. С. Касимова, А. Е. Воробьева. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 395 с.
4. *Джигола, Л. А.* Диффузия ионов калия в глинистых породах Астраханской области / Л. А. Джигола, О. В. Никитина, А. К. Уразалиева, С. Б. Куагалиева // *Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов* : мат-лы III Междунар. науч. конф. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2009. – С. 72–74.
5. *Джигола, Л. А.* Изучение сорбционных и диффузионных равновесий и разработка модели инженерного геохимического барьера для аккумуляции ионов ртути (II) / Л. А. Джигола, Ю. М. Симакова // *Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов* : мат-лы III Междунар. науч. конф. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2009. – С. 74–82.
6. *Джигола, Л. А.* Моделирование диффузии ионов свинца в глинистых породах / Л. А. Джигола, И. Н. Силантьева // *Фундаментальные и прикладные проблемы современной химии и материаловедения* : мат-лы Всерос. науч. конф. – Махачкала : ДГУ, 2008. – С. 163–165.
7. *Джигола, Л. А.* Моделирование инженерного геохимического барьера для концентрирования ионов железа (III) на основе изучения сорбционных и диффузионных равновесий / Л. А. Джигола, А. В. Рублева // *Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов* : мат-лы III Междунар. науч. конф. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2009. – С. 207–213.
8. *Джигола, Л. А.* Очистка воды и рассолов от калия, рубидия, цезия, кальция, стронция и бария / Л. А. Джигола, Т. В. Алыкова, Н. М. Алыков [и др.] // *Экология и промышленность России*. – 2004. – № 4. – С. 38–40.

УДК 543.4 : 543.8

### АНТИГИСТАМИННЫЕ ПРЕПАРАТЫ, ПРОБЛЕМЫ ПОИСКА НОВЫХ И ПРОФИЛЬ ИХ БЕЗОПАСНОСТИ

*Кутловская Елена Вячеславовна*, аспирант кафедры аналитической и физической химии

Астраханский государственный университет

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-02-24, факс (8512) 44-02-95, e-mail: kutlovskaya-elena@yandex.ru

*Рассматривается классификация и механизм воздействия антигистаминных препаратов, побочные эффекты и профиль их безопасности. Приведены разработки новых комбинаций антигистаминных препаратов. Данные препараты в своем составе содержат антигистаминное соединение и другие вспомогательные вещества, позволяющие избежать многих побочных эффектов. Представлены основные требования, предъявляемые к антигистаминным препаратам на современном этапе.*

**Ключевые слова:** антигистаминные препараты, классификация, механизм воздействия, профиль безопасности.

ANTIHISTAMINIC PREPARATIONS, THE PROBLEMS OF PURSUIT NEW ONES  
AND PROFILE OF THEIR SAFETY

*Kutlovskaya Elena V.*

*The classification and the influence of mechanism of antihistaminic preparations, effect and profile of their safety have been viewed in the article. The models of combinations of new of antihistaminic preparations are given.*

*The preparations contain antihistaminic combination and other auxiliary substances allow to avoid many effects. Demands for antihistaminic preparations at modern stage are given.*

**Key words:** *antihistaminic preparations, the classification, the influence mechanism, profile safety.*

Антигистаминные препараты – группа веществ, способных подавлять действие свободного гистамина – биологически активного вещества, содержащегося в клетках и тканях. Антигистаминные препараты снимают вызываемый гистамином спазм гладкой мускулатуры бронхов и кишечника, уменьшают проницаемость капилляров, препятствуют развитию отека тканей, вызываемого им, облегчают течение аллергических реакций. Механизм действия антигистаминных препаратов окончательно не выяснен. Предполагают, что антигистаминная активность данных препаратов объясняется вытеснением ими гистамина из биохимических тканевых систем и блокированием рецепторов клеток гладкой мускулатуры и желез. Есть данные, что антигистаминные препараты повышают активность гистаминазы – фермента, способствующего распаду гистамина. Наряду с противогистаминным действием, многие антигистаминные препараты угнетающе влияют на центральную нервную систему, вызывают снотворный эффект, усиливают действие наркотических, снотворных, анальгезирующих и местноанестезирующих средств, снижают температуру тела, обладают противовоспалительным действием, предупреждают тошноту и рвоту при морской и воздушной болезнях, успокаивают рвоту у беременных и т.д. Эти свойства наиболее выражены у дипразина, этизина, в несколько меньшей степени – у димедрола и значительно слабее – у супрастина; некоторые антигистаминные препараты, например, диазолин, угнетающего действия на центральную нервную систему не оказывают. Антигистаминные препараты применяют, главным образом, при аллергических заболеваниях, в начальной стадии бронхиальной астмы, при болезни Меньера и т.п. Ряд антигистаминных препаратов (димедрол, дипразин) можно использовать для предупреждения воздушной и морской болезней, а также при лечении паркинсонизма, хореи, чрезмерной рвоты беременных, для устранения симптомов лучевой болезни и т.п.

Антигистаминные препараты применяют по назначению врача внутрь, реже – в инъекциях (подкожных, внутримышечных, внутривенных). Антигистаминные препараты обычно хорошо переносятся больными. Однако у некоторых они вызывают головокружение. При длительном применении иногда возникают изменения крови (лейкопения). Большинство антигистаминных препаратов, в связи с их угнетающим действием на центральную нервную систему, нельзя принимать при выполнении работы, требующей быстрой умственной и физической реакции (например, вождение автомобиля) [2].

Среди антигистаминных препаратов можно выделить три основные группы лекарственных средств, используемых в лечении аллергических заболеваний кожи:

- препараты, блокирующие  $H_1$ -гистаминовые рецепторы (антигистаминные препараты первой, второй и третьей генерации). Эта группа препаратов назначается в период обострения заболевания, для снятия симптомов крапивницы (симптоматическая терапия);
- препараты, повышающие способность сыворотки крови связывать гистамин (в частности, гистаглобулины). Эти препараты назначают в качестве неспецифической гипосенсибилизации и для снижения чувствительности рецепторов к гистамину;
- препараты, тормозящие высвобождение гистамина из тучных клеток (кетотифен, кромолин-натрий и др.). Препараты этой группы назначают на длительный срок как базисную неспецифическую терапию профилактической направленности [1].

Выделяют три поколения антигистаминных препаратов, блокирующих гистаминовые рецепторы – блокаторы  $H_1$ -рецепторов: антигистаминные препараты 1, 2 и 3 поколения. Антигистаминные препараты 1-го поколения относятся к числу наиболее

используемых в мире в течение десятков лет (табл. 1). Нередко они отпускаются даже без рецепта врача.

Таблица 1

**H<sub>1</sub>-противогистаминные препараты 1-го поколения**

Классы	Торговое название
Этаноламины	Димедрол
	Драмина
	Доксиламин
	Тавегил
	Ринопронт
	Кодипронт
Фенотиазины	Пипольфен
	Тиrolен
Этилендиамины	Супрастин
	Сперсалерг
Алкиламины	Фенистил
Пиперазины	Атаракс
	Бонин
Пипиредины	Перитол
Перидонидолы	Диазолин
Хинуклидины	Бикарфен
	Фенкарол
Бензоциклогептатиофены	Задитен
Оксатомид	Тинсет
Фталазиноны	Аллергшодил
Пиперидин-карбоновые кислоты	Гистимет

Антагонисты H<sub>1</sub>-рецепторов представляют собой азотистые основания, содержащие алифатическую боковую цепь (как и в молекуле гистамина) замещенного этиламина, которая является важнейшей для проявления противогистаминной активности. Боковая цепь присоединена к одному или двум циклическим или гетероциклическим кольцам, в качестве которых могут выступать пиридин, пиперидин, пирролидин, пиперазин, фенотиазин, имидазол. Присоединение боковой цепи осуществляется через «соединительный» атом азота, углерода или кислорода.

H<sub>1</sub>-антагонисты обладают следующими свойствами, связанными с химической структурой:

- липофильными, связанными с наличием в молекуле различных ароматических или гетероциклических колец и алкильных заместителей;

- основными свойствами нитрогруппы;

- особенностью «соединительного» атома (в зависимости от природы этого атома классические противогистаминные препараты принято делить на 6 основных групп: этаноламины, фенотиазины, этилендиамины, алкиламины, пиперазины, пиперидины).

Но как показали многочисленные исследования, H<sub>1</sub>-антигистаминные препараты 1-го поколения вызывают целый ряд побочных эффектов (среди которых наиболее выраженный – седативный эффект), ограничивающих их применение в клинике [1].

**Основные побочные эффекты H<sub>1</sub>-антигистаминных препаратов 1-го поколения:**

- блокада рецепторов других медиаторов (например, M–холинорецепторов, что проявляется в виде сухости слизистых полости рта, носа, горла, бронхов; редко – расстройство мочеиспускания и ухудшение зрения);

- местноанестезирующее действие;

- хинидино-подобное действие на сердечную мышцу;

- анальгезирующий эффект и усиливающее действие по отношению к анальгетикам;
- противорвотное действие;
- действие на ЦНС (седативный эффект, нарушение координации, головокружение, вялость, снижение способности концентрировать внимание);
- повышение аппетита;
- расстройства ЖКТ (тошнота, рвота, понос, потеря аппетита, неприятные ощущения в эпигастрии);
- тахифилаксия (снижение терапевтического действия при длительном применении).

Классические  $H_1$ -антагонисты являются конкурентными блокаторами  $H_1$ -рецепторов, поэтому связывание их с рецептором обратимо. Для достижения основного фармакологического эффекта необходимо использовать относительно высокие дозы таких препаратов, при этом легче и чаще проявляются нежелательные побочные эффекты классических  $H_1$ -противогистаминных средств. Кроме того, большинство этих препаратов оказывают кратковременное действие, а значит их необходимо принимать 3–4 раза в сутки [1].

В России, в лаборатории М.Д. Машковского создана новая группа – хинуклидиновые производные: квифенадин и секвифенадин. Квифенадин обладает низкой липофильностью, плохо проникает через гематоэнцефалический барьер и поэтому в меньшей степени имеет седативные свойства. Он не вызывает адренолитический и холинолитический эффекты. Помимо блокады  $H_1$ -рецепторов, квифенадин уменьшает содержание гистамина в тканях за счет активации диаминоксидазы, инактивирующей гистамин. Секвифенадин, кроме блокады  $H_1$ -рецепторов, блокирует и серотониновые рецепторы 1 типа, с этим свойством связано более выраженное противозудное действие бикарфена [1].

Антигистаминные препараты 2-го поколения по способности блокировать периферические  $H_1$ -рецепторы сопоставимы с препаратами 1-го поколения, но они не проникают через гематоэнцефалический барьер, а потому не вызывают седативного эффекта. Антигистаминные препараты 2-го поколения стали широко использоваться в клинике в 80-е гг. (табл. 2).

Таблица 2

**$H_1$  – противогистаминные препараты 2-го поколения**

Классы	Торговое название
Пиперидиновые	Трексил
Пиперидин-имидазоловые	Гисманал
Азатидиновые	Ломилан
Трипролидиновые	Семпрекс
Пиперазиновые	Зиртек
Оксипиперидиновые	Кестин

Антигистаминные препараты 2-го поколения связываются с  $H_1$ -рецепторами неконкурентно. Такие соединения с трудом могут быть вытеснены с рецептора, а образовавшийся лиганд-рецепторный комплекс диссоциирует сравнительно медленно, чем и объясняется их более продолжительное действие. У этой группы препаратов также были выявлены серьезные побочные фармакологические эффекты, связанные с их кардиотоксичностью. В терапевтических дозах эти препараты обладают хорошим профилем безопасности. Однако при замедлении метаболизма этих препаратов ферментами печени (CYP3A4 системы цитохрома P450) происходит накопление неметаболизированных исходных форм, что приводит к нарушению сердечного ритма (желудочковая «веретенообразная» тахикардия, на ЭКГ – удлинение интервала QT). Такое осложнение может возникнуть у больных с нарушениями функции печени при одновременном применении макролидов, противогрибковых производных имидазола, других медикаментов и пищевых компонентов, которые тормозят оксигеназную

активность СYP3A4 системы цитохрома P450. Указанный побочный эффект характерен для терфенадина, астемизола и лоратадина.

Все современные антигистаминные препараты в равной степени блокируют гистаминовые рецепторы (H<sub>1</sub>-рецепторы), но отличаются профилем безопасности.

Наиболее низким профилем безопасности обладали антигистаминные препараты 2-го поколения – терфенадин и астемизол.

Основными противопоказаниями для назначения антигистаминных препаратов 2-го поколения являются:

- одновременное применение с кетоконазолом, интраконазолом или миконазолом;
- одновременное применение с макролидами;
- одновременное применение с хинином;
- одновременное применение с лекарственными средствами, способными удлинять интервал QT, включая антиаритмические средства;
- нарушения сердечного ритма;
- некомпенсированные заболевания сердечно-сосудистой, нейроэндокринной системы, печени, почек;
- врожденное удлинение интервала QT на ЭКГ;
- беременность и период лактации.

В 1997 г. Администрация по контролю пищевых и лекарственных продуктов США (FDA) потребовала запретить использование терфенадина – первого неседативного антигистаминного препарата 2-го поколения. Позже был запрещен к применению и астемизол. Как уже говорилось выше, это было связано с тем, что при наличии клинического эффекта, сопоставимого с другими антигистаминными средствами, при применении терфенадина и астемизола отмечался высокий коэффициент риска кардиотоксического эффекта. С 2001 г. эти препараты запрещены к применению и в России [1].

Хорошо зарекомендовал себя препарат Международной фармацевтической компании “Lek” (Словения) – лоратадин (ломилан).

Лоратадин (ломилан) быстро всасывается из желудочно-кишечного тракта после перорального приема. Характеризуется высокой степенью связывания с белками плазмы и хорошим объемом распределения. Эффект проявляется через полчаса после приема и сохраняется на протяжении 24 часов. Метаболизируется в печени. Характеризуется выраженным эффектом «первого прохождения через печень». Период полувыведения составляет для лоратадина 7–11 часов, для активного метаболита – 17–24 часа. Выводится в виде метаболитов почками (около 40 %) и кишечником (около 41 %). Фармакокинетические параметры лоратадина (ломилана) существенно не изменяются у пожилых пациентов и пациентов с почечной недостаточностью [1].

За последние годы прослеживается тенденция изобретения и использования комбинаций антигистаминных соединений и других вспомогательных веществ, позволяющих избежать многих побочных эффектов. Глазные антигистаминные капли – изобретение, которое относится к химико-фармацевтической промышленности, а именно – к созданию офтальмологической композиции, обладающей антигистаминной активностью. Антигистаминные глазные капли содержат цинка сульфат, дифенгидрамина гидрохлорид, нафазолина гидрохлорид, натрия цитрат, кислоту лимонную, бензалкония хлорид, метиленовый синий, натрия хлорид, гидроксипропилметилцеллюлозу 4000, натрия гидроксид и дистиллированную воду, взятые в определенном весовом соотношении. Изобретение обеспечивает расширение спектра фармакологического действия при таких заболеваниях, как аллергический конъюнктивит, блефарит, крапивница век, укусах комаров [4].

Предложена новая комбинация не оказывающих седативного действия противогистаминных средств с соединениями, влияющими на действие лейкотриена. Изобретение относится к лекарственным средствам, а именно – к фармацевтическому препарату и лекарственному средству для местного применения, предназначенному для лечения аллергического и/или вазомоторного ринита, соответственно, аллергического конъюнктивита, содержащего 50–500 мкг азеластина, 100–2000 мкг антагониста лейкотриена, пред-

ставляющего собой антагонист лейкотриена D4 (монтелукаст, зафирлукаст или пранлукаст) или ингибитор 5 липоксигеназы (зилейтон, пирипост или AWD 23-115) и обычные физиологически приемлемые носители, а также к способу получения указанного лекарственного средства. Заявленное лекарственное средство и фармацевтический препарат характеризуются быстро достигаемым терапевтическим эффектом, сохраняющимся в течение длительного времени, а также высокой терапевтической эффективностью за счет синергетического действия указанной комбинации [5].

Изобретена новая полиморфная кристаллическая форма 4-[2-[4-[1-(2-этоксиэтил)-1H-бензимидазол-2-ил]-1-пиперидинил]этил]- $\alpha$  -диметил-бензолуксусной кислоты (биластин). Описывается полиморф 1 биластина со следующими параметрами кристаллической решетки, согласно данным рентгеноструктурного анализа:

- кристаллографическая система – моноклинная;
- пространственная группа – P2 (1)/c;
- размер кристалла – 0,56 × 0,45 × 0,24 мм;
- параметры ячейки: A = 23,38 (5), A(ангстрем),  $\alpha = 90^\circ$ ;
- b = 8,829 (17) A,  $\beta = 90^\circ$ ;
- c = 12,59 (2) A,  $\gamma = 90^\circ$ ;
- объем – 2600 A<sup>3</sup>;
- z, рассчитанная плотность – 4, 1,184 мг/м<sup>3</sup>.

Также описываются способ получения полиморфа 1 биластина, фармацевтический состав, содержащий полиморф 1, и его применение для лечения гистамин-опосредованных аллергических реакций и патологических процессов [10].

Разработан состав для ухода за кожей при зудящих дерматозах. Состав содержит эфирные масла различных растений, цитросепт и масло кедровых орехов холодного прессования. Предлагаемый состав обладает стойким воздействием на аллергический и воспалительный процессы и может быть использован в качестве вспомогательного средства при лечении зудящих дерматозов и аллергических реакций после гирудотерапии [3].

Предложены таблетки, содержащие цетиризин и псевдоэфедрин для лечения аллергических нарушений. Новизна идеи заключается в том, что настоящее изобретение относится к таблетке, содержащей два отдельных слоя. Более конкретно изобретение относится к комбинациям двух фармацевтических веществ, один из которых – цетиризин, а другой – псевдоэфедрин, и приготовлено таким образом, что весовое отношение псевдоэфедрина и цетиризина составляет 12 : 30, псевдоэфедриновый сегмент содержит инертные фармацевтические эксципиенты и подщелачивающий агент и что фармакокинетические профили цетиризина и псевдоэфедрина практически аналогичны фармакокинетическим профилям лекарственных препаратов, содержащих каждый из этих ингредиентов в отдельности в тех же количествах. Изобретение обеспечивает создание комбинации фармацевтических веществ, пригодных для лечения, избегая при этом побочных эффектов [11].

Предложена композиция для лечения аллергических заболеваний, включающая фексофенадин, поливинилпирролидон, сахар молочный, микрокристаллическую целлюлозу, кроскармелозу натрия и соль стеариновой кислоты. Композиция может быть выполнена в виде таблетки с желудочно-растворимой оболочкой. Композиция обладает быстрым высвобождением активного вещества и не оказывает побочного действия на желудочно-кишечный тракт [6].

Предложена композиция, содержащая глюкозамина гидрохлорид, используемая для лечения ревматоидных артрозов, остеоартрозов. Изобретение заключается в том, что предлагаемые суппозитории содержат на 1 суппозиторий, массой 2,0–2,5 (г): глюкозамина гидрохлорид 0,475–0,525; твердый жир или смесь полиэтиленгликолей с М.м. – 1500 и 400 (95 : 5) – остальное. Изобретение обеспечивает увеличение биодоступности глюкозамина, влияет на снижение уровня аллергических реакций [9].

Получен аллергоид для аллерген-специфической иммунотерапии больных с аллергическими реакциями на укусы пчелами, содержит аллергенные фракции с молекулярной массой 3–12; 16–31; 38–46, а также 20 и 60 kD, и получен путем полимеризации

зации суммарно аллергенной фракции формальдегидом и стабилизации NaBH<sub>4</sub>. Способ получения аллергоида характеризуется тем, что яд пчел экстрагируют, при этом яд растворяют в физрастворе, далее стабилизируют сывороточным альбумином человека, осветляют, затем очищают диализом не более 3 ч и выделяют суммарную аллергенную фракцию с молекулярной массой 3–12; 16–31; 38–46, а также 20 и 60 kD, которую затем обрабатывают формальдегидом для полимеризации белков при смене температуры от 4 до 22 °С, по окончании полимеризации проводят диализ, центрифугируют при 6000 об./мин в течение 30 мин, полученный аллергоид стабилизируют NaBH<sub>4</sub> и лиофильно высушивают. Изобретение обеспечивает получение аллергоида с высокой специфической активностью и безопасностью при применении [8].

Разработана фармацевтическая композиция с антиаллергическим и противовоспалительным действием. Изобретение заключается в том, что оно включает в качестве действующего вещества комбинацию бетаметазона дипропионата и гентамицина сульфата и целевые добавки, в качестве которых используют нипагин, пропиленгликоль, масло вазелиновое медицинское, трилон Б, эмульгатор, буферные вещества и воду. Фармацевтическая композиция выполнена в виде крема. Изобретение обеспечивает многонаправленный терапевтический эффект, имеет срок годности 2 года [7].

**В настоящее время к антигистаминным препаратам предъявляют строгие требования, прежде всего они должны обладать:**

- высокоселективной блокирующей H<sub>1</sub>-гистаминовой активностью;
- высокой клинической эффективностью при аллергических заболеваниях (КАР, САР, ХРК и др.);
- высоким профилем безопасности;
- быстрым всасыванием и началом действия;
- высокой биодоступностью и длительным периодом полувыведения, которые позволяют добиться длительного клинического эффекта после однократного введения (не менее 24 часов);
- возможностью использовать вместе с другими группами медикаментов (антибиотики, противогрибковые, сердечные средства и др.), а также при отсутствии;
- способностью изменять дозу при нарушениях функции ЖКТ, гепатобиллиарной, мочевыделительной, сердечно-сосудистой систем и др. в пожилом и старческом возрасте;
- тахифилаксией;
- кумуляцией и пр.

При выборе антигистаминного препарата необходимо учитывать индивидуальную чувствительность пациента к противогистаминному действию конкретного медикамента.

Другим важнейшим фактором выбора является оценка потенциальной возможности нежелательных эффектов, т.е. профиля безопасности [1].

#### **Библиографический список**

1. *Лусс, Л. В.* Хроническая рецидивирующая крапивница, проблемы диагностики и терапии. Роль антигистаминных препаратов в лечении хронической рецидивирующей крапивницы / Л. В. Лусс. – М. : ГНЦ Институт иммунологии МЗ. – Режим доступа: <http://www.yandex.ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. *Машковский, М. Д.* Лекарственные средства / М. Д. Машковский. – 14-е изд., перераб., испр. и доп. – М. : Новая волна, 2004. – 608 с.
3. *Пат. 2288734* Российская Федерация. Состав для ухода за кожей, обладающий противозудным эффектом / Коршикова Ю. И. ; заявитель и патентообладатель Коршикова Ю. И. – опубл. 10.12.06, БИ № 34.
4. *Пат. 2281086* Российская Федерация. Глазные антигистаминные капли / Анисимов С. Н. ; заявитель и патентообладатель Анисимов С. Н. – опубл. 10.08.06, БИ № 22.
5. *Пат. 2292208* Российская Федерация. Новая комбинация не оказывающих седативного действия противогистаминных средств с соединениями, влияющими на действие лейкотриена, для лечения ринита, конъюнктивита / заявитель и патентообладатель Виатрис ГМБХ УНД КО. КГ. – опубл. 27.01.07, БИ № 3.

6. **Пат. 2283649** Российская Федерация. Фармацевтическая композиция для лечения аллергических заболеваний / заявитель и патентообладатель ОАО «АКРИХИН». – опубл. 20.09.06, БИ № 26.

7. **Пат. 2281102** Российская Федерация. Фармацевтическая композиция с антиаллергическим и противовоспалительным действием / заявитель и патентообладатель ОАО «АКРИХИН». – опубл. 10.08.06, БИ № 22.

8. **Пат. 2279888** Российская Федерация. Аллергоид из яда пчел для аллерген-специфической иммунотерапии больных с аллергическими реакциями на ужаление пчелами и способ его получения / Орлова И. А. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Орлова И. А., Мартынов А. И., Федоскова Т. Г. – опубл. 20.07.06, БИ № 21.

9. **Пат. 2281755** Российская Федерация. Композиция – лекарственная форма противоартрозного средства глюкозамина гидрохлорида для ректального применения / заявитель и патентообладатель Пятигорская гос. фармацевт. академия. – опубл. 20.08.06, БИ № 23.

10. **Пат. 2288917** Российская Федерация. Полиморф 4-[2-[4-[1-(2-этоксипропил)-1H-бензимидазол-2-ил]-1-пиперидинил] этил]-альфа, альфа-диметилуксусной кислоты, способ его получения, фармацевтический препарат на его основе и его применение / заявитель и патентообладатель ФАЭС ФАРМА С.А. – опубл. 10.12.06, БИ № 34.

11. **Пат. 2286784** Российская Федерация. Таблетка, содержащая цетиризин и псевдоэфедрин / заявитель и патентообладатель ЮСиБИ ФАРШИМ С.А. – опубл. 10.11.06, БИ № 32.

УДК 543.066

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ТЕТРАЦИКЛИНА НА РАЗЛИЧНЫХ СОРБЕНТАХ

**Салмахаева Альфия Маниуровна**, аспирант кафедры аналитической и физической химии

Астраханский государственный университет

416056, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1,

тел. (8512) 44-00-96 – (129), факс (8512) 44-02-24, e-mail: alfiya2007@mail.ru

*Изучена сорбция тетрациклина сорбентами СВ-1-М, силикагелем КСМГ, силикагелем А-60, оксидом алюминия. Установлено, что наиболее интенсивно поглощают ТЦ сорбент СВ-1-М и силикагель КСМГ. Также была изучена адсорбция ионов железа (III) на размолотом КСМГ. Результаты опытов свидетельствуют о том, что при рН, оптимальном для сорбции ТЦ, железо (III) на КСМГ практически не сорбируется, но хорошо сорбируется на КСМГ, на котором сорбировали ТЦ. Показано, что Fe(III) в соединении с тетрациклином на сорбенте образует интенсивно окрашенный комплекс с  $K_4[Fe(CN)_6]$ , причем интенсивность окраски меняется в зависимости от концентрации тетрациклина. Дан механизм сорбции.*

**Ключевые слова:** тетрациклин, адсорбция, сорбент, комплекс, биологическая жидкость.

### STUDY OF SORPTION CONCENTRATION OF TETRACYCLINE ON VARIOUS SORBENTS

**Salmakhaeva Alfiya M.**

*Sorption of tetracycline sorbents S-1-M, KSMG silica gel, silica gel A-60, aluminum oxide was studied. The most intensely absorbing TC sorbent S-1-M and silica gel KSMG were determined. The adsorption of ions of iron (III) on milled KSMG was also researched. The experimental results indicate that the optimum pH for the sorption of TC, iron (III) on KSMG hardly sorbed, but well sorbed on KSMG, which were adsorbed by TC. Fe (III) in conjunction with tetracycline on a sorbent forms an intensely colored complex with  $K_4[Fe(CN)_6]$ , and the intensity of color varies depending on the concentration of tetracycline. The mechanism of sorption is presented.*

**Key words:** tetracycline, adsorption, sorbent, complex, biological fluid.

Тетрациклиновые антибиотики занимают важное место среди средств химиотерапии различных заболеваний, а также для создания методов диагностики при возникновении ряда заболеваний. Так, тетрациклин (ТЦ) является средством при контроле за ростом и развитием злокачественных опухолей [1].



Это диктует необходимость определения наличия и концентрации ТЦ в биологических объектах. Эффективность отделения тетрациклина от матрицы достигается предварительным его сорбционным концентрированием.

В качестве сорбентов для сорбционного концентрирования ТЦ нами были рассмотрены сорбент СВ-1-М, силикагель КСМГ, силикагель А-60, оксид алюминия.

### Экспериментальная часть и обсуждение результатов

*Реагенты и аппаратура.* Тетрациклин для инъекций, с содержанием основного вещества 98,0 %. Хлорид железа получен из  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  х.ч. Феррицианид калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , х.ч. Буферные растворы аммонийно-ацетатные с рН от 3 до 10. Среды с иными значениями рН создавали из растворов хлороводородной кислоты.

Сорбенты: СВ-1-М – продукт химической переработки опок Астраханской области; силикагель КСМГ – технический, размолотый до размеров частиц от 80 до 120 нм, промытый этанолом и водой и высушенный при температуре 100–105 °С до постоянной массы (остаточная влажность ~ 2 %); оксид алюминия, силикагель для колоночной хроматографии 60-А с размерами частиц от 60 до 200 мкм.

Ионная сила –  $\mu = 0,05$  (КС1). Температура растворов поддерживалась постоянной с точностью  $\pm 0,5$  К с помощью термокамеры ТК-1, рН контролировали иономером «Эконикс-эксперт 001-3» с набором электродов для рН-метрии. Оптические плотности растворов измеряли на концентрационном спектрофотометре ПЭ – 5400 В.

*Изучение влияния рН на адсорбцию.* Растворы тетрациклина окрашены в желтый цвет с разной интенсивностью в зависимости от рН. В связи с этим вначале были измерены оптические плотности растворов ТЦ при различных рН. Далее вносили в каждый раствор по 0,2 г сорбента, встряхивали, центрифугировали и измеряли оптические плотности центрифугатов. Строили графики зависимости «оптическая плотность – рН».

Согласно экспериментальным данным, сорбция ТЦ на изученных сорбентах происходит удовлетворительно в области рН от 2 до 6.

*Изотермы сорбции.* Изотермы сорбции ТЦ изучены в статическом режиме при рН = 3. Для этого приготавливали две серии растворов ТЦ (по 15 см<sup>3</sup>) с концентрациями от  $0,5 \cdot 10^{-4}$  до  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>, во вторую серию растворов вносили по 0,2 г сорбента, встряхивали 10 мин, центрифугировали 15 мин (3000 об./мин). Отбирали из растворов первой серии и осветленных растворов второй серии по 10 см<sup>3</sup>, в отобранные растворы первой и второй серии вносили по 1 см<sup>3</sup> · 10<sup>-3</sup> М раствора хлорида железа (III) и измеряли оптические плотности растворов при 430 нм в кювете с толщиной 1 см относительно нулевого раствора.

Сорбцию проводили при 278, 298, 313 К. По значениям оптических плотностей растворов до сорбции строили градуировочный график, а с его использованием находили равновесные концентрации ТЦ в растворах после сорбции.

Сорбцию  $\Gamma$  (моль/г) оценивали через величины исходной  $c_{исх}$ , равновесной  $c_{равн}$  концентраций ТЦ и массы сорбента  $m$ :

$$\Gamma = \frac{(c_{исх} - c_{равн}) \cdot V}{m},$$

где  $V$  – объем раствора, из которого проводили сорбцию, дм<sup>3</sup>.

По известным  $\Gamma$  и  $c_{равн}$  были построены изотермы сорбции ТЦ для различных температур (рис. 1–4). Было проведено по шесть параллельных опытов для каждой температуры.

Изотермы сорбции, приведенные на рисунках 2, 3, 4, 5 можно отнести к S-типу, т.е. они могут быть описаны уравнением Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{K \cdot c}{1 + K \cdot c},$$

где  $\Gamma_{\infty}$  – предельная сорбция, т.е. емкость монослоя;  $c$  – равновесная концентрация;  $K$  – константа, характеризующая энергию сорбции.

Расчеты  $\Gamma_{\infty}$  и констант сорбции  $K_{278}$ ,  $K_{298}$ ,  $K_{313}$  проводили с использованием уравнения Ленгмюра в прямолинейной форме:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K} \cdot \frac{1}{c}.$$

Для этого строили график в координатах обратной величины сорбции от обратной величины равновесной концентрации. Отрезок, отсекаемый от оси ординат, равен  $1/\Gamma_{\infty}$ , а тангенс угла наклона прямой:

$$\operatorname{tg} \alpha = 1/\Gamma_{\infty} \cdot K.$$

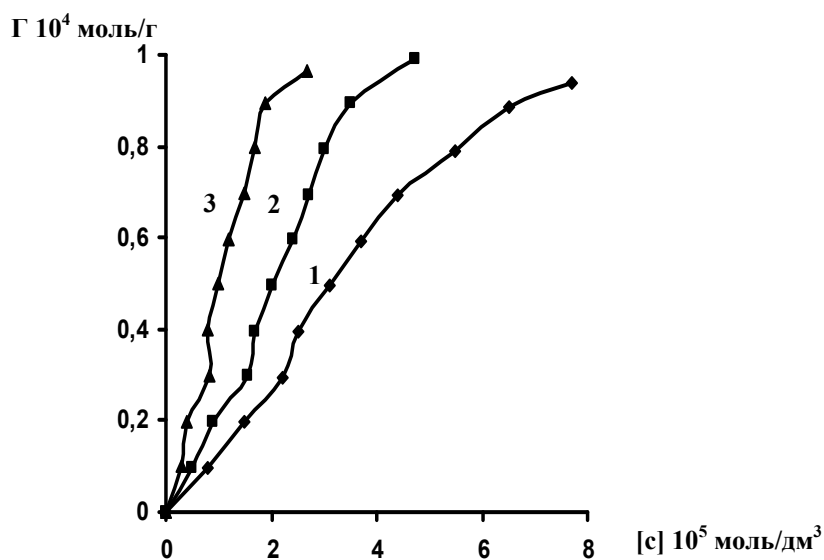


Рис. 1. Изотермы сорбции ТЦ сорбентом СВ-1-М; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

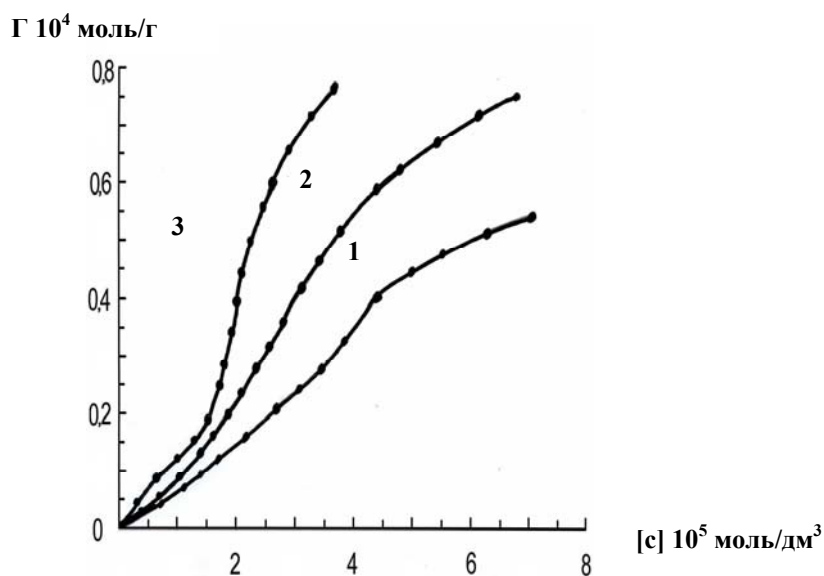


Рис. 2. Изотермы сорбции ТЦ силикагелем КСМГ; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

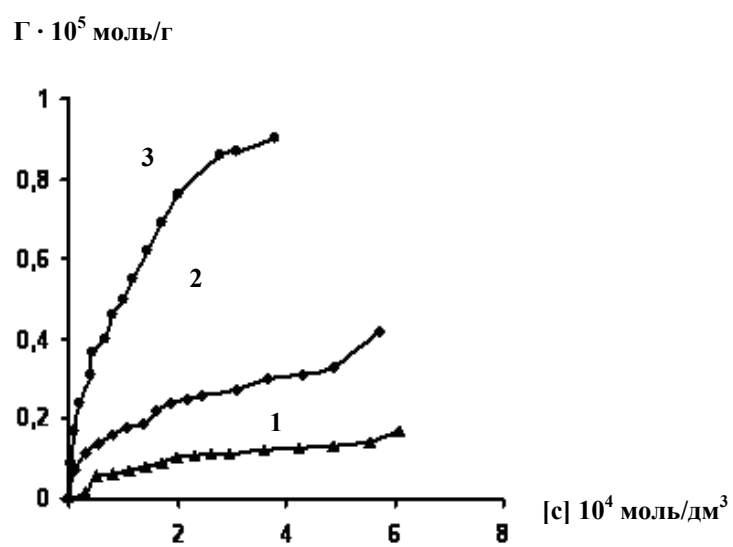


Рис. 3. Изотермы сорбции ТЦ силикагелем А-60; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

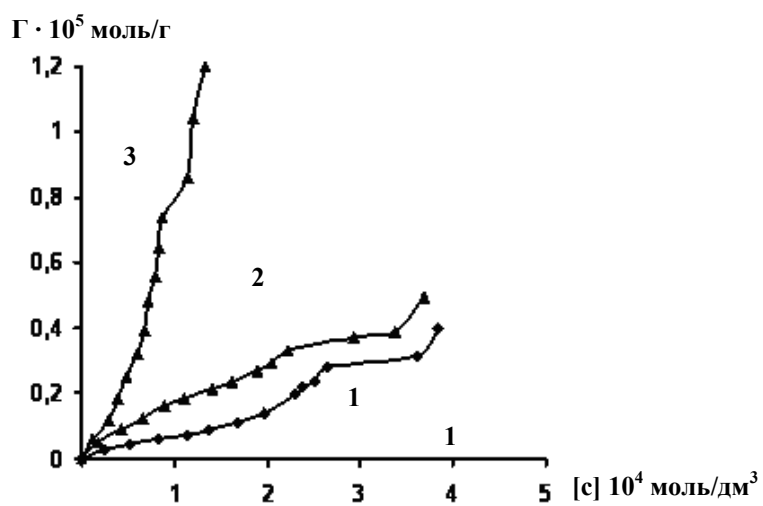


Рис. 4. Изотермы сорбции ТЦ оксидом алюминия; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

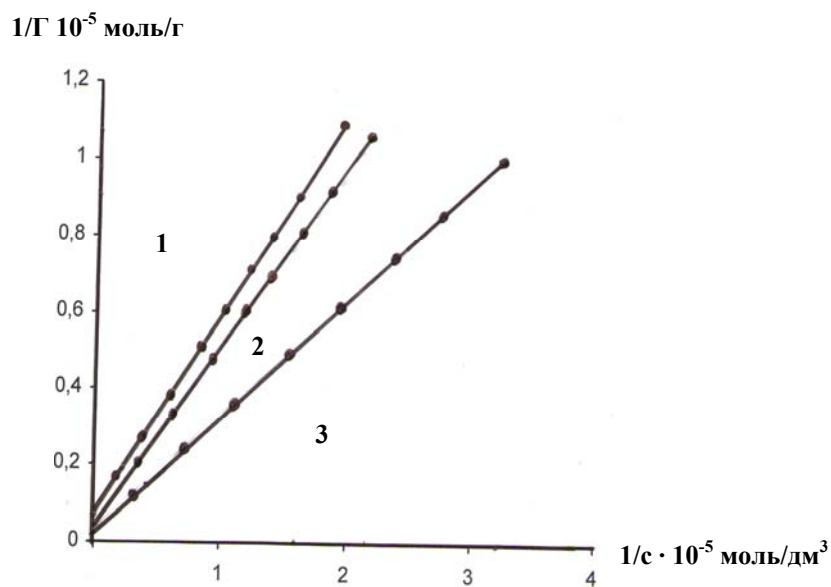


Рис. 5. Зависимость обратной величины сорбции ТЦ на сорбенте СВ-1-М от обратной величины равновесной концентрации; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

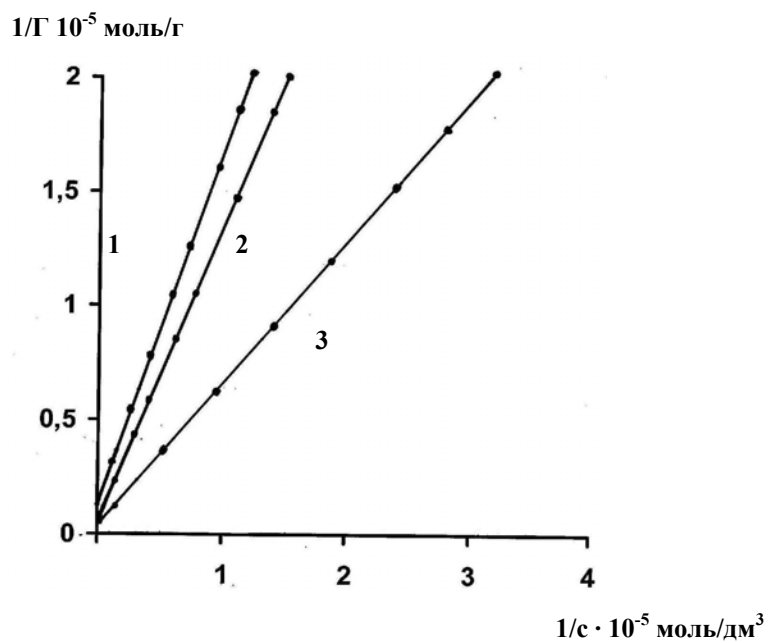


Рис. 6. Зависимость обратной величины сорбции ТЦ на силикагеле КСМГ от обратной величины равновесной концентрации; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

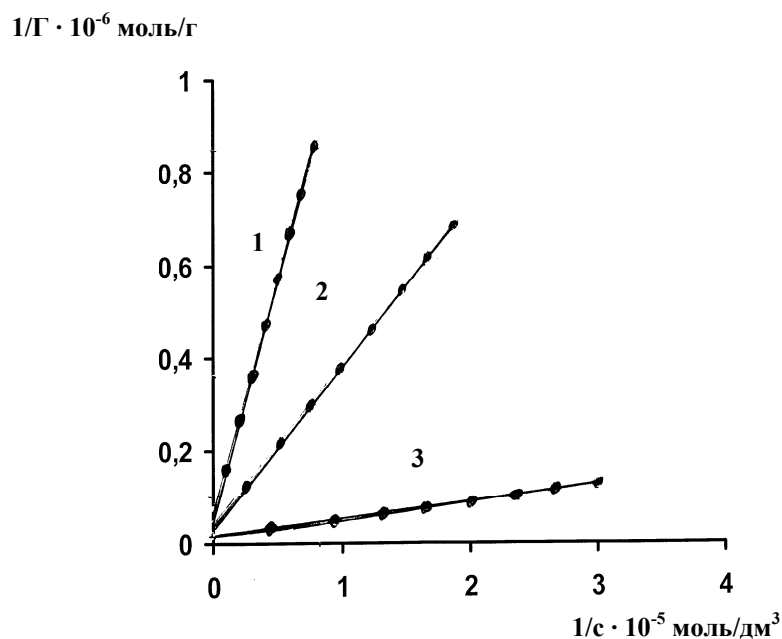


Рис. 7. Зависимость обратной величины сорбции ТЦ на силикагеле А-60 от обратной величины равновесной концентрации; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

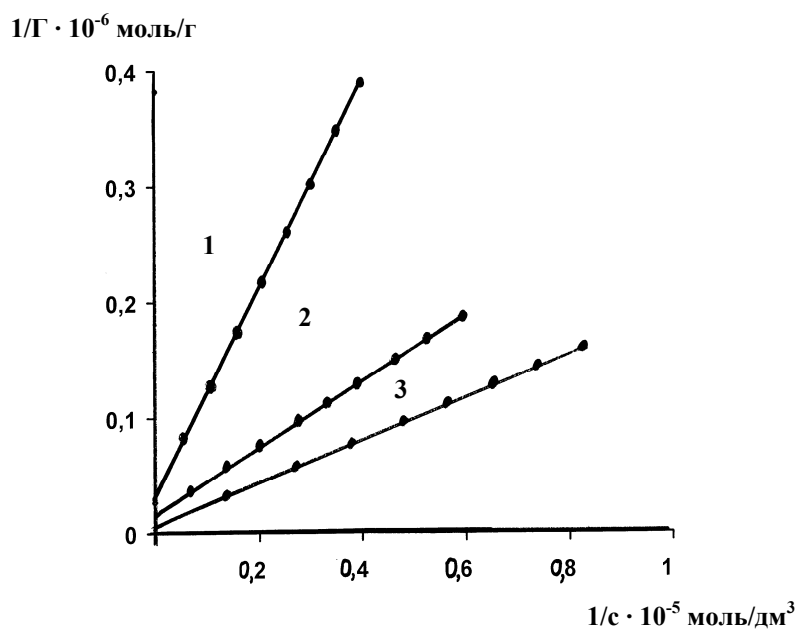


Рис. 8. Зависимость обратной величины сорбции ТЦ на оксиде алюминия от обратной величины равновесной концентрации; 1 – 278, 2 – 298, 3 – 313 К

С использованием констант были рассчитаны энергетические характеристики сорбции тетрациклина на исследованных сорбентах.

Изменения энтальпии ( $\Delta H$ ), изобарно-изотермического потенциала ( $\Delta G$ ) и энтропии сорбции ( $\Delta S$ ) были рассчитаны с использованием следующих уравнений:

$$\Delta H = \frac{R \cdot T_i \cdot T_k \cdot \ln \frac{K_k}{K_i}}{T_k - T_i},$$

где  $T_i$  и  $T_k$  – две температуры,  $K_i$  и  $K_k$  – соответствующие им константы.

$$-\Delta G = R \cdot T \cdot \ln K,$$

$$\Delta S = \frac{\Delta G - \Delta H}{T}.$$

Результаты расчетов  $\Gamma_\infty$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta G$  и  $\Delta S$  сорбции ТЦ на изученных сорбентах приведены в таблице 1. В расчетах были использованы изотермы сорбции каждого отдельного опыта и изотермы, построенные по среднеарифметическим величинам  $\Gamma_i$ , что позволило рассчитать доверительные интервалы для каждой характеристики сорбционного процесса [2].

Таблица 1  
Основные характеристики сорбции тетрациклина на различных сорбентах

Сорбент	Температура, К			-ΔH, кДж/моль	-ΔG, кДж/моль	ΔS, Дж/моль·К	A <sub>∞</sub> , мг/г
	278	298	313				
	Константы сорбции · 10 <sup>-3</sup>						
Сорбент СВ-1-М	7,3 ± 0,3	11 ± 0,4	27 ± 2,3	14,0 ± 0,5	23 ± 2,1	125 ± 3,5	120 ± 3,2
Силикагель КСМГ	11 ± 0,4	19 ± 1,5	22 ± 2,0	18,8 ± 1,5	24,4 ± 2,2	145 ± 5,0	40 ± 2,0
Силикагель 60-А	8,5 ± 0,35	6,9 ± 0,2	5 ± 0,17	7,2 ± 0,3	21,9 ± 2,0	63 ± 3,2	2 ± 0,1
Оксид алюминия	4,8 ± 0,15	3,7 ± 0,15	3,2 ± 0,15	9,2 ± 0,389	20,3 ± 1,6	37,5 ± 2,5	2,4 ± 0,11

Результаты, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что наибольшая сорбция ТЦ наблюдается на сорбенте СВ-1-М, достаточно хорошо сорбирует ТЦ силикагель КСМГ, что касается силикагеля 60-А и оксида алюминия, то результаты эксперимента говорят об их очень низких сорбционных характеристиках по отношению к ТЦ.

*Кинетика сорбции.* При изучении статистической сорбции используются значенные равновесных констант сорбции, которые позволяют определить термодинамические характеристики сорбционных процессов. Эти характеристики позволяют оценить глубину и необратимость процесса сорбции. Но сорбционный процесс, согласно полученным результатам (сорбция ТЦ на сорбентах СВ-1-М и силикагеле КСМГ), это все же хемосорбция, если учитывать, что увеличение температуры приводит к ускорению наступления равновесия. Для определения времени наступления равновесия и хотя бы ориентировочной оценки механизма процесса формирования активированного адсорбционного комплекса необходимо изучение скорости сорбции.

*Порядок выполнения работы.* Изучение скорости сорбции проводили при трех температурах. В колбе приготавливали 500 см<sup>3</sup> раствора ТЦ с концентрацией 10<sup>-5</sup> моль/дм<sup>3</sup> при рН = 3. Отбирали 10 см<sup>3</sup> раствора, весь оставшийся раствор термостатировали. Вносили в колбу 10 г сорбента, быстро перемешивали, одновременно включали секундомер. Через определенные промежутки времени, не переставая перемешивать, отбирали пробы мутного раствора, отфильтровывали через стеклянный фильтр, далее центрифугировали. В начале пробы отбирали через 5, 20, 30, и 60 с, далее – через 2, 5, 10, 15, 20 мин и заканчивали отбор проб через 60 мин. Отбирали по 10 см<sup>3</sup> осветленных растворов, в каждый раствор вносили по 1 см<sup>3</sup> × 10<sup>-3</sup> М раствора FeCl<sub>3</sub>. Измеряли оптические плотности растворов относительно воды при 430 нм в кювете толщиной 0,5 см. Строили график зависимости в координатах «оптическая плотность – время» (рис. 9, 10).

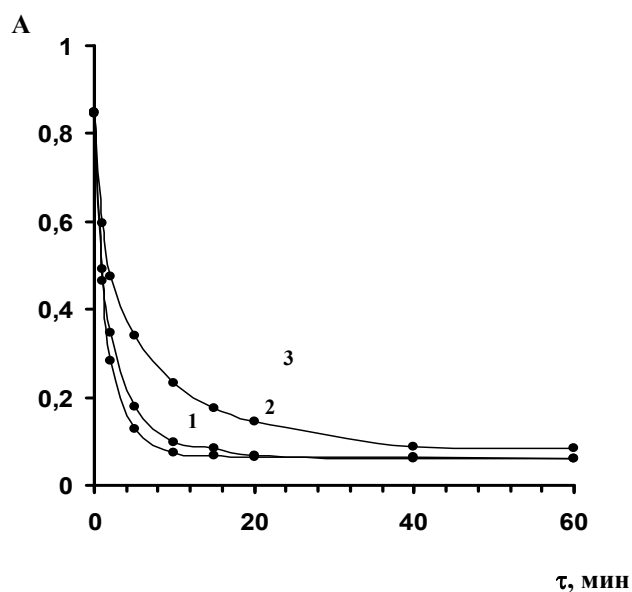


Рис. 9. Изотермы кинетики сорбции тетрациклина из водных растворов сорбентом СВ-1-М; 1 – 313, 2 – 298, 3 – 278 К

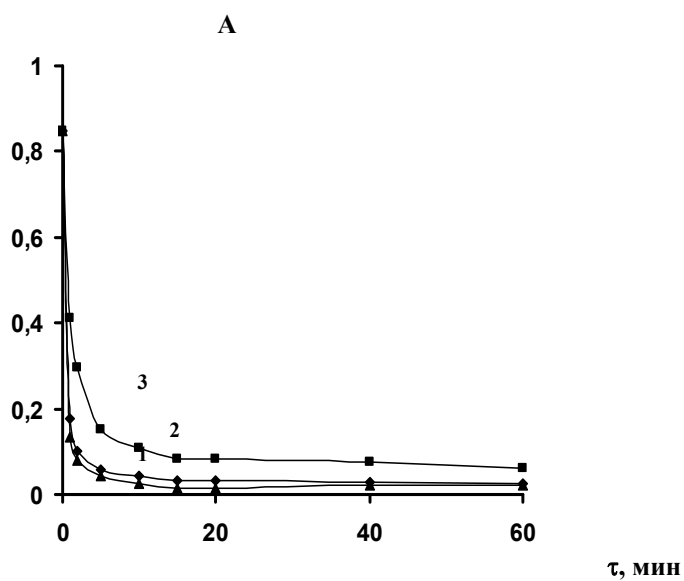


Рис. 10. Кинетика сорбции тетрациклина на силикагеле КСМГ; 1 – 313, 2 – 298, 3 – 278 К

Таблица 2

**Основные характеристики кинетики сорбции тетрациклина на сорбентах СВ-1-М и силикагеле КСМГ**

Сорбент	Температура, К			$\ln pZ_0$	$E_{акт}$ кДж/моль	$-\Delta S_{298}^\#$ Дж/моль К
	278	298	313			
Сорбент СВ-1-М	$0,72 \pm 0,045$	$0,92 \pm 0,05$	$1,04 \pm 0,09$	$2,15 \pm 0,15$	$6,9 \pm 0,65$	$151,3 \pm 10,6$
Силикагель КСМГ	$2,40 \pm 0,23$	$3,20 \pm 0,28$	$3,70 \pm 0,3$	$0,11 \pm 0,01$	$8,93 \pm 0,85$	$151,8 \pm 10,5$

Анализ результатов, полученных при исследовании статики и кинетики сорбции, позволяет считать, что сорбция ТЦ на сорбентах СВ-1-М и силикагеле КСМГ протекает в две стадии. Начальная стадия взаимодействия в системе тетрациклин-сорбент – это процесс, связанный с формированием активированного адсорбционного комплекса, сопровождающийся отрицательным изменением  $\Delta S^\#$  и небольшим значением  $E_{\text{акт}}$  (табл. 2). Это означает, что начальная стадия сорбции – это одностадийный процесс закрепления тетрациклина на сорбенте. Далее активированный комплекс переходит в более устойчивое состояние, когда происходит перераспределение связей и вытеснение воды из координационной сферы сорбента, при этом величина  $\Delta S$  положительна (табл. 1).

В чисто прикладном плане изучение кинетики сорбции дает возможность судить о времени, при котором практически все сорбируемое вещество будет поглощено сорбентом. Вначале процесс сорбции ТЦ как на сорбенте СВ-1-М, так и на силикагеле КСМГ идет быстро, по крайней мере при 313 К за 1–2 мин половина сорбата переходит на сорбент. За время от 2 до 20 мин практически весь ТЦ переходит на сорбент и прочно удерживается на нем.

Установлено, что ТЦ с данных сорбентов не десорбируется водой, разбавленными растворами кислот и оснований, а также метанолом, этанолом, пропанолом и ацетоном.

Также была изучена адсорбция ионов железа (III) на размолотом КСМГ. Результаты опытов свидетельствуют о том, что при рН, оптимальном для сорбции ТЦ, железо (III) на КСМГ практически не сорбируется.

Вместе с тем была изучена сорбция ионов железа (III) на КСМГ, на котором сорбировали ТЦ. Для этого в серию растворов с возрастающей концентрацией ТЦ от  $0,5 \cdot 10^{-4}$  до  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> вносили по 0,2 г КСМГ и доводили до 10 см<sup>3</sup> буферным раствором с рН = 3, встряхивали, центрифугировали, центрифугат отбрасывали, сорбент дважды промывали буферным раствором с рН = 3, к промытому сорбенту приливали по 1 см<sup>3</sup> × 10<sup>-3</sup> М хлорида железа и доводили до 10 см<sup>3</sup> буферным раствором с рН = 3, перемешивали 10 мин и центрифугировали 5 мин при 3000 об./мин. В центрифугатах определяли количество железа. Результаты опытов показали, что с увеличением количества ТЦ на сорбенте уменьшается концентрация железа в центрифугате.

На сорбенте остается координационное соединение ТЦ с железом (III), и количество железа (III) эквивалентно количеству ТЦ.

Далее к сорбенту вносили 10 см<sup>3</sup> буферного раствора с рН = 3, взмучивали смесь, встряхивали 10 мин и центрифугировали 5 мин. Центрифугат отбрасывали, а к сорбенту приливали 1 см<sup>3</sup> × 10<sup>-2</sup> М раствора  $K_4[Fe(CN)_6]_3$ , доводили объем до 10 см<sup>3</sup> буферным раствором с рН = 3, встряхивали и центрифугировали. Через 20 мин окраска силикагеля изменялась, в зависимости от концентрации ТЦ, от бледно-голубой до зеленой.

**Проходящие на сорбенте процессы:** тетрациклин в области рН < 6 адсорбируется на силикагелях по механизму, который можно описать так: протонированная диметиламиногруппа тетрациклина имеет вакантную орбиталь и легко координируется с n-электронами силанольных и силоксановых групп силикагеля. Если в растворе имеется  $FeCl_3$ , то ионы  $Fe^{3+}$  вступают в реакцию с тетрациклином по гидроксильным и карбонильным группам, причем чаще всего считается наиболее вероятным местом присоединения гидроксильная группа ароматического кольца (кольцо D) и карбонильная группа гидроароматического кольца (кольцо C), хотя не исключаются и другие места присоединения  $Fe^{3+}$  к тетрациклину.





---

---

## МУДРЫЕ ВЫСКАЗЫВАНИЯ НЕ МЕНЕЕ МУДРЫХ ЛЮДЕЙ

---

---

В слове «ученый» заключается только понятие о том, что его много учили, но это еще не значит, что он чему-то научился

*Г. Лихтенберг*

\* \* \*

Благодаря науке, один человек превосходит другого в том же, в чем человек превосходит животное

*Ф. Бэкон*

\* \* \*

Знание смиряет великого, удивляет обыкновенного и раздувает маленького человека

*Л. Толстой*

\* \* \*

Мозг, хорошо устроенный, стоит больше, чем мозг, хорошо наполненный

*М. де Монтень*

\* \* \*

Читая, одни становятся умнее, другие – начитаннее

*Г. Ковальчук*

\* \* \*

Образование может превратить дурака в ученого, но никогда не изгладит перво-родный отпечаток

*П. Бошен*

\* \* \*

Одни люди живут и учатся, другие – только живут

*М. Ларни*

\* \* \*

Высочайших высот достигает тот, кто доходит до величайших глубин

*Л.И. Фаулер*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

---

---

Цель журнала – способствовать развитию естественнонаучных исследований в соответствии с современными тенденциями науки о природе и совершенствованию технологий преподавания естественных наук в системе образовательных структур.

Журнал публикует теоретические, обзорные (проблемного характера) и экспериментально-исследовательские статьи по всему спектру естественнонаучных проблем химии, физики, математики, биологии, наук о Земле, истории естествознания, краткие сообщения и информацию о новых методах экспериментальных исследований, а также работы, освещающие современные технологии преподавания естественных наук.

Также журнал помещает информацию о юбилейных датах, новых публикациях издательства университета по естественнонаучным проблемам, информацию о предстоящих и о прошедших научных конференциях, симпозиумах, съездах. В журнале печатаются материалы, ранее не публиковавшиеся в других периодических изданиях.

Объем журнала – 10–15 п.л.

Периодичность издания – 4 раза в год.

Объем публикаций: обзорные статьи – до 1 п.л. (16 стр.), оригинальные статьи – до 0,5 п.л. (8–10 стр.), информация о юбилейных датах, конференциях и т.п. – до 0,2 п.л.

Оформление статьи. Редактор Word Windows; шрифт Times New Roman, 14, межстрочный интервал – 1, бумага формата А4; поля: левое – 2,5 см, правое – 2,5 см, верхнее и нижнее – 2,5 см, красная строка – 1,27 см, нумерация страниц обязательна. Возможна публикация на английском языке.

Оформление «шапки». Наверху по левому краю – УДК, через 1 интервал, по центру – название статьи (заглавные буквы, шрифт Times New Roman, 16), через 1 интервал – полные имя и отчество, фамилия автора (кегель 14), сведения об авторе (звание, степень, должность), через 1 интервал – название учреждения (организации), адрес, телефон, электронный адрес автора, через 1 интервал – расширенное резюме (10–15 строк) и ключевые слова (кегель 12, курсив). Через 1 интервал на английском языке – название статьи, имя и фамилия автора, резюме и ключевые слова (кегель 12, курсив). Наличие английского резюме обязательно. Английское резюме должно точно соответствовать русскому. При неточном переводе резюме статья будет возвращена.

Размерность всех величин – в размере СИ; названия химических соединений – в соответствии с рекомендациями ИЮПАК.

Литература оформляется в соответствии с ГОСТом 7.1–2003 (шрифт Times New Roman, 10) в алфавитном порядке. Страницы указывать обязательно. Нумерация ссылок по тексту (в квадратных скобках). Примеры оформления литературы:

1. **Бахвалов, Н. С.** Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; под общ. ред. Н. И. Тихонова. – 2-е изд. – М. : Физматлит, 2002. – 630 с. – (Технический университет. Математика). – ISBN 5-93208-043-4.

2. **Боголюбов, А. Н.** О вещественных резонансах в волноводе с неоднородным заполнением / А. Н. Боголюбов, А. Л. Делицын, М. Д. Малых // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физика. Астрономия. – 2001. – № 5. – С. 23–25.

Таблицы. Шрифт Times New Roman, 10. Ширина таблицы – 13 см, книжный разворот. В правом углу слово «Таблица» с порядковым номером, через 1 интервал – заголовок таблицы (жирным, по центру, 10).

Формулы. Надстрочные и подстрочные индексы – шрифт Times New Roman, 11; математические символы – шрифт Times New Roman, 18; буквы греческого алфавита – шрифт Times New Roman, 14. Формулы набирать без отступа от левого края. Путь: «Вставка», команда «Объект», редактор формул «Microsoft Equation».

Фотографии, рисунки, диаграммы, графики, схемы только черно-белые. Ширина рисунков, фотографий, диаграмм, графиков, схем не более 13 см; надписи внутри рисунков, графиков и т.д. – Times New Roman, 10. Подрисуночная надпись – Times New Roman, 10, не жирным.

**Публикация статей студентов возможна только в соавторстве с научным руководителем.**

На основании приказа № 08-01-02/2004 от 11.09.2007 г. за размещение статей в журнале «Естественные науки» установлена цена в размере **300 рублей за 1 страницу для всех лиц, не являющихся сотрудниками университета, кроме аспирантов.** Условием публикации является оформление годовой подписки на **настоящий журнал.**

Реквизиты для оплаты публикаций.

Поставщик УФК по АО АГУ

л/с 03251497480

Адрес: г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Тел. 54-01-89, 61-08-69, факс 54-01-89

Расчетный счет № 40503810900001000158

В ГРКЦ ГУ Банка России по Астраханской области г. Астрахань

ИНН 3016009269

БИК 041203001

Код по ОКОНХ 92110

Код по ОКПО 02079218

КПП 301601001

КБК 07330201010010000130

ОКАТО 12401372000

В адрес редакции просим направлять в твердой папке:

☞ компьютерный печатный текст статьи с полным набором иллюстративного материала и таблиц (1 экз.);

☞ дискету 3,5 (1,44 М) или CD с текстом статьи (один файл, содержащий текст и весь иллюстративный материал). Убедительная просьба проверять дискеты на наличие вирусов!

☞ к статье приложить сопроводительное письмо с указанием полных имен, отчеств и фамилий всех авторов, а также номера контактных телефонов, внешнюю рецензию на статью, квитанцию об оплате (отсканированную). Просьба выделять Ф.И.О. ответственного автора курсивом.

**Адрес редакции:** 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1.

E-mail: estnauki2009@rambler.ru.

Ответственному секретарю Русаковой Елене Геннадьевне.

Примечание. Статьи, присылаемые без соблюдения указанных правил, приниматься не будут.

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

**ЖУРНАЛ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**№ 4 (29)  
2009**

*Редактор М.П. Золотых  
Компьютерная правка, верстка Т.Н. Юсуповой*

Заказ № 1996. Тираж 500 экз. (первый завод 75 экз.).  
Уч.-изд. л. 15. Усл. печ. л. 21.

---

Издательский дом «Астраханский университет»  
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20  
Тел. (8512) 48-53-47 (отдел маркетинга), 48-53-45 (магазин),  
48-53-44, тел./факс (8512) 48-53-46,  
E-mail: [asupress@yandex.ru](mailto:asupress@yandex.ru)