

№11(66) 2009

Выпуск 9/2

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ  
ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Естественные науки

Belgorod State University  
Scientific bulletin  
Natural sciences

**Учредитель:**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный университет»

**Издатель:**

Белгородский государственный университет.

Издательство БелГУ

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства

в сфере массовых коммуникаций

и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ

№ ФС77-21121 от 19 мая 2005 г.

**ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА**

Главный редактор

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного университета, доктор социологических наук, профессор

Зам. главного редактора

**Давыденко Т.М.**

проректор по научной работе Белгородского государственного университета, доктор педагогических наук, профессор

Ответственный секретарь

**Московкин В.М.**

доктор географических наук, профессор кафедры мировой экономики

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Председатель редколлегии

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного университета, доктор социологических наук, профессор

Главный редактор

**Присный А.В.**

доктор биологических наук, доцент (Белгородский государственный университет)

Заместители главного редактора:

**Лебедева О.Е.**

доктор химических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Корнилов А.Г.**

доктор географических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**СОДЕРЖАНИЕ**

**БИОЛОГИЯ**

Аллелопатия амброзии полынolistной (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.). **Т.Н. Глубшева, Е.Н. Карпушина 5**

Повышение посевных качеств семян бобовых культур под действием регуляторов роста. **Ю.Н. Куркина 10**

Содержание цезия-137 в лекарственных растениях на территории Белгородской области. **Р.А. Колчанов, А.Ф. Колчанов 14**

Обзор рода *Polygonum* L., 1753. **А.В. Лазарев, С.В. Недопекина 18**

Анализ почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы по качеству зерна. **Л.С. Пащенко, В.П. Нецветаев 25**

Разработка элементов технологии возделывания и исследование этапов органогенеза адониса летнего (*Adonis aestivalis* L.) как источника атаксантина. **А.А. Сиротин, В.И. Дейнека, С.С. Сиротина 30**

Влияние загрязнения окружающей среды на основные эпидермальные клетки липы сердцевидной, или мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на примере г. Белгорода. **В.В. Скорбач, М.Н. Жилыкова 40**

Механизмы устойчивости инфузорий к химическим повреждениям и их преодоление летальными концентрациями синтетических поверхностно активных веществ (СПАВ). **А.В. Присный, Ю.Л. Вольнкин, Н.Н. Камтос 45**

Пространственно-временная изменчивость фенетической структуры метапопуляции наземного моллюска *Helix albescens* Rossmässler, 1839 (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae). **С.С. Крамаренко, А.С. Крамаренко 55**

Особенности выращивания сеголетков карпа и толстолобика в малых прудах. **Ю.Л. Вольнкин, О.Б. Вольнкина 62**

Биогеоэкологическая характеристика информационного поля зайцарусака в лесах степной зоны Украины. **А.В. Михеев 69**

Прошлое и настоящее Белгородской популяции байбака европейского – *Marmota bobak* (Müller, 1776) и использование ее ресурсов. **В.В. Червонный, С.А. Москвитин, М.С. Гроцкая 76**

Состояние сердечно-сосудистой мистемы мальчиков-подростков, занимающихся тяжелой атлетикой. **С.Д. Чернявских, М.З. Федорова 84**

**ХИМИЯ**

Сравнительная оценка сорбционной способности активированного угля и цитрогипса по отношению к нефтепродуктам. **В.А. Перистый, Л.Ф. Перистая, И.В. Индина, М.Н. Япрынецев 91**

Ответственный секретарь:

**Куркина Ю.Н.**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Белгородский государственный университет)

Члены редколлегии:

**Бялинская Л.Н.**, доктор химических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Батлуцкая И.В.**, доктор биологических наук, доцент (Белгородский государственный университет)

**Везенцев А.И.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Вольнкин Ю.Л.**, доктор биологических наук, доцент (Белгородский государственный университет)

**Колчанов А.Ф.**, кандидат биологических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Лисецкий Ф.М.**, доктор географических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Лужин С.В.**, доктор географических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Петин А.Н.**, кандидат географических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Сергеев С.В.**, доктор геологических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Сорокопудов В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Тохтарь В.К.**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник (Белгородский государственный университет)

**Федорова М.З.**, доктор биологических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Чендев Ю.Г.**, доктор географических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Оригинал-макет *А.В. Присный*,  
*Н.А. Гапоненко*  
E-mail: [prisniy@bsu.edu.ru](mailto:prisniy@bsu.edu.ru)  
Подписано в печать 19.11.2009  
Формат 60×84/8  
Гарнитура Georgia, Impact  
Усл. п. л. 14.18  
Тираж 1000 экз.  
Заказ 210

Подписные индексы в каталоге агентства :  
«Роспечать» – 81466,  
в объединенном каталоге  
«Пресса России» – 39723

Оригинал-макет тиражирован  
в издательстве Белгородского государственного  
университета  
Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Разработка технологии производства полиакриловой кислоты для стоматологических целей. **В.А. Перистый, Л.Ф. Перистая, В.П. Чуев 95**

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

Геоэкологическая ситуация малых рек в зоне влияния Старооскольско-Губкинского горнопромышленного узла. **А.Г. Корнилов, А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, С.Н. Колмыков 101**

Эрозионные процессы на территории Белгородской области. **В.И. Петина, Н.И. Гайворонская, Л.И. Белоусова 109**

Сведения об авторах 118

Информация для авторов 120

Founded in 1995

**Founder:**

State educational establishment  
of higher professional education  
“Belgorod State University”

**Publisher:**

Belgorod State University  
BSU Publishing house

The journal is registered in Federal  
service of control over law compli-  
ance in the sphere of mass media  
and protection of cultural heritage

Certificate of registration of mass  
media ПИ № ФС 77-21121 May, 19  
2008.

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Chief editor:

**L.J. Djatchenko**

Rector of Belgorod State University,  
doctor of sociological sciences,  
professor

Deputy of chief editor

**T.M. Davydenko**

Vice-rector for scientific research  
of Belgorod state university, doctor  
of pedagogical sciences, professor

Responsible secretary

**V.M. Moskovkin**

Doctor of geographical sciences,  
professor world economy depart-  
ment

EDITORIAL BOARD  
OF JOURNAL SERIES

Chairman of editorial board:

**L. J. Djatchenko**

Rector of Belgorod State University,  
doctor of sociological sciences,  
professor

Chief editor:

**A. V. Prisky**

Doctor of biological sciences, pro-  
fessor (Belgorod State University)

Deputies of chief editor:

**O.E. Lebedeva**

Doctor of chemical sciences,  
professor (Belgorod State Univer-  
sity)

**A.G. Kornilov**

Doctor of geographical sciences,  
professor (Belgorod State  
University)

Responsible secretary:

**Yu.N. Kurkina**

Candidate of agricultural sciences,  
associate professor (Belgorod  
State University)

**CONTENTS**

**BIOLOGY**

An Allelopathy of Ragweed (*Ambrosia artemisifolia* L.).  
**T.N. Glubsheva 5**

Improvement Sowing Quality Seeds of Some Legumes as Effect  
of Plant Growth Regulators. **Yu. N. Kurkina 10**

The Contents of Caezium-137 In the Medicinal Herbs In Terrain  
of the Belgorod Region. **R.A. Kolchanov, A.F. Kolchanov 14**

The Review of the Genus *Polygonium* L., 1753. **A.V. Lazarev,  
S.V. Nedopekina 18**

The Isogenic Analysis of Spring Common Wheat On Grain Quality.  
**L.S. Pashchenko<sup>1</sup>, V.P. Netsvetaev 25**

Working Out of Cultivation Technology Elements' and Research  
of Development Stages of the Summer Adonis (*Adonis aestivalis* L.)  
As a Source of Astaxathine. **A.A. Sirotin, V.I. Deineka,  
S.S. Sirotina 30**

Environmental Contamination Influence On Main Epidermal Cells of  
the Small-leaved Lime (*Tilia cordata* Mill.) On the Example of Belgorod.  
**V.V. Skorbach., M.N. Zhilyakova 40**

The Resistance's Mechanisms of Infusorians to Chemical Damages and  
Their Overcoming by Lethal Concentration of Synthetic Superficially Active  
Substances (SSAS). **A.V. Prisky, J.L. Volynkin, N.N. Kompos 45**

A Spatial-temporal Variation of the Metapopulation Phenetic Structure  
of the Land Snail *Helix albescens* (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae).  
**S.S. Kramarenko, A.S. Kramarenko 55**

Features of Cultivation One Jearling Carp and the Silver Carp in Little  
Ponds. **Ju.L. Volynkin<sup>1</sup>, O.B. Volynkina 62**

The Biogeocoenotic Characteristic of the Brown Hare Information  
Field in Forests of the Steppe Zone of Ukraine. **A.V. Mikheyev 69**

The Past And the Present of Belgorod Population of Marmot – *Marmota  
bobak* (Müller, 1776) And Use of Its Resources. **V.V. Chervonniy,  
S.A. Moskvitin, M.S. Groitskaja 76**

The Functional State of Teenagers' Cardiovascular System Going  
in for Weight Lifting. **S.D. Chernyavskikh, M.Z. Fedorova 84**

**CHEMISTRY**

Comparative Evaluation of Activated Carbon and Citrogyypsum Sorption  
Capacity to Petrochemicals. **V.A. Perysty, L.F. Peristaya,  
I.V. Indina, M.N. Yapryntsev 91**

The Development of the Technology of Polyacrylic Acid Production  
For Dentistry. **V.A. Peristy, L.F. plumose, V.P. Chuev 95**

Members of editorial board:

**L.N. Balyatinskaya**, Doctor of chemical sciences, professor (Belgorod State University)

**I.V. Batlutskaya**, Doctor of biological sciences, professor (Belgorod State University)

**A.I. Vezentsev**, Doctor of technical sciences, professor (Belgorod State University)

**Yu.L. Volynkin**, Doctor of biological sciences, docent (Belgorod State University)

**A.F. Kolchanov**, Candidate of biological sciences, professor (Belgorod State University)

**F.N. Lisetskyi**, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod State University)

**S.V. Lukin**, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod State University)

**A.N. Petin**, Candidate of geographical sciences, professor (Belgorod State University)

**S.V. Sergeev**, Doctor of geography-mineralogical sciences, professor (Belgorod State University)

**V.N. Sorokopudov**, Doctor of agricultural sciences, professor (Belgorod State University)

**V.K. Tokhtar**, Doctor of biological sciences, senior scientific employee (Belgorod State University)

**M.Z. Fiodorova**, Doctor of biological sciences, professor (Belgorod State University)

**Yu.G. Chendev**, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod State University)

Page layout by A.V. Prisniy  
N.A. Gaponenko  
e-mail: [prisniy@bsu.edu.ru](mailto:prisniy@bsu.edu.ru)  
Passed for printing 19.11.2009  
Format 60x84/8  
Typeface Georgia, Impact  
Printer's sheets 14,18  
Circulation 1000 copies  
Order 210

Subscription reference in Rospechat' agency catalogue – 81466,  
In joint catalogue Pressa Rossii – 39723  
Dummy layout is replicated at Belgorod State University Publishing House  
Address: 85, Pobedy str., Belgorod, Russia, 308015

**EARTH SCIENCES**

Geo-ecological Situation of Minor Rivers in Zone of Influence of Starooskolsky and Gubkinsky Mining Point. **A.G. Kornilov, A.N. Petin, M.G. Lebedeva, S.N. Kolmykov** 101

Erosive Processes in Territory of the Belgorod Region. **W.V. Petina, N.I. Gaivoronskaya, L.I. Belousova** 109

Information about Authors 118

Information for Authors 120

## АЛЛЕЛОПАТИЯ АМБРОЗИИ ПОЛЫННОЛИСТНОЙ (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIAL.*)

**Т.Н. Глубшева,  
Е.Н. Карпушина**

Белгородский  
государственный  
университет

Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail:  
glubsheva@bsu.edu.ru

Изложены результаты опытов по изучению аллелопатической активности карантинного сорняка амброзии полыннолистной. Показана зависимость аллелопатического эффекта от органа растения, концентрации и способа приготовления экстракта.

Ключевые слова: аллелопатия, амброзия полыннолистная, карантинный сорняк, биологически активные вещества.

---

### Введение

Аллелопатия – это взаимодействие растений посредством выделения биологически активных веществ во внешнюю среду [1]. При этом речь может идти о стимулирующем или ингибирующем действии [2]. Действие химических сигналов в широких пределах не зависит от их концентрации и может осуществляться даже в случае следовых количеств, хотя это не исключает и обычные механизмы аллелопатии по принципу доза-эффект [3].

Сам термин «аллелопатия» ввел венский физиолог Г. Молиш в 1937 году. В дальнейшем работами Э. Райса [4], А.М. Гродзинского [5, 6], Г.Ф. Наумова [7], и других ученых сформировалась самостоятельная область физиологии растений – аллелопатия. Достаточно подробно разработана классификация аллелопатически активных веществ, известны механизмы их действия. Фитоценологические взаимоотношения в плодовых садах рассмотрены П.А. Морозом [8]. Известны работы по аллелопатической активности лекарственных растений [6], цветочно-декоративных культур [9]. Отмечена важная роль микроорганизмов, синтезирующих вторичное аллелопатически активное вещество [10]. По вопросам аллелопатии только в СССР проведено шесть всесоюзных конференций. Наряду с этим, большинство выделяемых веществ остаются неидентифицированными, часто трудно отделить прямое действие вещества от косвенного, мало известно о количестве выделяемых растениями веществ, сложно оценить их выделение во времени. Ну, и наконец, информация, имеющая большую практическую значимость, слабо внедряется в производство. Работ по изучению аллелопатических влияний адвентивной флоры вообще мало [11].

Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – карантинный в Российской Федерации сорняк – расширяет ареал в северном направлении, занимая все большие площади на территории России. Основная площадь, занятая амброзией, приходится на территории Северного Кавказа, Ростовской и Волгоградской областей, Калмыкии и Приморского края. В равнинных и горных частях Ставрополья амброзия полыннолистная массово внедрилась в естественные сообщества зоны дерновинно-злаковых и луговых степей с черноземными почвами, в горных долинах поднимается на высоту до 1000 (1200) м над уровнем моря. Локальные расширяющиеся очаги ам-

бросии находятся в Курской, Белгородской, Воронежской, Астраханской, Саратовской областях, в Дагестане, Башкортостане и в Хабаровском крае. Амброзия полыннолистная приносит огромный вред. Она засоряет все полевые культуры, особенно пропашные и зерновые, а также огороды, сады, виноградники, луга, пастбища, полезащитные лесные полосы. Развивая мощную надземную массу и корневую систему, она сильно подавляет культурные растения. Амброзия полыннолистная расходует много воды на образование единицы сухого вещества (в среднем в 2 раза больше в сравнении с колосовыми хлебами), что приводит к иссушению почвы; резко снижает плодородие почвы. При недостаточном уходе за посевами амброзия перерастает их и сильно заглушает, что приводит к резкому снижению, а то и полной гибели урожая. На лугах и пастбищах амброзия вытесняет злаково-бобовые травы и резко снижает кормовые качества сена и выпасов, поскольку не поедается скотом вследствие содержания в ее листьях горьких эфирных масел. Кроме того, вызывает у человека опасное заболевание – амброзийный полиноз [11]. Есть данные, что амброзия синтезирует хлорогеновую и изохлорогеновую кислоты, эфир глюкозы и кофейной кислоты, которые подавляют прорастание и рост многих видов растений [12]. Разработаны меры борьбы с амброзией через угнетение ее многолетними травами [13]. Других данных по аллелопатической активности амброзии полыннолистной нам не известно.

В данной работе рассмотрена аллелопатическая активность амброзии полыннолистной: влияние экстрактов из различных ее органов на прорастание семян горчицы; роль концентрации экстракта в аллелопатическом эффекте; вклад способа приготовления экстракта в проявление аллелопатии.

### Методика и материал

Аллелопатическая активность амброзии оценивалась методом биотестов на семенах горчицы (*Sinapis alba* L.) сорта «Радуга» [6]. Семена предварительно дезинфицировались в марганцовоокислом калии. Зеленая масса амброзии была собрана осенью 2008 года, высушена до воздушно сухого состояния и использовалась для получения холодных настоев, в которых и проращивались семена. В исследовании оценивалась роль 1%, 2,5%, 5% и 10% концентрации суточных настоев амброзии полыннолистной. Аллелопатический эффект изучался по влиянию суточных водных 10% настоев из листьев, стеблей, соцветий, корней и почвы из ризосферной области. В исследование включены различные способы приготовления настоев: 10% водный суточный, 10% водный часовой, 10% водный, приготовленный на водяной бане, роль сухой массы – как наиболее приближенные к естественным условиям. Повторность трехкратная.

В качестве критериев оценки использовались энергия прорастания, всхожесть, сила начального роста семян. Энергия прорастания, всхожесть определены в соответствии с ГОСТом 12088-84. Сила начального роста определялась методом морфобиологической оценки проростков [14]. Статистическая обработка проведена разностным методом.

### Результаты и их обсуждение

Прорастание семян является одним из самых важных и сложных этапов в онтогенезе растений. Этот период характеризуется особенно интенсивным обменом веществ, в результате которого запасные вещества превращаются в соединения, используемые проростком на новообразование тканей. В нормально прорастающем семени течение биохимических реакций строго координировано. На активность ферментов существенное влияние оказывают не только содержащиеся в семенах вещества, но и условия внешней среды [15]. Химические вещества, выделяемые одним растением, выступают как биокатализаторы при прорастании семян различных растений. Как показывают результаты исследований (табл.1) у амброзии полыннолистной больше биологически активных веществ накапливается в листьях. Аллелопатически активные вещества значительно, достоверно снижают энергию прорастания, всхожесть, силу

начального роста. Немного слабее (в порядке уменьшения эффекта) влияют соцветия и стебли. А вот, экстракты из корней и ризосферной почвы показали небольшие, достоверные расхождения с контролем. Таким образом, аллелопатически активные вещества синтезируются в разной степени активно в зависимости от органа, и не накапливаются в корнях. Земля, обладая сорбционными свойствами, меньше чем корни снижает энергию прорастания и силу начального роста, но сильнее – всхожесть.

Таблица 1

**Аллелопатическое влияние различных органов амброзии полыннолистной на начальные ростовые процессы семян горчицы**

Исследуемые показатели	Контроль	Значения показателей ростовых процессов при обработке семян настоями				
		листьев	соцветий	стеблей	корней	земли
Энергия прорастания, %	95.3	6.0**	6.3**	13.0**	75.7**	89.0**
Всхожесть, %	100	7.3**	8.3**	38.3***	91.3***	86.0**
Сила начального роста, %	91.0	3.7*	9.7*	17.3*	81.3***	85.66**

\* достоверно на уровне вероятности 0.998

\*\* достоверно на уровне вероятности 0.990

\*\*\* достоверно на уровне вероятности 0.950

Опыты по изучению роли концентрации настоев амброзии полыннолистной в аллелопатическом эффекте показали, что при увеличении концентрации от 1% до 10% значительно угнетаются семена горчицы (табл. 2). Энергия прорастания снижается от 96% до 6%, всхожесть – от 100% до 7%, сила начального роста – от 91% до 4%. Результаты опытов по влиянию настоев стеблей различных концентраций на ростовые процессы показали сложную картину. При повышении концентрации от 1% до 5% энергия прорастания и всхожесть увеличиваются, следовательно, аллелопатический эффект снижается. Дальнейшее повышение концентрации до 10% приводит к снижению этих показателей. Сила начального роста при увеличении концентрации до 2.5% увеличилась, дальнейшее повышение концентрации привело к ее угнетению. Хотя, следует признать, что нам не везде удалось получить достоверные значения. Значит, исследования по изучению роли концентрации настоев из различных органов амброзии нужно продолжить. Вероятнее всего зависимость аллелопатического эффекта от концентрации экстракта имеет сложный характер.

Таблица 2

**Оценка начальных ростовых процессов семян горчицы при проращивании в настоях амброзии полыннолистной различной концентрации**

Исследуемые показатели	Контроль	Экстракт из листьев				Экстракт из стеблей			
		1%	2,5%	5%	10%	1%	2,5%	5%	10%
Энергия прорастания, %	96.3	79.0***	76.3***	9.7*	6.0**	87.0***	88.0***	96.7	13.0**
Всхожесть, %	100	87.0	83.7***	28.0**	7.3**	93.7**	95.0***	97.3	38.3***
Сила начального роста, %	91	70.3**	73.0***	5.3*	3.7*	78.3**	84.0***	73.0**	17.3*

\* достоверно на уровне вероятности 0.998

\*\* достоверно на уровне вероятности 0.990

\*\*\* достоверно на уровне вероятности 0.950

Вполне понятно, что аллелопатическая активность зависит от определенных химических веществ. Они имеют различную природу: простые водорастворимые кислоты, ненасыщенные лактоны, жирные кислоты, терпеноиды, кумарины, флавоноиды, танины, аминокислоты, алкалоиды, гликозиды, фенолы и другие [8]. Каждое из этих и других веществ имеет свою технологию получения. В исследование включены те способы получения водорастворимых настоев, которые возможны в природе. Осенью, после проливных дождей застоявшаяся вода долго насыщается химическими

веществами. Летние кратковременные дожди создают условия подобные приготовлению 1-часового водного настоя. Жарким летним днем после дождя на поверхности почвы могут создаться условия сходные с водяной баней. После прополки, скашивания сухая масса амброзии попадает в почву и под влиянием почвенной влаги и осадков влияет на прорастание семян. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние способа приготовления экстракта из амброзии полыннолистной на начальные ростовые процессы семян горчицы**

Исследуемые показатели	Контроль	Настои		Экстракты на водяной бане	Сухая масса
		суточный	1-часовой		
Энергия прорастания, %	96.0	37.3**	45.***	81.7***	81.3**
Всхожесть, %	100	77.3**	95.0	92.0***	95.3***
Сила начального роста, %	91.0	12.35*	15.05*	13.0*	49.0**

\* достоверно на уровне вероятности 0.998

\*\* достоверно на уровне вероятности 0.990

\*\*\* достоверно на уровне вероятности 0.950

Независимо от способа приготовления все водорастворимые 10% экстракты амброзии полыннолистной оказывают угнетающее действие на энергию прорастания, всхожесть, силу начального роста. Самые большие различия по всем трем показателям получены при влиянии суточного экстракта. Самое слабое угнетение отмечено при проращивании семян горчицы в присутствии сухой массы амброзии.

### Выводы

Таким образом, результаты этих опытов четко свидетельствуют, что амброзия полыннолистная обладает сильной аллелопатической активностью. Этот эффект не зависит от способа приготовления экстрактов, но сильно зависит от концентрации и органа, из которого приготовлены растворы экстракты.

### Список литературы

1. Биология. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С.Гиляров.– М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 864 с.
2. Ботаника. Учебник для вузов: В 4 томах. / Под ред. П. Зитте, Э.В. Вайлер, Й.В. Кадейт и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – Т.2. – 459 с.
3. Марьюшкина В.Я. Некоторые методологические аспекты аллелопатических исследований. // Аллелопатия и продуктивность растений. Сб. науч. тр. – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 133-138.
4. Раис Э. Природные средства защиты растений от вредителей / Под ред. акад. АН УССР А.М. Гродзинского. – М.: Мир. – 1986.
5. Гродзинский А.М. Основа химических взаимодействий растений. – Киев: Наукова думка, 1973. – 136 с.
6. Гродзинский А.М. Экспериментальная аллелопатия. – Киев: Наукова думка, 1987. – 236 с.
7. Наумов Г.Ф. Некоторые проблемы аллелопатии в растениеводстве, их экономическое и народохозяйственное значение // Аллелопатия и продуктивность растений: Сб. науч.тр. / Харьк.с.-х. ин-т им. В.В.Докучаева. – Харьков, 1988. – С. 5-12.
8. Мороз П.А. Аллелопатия в плодовых садах. – Киев: Наукова думка, 1990. – 207 с.
9. Прутенская Н.М. Особенности почвоутомления под цветочными культурами // Аллелопатическое почвоутомление / Под ред. А.М. Гродзинского. – Киев: Наукова думка, 1979. – С. 82-107.
10. Головки Э.А. Микроорганизмы в аллелопатии высших растений. – Киев: Наукова думка, 1983. – 256 с.
11. <http://www.sevin.ru/invasive/invasion/plants/ragweed.html>.
12. Марьюшкина В.Я. Амброзия полыннолистная и основы биологической борьбы с ней. – Киев: Наукова думка, 1986. – 117 с.



13. Бысов Н.С. Фитоценоотические меры борьбы с пыреем ползучим / Пути повышения урожайности полевых культур. – Минск, 1990. – с.44-49.

14. Методические указания. Определение силы начального роста семян зерновых культур по морфологической оценке проростков. – Л., 1975. – 16 с.

15. Овчаров К.Е. Физиология формирования и прорастания семян. – М.: Колос, 1976. – 256 с.

### **AN ALLELOPATHY OF RAG-WEED (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA*L.)**

**T.N. Glubsheva,  
E.N. Karpushina**

*Belgorod State University*

*Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: glubshe-  
va@bsu.edu.ru*

The presents the results of experimental studies in quarantine weeds of *Ambrosia artemisiifolia*. The author shows the dependence of allelopathic effect on plants ' organ, concentration and the way of making an extraction.

Key words: allelopathy, quarantine weed, quarantine weeds, biologically active substances.

## ПОВЫШЕНИЕ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

**Ю.Н. Куркина**

Белгородский  
государственный  
университет

Россия, 308015, г.Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: kurkina@bsu.edu.ru

Изучали действие регуляторов роста «Нано-Гро» и «Эпин-Экстра» на энергию прорастания, всхожесть и интенсивность прорастания семян разных видов культурных растений из семейства Бобовые. Показано, что обработка семян бобовых культур испытуемыми регуляторами роста оказала существенное влияние на показатели качества семян. По совокупности рассматриваемых показателей для улучшения посевных качеств семян можно рекомендовать препарат «Нано-Гро».

Ключевые слова: регулятор роста, бобовые, посевные качества семян, энергия прорастания, всхожесть, «Нано-Гро», «Эпин-Экстра».

---

### Введение

В последние годы имеет место повышение интереса к возделыванию таких зерновых бобовых культур, как бобы, горох, люпин и другие. Остаются популярными и бобовые травы. Это связано с интенсификацией использования земельной площади, накоплением этими культурами легкодоступных азотистых веществ в почве, улучшением ее структуры, введением правильных севооборотов, снижением затрат на производство высококачественного белка [1-8].

Получение стабильно высоких урожаев в значительной степени определяется качеством посевного материала. Погружая семена в растворы регуляторов роста, можно стимулировать их прорастание, добиться однородности в морфологических и физиологических модификациях растений. Стимулирование прорастания семян с помощью регуляторов роста широко используется на многих культурах [9-11]. За последние годы ассортимент препаратов, регуляторов роста растений, способствующих увеличению продуктивности и качества получаемой продукции, расширился. Целью нашей работы было изучение действия двух регуляторов роста растений на посевные качества семян бобовых культур. Изучали новый на Российском рынке регулятор роста «Нано-Гро» и широко распространенный препарат «Эпин-Экстра».

В основе эффекта «Нано-Гро» лежит специфический принцип гомеопатических концентраций: биологически-активное вещество в сверхмалых концентрациях мобилизует резервы растительного организма.

Препарат «Эпин-Экстра» обладает высокой физиологической активностью, активизируя в растениях фитогормоны. Эпин относится к брассиностероидам – сравнительно недавно открытому классу соединений, обладающих широким спектром росторегулирующей активности.

### Методика

Воздействие испытуемых препаратов на энергию прорастания, всхожесть семян и интенсивность прорастания изучали в условиях лабораторного опыта (на уровне проростков) на кафедре биоценологии и экологической генетики в 2009 году. По установленным ГОСТам определяли посевные качества семян 7 видов бобовых культур: горох посевной (*Pisum sativum*), бобы кормовые (*Vicia faba*), фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris*), вика посевная (*Vicia sativa*), эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia*), люпин однолетний Хартвега (*Lupinus hartwegii*) и люпин многолетний (*Lupinus polyphyllus*).

Семена обрабатывали растворами препаратов согласно рецептуре производителя. В первом опыте – путем погружения на 30 секунд в раствор «Нано-Гро» (120 мг

действующего вещества на 1 л воды). Во втором опыте – замачиванием семян на 4 часа в растворе «Эпин-Экстра» (0,5 мл препарата на 1 л воды). В контроле семена замачивали в дистиллированной воде.

Проводили два учета прорастания семян: на 3-5-е сутки (в зависимости от вида растения) определяли энергию прорастания, на 7-10-е сутки – всхожесть семян. Интенсивность прорастания семян вычисляли по показателям длины корешков (в расчете на 100 шт. проростков).

### Результаты и их обсуждение

Анализ результатов исследования показал, что обработка семян бобовых культур испытуемыми регуляторами роста оказала существенное влияние на показатели качества семян – энергию прорастания и всхожесть. Прослеживается видоспецифичность действия препаратов на активизацию ростовых процессов у различных ботанических объектов. Так, применение препаратов на горохе и бобах повысило всхожесть семян с 57 и 35% до 97 и 65-100% – «Эпин-Экстра» и «Нано-Гро», соответственно (рис. 1). Хотя энергию прорастания семян с 37% у гороха и с 3% у бобов «Эпин-Экстра» увеличил до 47 и 53%, соответственно, тогда как «Нано-Гро» – до 97%.

Отмечено одинаковое положительное действие препаратов на посевные качества семян вики. Очевидно, что стимуляторы роста с легкостью снимают проблему твердосемянности культуры.

Немного меньшее положительное действие оказали препараты на фасоль, повысив всхожесть семян с 23% в контроле до 35 («Эпин-Экстра») и 53% («Нано-Гро»).

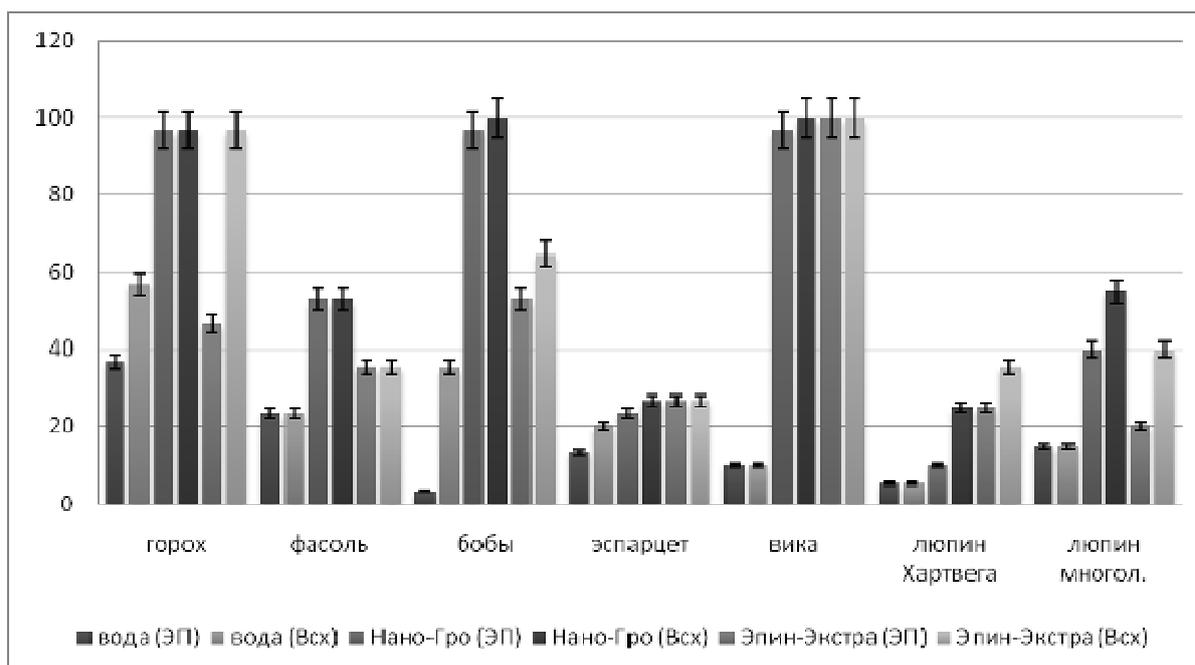


Рис. 1. Изменение показателей энергии прорастания (ЭП) и всхожести (Всх) семян (в %) некоторых бобовых под действием регуляторов роста растений (планки погрешностей приведены с относительными ошибками на пятипроцентном уровне значимости)

У эспарцета применением регуляторов роста удалось незначительно увеличить показатели всхожести – с 20 до 27 %. Недостатком люпинов является плотная, так называемая «твердокаменная» оболочка семян, препятствующая их набуханию [12, 13]. Низкие показатели энергии прорастания и всхожести семян люпина Хартвега удалось повысить с 5 до 25 и 35 % обработкой «Нано-Гро» и «Эпином-Экстра» соответственно. Всхожесть семян люпина многолетнего повысилась с 15 до 40% после замачивания в «Эпине-Экстра» и до 55 % – после обработки «Нано-Гро».

Таким образом, наиболее высокие статистически достоверные значения энергии прорастания и всхожести семян люпина «Хартвега» отмечены после обработки регулятором роста «Эпин-Экстра». Семена бобов, фасоли и люпина многолетнего лучше отзывались на обработку препаратом «Нано-Гро». Одинаковое действие препараты оказали на горох, эспарцет и вику (см. табл.).

**Показатели стимулирующего действия регуляторов роста  
на посевные качества семян бобовых культур**

Культура	«Нано-Гро»		«Эпин-Экстра»	
	превышение контроля по энергии прорастания, %	превышение контроля по всхожести, %	превышение контроля по энергии прорастания, %	превышение контроля по всхожести, %
Горох посевной	60	40	10	40
Фасоль обыкновенная	30	30	12	12
Бобы кормовые	93	65	50	29
Эспарцет посевной	10	7	13	7
Вика посевная	87	90	90	90
Люпин Хартвега	5	20	20	30
Люпин многолетний	25	40	5	25

Если при оценке действия регуляторов роста на прорастание семян учитывать длину корешков, то следует отметить, что большее положительное влияние на этот признак оказал препарат «Нано-Гро» (рис. 2). Однако, значения длины корешков бобов и эспарцета на разных регуляторах роста достоверно не различались, тогда как семена остальных культур лучше реагировали на «Нано-Гро». Этот факт, несомненно, требует дальнейших исследований.

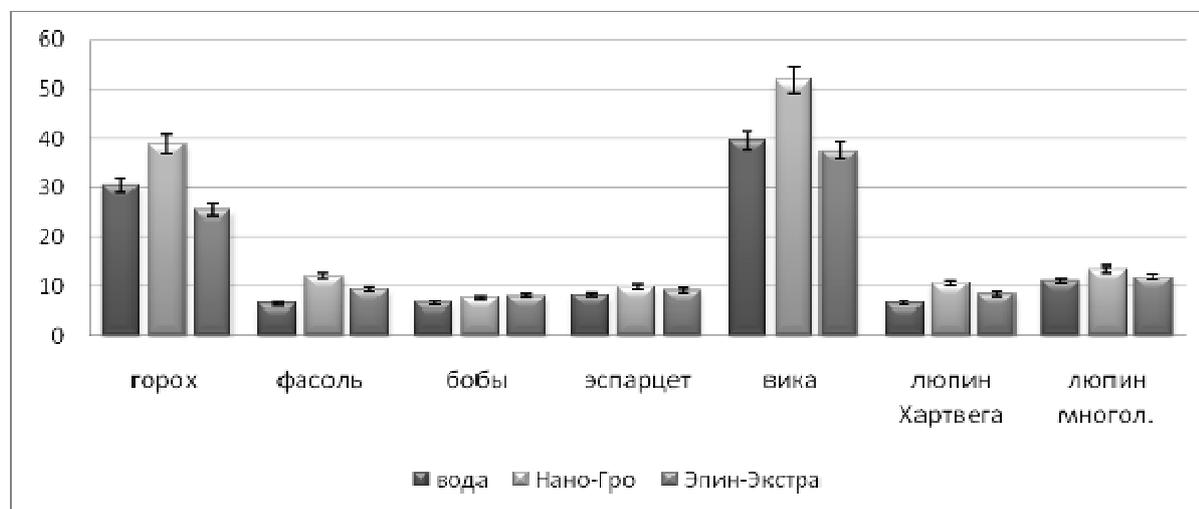


Рис. 2. Изменение признака «длина корешка (в мм)» при прорастании семян некоторых бобовых под действием регуляторов роста растений

Необходимо добавить, что исследуемые регуляторы роста хорошо растворимы в воде, обработка ими семян и растений совместима с другими агроприемами (протравливание семян и применение средств защиты растений от болезней и вредителей). Заметим, что процесс обработки семян препаратом «Нано-Гро» занимает меньше времени, так как не требует длительного замачивания.

## Вывод

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что применение в технологии выращивания бобовых культур регуляторов роста «Нано-Гро» и «Эпин-Экстра» может существенно повысить посевные качества семян и усилить интенсивность их прорастания. Это особенно важно в тех случаях, когда необходимо довести семена до посевных кондиций.

## Список литературы

1. Хохлов В.И. Многолетний люпин повышает плодородие почв // Земледелие. – 1990. – № 1. – С. 37 – 39.
2. Лукин С.М. Значение биологической азотфиксации бобовых в балансе азота в земледелии Нечерноземной зоны России // Агрехимия. – 1995. – № 8. – С. 11 – 17.
3. Куркина, Ю.Н. Один из аспектов экологии растений кормовых бобов / Ю.Н. Куркина, И.К Ткаченко // Биология – наука XXI века: Сб. тезисов 6-й Пущинской школы-конференции молодых ученых. г. Пущино, 20-24 мая 2002 г. – Тула: Изд.-во ТулГПУ, 2002. – Т. 2. – С. 96.
4. Вороничев, Б.А. Кормовые бобы – надежный резерв увеличения производства растительного белка / Б.А. Вороничев, В.В. Коломейченко // Кормопроизводство. – 2003. – № 5. – С.14-18.
5. Ившин Г.И. Селекция посевной яровой вики и кормовых бобов в условиях Центральных районов Нечерноземной зоны России / Г.И. Ившин // Автореф. дисс. ...д.с.-х.н., Москва, 2004. – 57 с.
6. Столяров О.В. Нут, соя и кормовые бобы в Центральном Черноземье: Вопросы теории и практики повышения азотфиксации, величины и качества урожая семян. Дисс...д.с.-х. наук. – Воронеж, 2005. – 542 с.
7. Стебакова Е.Н. Обоснование морфобиологических параметров перспективного сорта бобов для Центрально-Черноземного региона России. Автореф. дисс...к.с.-х. наук. – Орёл, 2007. – 22 с.
8. Косолапов В.М. Перспективы развития кормопроизводства России / В.М. Косолапов // Кормопроизводство. – 2008. – № 8. – С. 2-10.
9. Щукина Н.В. Формирование урожая и качество зерна озимой пшеницы при некорневом внесении микроэлементов, азотных удобрений и регуляторов роста. – Автореф. дисс...к.с.-х.н. – Оренбург, 2009. – 20 с.
10. Новикова Р.А. Всхожесть семян бобовых под действием стимуляторов роста [Опыты с пионом, шиповником, акацией желтой и люпином многолетним] // Аграрная наука. – 1997. – № 2. – С. 40.
11. Gromadzinski A., Ciesielski F., Mrowczynski M. Wplyw regulatorow wzrostu na plon nasion lubinu zoltego i lubinu waskolistnego // Pam. Pulawski. – pulawy. – 1991. – Z. 99. – S. 43 – 61.
12. Тамонов А.М. Скарификация семян многолетнего люпина // Земледелие. – 1994. – № 1. – С. 37.
13. Serrato Valenti G., Melone L., Ferro M., Bozzini A. Comparative studies on testa structure of “hard-seeded” and “soft-seeded” varieties of *Lupinus angustifolius* L. (Leguminosae) and on mechanisms of water entry // Seed Sc. Technol. – 1989. – Т. 17, № 3. – p. 563 – 581.

## IMPROVEMENT SOWING QUALITY SEEDS OF SOME LEGUMES AS EFFECT OF PLANT GROWTH REGULATORS

### Yu. N. Kurkina

*Belgorod State University*

*Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: kurkina@bsu.edu.ru*

The article dwells on the action of regulators of growth of Nano-Gro and Epin-Ekstra on energy of germination, germination and the intensity of germination of seeds of different kinds of cultural plants from family Bean. It is shown that processing of seeds of bean cultures under test by growth regulators has made an essential impact on indicators of quality of seeds. On the basis of considered indicators it is possible to recommend a preparation of Nano-Gro for improvement of sowing qualities of seeds.

Key words: plant growth regulator, Legumes, seeds germination, energy of germination, germination.

## СОДЕРЖАНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Р.А. Колчанов,  
А.Ф. Колчанов**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*Россия, 308015, г.Белгород,  
ул. Победы, 85*

*E-mail:  
kolchanov@bsu.edu.ru*

Определен уровень содержания цезия-137 в 31 виде растений из 6 юго-восточных и 1 района из центральной части (в качестве контроля) Белгородской области. Установлено снижение содержания радионуклида цезия-137 в растительном сырье от юго-восточных районов до центрального.

Ключевые слова: лекарственное сырье, радионуклид, бета-излучение, гамма-излучение, Цезий-137, изотоп, удельная активность, радиационный фон.

---

### Введение

Целью работы является определение уровня содержания цезия-137 в растительном сырье флоры Белгородской области. Задачи: отбор лекарственного сырья в юго-восточных районах Белгородской области; определение содержания цезия 137 в лекарственных растениях; сравнительный анализ экспериментальных данных.

Площадь радиоактивного загрязнения территории области в результате Чернобыльской катастрофы, по данным Росгидромета, составляет 1620 км<sup>2</sup> (6%) с уровнем загрязнения стронцием-90 и цезием-137 в пределах 1-5 Ки/км<sup>2</sup> (37–185 кБк/м<sup>2</sup>). Однако за 20 лет с момента катастрофы третья часть радионуклидов распалась. По данным исследований Росгидромета, проведенных в 2005 году, плотность загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs составила: минимальная — 0.37 кБк/м<sup>2</sup>, максимальная — 335 кБк/м<sup>2</sup>, средняя — 1.6 кБк/м<sup>2</sup> не представляют опасности для получения качественной продукции растениеводства и не превышает установленных нормативов [1, 2].

«Плотность загрязнения почвы цезием-137 в 2008 году составила: минимальная — 0.37 кБк/м<sup>2</sup>, максимальная — 167 кБк/м<sup>2</sup>, средняя — 1.2 кБк/м. «Природное» облучение населения формируется за счет природных радионуклидов, содержащихся в среде обитания (воздух, почва, вода, пищевые продукты, строительные материалы и др.). Оно вносит наибольший вклад в дозу облучения населения Белгородской области, составляя в среднем 91.4%». В наибольшей степени загрязнены цезием-137 восточные районы области. Самое высокое содержание этого радионуклида было отмечено на реперных объектах Алексеевского (75.5 Бк/кг) и Красненского (78.1 Бк/кг) районов. В почвах Новооскольского, Вейделевского, Чернянского, Красногвардейского, Волоконовского районов количество этого радионуклида составило 35.5-44.6 Бк/кг. Наименьшее количество радиоактивного цезия обнаружено в пахотном слое почвы Грайворонского (14 Бк/кг) и Старооскольского (18.2 Бк/кг) районов. Установленные уровни концентраций радионуклидов в почвах области не представляют опасности для получения качественной сельскохозяйственной продукции [3: 101; 133].

В течение лета и осени 2006 года был изучен радиационный фон в юго-восточных районах области (Новооскольский, Красногвардейский, Алексеевский, Валуйский, Ровеньский, Вейделевский, Волоконовский, Шебекинский). На данном маршруте производились измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, плотности потока бета-излучения с поверхности и удельная активность радионуклида Цезий-137 в растениях. Данные анализа показывают, что для стронция-90 средние поверхностные загрязнения колеблются в пределах 0.0217 до 0.0517 (1/с×см<sup>2</sup>). Сравнение полученных данных (в среднем) — 0.042 с данными, полученными в 1986 году —

0.09, свидетельствует, что плотность потока бета-излучения уменьшилась более чем в 2 раза. В результате проведенных исследований установлено, что в дикой растительности содержание цезия-137 выше его содержания в сельскохозяйственной продукции [4]. По данным комитета экологии [2005], среднее содержание цезия-137 (основного компонента радиоактивного загрязнения) в пахотном слое составляет примерно 40 Бк/кг [5].

### Методика исследования

Маршрут следования: Белгород, Шебекино, Волоконовка, Валуйки, Вейделевка, Ровеньки, Варваровка, Засосны. Отбор проб проводился в Шебекинском (с. Мало-Михайловка), Волоконовском (х. Герасимов), в Валуйском (объездная дорога в окрестностях военного полигона), в Вейделевском (Белая гора в пос. Вейделевка), в Ровеньском (с. Нагольное), в Алексеевском (урочище Варваровка), Красногвардейском (с. Засосны), в Белгородском (с. Пушкарное).

Во всех точках по маршруту были взяты пробы лекарственного сырья; высушенные пробы измельчались до порошкообразного состояния; измельченная проба просеивалась, перемешивалась и сокращалась до нужного количества; измерительная кювета наполнялась соответствующей пробой, затем снимались показания прибора в пятикратной повторности, результаты усреднялись; рассчитывалась величина удельной активности радионуклида; измерения проводились дозиметром РКСБ-104; данные отражены в таблице.

Таблица  
Содержание радионуклида цезий-137 в лекарственных растениях, в Бк/кг

Таксоны	Районы*							Среднее по виду
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Акация белая	114.1	112.0	90.0	80.0	70.5	30.0	18.0	73.5
2. Береза повислая	135.4	108.0	99.2	88.3	65.0	35.0	29.0	79.9
3. Боярышник одно-пестичный	86.0	75.4	69.0	60.3	54.4	33.3	13.3	55.9
4. Василек синий	80.0	70.0	65.0	59.0	53.0	33.0	21.2	54.4
5. Горец змеиный	118.0	102.0	89.3	73.0	63.0	30.2	40.5	73.7
6. Горец птичий	121.1	94.0	91.1	80.3	70.5	30.3	21.0	72.6
7. Девясил шершавый	83.0	79.0	60.5	60.3	50.4	25.0	30.5	55.5
8. Дуб черешчатый	70.0	61.2	54.0	50.0	43.0	30.6	20.1	46.9
9. Душица обыкновенная	96.0	90.3	81.0	74.0	70.3	40.0	30.4	68.8
10. Зверобой продырявленный	90.0	87.9	70.3	65.0	60.0	45.0	20.3	62.6
11. Земляника лесная	127.2	108.0	98.0	90.5	80.0	47.0	38.0	84.1
12. Иссоп лекарственный	87.0	80.5	79.8	70.5	60.9	43.0	30.9	64.6
13. Истод сибирский	76.0	68.0	59.0	54.0	50.5	33.0	30.5	53.0
14. Календула	60.0	53.6	50.5	49.0	38.3	34.0	23.0	44.0
15. Калина обыкновенная	130.5	112.0	98.7	76.3	48.9	38.6	26.7	61.5
16. Липа мелколистная	95.0	78.0	66.5	55.0	45.9	38.0	20.5	56.9
17. Лопух большой	90.0	86.4	70.5	60.0	58.0	38.3	15.0	59.7
18. Мать-и-мачеха	196.8	180.0	150.0	130.0	110.0	36.0	28.8	118.8
19. Мята перечная	90.3	88.0	80.0	76.9	70.1	32.1	22.8	65.7
20. Подорожник большой	140.0	138.0	101.1	79.8	470.4	43.0	28.0	142.9

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21. Полынь обыкновенная	160.0	126.4	100.1	89.0	78.9	30.9	20.5	85.1
22. Пустырник 5-лопастный	170.0	165.6	112.0	93.0	85.0	30.5	30.1	98.0
23. Репешок обыкновенный	167.0	123.2	100.3	90.2	80.1	36.0	30.5	89.6
24. Ромашка аптечная	180.0	163.6	98.9	80.3	65.0	30.1	20.3	66.6
25. Ромашка лекарственная	90.0	88.0	80.3	70.5	69.0	38.0	23.0	65.5
26. Синеголовник плосколистный	80.0	72.0	65.0	50.3	49.8	30.5	20.8	52.6
27. Смородина черная	76.0	67.2	59.0	50.2	46.7	20.2	10.9	47.1
28. Тимьян обыкновенный	125.6	124.6	89.0	79.5	69.1	25.0	19.8	76.0
29. Тысячелистник обыкновенный	85.0	80.0	69.0	60.4	57.9	20.8	11.0	54.8
30. Цикорий обыкновенный	90.0	87.0	70.3	69.0	60.5	28.0	17.0	60.2
31. Цмин песчаный	84.0	76.8	64.0	60.0	54.9	31.0	20.2	57.2
<i>Среднее по районам</i>	<i>104.6</i>	<i>96.0</i>	<i>81.3</i>	<i>71.7</i>	<i>75.8</i>	<i>33.4</i>	<i>23.6</i>	<i>68.6</i>

\*Примечание: районы - 1 – Ровеньский, 2 – Вейделевский, 3 – Алексеевский, 4 – Волоконовский, 5 – Краногвардейский, 6 – Шебекинский, 7 – Белгородский.

Среднее по районам (Бк/кг): Ровеньский – 104.6; Вейделевский – 96.0; Алексеевский – 81.3; Волоконовский – 71.7; Краногвардейский – 75.8; Шебекинский – 33.4; Белгородский – 23.6. Наибольшее содержание в мать-и-мачехе – 196.8 (Ровеньский), 180 (Вейделевский), 150 (Алексеевский), 130 (Волоконовский), 110 (Краногвардейский), в Шебекинском и Белгородском уменьшается до 36 и 28.8, соответственно; в ромашке аптечной: от 180,0 до 20.3 (Ровеньский и Белгородский, соответственно), в среднем по растению – 66.6; в цмине песчаном от 84.0 до 20.2 (Ровеньский, Белгородский соответственно), в среднем по растению 57.2. Общая тенденция от высокого (в Ровеньском, Вейделевском, Алексеевском, Волоконовском, Краногвардейском) до сравнительно низкого содержания в Шебекинском и, особенно, в Белгородском районах.

### Выводы

Выявлено постепенное уменьшение радиоактивного загрязнения от юго-восточных районов к центральному; удельная активность радионуклида цезий-137 в разных районах Белгородской области колеблется в среднем от 142.9 до 44.0 Бк/кг, что свидетельствует о большом разбросе его содержания в различных видах растений. Самые большие загрязнения имеют место в районах, испытавших влияние ЧАЭС: это Ровеньский, Вейделевский, Алексеевский, Волоконовский, Краногвардейский районы. Самыми «чистыми» в этом отношении районами являются Шебекинский и Белгородский.

### Список литературы

1. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2005 году: справочное пособие / П.М. Авраменко и др.; под ред. С.В. Лукина. – Белгород: КОНСТАНТА, 2006. – С. 101.

2. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2006 году: справочное пособие / П.М. Авраменко и др.; под ред. С.В. Лукина. – Белгород: КОНСТАНТА, 2007. – 208 с.

3. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2008 году: справочное пособие / П.М. Авраменко и др.; под ред. С.В. Лукина. – Белгород: КОНСТАНТА, 2009. – 248

4. Колчанов Р.А. К вопросу радиаэкологического состояния Белгородской области // Материалы II междунар. научн.-практ. конф., г. Белгород, 24-26 сентября 2007 г. – Белгород: «ПОЛИТЕРРА», 2007. – С. 166-171.

5. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2003-2004 годах / под ред. С.В. Лукина, Ф.И. Лисецкого, М.В. Терентьева. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – 182 с

### **THE CONTENTS OF CAESIUM-137 IN THE MEDICINAL HERBS IN TERRAIN OF THE BELGOROD REGION**

**R.A. Kolchanov,  
A.F. Kolchanov**

*Belgorod State University*

*Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail:  
kolchanov@bsu.edu.ru*

The level of contents of Caesium-137 in tissues of 31 species of plants from 6 southeast and 1 central (is determined as the control) districts of Belgorod Region is defined. The decrease of the contents of the radionuclide Caesium-137 in vegetative raw material from southeast areas to central is stated.

Key words: medicinal raw material, radionuclide, beta-radiation, gamma-radiation, Caesium-137, isotope, specific activity, ionizing radiation.

## ОБЗОР РОДА *POLYGONUM* L., 1753

**А.В. Лазарев,  
С.В. Недопекина**

Белгородский  
государственный  
университет

Россия, 308015, г.Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: lazarev@bsu.edu.ru

Приведены результаты исследования морфологических и систематических особенностей рода *Polygonum*, его место в системе покрытосеменных. Во флоре Белгородской области отмечено 16 видов рода *Polygonum*, из них 10 видов являются сорными. Для них составлен определитель. По нашим данным 23 вида *Polygonaceae* флоры европейской части России относятся к сорным растениям.

Ключевые слова: род Горец, систематика, морфология.

### Введение

Во флоре Белгородской области во многих семействах есть растения, значимые для человека: лекарственные, сорные и др. В семействе Гречишные – это представители рода Горец (*Polygonum*). Многие горцы используются в медицине: горец змеиный, или змеевик (*Polygonum bistorta* L.), горец почечуйный (*Polygonum persicaria* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.) и другие. Трава спорыша включена как лекарственное сырье в ГФ XI [1, 2, 3, 4]. Среди учёных существуют различные взгляды на количественный видовой и родовой состав семейства *Polygonaceae*. Количество родов и видов различаются у разных авторов: около 40 родов и более 800 видов [7, 9], 30-35 родов и более 1000 видов [16]. Кроме того, систематический состав видов указанного семейства в Белгородской области требует дополнительного изучения. В связи с указанной проблемой целью исследований является изучение систематики и биологических особенностей видов рода Горец.

### Материал и методика исследований

Изучались литературные данные о видах, относящихся к роду Горец (*Polygonum*), приведенные в различных источниках [5-9], включая данные, полученные в процессе изучения флоры Белгородской области [10, 11]. При распределении сорных растений сем. Гречишные по условиям местообитания за основу взяты классификации А.И. Мальцева [12], С.А. Котта [13] и Ф.-Г. Шредра (F.-G. Schroeder) [14]. Также используется классификация В.В. Никитина [15].

### Результаты исследований

Семейство гречишные относится к отделу *Magnoliophyta* (*Angiospermae*), классу *Magnoliopsida* (*Dicolydones*), подклассу *Caryophyllidae*, надпорядку *Polygonanae*, монотипному порядку Гречихоцветные (*Polygonales*). [16]. По строению эндосперма и циклическому или нециклическому расположению околоцветника семейство гречишных делится на 3 подсемейства: эригоновые (*Erigoideae*), (? щавелевые – *Rumicoideae*); гречишные (*Polygonoideae*) и кокколобовые (*Coccoloboideae*) – обычно с нециклическим околоцветником [16, 17].

Подсемейство гречишные включает три трибы: I. *Rumiceae* (*Rheum*, *Rumex*, Оксирия (*Oxyria*) – 1 вид арктический и альпийский, 1 вид в Центральной Азии; Эмекс (*Emex*) – Южная Европа, Южная Африка и Австралия); II. *Atraphaxideae* (Курчавка (*Atraphaxis*) и Джузгун (*Calligonum*) – Центральная и Средняя Азия, Северная Африка (роль листьев выполняют ассимилирующие побеги); Птеропирум (*Pteropurum*) – Иран, юг Средней Азии); III. *Polygoneae* (Горец (*Polygonum*) – около 300 видов, космополит; Гречиха (*Fagopyrum*) – Азия, Кения (*Koenigia*) – тундра, альпийский пояс Азии, Европы; *Oxygonum*) [16].

Флора России насчитывает 9 родов подсемейства гречишных, из которых наи-

более широко представлены горцы, щавели и ревени [1]. Во Флоре европейской части России указаны 6 родов. По нашим данным 23 вида трех родов флоры европейской части России попадают под статус сорных – Щавель, Горец, Гречиха [18].

### ***Polygonum* L. – Горец**

Кустарники, лианы, полукустарники, однолетние, многолетние травы. Стебли прямостоячие, распростёртые, вьющиеся. Листья гладкие или шероховатые. Цветки обоеполые, часто протандрические, в кистевидных или метёлчатых соцветиях, иногда пазушные, которые состоят из малоцветковых завитков. Околоцветник состоит из 5-6 листочков, венчиковидный, при плодах разрастается. Тычинок 4-8 в двух кругах, наружные чередуются с листочками околоцветника. Завязь окружена у основания железистым кольцом. Столбиков 2-3 срастающихся основаниями. Опыление насекомыми, нередко самоопыление. Плод орешек трёхгранный или чечевицеобразный, заключённый в разросшийся околоцветник. Плоды двух типов: летние заключённые в околоцветнике, короткие, тёмно-бурые и осенние зеленовато-бурые, удлинённые, выступающие из околоцветника, иногда серповидно изогнутые. Плоды распространяются ветром, муравьями, водой. Плоды сорных растений, таких, как щавелёк (*Rumex acetosella*) и спорыш, разносятся вместе с грязью, прилипшей к ногам животных, в том числе домашних, обуви человека, транспортным средствам [5].

Горцев насчитывается около 300 видов; наиболее распространены они в умеренных и тропических областях. В СНГ насчитывают около 150 видов. Во Флоре СССР описано 124 вида [5]; у П.Ф. Маевского [7] для европейской части СССР приводится – 49 видов.

В последнее время из рода Горец предлагают выделять следующие самостоятельные роды: *Fallopia* Adans. (*F. convolvulus*, *F. dumetorum*); *Aconogonon* (Meissn) Reichenb. (*A. alpinum*, *A. weyrichii*, *A. divaricatum*); *Polygonum* L. s.str., *Persicaria* Mill. (*P. amphibia*, *P. maculosa*, *P. minor*, *P. hydropiper*); *Bistorta* Scop. (*B. officinalis*, *B. vivipara*) [9].

Гречишные произрастают в самых разнообразных экологических условиях. В горах они поднимаются до альпийского пояса, например, ревень благородный (*Rheum nobile*), который обитает в Восточных Гималаях на высоте 5100 м над уровнем моря. В холодных арктических пустынях встречается однолетняя кенигия исландская (*Koenigia islandica*). В пустынях Азии джужгуны произрастают на слабозакрепленных песках, а горец морской (*Polygonum maritimum*) и спорыш (*P. aviculare*) принимают участие в зарастании песчаных дюн. Примером приспособления растений к крайне засушливым условиям жизни может служить род джужгун, у видов которого листья редуцированы и их роль выполняют ассимилирующие побеги, частично опадающие после созревания плодов. Некоторые горцы являются водными растениями. Например, в тропических водоемах плавающие острова образованы горцем бородачатым (*P. barbatum*), а горец земноводный (*P. amphibium*) встречается как в воде, так и на влажных почвах [9].

Г. живородящий (*P. viviparum*) в нижней части соцветия имеет луковички для вегетативного размножения. Цветки многих видов щавеля приспособлены к опылению ветром. Они располагаются на довольно длинных цветоножках, легко раскачиваются при порывах ветра, а крупные перистые рыльца хорошо улавливают пыльцу. У энтомофильных представителей семейства, например у ревеней и горцев, рыльца обычно головчатые. В цветках гречишных насекомых привлекает нектар, который выделяют нектарники, расположенные у оснований тычинок, иногда в цветках имеются нектароносные диски. Опылителями являются насекомые с коротким хоботком, главным образом пчёлы и мухи. Более успешному перекрёстному опылению у некоторых гречишных способствует явление разностолбчатости. Так, гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) имеет цветки двух типов: короткостолбчатые, у которых тычинки длиннее столбиков, и длинностолбчатые, у которых тычинки короче столбиков, при этом в одном цветке тычинки и рыльца созревают в разное время [9].

Среди гречишных есть ценные медоносы: гречиха, горец змеиный (*Polygonum bistorta*) и др. Гречишный мед имеет тонкий вкус и тёмно-коричневый цвет. Большин-

ство гречишных из-за большого содержания дубильных веществ и щавелевой кислоты плохо поедается скотом. Наблюдались случаи отравления щавельком овец и лошадей, а поедание коровами щавеля способствует быстрому скисанию молока [1-4].

Среди гречишных есть также красильные растения. Горец красильный (*Polygonum tinctorium*) даёт 4-5% индиго, корень спорыша также даёт синюю краску. Как декоративное растение используется многолетняя лиана горец бальджуанский (*P. baldshuanicum*) [6].

В Красной книге России три вида сем. Гречишные – Polygonaceae: Горец аляскинский – *Polygonum alaskanum* (Small) Wight ex Hult. [= *Aconogonon alaskanum* (Small) Sojak], статус 3; Горец амгинский – *Polygonum amgense* V. Michaleva et Perfiljeva [*Aconogonon amgense* (V. Michaleva et Perfiljeva) Tzvelev], статус 3; Ревень алтайский – *Rheum compactum* L. (за исключением популяций Иркутской области), статус 2. Кроме того, рекомендуются к охране горцы: арийский и овчинникова [19].

По данным А.Ф. Колчанова [10] – в Белгородской области отмечены 16 видов: *P. alpinum* All., *P. amphibium* L., *P. aviculare* L., *P. arenastrum* Boreau., *P. bistorta* L., *P. convolvulus* L., *P. dumetorum* (L.) Holub., *P. kotovii* Klok., *P. lapathifolium* L., *P. neglectum* Bess. = *P. procumbens* Gilib., *P. nodosum* Pers., *P. hydropiper* L., *P. minus* Huds., *P. persicaria* L., *P. patulum* Bieb.

В Средней Азии горец представлен рядом близких замещающих географических рас: Горец красивый – *P. nitens* (Fisch. et C. A. Mey.) V. Petrov ex Kom. – произрастает в горах Средней Азии совместно с горцем змеиным на Горном Алтае и в Тарбагатае; Горец эллиптический – *P. ellipticum* Willd. ex Spreng., Горец утончающийся – *P. attenuatum* V. Petrov ex Kom. и Горец лисохвостовый – *P. alopecuroides* Turcz. – в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке; Горец тихоокеанский – *P. pacificum* V. Petrov ex Kom. – в Приморье и на Сахалине; Горец маньчжурский – *P. manshuriense* V. Petrov ex Kom. – в Приморье и Приамурье; Горец полуушковый (горец Регеля) – *P. subauriculatum* V. Petrov ex Kom. (*P. regelianum* Kom.) – в Приморье, Приамурье, на Сахалине и Охотском побережье [1].

Лекарственные свойства гречишных известны с глубокой древности. С давних времен в народной медицине употребляли: горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), горец почечуйный (*Polygonum persicaria* L.), горец змеиный, или змеевик (*Polygonum bistorta* L.). Другие виды рода Горец используются как в народной, так и в официальной медицине. Они находят применение как жаропонижающее, потогонное, противовоспалительное, тонизирующее, укрепляющее, мочегонное, желчегонное, вяжущее, кровоостанавливающее, антимикробное, противогнилостное средства. Кроме того, они применяются для уменьшения кровоточивости слизистых оболочек, умеренного снижения кровяного давления, ускорения заживления ран [1-4].

#### Ключ для определения секций

1. Раструб типично двулопастный, чаще с рассеченными лопастями, тычиночные нити особенно внутренние расширены. Секция 1. **Avicularia Meisn.**
- Раструб не двулопастный, тычиночные нити узкие.....2
2. Раструб цилиндрический, наверху обрубленный. Соцветие колосовидное, околоцветник из 3-5 листочков, тычинок 4-8. Секция 2. **Persicaria Meisn.**
- Раструб косой.....3
3. Соцветие колосовидное. Тычинок 8, раструб без ресниц. Секция 3. **Aconogon Meisn.**
- Соцветие не метельчатое .....4
4. Растения с толстыми корневищами, соцветия простые, колосовидные. Стебли простые. Секция 3. **Bistorta Adans.**
- Корневища отсутствуют или тонкие. Стебли ветвистые, соцветия ветвистые. .... 5
5. Стебли цепляющиеся, ползучие, вьющиеся. Рыльца головчатые. Секция 4. **Tiniaria Meisn.**
- Стебли прямостоячие. Рыльца широкие. Секция 5. **Pleuropterus Benth. et Hook** [5].

### Ключ для определения видов

1. Растения водные, с ползучим корневищем. Листья длинночерешковые, ланцетные или продолговатые. Цветки обоеполые, околоцветник розовый, розовато-белый. Тычинок 5, столбик двураздельный с большими рыльцами. Плод двухгранный, черный, блестящий. Многолетник 30-150 см., VII-IX.

1. ***P. amphibium*** L. [*Persicaria amphibia* (L.) S. F. Gray] – **Г. земноводный**

Озёра, пруды, водохранилища, карьеры, реже реки со слабым течением. Во всех областях Европейской части России. Помимо водной формы (var. ***aquanicum*** Leyss.) с плавающими верхними листьями, известна наземная, с ланцетными короткочерешковыми листьями, жёстковолосистыми по краям и снизу по средней жилке (var. ***terreste*** Leyss.). По сырым лугам и берегам рек.

- Растения наземные .....2

2. Стебель вьющийся, тонкий, иногда лежащий, не вьющийся .....3

- Стебель не вьющийся, прямостоячий или простертый .....4

3. Растение опушённое короткими волосками, ст. угловато-бороздчатый. Наружные листочки околоцветника с тупым килем. Околоцветник при плодах бескрылый. Цветоножки при плодах короче околоцветника, плоды матовые, бурые, до 4 мм. Однолетние, 40-100 см., VI-IX.

2. ***P. convolvulus*** L. [*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve] – **Г. вьюнковый**

По песчаным склонам, обрывам, посевам, сорным местам. Во всех областях Европейской части России.

- Растение голое, ст. слегка бороздчатый. Плоды блестящие, черные. Цветоножки при плодах равны околоцветнику. Наружные доли околоцветника на спинке с прозрачным перепончатым крылом. Однолетние, 60-150 см., VI-IX.

3. ***P. dumetorum*** L. [*Fallopia dumetorum* (L.) Holub]

– **Г. кустарниковый, или призаборный**

По кустарникам, песчаным берегам рек, у заборов, по сорным местам. Во всех областях.

4 (2). Корневище толстое, червеобразное, на изломе розовое. Соцветие верхушечное, плотное, колосовидное на длинной безлистной оси. Прикорневые и нижние ст. листья с крылатым черешком. Околоцветник розовый, иногда белый. Тычинок 8, выдаются из околоцветника, столбиков 3, рыльца маленькие. Пл. трехгранный, около 4 мм, бурый. Мн., 30-100 см., V-VI.

4. ***P. bistorta*** L. (*Bistorta officinalis* Rafin., *B. major* S. F. Gray)

– **Г. змеиный, или Раковые шейки.**

По сырым лугам, полянам. Лекарственное, корневище содержит дубильные вещества. Во всех областях Европейской части России.

- Соцветия или пучки цветков сидят в пазухах листьев .....5

5. Корневище шнуровидное. Листья с коротким черешком, продолговатые, плоские, снизу реснитчато опушенные, основания черешков без сочленения. Цветки в кистях, собранных в метелку. Околоцветник желтовато-белый. Тычинок 8, столбик 3 раздельный. Плод трехгранный, с острыми углами, гладкий, блестящий, светло-бурый. Мн. 20-90 см. V-VI.

5. ***P. alpinum*** All. [*Aconogonon alpinum* (All.) Schur. *P. undulatum* Murr.,

*P. polymorphum* Ledeb.] – **Г. альпийский** (Кислец, Башкирская капуста).

По травянистым, известняковым склонам и кустарникам. В Белгородской и др. обл. Европейской части России.

- Растение однолетнее, с тонким стержневым корнем .....6

6. Раструбы плёнчатые, серебристо-белые, в месте отхождения черешка от раструба имеется сочленение .....7

- Раструбы перепончато-травянистые, в месте отхождения черешка от раструба сочленения нет ..... 10

7. Цветки в пучках собраны на верхушке стебля и на концах ветвей в длинные прерывистые кистевидные соцветия, снизу облиственные, в верхней части безлистные. Околоцветник зеленый, с розовыми краями, трубчатый, замкнутый. Плоды 3-гранные, яйцевидные, точечно-морщинистый, светло-бурые, матовые. Однолетние, 20-80 см., VI-IX.

6. ***P. patulum*** Bieb. – **Г. отклонённый.**

По степным лугам, пескам, солонцеватым местам, гипсоносным глинам, сорное по дорогам и среди посевов, на паровых полях. Белгородская и др. области Европейской части России.

- Цветки в пучках расположены в пазухах листьев, по всей длине главного и боковых побегов ..... 8

8. Листья на концах главного и боковых побегов вдвое меньше нижних листьев главного побега. Околоцветник разделен на 1/2-2/3 своей длины. Раструбы 5-7 мм дл., белые, позже бурые, разорванные на острые дольки. Однолетние, 10-40 см., VI-IX.

**7. *P. arenastrum* Voreau (*P. aequale* Lindm.) – Г. простёртый**

На песчаных и глинистых почвах, на сильно вытаптываемых и сорных местах, по грунтовым дорогам, улицам, полям, берегам рек. Во всех областях. Европейской части России.

- Листья на концах главного и боковых побегов в 3–5 раз меньше нижних листьев главного побега. Околоцветник разделен на 2/3-3/4 своей длины ..... 9

9. Корни одного диаметра со стеблем. Раструбы до 7 мм., белые, полупрозрачные, позже бурые, с 5-9 жилками. Околоцветник надрезанный до половины, доли бледно-зеленые с белыми или розовыми краями. Однолетние, 10-70 см.. VI-VIII.

**8. *P. aviculare* L. s. str. (*P. heterophyllum* Lindm)**

– Г. птичий, Спорыш, Травка-муравка.

По садам, огородам, на пашнях, у дорог, по сорным местам. На влажной богатой почве в стороне от сильно вытаптываемых мест. Во всех областях. Европейской части России. Весьма изменчивый вид, образующий множество экотипов и гибридирующий с большинством однолетних видов *Polygonum* L. s. str.. Помимо приведённого ниже в ключе в ранге вида *P. neglectum*, природа которого не вполне ясна, были описаны и другие виды, которые могут быть либо экотипами *P. aviculare*, либо гибридами *P. aviculare* x *patulum*:

***P. rurivagum* Jord. ex Voreau. – Г. сельский.** Растения сухих остепнённых склонов, особенно с известковой почвой, с очень острыми жёсткими серо-зелёными листьями и розоватыми околоцветниками, из которых выступают полосато-папиллозные плоды;

***P. patuliforme* Worosch. – Г. отклонённовидный.** Растения влажных затенённых мест с плоскими, тонкими, тупыми или едва заострёнными ярко-зелёными листьями, околоцветник и плоды как у предыдущей формы.

- Корни толще основания главного побега. Раструбы до 13 мм дл., серебристо-белые. Цветки по 1-2 в пазухах листьев, расположены равномерно по всей длине побегов или сосредоточены на концах. Околоцветник рассечен на 2/3 длины, с белыми или розовыми долями. Тыч. 7-8. Пл. яйцевидный, темно-бурый. Однолетние, 10-40 см. VII-IX.

**9. *P. neglectum* Bess. (*P. procumbens***

**Gilib., nom. illeg.) – Г. незамечаемый**

На легких песчаных почвах в посевах. По сорным местам и грунтовым дорогам. Во всех областях Европейской части России. Возможно, это один из экотипов *P. aviculare*, не заслуживающий видового ранга.

10 (6). Околоцветники, а также прицветники, цветоножки и оси соцветий усеяны желёзками. Плоды буроватые, глянцевые или матовые ..... 11

- Желёзки на околоцветниках, а также прицветниках, цветоножках и цветоносах отсутствуют. Плоды черные, глянцевые ..... 12

11. Соцветия плотные, цилиндрические, безлистные, со сближенными узлами. Пл. буровато-черные, глянцевые, плоские, в очертании яйцевидные, спрятаны или выступают из околоцветника. Околоцветник розовый или зеленовато-белый с 4 долями. Однолетние, 15-150 см.. VII-IX.

**10. *P. lapathifolium* L. [*Persicaria lapathifolia* (L.)**

**S. F. Gray] – Г. щавелелистный.**

По берегам водоёмов, канавам, кюветам, дорогам, пустырям, полям. Этот весьма изменчивый вид включает множество форм, отличающихся опушением, формой роста и формой листьев и рассматриваемых нередко как особые виды:

***P. lapathifolium* L. s. str.** Высокие растения с разветвлёнными метельчатыми соцветиями, часто с поникающей верхушкой; листья яйцевидно-ланцетные, длиннозаострённые, снизу войлочно-опушённые; околоцветник бледно-розовый, скрывает плод. ***P. tomentosum* Schrank (*P. incanum* F. Schmidt.) – Г. войлочный.** Невысокие растения с короткими яйцевидными соцветиями, слабо вздутыми узлами, широко- или яйцевидно-ланцетными войлочноопушёнными листьями; околоцветник красно-розовый, скрывает плод. ***P. nodosum* Pers. – Г. узловатый.** Невысокие соцветия с удлинёнными рыхлыми поникающими ме-

тельчатыми соцветиями и вздутыми узлами, продолговато- и линейнозаостренными листьями; околоцветник бело-розовый, скрывающий узкий плод. Железистое опушение присутствует лишь на цветоножках. ***P. linicola* Sutulov – Г. льняной.** Растения с прямостоячим стеблем и удлинёнными междуузлиями, прямыми толстоватыми соцветиями, узколанцетными листьями, снизу беловойлочными; околоцветник палевый, открывающий плод, цветоножки без сочленения. ***P. scabrum* Moench – Г. шероховатый.** Высокие растения с густыми прямыми соцветиями, продолговатыми или ланцетными листьями, часто туповатыми и снизу серовойлочными, околоцветник зеленовато-белый, открывает плод. ***P. brittingeri* Opiz – Г. Бриттингера.** Невысокие растения с распротёртыми восходящими ветвями, ромбически-яйцевидными туповатыми листьями, снизу войлочными, околоцветник бледно-розовый, открывает плод. ***P. turgidum* Thuill. – Г. тучный.** Невысокие растения с разветвлёнными стеблями, слабо вздутыми узлами, прямыми и толстыми соцветиями, яйцевидными листьями; околоцветник красновато-зелёный, скрывает плод.

- Соцветия поникающие, прерывистые, в нижней части олиственные. Пл. темно-бурые, матовые. Околоцветник с 3-5 зелёными, иногда красноватыми долями, на верху суженный. Растения с перечно-горьким вкусом. Ст. часто красноватый. Однолетние, 15-60 см.. VI-VIII.

11. ***P. hydropiper* L. [*Persicaria hydropiper* (L.) Spach]**

– Г. перечный, или Водяной перец.

По берегам водоёмов, топким и сырым местам на лугах, канавам, кюветам, пустырям, садам. Во всех областях. Ядовитое растение. В средние века это растение (под названием *Mercurialis terrestris*) было в большом почёте. В настоящее время используется в медицине как кровоостанавливающее.

12 (10). Листья ланцетные или узко яйцевидные, длиннозаострённые, с узко клиновидными основаниями, часто с антоциановым пятном. Цв. розовые или белые. Пл. плоские или двояко выпуклые, к верхушке постепенно заострённые. Однолетние, 20-80 см.. VI-XI.

12. ***P. persicaria* L. (*Persicaria maculosa* S. F. Gray) – Г. Почечуйный.**

По берегам водоёмов, сорным местам. Во всех областях Европейской части России.

- Листья линейно-ланцетные, с округлым основанием, без пятен. Кисти в основании прерывистые. Цв. розовые или белые. Тыч. 5-6. Пл. блестящий, двояковыпуклый, иногда 3 гранный. Однолетние, 5-60 см. VI-IX.

13. ***P. minus* Huds. [*Persicaria minor* (Huds.) Opiz] – Г. малый.**

По сырым лугам, берегам водоёмов, просёлочным дорогам, канавам. Во всех областях. Может быть встречен ***P. mite* Schrank – Г. мягкий**, внешне похожий на *P. hydropiper* с пониженными соцветиями, но без железистых точек на околоцветниках, и с более крупными, чем у *P. minus*, блестящими плодами и более широкими листьями. [20-26].

## Выводы

Во флоре Белгородской области найдено 16 видов рода *Polygonum*. Нами установлено, что из них 10 видов приспособились к произрастанию на урбанизированных территориях. Для них составлен определитель. По нашим данным 23 вида *Polygonaceae* флоры европейской части России относятся к сорным растениям.

## Список литературы

1. Гринкевич Н.И., Гринкевич И.А., Баландина В.А. Лекарственные растения: Справочное пособие для использования в учебном процессе. – М.: Высшая школа, 1991. – 125 с.
2. Гаммерман А.Ф., Кадаев Г.Н. Лекарственные растения (Растения целители). – М.: Высшая школа, 1983. – 136 с.
3. Соколов С.Я., Замотаев И.П. Лекарственные растения: Фитотерапия. – М.: Вита, 1993. – 351 с.
4. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С. Дикорастущие полезные растения. – М.: Изд. МГУ, 1993. – 300 с.
5. Комаров В.Л. Порядок 18. Гречихоцветные – Polygonales Lindl. / Флора СССР. – М.; Л. Изд-во АН СССР, 1936. – Т. 5. – С. 442-704.
6. Хржановский В.Г. Курс общей ботаники (систематика, элементы экологии и географии растений). Уч. для сельхозвузов. – М., Высшая школа, 1976. – 480 с.



7. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. – М.: Тов-во научн. изд. КМК, 2006. – С. 379 – 400.
8. Матвеева Г.В., Тарабрин А.Д. Ботаника. – М.: Агропромиздат, 1989. – 287 с.
9. Еленевский А.Г. и др. Ботаника высших, или наземных, растений: Учеб. для студ. Высш. пед. учеб. заведений //А.Г. Еленевский, М.П.Соловьева, В.Н.Тихомиров – М.: Изд-во Центр «Академия», 2000. – 432 с.
10. Колчанов А.Ф. Растительный мир Белгородской области и его охрана. // Регион. пробл. прикладн. экол.: Материалы 5 Междунар. откр. межвуз. научн.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БелГУ, 1999. – С. 11-25.
11. Еленевский А.Г., Радыгина В.И., Чаадаева Н.Н. Растения Белгородской области (конспект флоры). – М., 2004 – 120 с.
12. Мальцев А.И. Сорная растительность СССР. – М.: Сельхозгиз, 1932. – 268 с.
13. Котт С.А. Сорные растения и борьба с ними. – М.: Наука, 1955. – 35 с.
14. Schroeder F.-G. Zur Klassifizierung der Antropochoren // Vegetatio. – 1969. – Bd.16. Fasc. 5/6. – S. 225-238.
15. Никитин В. В. Сорные растения флоры СССР. – Л.: Наука, 1983. – 454 с.
16. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
17. Engler A. Syllabus der Pflanzenfamilien. 12 Aufl. Berlin. (Herausgegeben von H. Melchior) A. Engler. – Berlin, 1964. – Bd. 2. - 621.
18. Лазарев А.В., Недопёкина С.В. Соотношение категорий элементов в семействе Гречишные Средней полосы Европейской части России // Живые объекты в условиях антропогенного пресса. Метериалы научн.-практ. эколог. конф. – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2008. – С. 113-114
19. Красная книга. Дикорастущие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране / Под ред. А.Л.Тахтаджяна, 1975. – Л.: Наука. – 204 с.
20. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.С. *Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2. – М.: Тов-во научн. изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. – 190 с.*
21. Губанов И.А., Новиков В.С., Тихомиров В.С. *Определитель высших растений средней полосы европейской части СССР. – М.: Просвещение, 1981. – 105 с.*
22. Определитель сосудистых растений / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
23. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – Киев: Наук. думка, 1987. – 548 с.
24. Рыгин Ю.В. Сорные растения. Определитель для средней полосы Европейской части СССР. – М.: Просвещение, 1959. – 65 с.
25. Биологический энциклопедический словарь / Гл. редактор М.С. Гиляров. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 831 с.
26. Станков С.С., Талиев В.И. Определитель высших растений Европейской части СССР / М.: Гос. издание «Советская наука», 1957. – 740с.

### THE REVIEW OF THE GENUS *POLYGONUM* L., 1753

**A.V. Lazarev,  
S.V. Nedopekina**

*Belgorod State University*

*Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: lazarev@bsu.edu.ru*

The results of research of morphological and taxonomic features of genus *Polygonum* and its place in the system of angiosperms are presented. In Belgorod Region flora 16 species of genus *Polygonum* are noted, 10 kinds of which are weed. them The determination key is compounded for them. To our knowledge 23 species *Polygonaceae* of flora in European part of Russia are weed plants.

Keywords: genus *Polygonium*, taxonomy, morphology.

## АНАЛИЗ ПОЧТИ ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

**Л.С. Пащенко<sup>1</sup>,**  
**В.П. Нецветаев<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Государственное научное учреждение Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии  
Россия, 308001, г. Белгород,  
ул. Октябрьская, 58

<sup>2</sup> Белгородский государственный университет

Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail:  
netsvetaev@bsu.edu.ru

Изложены результаты анализа изогенных линий яровой мягкой пшеницы по величинам седиментации. Установлены статистические связи между качественными и количественными признаками яровой мягкой пшеницы. Выявлено влияние генов (или эффектов сцепления с генетическими факторами) с положительным влиянием на качество зерна.

Ключевые слова:  $\Delta$ SDS-седиментации, гены, изогенные линии, мягкая пшеница

---

### Введение

Создание сортов мягкой пшеницы с высокими хлебопекарными качествами является одним из ведущих направлений в генетико-селекционных исследованиях на данной культуре. Белки клейковины составляют 80-85% от общего содержания белка в зерне. Они обуславливают основную функциональную роль в формировании качества клейковины. Особое значение играют высокомолекулярные запасные белки, способные к полимеризации путем агрегации за счет межмолекулярных -S-S- связей. В результате они образуют макромолекулярный каркас клейковины, от которого зависят такие показатели качества теста как эластичность и пружинистость. Нецветаевым и др. [1] предложен подход к оценке количества межмолекулярных дисульфидных связей в белковом комплексе на основе анализа  $\Delta$ SDS-седиментации.

Целью исследования было выявить эффект влияния локусов или сцепленных с ними генов, определяющих качественные признаки и свойства, на такой показатель качества зерна как  $\Delta$ SDS-седиментации.

### Материалы и методы

Материалом для анализа служили почти изогенные линии на основе сортов *Thatcher* и *Новосибирская 67* урожая 2008 года. Описание почти изогенных линий на основе сорта *Новосибирская 67*, полученных от оригинатора, дано С.Ф. Ковалем и др. [2]. Почти изогенные линии по факторам устойчивости к бурой ржавчине на основе *Thatcher*, получены из Краснодарского НИИСХ (от И.Б. Абловой) в 2002 году. Оценка качества зерна проводили с помощью методик SDS-седиментации [1]. На основе этого материала определяли показатель  $\Delta$ SDS-седиментации, который отражает наличие межмолекулярных дисульфидных связей между белками, формирующими клейковинный комплекс. Кроме этого был проведен корреляционный анализ между некоторыми количественными признаками яровой мягкой пшеницы.

### Результаты исследований и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты, которые были получены с точки зрения влияния генов устойчивости к листовой ржавчине (или локусов сцепленных с ними) на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации, отражающий количество межмолекулярных дисульфидных связей между белками.

Выявлен ряд образцов, несущих гены устойчивости к бурой ржавчине, которые отрицательно влияли на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации. То есть, формы, у которых количество дисульфидных связей было значительно меньше по сравнению к средней по опыту, что, соответственно, может оказывать отрицательное влияние на качество зерна. Отрицательный эффект был связан с генами *Lr 2c*, *Lr 19*, *Lr 22*, *Lr 23*, *Lr 11*, *Lr 38*.

У яровой пшеницы с генами *Lr 3ka* и *Lr 14* отклонения от средней по  $\Delta$ SDS-седиментации не существенны.

Таблица 1

**Отклонения от средней  $\Delta$ SDS-седиментации ( $x_{\text{ср.}} = 43.8$  мл) у почти изогенных по факторам *Lr* линий яровой мягкой пшеницы на основе сорта *Thatcher* (2008)**

Отрицательные отклонения			Положительные отклонения		
Символ гена	значение, мл	отклонение от средней	Символ гена	значение, мл	отклонение от средней
<i>Lr1</i>	25.9	-17.9	<i>Lr 2a</i>	59.9	+16.1
<i>Lr 3ka</i>	39.7	-4.1	<i>Lr 2c</i>	49.7	+5.9
<i>Lr 14b</i>	39.5	-4.3	<i>Lr 2e</i>	59.9	+16.1
<i>Lr 19</i>	29.3	-14.5	<i>Lr3</i>	62.3	+18.5
<i>Lr 22</i>	7.2	-36.6	<i>Lr3 vd</i>	63.0	+19.2
<i>Lr 23</i>	24.8	-19.0	<i>Lr 9</i>	62.2	+18.4
<i>Lr 11</i>	16.9	-26.9	<i>Lr 10</i>	53.2	+9.4
<i>Lr 38</i>	23.9	-19.9	<i>Lr 12</i>	66.3	+22.5
			<i>Lr 13</i>	51.0	+7.2
			<i>Lr 15</i>	51.2	+7.4
			<i>Lr 17</i>	50.2	+6.4
			<i>Lr 18</i>	54.5	+10.8
			<i>Lr 21</i>	61.2	+17.4
			<i>Lr 24</i>	56.0	+12.2
			<i>Lr 32</i>	57.8	+14.0
			<i>Lr 33</i>	59.0	+15.2
			<i>Lr 34</i>	59.0	+15.2
			<i>Lr 35</i>	51.3	+7.5
			<i>Lr 44</i>	61.2	+17.4
			<i>Lr W</i>	49.8	+6.0
			<i>Lr 37</i>	56.0	+12.2
			<i>Lr 14c</i>	52.5	+8.7
			<i>Lr B</i>	52.3	+8.5
НСР <sub>0,95</sub>		8.5	НСР <sub>0,95</sub>		8.5

В тоже время выявлены носители генов, с которыми связано положительное влияние на  $\Delta$ SDS-седиментации. Такое действие было обнаружено у линий с генами: *Lr 2a*, *Lr 2e*, *Lr 3*, *Lr 3vd*, *Lr 9*, *Lr 12*, *Lr 21*, *Lr 24*, *Lr 32*, *Lr 33*, *Lr 34*, *Lr 44*, *Lr 37*. Судя по локализации факторов *Lr* [3-12], по крайней мере, некоторые из них (*Lr 1*, *Lr 2a*, *Lr 2b*, *Lr 2c*, *Lr 3*, *Lr 3bg*, *Lr 3ka*, *Lr 9*, *Lr 10*, *Lr 21*, *Lr 24*, *Lr 26*, *Lr 33*, *Lr 38*, *Lr 44*) могут быть расположены в хромосомах, где находятся локусы, контролирующие синтез запасных белков эндосперма. В связи с этим не удивительно отклонение от средней  $\Delta$ SDS-седиментации некоторых почти изогенных по факторам устойчивости к бурой ржавчине линий яровой мягкой пшеницы.

Не менее интересно было выявление влияние генов (или тесно сцепленных с ними локусов), определяющих морфологические признаки, которые находятся или могут быть введены в культуру пшеницы (табл. 2).

Ген *R1* (краснозёрность) локализован в 3D хромосоме [13]. Донором признака являлся сорт *Arin* (ФРГ) [2]. Этот ген (или сцепленные с ним локусы) не был связан с отрицательным или положительным влиянием на оцененные показатели качества.

В тоже время ген *Rht 2* от *Norin 10* (Япония), который находится в 4D хромосоме [14], определяющий короткостебельность, обнаружил существенную связь с  $\Delta$ SDS-

седиментации. Это, по-видимому, опосредованная связь, которая может быть связана, с разностью в накоплении белков между высокорослыми и низкорослыми формами.

Таблица 2

**Анализ почти изогенных линий на основе сорта Новосибирская 67**  
( $X_{\text{ср.}} = 44.3$  мл) по  $\Delta$ SDS седиментации

Символ гена, (линия)	Хромосома	значение	+ отклонение от $X_{\text{ср.}}$	Символ гена (линия)	Хромосома	значение	- отклонение от $X_{\text{ср.}}$
<b>R1</b> (АНК-1А)	3D $\alpha$	47,5	+3,2	<b>R2</b> (АНК 1D)	3А	19,5	<b>-24,8</b>
<b>Rht 2</b> (АНК-12)	4DL	59,7	<b>+15,4</b>	?(опуш.лист) (АНК-7А)	?	40,8	-3,5
<b>W1</b> (АНК-26А)	2BS	53,0	+8,7	?(опуш. лист) (АНК 7с)	?	25	<b>-19,3</b>
<b>Lr9+Pm4b</b> (АНК4)		44,5	+0,2	?(опуш. влаг.) (АНК 25А)	?	23,4	<b>-20,9</b>
<b>Q</b> (АНК-15)		66,2	<b>+21,9</b>	<b>W?</b> (АНК26С)	?	39,3	-5,0
<b>HL</b> (АНК-34)	4А	47	+2,7	<b>W?</b> (АНК26D)	?	28,2	<b>-16,1</b>
<b>Lr?</b> (АНК-41В)	2В	56,5	<b>+12,2</b>	<b>R3</b> (АНК-1В)	3В	35	<b>-9,3</b>
?(опуш.лист) (АНК- 7В)	?	47	+2,7	<b>Eg?</b> (АНК30А)	?	11,6	<b>-32,7</b>
<b>b1, Hd</b> (АНК-14А)	5AL, 4BS	56	<b>+11,7</b>	<b>V1, Hg</b> (АНК-13А)	5AL, 4BS	2	<b>-42,3</b>
<b>W2</b> (АНК-26В)	2D	49	+4,7	?(опуш. влаг.) (АНК-25В)	?	49,4	-5,1
				<b>Pp1, Pp2</b> (АНК-28А)	?	0,2	<b>-44,1</b>
				?Pm-сверхчув. (АНК-6)		39,7	-4,6
				<b>Eg1</b> (АНК-30А)	7AL	29,25	<b>-15,05</b>
				<b>lg1+lg2</b> (АНК-33)	?	26,8	<b>-18</b>
				? комп. колос (АНК-38)	2D	41,5	-2,8
НСР <sub>0,95</sub>			8,5	НСР <sub>0,95</sub>			8,5

Некоторые гены не были связаны с  $\Delta$ SDS-седиментации, например, ген *W1* (от *T. polonicum*, k-17893) - локализация в 2В хромосоме короткого плеча [15]. Этот ген определяет глянецовость колоса и междоузлья, т.е. он обуславливает проявление обычного морфологического признака. Участки хромосом 6В и 2А [16, 17], определяющие устойчивость к листовой ржавчине и мучнистой росе (АНК-2 + АНК3), связанные с генами *Lr9* и *Pm4b*, также не показали влияния на этот показатель качества. Фактор *HL* (опушение под колосом, донор признака *S-650*), находящийся в 4А хромосоме [2] также не обнаружил влияния на качество.

*Q* ген (скверхедность колоса от мутанта из сорта *Скала*) [2], показал положительное влияние на качество (табл. 2).

Из таблицы 2 следует также, что в зависимости от того, где расположен ген, определяющий подобный признак, его влияние на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации может быть неоднозначно. Так, если ген *R1*, который контролирует окраску зерна, не оказывал влияние на качество, то другие гены *R2* и *R3* (или сцепленные с ним локусы), которые локализованы, соответственно, в гомеологичных хромосомах 3А и 3В [4], оказывали отрицательное влияние на проявление изученного признака качества.

Аналогичная ситуация наблюдалась и по некоторым другим маркерным генам. Так, признак опушение листа от форм *k-46444*, и *k-26011* из Китая (локализация генов неизвестна) – не влиял на качество, в то время как опушенный лист у *АНК-7С* от

другого источника (*Лютесценс 234*, СССР) обнаружил отрицательную связь с  $\Delta$ SDS-седиментации.

Интересно действие аллелей (или сцепленных с ними локусов), контролирующих развитие остей колоса, на проявление данного показателя качества. Так, если аллель *b1* (остистость) был положительно связан с  $\Delta$ SDS-седиментации, то альтернативный ген *B1* (безостость), обнаружил негативное влияние на данный показатель (см. табл. 2).

Ген *Eg* обуславливает развитие длинной колосковой чешуи. Он введен в линию АНК-30А от *T. polonicum*, к-19597 [2]. С этим признаком было связано отрицательное действие на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации, причем очень сильное.

Интересно действие двух генов *Pp1* и *Pp2* которые определяют формирование пурпурной окраски зерна. Эти гены оказывали очень сильное негативное влияние на качество (табл. 2).

Безлигульная форма АНК-33, несущая два рецессивных гена *lg1+lg2* обнаружила низкое значение показателя  $\Delta$ SDS-седиментации.

Корреляционный анализ показал, что  $\Delta$ SDS-седиментации была не существенно связана с высотой растения. В то же время, выявлена отрицательная связь ее с урожайностью (табл. 3). Это может затруднить работу по созданию высокопродуктивных форм мягкой пшеницы с повышенным содержанием межмолекулярных дисульфидных связей белкового комплекса эндосперма зерновки.

Таблица 3

**Коэффициент корреляции между количественными признаками у яровой мягкой пшеницы (n = 116; 2008 г.)**

Показатели	Урожайность	$\Delta$ SDS седиментации	Масса 1000 зерен
Высота	<b>0,355±0,088***</b>	-0,128±0,093	<b>0,214±0,096*</b>
Урожайность		<b>-0,256±0,091**</b>	<b>0,356±0,088***</b>
SDS седиментация			<b>-0,320±0,089***</b>

\*, \*\*, \*\*\* - коэффициенты значимы, соответственно, при  $P > 0,95$ ;  $P > 0,99$ ;  $P > 0,999$

Таблица 3 демонстрирует отрицательную связь между показателями  $\Delta$ SDS-седиментации и массой 1000 зёрен. Масса 1000 зёрен является одним из элементов структуры зерновой продуктивности растения, поэтому неудивительна проявление отрицательной корреляции между урожайностью и массой 1000 зёрен.

### Заключение

Анализ полученных данных позволил выявить некоторые особенности влияния генов (или локусов сцепленных с ними), определяющих качественные признаки и свойства на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации:

1. На показатель  $\Delta$ SDS-седиментации оказывают влияние гены устойчивости к листовой ржавчине и (или) их ближайшее окружение.

2. Установлено, что в зависимости от расположения гена или аллельного состояния его влияние генетического фактора (или генов сцепленных с ними) может быть либо отрицательным, либо положительным.

3. Выявлены следующие гены, маркирующие положительное действие на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации: *Rht*, *Q*, *Lr 2a*, *Lr 2e*, *Lr 3*, *Lr 3vd*, *Lr 9*, *Lr 12*, *Lr 21*, *Lr 24*, *Lr 32*, *Lr 33*, *Lr 34*, *Lr 44*, *Lr 37*, *b1*, *Hd*.

4. Выявлена отрицательная корреляционная связь между показателями  $\Delta$ SDS-седиментации и урожайностью,  $\Delta$ SDS-седиментации и массой 1000 зёрен.

Авторы выражают благодарность Ковалю Сергею Федоровичу за предоставленные для исследований, созданные им, почти изогенные линии яровой мягкой пшеницы на основе сорта *Новосибирская 67* и Ирине Борисовне Абловой (КНИИСХ) за растительный материал на основе сорта *Thatcher*.

### Список литературы

1. Нецветаев В.П., Лютенко О.В., Пащенко Л.С., Попкова И.И. Методы седиментации и оценка качества клейковины мягкой пшеницы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2009. – №11 (66). Серия Естественные науки. – Вып. 9. – С. 56-64.
2. Коваль С.Ф., Коваль В.С., Шаманин В.П. Изогенные линии пшеницы. Омск: Омск-бланкиздат. – 2001. – 148 с.
3. Soliman A.S., Heyne E.G., Johnston C.O. Genetic analysis of leaf rust resistance in the eight differential varieties of wheat // *Crop Science*. – 1964. – Vol. 4. – P. 246-248.
4. McIntosh R.A., Hart G.E., Devos K.M. et al. Catalogue of gene symbols for Wheat // *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Wheat Genetics Symposium*. – 1998. – Vol. 5. – 235 p.
5. Dyck P.L., Friebe B. Evaluation of leaf rust resistance from wheat chromosomal translocation lines // *Crop Science*. – 1993. – Vol. 33. – P. 687-690.
6. Haggag M.E.A., Dyck P.L. The inheritance of leaf rust resistance in four common wheat varieties possessing genes at or near the *Lr 3* locus // *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. – 1973. – Vol. 15. – P. 127-134.
7. Sears E.R. Identification of the wheat chromosome carrying leaf rust resistance from *Aegilops umbellulata* // *Wheat Information Service*. – 1961. – Vol. 12. – P. 12-13.
8. Dyck P.L., Kerber E.R. Chromosome location of three genes for leaf rust resistance in common wheat // *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. – 1971. – Vol. 13. – P. 480-483.
9. Rowland G. G., Kerber E.R. Telocentric mapping in hexaploid wheat of genes for leaf rust resistance and other characters derived from *Aegilops squarrosa* // *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. – 1974. – Vol. 16. – P. 137-144.
10. Bartos P., Stucklikova E., Kubova R. Wheat leaf rust epidemics in Czechoslovakia in 1983 // *Cereal Rust Bulletin*. – 1984. – Vol. 12. – P. 40-41.
11. Dyck P.L., Kerber E.R., Lukow O.M. Chromosome location and linkage of a new gene (*Lr 33*) for reaction to *Puccinia recondita* // *Genome*. – 1987. – Vol. 29. – P. 463-466.
12. Dyck P.L., Sykes E.E. Genetics of leaf - rust resistance in three spelt wheats // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1994. – Vol. 74. – P. 231-233.
13. Sears E.R. Cytogenetic studies with polyploidy species of wheat. II. Additional chromosome aberrations in *Triticum vulgare* // *Genetics*. – 1944. – Vol. 29. – P. 232-246.
14. McVittie J.A., Gale M.D., Marshall G.A. & Westcott B. The intra-chromosomal mapping of the *Norin 10* and *Tom thumb* genes // *Heredity*. – 1978. – Vol. 40. – P. 67-70.
15. Driscoll C.J. Gene-centromere distance in wheat by aneuploid  $F_2$  observations // *Genetics*. – 1966. – Vol. 54. – P. 131-135.
16. McIntosh R.A., Baker E.P., Driscoll C.J. Cytogenetic studies in wheat I. Monosomic analysis of leaf rust resistance in cultivars Uruguay and Transver // *Australian Journal of Biological Science*. – 1965. – Vol. 18, № 5. – P. 971-977.
17. Baier A.C., Zeller F.J., Oppitz K., Fishbeck G. Monosomenanalyse der Mehtau und Schwarzrostresistenz des Sommerweizens "Solo" // *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. – 1973. – Bd. 70. – S. 177-194.

### THE ISOGENIC ANALYSIS OF SPRING COMMON WHEAT ON GRAIN QUALITY

**L.S. Pashchenko<sup>1</sup>,  
V.P. Netsvetaev<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Belgorod Research Institute of Agriculture RAA, Oktyabr'skaya Str., 58, Belgorod, 308001, Russia.*

<sup>2</sup> *Belgorod State University Pobedy Str., 85, Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail:  
netsvetaev@bsu.edu.ru*

The article presents the results of analysis for almost isogenic lines of spring common wheat on level  $\Delta$ SDS- sedimentation.  $\Delta$ SDS-sedimentation indicator reflects quantity intermolecular disulfide bonds in a protein complex of endosperm. Statistical links between qualitative and quantitative characters of spring common wheat are shown. Positive influence of genes (or effects of coupling with genetic factors) on grain quality is revealed.

The key words:  $\Delta$ SDS-sedimentation, genes, isogenic lines, common wheat.

## РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭТАПОВ ОРГАНОГЕНЕЗА АДОНИСА ЛЕТНЕГО (*ADONIS AESTIVALIS*L.) КАК ИСТОЧНИКА АСТАКСАНТИНА

**А.А. Сиротин,  
В.И. Дейнека,  
С.С. Сиротина**

Белгородский  
государственный  
университет

Россия, 308015, г.Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: sirotin@bsu.edu.ru

Изложены результаты исследования Адониса летнего (*Adonis aestivalis* L.) – однолетнего цветкового растения семейства Лютиковых (*Ranunculaceae*), в лепестках которого обнаружено высокое содержание атаксантина. Разработаны основные приемы возделывания данной культуры. Определена динамика накопления атаксантина в цветках разного возраста. Впервые исследованы этапы органогенеза Адониса летнего по методике Ф.М. Куперман. Дано описание основных этапов органогенеза. Определен оптимальный метод предпосевной подготовки семян данного растения. Область применения обусловлена использованием Адониса летнего как технической культуры – источника сырья для производства атаксантина.

Ключевые слова: Адонис летний, атаксантин, технология выращивания, этапы органогенеза, типы покоя семян.

### Введение

Физиологически активные вещества содержатся во многих растениях, и возможность медицинского использования различных видов растений часто определяется степенью их изученности. По мере роста наших знаний увеличивается и число растений, используемых в медицине.

С каждым годом увеличивается число лекарственных препаратов, изготавливаемых из растительного сырья. Однако, запасы сырья в природе заметно сократились [7]. В связи с этим очевидна необходимость культивирования и изучения лекарственных растений, как одного из путей сохранения биоразнообразия растительных ресурсов. Одним из немногих сухопутных растений с высоким содержанием атаксантина – сильнейшего антиоксиданта - на сегодняшний день является Адонис летний (*Adonis aestivalis* L.) [11].

До настоящего времени Адонис летний культивируется как цветочный однолетник. Целью нашего исследования является изучение Адониса летнего для выяснения возможности выращивания его как источника атаксантина и извлечения его в промышленных масштабах, как альтернативу морской микроводоросли гематококкус (*Hematococcus pluvialis*), являющейся основным сырьем, дающим этот антиоксидант [12].

Таким образом, основными задачами исследования являются:

- 1) изучение биологии адониса летнего *Adonis aestivalis* L.;
- 2) изучение возможности использования адониса летнего в качестве источника атаксантина;
- 3) разработка элементов технологии выращивания адониса летнего.

### Объект и методы исследования

Объектом нашего исследования является Адонис летний (*Adonis aestivalis* L.) семейства Лютиковых (*Ranunculaceae*) рода Адонис (*Adonis*).

Родина адониса – умеренные районы Евразии. Известно около 20 видов, распространенных в умеренном поясе, Евразии и в Северной Африке, произрастающих по сухим открытым местам; в СНГ – 17 видов, преимущественно в южных районах, в степных и лесостепных районах Европейской части, в Сибири, на Кавказе.

А. летний (*A. aestivalis*) или «Уголек в огне» встречается на юге европейской части России, Кавказе, юге Западной Сибири и в Средней Азии (кроме пустынь и высокогорий), Западной Европе [2].

В течение 2006-2008 гг. нами исследована возможность культивирования данного вида как источника атаксантина и извлечения его в промышленных масштабах

как посевом семян с разными способами подготовки, так и рассадным методом в разные сроки.

При постановке эксперимента из множества видов опытов нами был выбран мелкоделяночный, многофакторный единичный лабораторно-полевой опыт. Мы остановились на стандартном методе и систематическом размещении в трехкратной повторности. Опыт проводился на дачном участке с выщелоченным черноземом.

В настоящей работе мы использовали семена декоративной формы А. летнего (сорт «Огонек», ООО «Семена НК», Россия). При изучении рассадного метода выращивания посев был произведен сухими семенами в защищенном грунте в 4 срока с недельным интервалом [6]. При изучении влияния разных способов подготовки семян А. летнего нами исследовано три варианта: контроль – посев сухими семенами и 2 опытных варианта – с прогревом семян в течение 21 дня при температуре +30°C и 21-дневной стратификацией при +5°C [9].

На протяжении всего вегетационного периода велись фенологические наблюдения. Проводилась также визуальная оценка посевов и измерялась высота растений. Уборка урожая лепестков осуществлялась ручным способом. Агротехника выращивания – типична для ЦЧЗ. В течение всей вегетации отбирали пробы цветков для анализа пигментов в начале, в середине и в конце цветения отдельных цветков. Собранные цветки хранили при 4°C (в бытовом холодильнике в герметично закрытом сосуде) и анализировали, как правило, на следующий день. Лепестки высушивали на воздухе вне прямого доступа солнечного света [6].

Для исследования динамики накопления атаксантина в лепестках А. летнего нами использовался метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [4]. Для экстракции атаксантина навеску сухих лепестков цветков растирали с кварцевым песком и экстрагировали ацетоном. Экстракт отделяли от твердого остатка на стеклянном фильтре и использовали для ВЭЖХ-исследований без дополнительных обработок; при спектрофотометрическом анализе пигменты реэкстрагировали в н-гексан, определяя содержание каротиноидов в пересчете на атаксантин с использованием  $E_{1\%1\text{см}} = 2100$  (спектрофотометр КФК-3-01) [3].

Для определения этапов органогенеза А. летнего нами использовался морфофизиологический метод исследования, который включает систематические наблюдения за дифференциацией верхушечных меристем. Так как А. летний является типично яровой культурой, для наблюдения пробы брали не реже, чем через день, начиная с прорастания семян и до наступления V этапа; на VI–IX этапах пробы брали ежедневно, а на X–XII этапах – с интервалом в 3–5 дней [5]. При отсутствии возможности быстрого анализа взятые растения хранились в холодильнике при температуре 2...4°C, но не более трех дней. Анализ конусов нарастания проводили путем препарирования растений и определения этапа под бинокуляром.

Для выявления оптимального метода предпосевной подготовки семян А. летнего (2009 г.) был заложен лабораторный опыт – 10 вариантов по 4 повторности. В каждой повторности по 50 шт. семян: 1 вариант – импакция (ударение семян друг о друга) [8]; 2 вариант – обработка гиббереловой кислотой; 3 вариант – замачивание семян в горячей воде (+20°C), затем в холодной воде (+10°C), в трехкратной повторности; 4 вариант – обработка холодом (1 сут. - -5°C, 1 сут. +20°C, трехкратная повторность); 5 вариант – скарификация (растирание с песком) [9]; 6 вариант – стратификация (+3°...5°C, 21 день); 7 вариант – прогрев (+30°C, 21 день); 8 вариант – разрушение покровов семян; 9 вариант – промывка водой (2 недели, смена воды 1-2 раза в день); 10 вариант – контроль (сухие семена без обработки) [10]. Для проращивания семян использовали чашки Петри, марлю, белую фильтровальную бумагу. Предварительно нарезанную фильтровальную бумагу стерилизовали в сушильном шкафу при температуре +130°C в течение 1 часа. Чашки Петри дезинфицировали этиловым спиртом. Марлю кипятили в воде не менее 10 мин непосредственно перед раскладкой семян на проращивание. В чашки Петри клали один-два слоя марли, увлажненной до полной влагоемкости, а сверху марлю накрывали смоченной фильтровальной бумагой. Края чашек Петри смазывали вазелином для меньшей потери влаги. Семена проращивали

в течение 60 дней. Через каждые 15 дней семена обрабатывали фунгицидом «фунги-зол» в равных количествах для каждой повторности – по 2 мл. Также обеспечивалась вентиляция семян, ежедневно на несколько секунд приоткрывали крышки чашек Петри [8].

При определении всхожести подсчитывали и удаляли с ложа семена нормально проросшие и загнившие. При подсчете всхожести учитывали нормально проросшие семена. Нормально проросшими считали семена, имеющие при проращивании нормально развитый проросток или корешок размером не менее диаметра семени [10].

При статистической обработке данных использовали разностный метод с определением критерия Стьюдента [6].

### Результаты и их обсуждение

Фенологические наблюдения (табл. 1) показали существенные различия в реакции растений на срок посева.

Таблица 1

**Влияние сроков посева Адониса летнего на рост и развитие растений (2006 г.)**

Сроки посева	Дата посева	Дата полных всходов	Дата высадки рассады	Дата фазы цветения	Дата конца вегетации	Длительность вегетационного периода
1	10.02	28.02	17.05	3.06	20.08	163
2	17.02	8.03	14.05	9.06	27.08	182
3	24.02	12.03	21.05	23.06	10.10	232
4	3.03	18.03	28.05	7.07	4.11	231

Следует отметить длительный период посев – всходы (15-18 дней) практически не изменяющийся по срокам, и рассадный период (86 дней), что свидетельствует о медленном развитии в вегетативный период. Переход к репродуктивному периоду существенно изменяется по срокам посева. Так, период всходы – начало цветения при первом сроке посева 97 дней, при втором – сократился до 92 дней, а при третьем и четвертом – возрос до 102-110 дней.

Растения первого срока посева вегетировали 163 дня, так как были подвержены длительной засухе. Растения второго срока посева, также подвергшиеся действию длительной августовской засухи, вегетировали 182 дня, тогда как третий и четвертые сроки посева позволили удлинить период вегетации до 232 и 231 дня соответственно, т.е. вплоть до заморозков в -8...-9°C. При этом растения четвертого срока сева цвели до заморозков, что обеспечило цветение А. летнего, а также возможность сбора лепестков с 2.06 по 4.11.06 года, т.е. в течение 155 дней.

Продукция атаксантина определяется числом цветков на гектаре и содержанием данного вещества в лепестках. В свою очередь, число цветков в значительной степени зависит от ветвления стебля и активности ростовых процессов.

При рассадном методе выращивания цветение в первой группе началось 2 июня, а 9 июня, 23 июня и 2 июля - в последующих группах, что позволило увеличить период цветения до 4 ноября в четвертой группе.

С одного растения было собрано за период июнь - конец августа при рассадном способе выращивания от 18 до 68 цветков в зависимости от срока высадки рассады. Средняя масса лепестков одного цветка составила  $0.042 \pm 0.005$  г, т.е. накопление атаксантина на один цветок составило в среднем  $400 \pm 50$  мкг в летние месяцы. Это позволило при рассадном методе выращивания растений получить около от 1 до 3.5 г атаксантина с 1 м<sup>2</sup>.

Содержание атаксантина в цветках А. летнего изменяется в достаточно широких пределах [5]. Так, концентрация атаксантина оказалась достаточно высокой:  $0.011 \pm 0.005$  для цветков, собранных в начале цветения растений (17 июня),  $0.012 \pm 0.003$  (13 июля),  $0.018 \pm 0.004$  (19 сентября), но заметно снижалась при сборе цветков в более

поздние сроки –  $0.005 \pm 0.002$  г на 1 г свежих лепестков. При этом обнаружено увеличение доли астаксантина по мере развития цветка – от  $0.008 \pm 0.002$  в начале цветения до  $0.011 \pm 0.003$  г на 1 г свежих лепестков в конце цветения отдельных цветков.

Таблица 2

**Влияние сроков посева и внесения полного минерального удобрения на продукцию астаксантина (2006 г.)**

Сроки посева	Количество цветков на 1 раст., шт.	Средняя масса лепестков с 1 цветка, мг	Масса лепестков, кг/га	Продукция астаксантина, кг/га	t
1	43.9	0.0452	233.23	2.57	1.22
2	28.4	0.0452	154.04	1.69	4.03**
3	18.7	0.0452	101.42	1.12	6.7**
4	68	0.0452	368.83	4.05	5.8**

Примечание:  $t_{теор.}(0.95) = 2.10$  и  $t_{теор.}(0.99) = 2.88$ , Общая ошибка опыта = 6.75%.  
\*- существенно на уровне 0.95; \*\* - существенно на уровне 0.99.

Как видно из данных таблицы 2, при урожае лепестков от 101.42 до 368.83 кг на га в зависимости от варианта опыта при среднем содержании астаксантина 1100 мг%, общий урожай его колеблется от 1.12 кг на га (при 3 сроке посева) до 4.05 кг на га (при 4-ом сроке посева). При статистической обработке данных разностным методом мы получили следующие данные: аналогично числу цветков при равных массе лепестков и содержании астаксантина в них общий сбор данного вещества с единицы площади достоверно снизился на 65% и 43.5% при 2-ом и 3-ем сроках посева относительно контроля, и достоверно повысился на 71% при 4-ом сроке посева.

Таким образом, выращивание А. летнего в 4 срока посева позволяет получать сырье для получения астаксантина в течение периода с начала июня до осенних заморозков.

В эксперименте 2007-2008 гг. нами определялись полевая всхожесть и энергия прорастания семян. Первые всходы появились на 15 день, а массовые всходы на 31 день и продолжали появляться до 26 апреля, т.е. до 43 дня от посева в 2007 г. и до 45 дня в 2008 г. соответственно (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние способов подготовки семян Адониса летнего на полевую всхожесть (шт.) (2007-2008 гг.)**

Вариант	повторность	2007 г.	%	t	2008 г.	%	t
Контроль (сухие семена)	1	31	51		23	38	
	2	32	53		27	45	
	3	34	56		27	45	
	среднее	32	53		26	43	
Прогрев при +30°C, 21 день	1	39	65		35	58	
	2	35	58		37	62	
	3	37	62		34	57	
	среднее	37	62	3.28*	35	59	4.32*
Стратификация при +5°C, 21 день	1	48	82		58	96	
	2	54	90		49	81	
	3	53	88		54	90	
	среднее	52	87	13.15**	54	89	7.41**

Примечание: Посеяно по 60 семян;  
 $t_{теор.}(0.95) = 3.18$  и  $t_{теор.}(0.99) = 5.8$ ; Общая ошибка опыта = 6.75%.  
\* - существенно на уровне 0.95; \*\* - существенно на уровне 0.99.

Как видно из данных таблицы 3, в контроле полевая всхожесть оказалась довольно низкой и составила от 38 до 56% в зависимости от условий года. Исследован-

ные способы подготовки семян к посеву повысили полевую всхожесть на 37% (в 2007 г.) и 89% (в 2008 г.), соответственно. Менее значительное повышение показал прогрев семян при 30°C: в 2007 г. – на 15%, а в 2008 г. – на 35%. Максимальное повышение полевой всхожести дала стратификация семян А. летнего и составила 87% в 2007 г. и 89% в 2008 г. При этом абсолютный рост полевой всхожести оказался максимальным в 2008 и составил 88% по сравнению с контролем. Статистическая обработка цифровых данных показала высокую достоверность разницы обоих вариантов с контролем на уровне 0.95 и даже на уровне 0.99.

При определении влияния способов подготовки семян А. летнего на продукцию астаксантина нами получены следующие данные. Среднее количество растений на 1 м<sup>2</sup> в 2007 г. составило от 4.96 шт. до 5.60 шт., тогда как в 2008 г. – от 5.25 шт. до 6.25 шт. (табл. 4). Разница объясняется тем, что в 2007 г. цветение Адониса летнего пришлось на период длительной засухи, что привело к гибели части опытных растений.

Таблица 4

**Влияние способов подготовки семян Адониса летнего на продукцию астаксантина (2007, 2008 гг.)**

Вариант	Показатели					t
	Среднее кол-во растений на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Средняя масса лепестков, 1 растение, г	Сбор лепестков г/м <sup>2</sup>	Среднее содержание астаксантина в лепестках, %	Сбор астаксантина г/м <sup>2</sup>	
2007 г.						
Контроль (сухие семена)	5.60	1.176	6.585	1.1	0.0724	
Прогрев при 30°C, 21 день	6.40	1.680	10.725	1.1	0.1182	11.4**
Стратификация при +5°C, 21 день	4.92	2.604	12.811	1.1	0.1409	26.1**
2008 г.						
Контроль (сухие семена)	5.25	1.344	7.056	1.1	0.0835	
Прогрев при 30°C, 21 день	5.65	1.722	9.729	1.1	0.1070	10.64**
Стратификация при +5°C, 21 день	6.25	2.688	16.880	1.1	0.1856	29.4**

Примечание: t табл.(0.95) = 2.13 и t табл. (0.99) = 2.97; Общая ошибка опыта в 2007 г. 4.95%, в 2008 г. 5,85%.

- существенно на уровне 0.95; \*\* - существенно на уровне 0.99.

Необходимо отметить, что каждый боковой побег у Адониса летнего заканчивается цветком. Число боковых побегов в обоих опытных вариантах оказалось в 1.5-2 раза больше контроля, особенно в варианте со стратификацией семян. Возросла также суммарная длина боковых побегов в этих вариантах в 1.5–1.7 раза относительно контроля.

Как видно из данных таблицы 4, в 2007 г. при урожае лепестков от 65.8 до 128.1 кг/га в зависимости от варианта опыта при среднем содержании астаксантина 1100 мг%, общий сбор его колеблется от 0.724 кг/га (в контрольном варианте) до 1.409 кг/га (при стратификации). Статистическая обработка основных данных по продукции астаксантина показала, что общий сбор данного вещества с единицы площади достоверно повысился на 63.5 % при прогреве семян, и на 94.5% при стратификации семян относительно контроля.

Как видно из данных таблицы 4, в 2008 г. при урожае лепестков от 70.5 до 168.8 кг/га в зависимости от варианта опыта и среднем содержании астаксантина 1100 мг%, общий сбор его колеблется от 0.835 кг/га (в контрольном варианте)

до 1.856 кг/га (при стратификации). Цветки А. летнего накапливают по  $400 \pm 50$  мкг атаксантина в летние месяцы, что позволяет получать до 2 кг/га этого биологически активного вещества с 1 м<sup>2</sup> посева.

Нами исследованы этапы органогенеза А. летнего, в том числе формирования продуктивных органов.

I этап органогенеза. Из инициальных клеток промеристемы формируется конус нарастания с первичными зачатками органов будущего побега. Период от образования группы инициальных клеток до появления зародышевой почки протекает на материнском растении в процессе формирования семян.

II этап органогенеза. Формирование вегетативной сферы узлов с зачатками листьев, междоузлий стебля. На II этапе развиваются ассимилирующие зачатки листьев (листовые примордии). У Адониса летнего они чешуевидные, дифференцированы на лопасти в связи с многократной рассеченностью листовой пластинки во взрослом состоянии (рис. 1А).

III этап органогенеза. У Адониса летнего III этап органогенеза не наблюдается т.к. III этап - это формирование оси соцветия [5], а у данного вида соцветия отсутствуют.

IV этап органогенеза. Наступление и течение IV этапа морфологически не определяется, т.к. на этом этапе происходит ветвление осей генеративных побегов, т.е. образование соцветия и заложение цветковых бугорков [5]. Адонис летний не имеет соцветия, поэтому на данном этапе происходит внутрипочечная дифференциация конуса нарастания в органы цветка.

V этап органогенеза. На V этапе у Адониса летнего происходит формирование и внепочечная дифференциация цветков. Закладываются тычинки, пестики и покровные органы цветка (рис. 1Б).

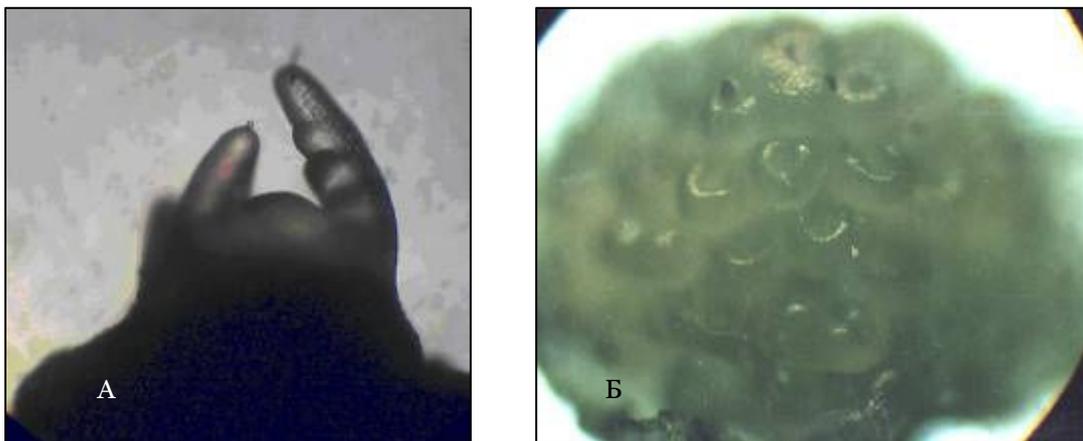


Рис. 1. Этапы органогенеза Адониса летнего: А – II этап; Б – V этап

VI этап органогенеза – микро- и макроспорогенез. На этом этапе в микроспорангиях микроспорофилла из каждого микроспороцита в результате 2-х делений мейоза образуются тетрада микроспор с гаплоидным набором хромосом в каждой (рис. 2А).

VII этап органогенеза – формирование мужского и женского гаметофитов. На данном этапе происходит формирование пыльцевых мешков, вытягивание тычиночных нитей, а также образование двухядерной пыльцы (вегетативное и генеративное ядра).

VIII этап органогенеза. У А. летнего VIII этап подразделяется на 2 подэтапа: VIIIA – созревание пыльцевых зерен и зародышевого мешка (завершение гаметогенеза); формирование околоцветника, начало окрашивания тычинок, удлинение тычиночных нитей. VIIIB – окрашивание околоцветника и сплошное окрашивание пыльцевых мешков, дальнейшее удлинение тычиночных нитей (рис. 2Б).

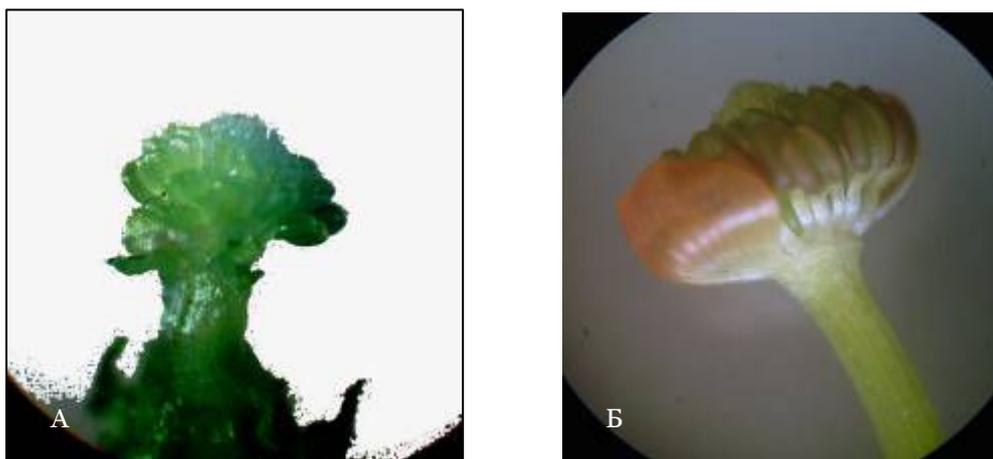


Рис. 2. Этапы органогенеза Адониса летнего: А – VI этап; Б – VIIIб подэтап

IX этап органогенеза – цветение, оплодотворение, образование зиготы. Перенос пыльцы осуществляется при помощи насекомых (энтомофилия). Попавшие на рыльце пыльцевые зерна начинают прорастать через 4-5 мин и уже через 15-20 мин можно наблюдать начало вставания пыльцевого зерна в ткань рыльца (образование пыльцевой трубки) (рис. 3А).

X этап органогенеза – формирование семени, развитие и интенсивный рост плода до достижения им окончательных размеров.

XI этап органогенеза – накопление питательных веществ в плодах и семенах. Плоды у Адониса летнего (*Adonis aestivalis* L.) на этом этапе накапливают питательные вещества, которые поступают из других органов растения. Морфологически семена приобретают окончательные признаки – трехгранную форму с крючком (рис. 3Б).



Рис. 3. Этапы органогенеза Адониса летнего: А – IX этап; Б – XI этап

XII этап органогенеза – превращение питательных веществ в запасные и резкое снижение содержания воды в плодах и семенах. Продолжается синтез белков и крахмала, семена приобретают бурю окраску, склонны к осыпанию (рис. 4).

К концу данного этапа влажность семян падает до 10-15 %, детерминируется их масса и выполненность, на покровах семян формируются устьица, что является редко встречающимся морфологическим признаком цветковых растений (рис. 5).

У однолетних растений, в том числе у Адониса летнего, после цветения и плодоношения не остается жизнеспособных побегов или почек возобновления – они отмирают со всем растением. Таким образом, завершается большой жизненный цикл.



Рис. 5. XII этап органогенеза Адониса летнего



Рис. 6. Устьичный аппарат зрелых семян Адониса летнего *Adonis aestivalis* L.

В результате постановки лабораторного эксперимента по выбору оптимального метода предпосевной подготовки семян Адониса летнего нами получены следующие результаты (табл. 5).

Таблица 5  
Выбор оптимального метода предпосевной подготовки семян Адониса летнего (2009 г.)

Варианты	Не нормально проросшие, загнившие, не проросшие семена		Нормально проросшие семена		t
	количество	доля, %	количество	доля, %	
1	17	34	33	66	6.84**
2	8	16	42	84	11.65**
3	20	40	30	60	5.74**
4	17	34	33	66	6.14**
5	8	16	42	84	11.08**
6	6	12	44	90	13.82**
7	6	12	44	88	12.23**
8	24	48	26	52	2.05
9	26	52	24	48	1.43
10	27	54	23	46	1.40

Примечание: в 1 повторности 50 семян;  
t теор. (0.95) = 2.45 и t теор. (0.99) = 3.71; Общая ошибка опыта = 5.25%.

\* - существенно на уровне 0.95; \*\* - существенно на уровне 0.99.

рианты, т.е. 84%, 84%, 90% и 88% соответственно.

Следовательно, семена Адониса летнего после сухого хранения в течение трех месяцев находятся в состоянии физиологического неглубокого покоя (В1), который обусловлен физиологически слабым механизмом торможения.

Статистическая обработка цифровых данных показала высокую достоверность разницы всех вариантов с контролем на уровне 0.95 и даже на уровне 0.99, кроме 8 и 9 вариантов. Поскольку критерий Стьюдента фактический между 8 и 9 вариантами и

Из данных таблицы 11 видно, что из 10 исследованных вариантов 8 и 9 варианты показали самый низкий процент всхожести: 52% и 48% из-за массового поражения семян грибами. В 8 варианте, при разрушении покровов, и в 9 варианте, при длительной промывке водой, наблюдалось сильное поражение грибом. Это произошло, на наш взгляд, из-за сильного разрушения околоплодника, что создало благоприятные условия для развития грибов предположительно рода *Rhizobium*. 1, 3 и 4 варианты показали средний процент всхожести: 68%, 60% и 66% соответственно, т.е. можно сказать, что данные методы предпосевной обработки семян Адониса летнего не являются оптимальными.

Наиболее высокий процент всхожести семян Адониса летнего показали 2, 5, 6 и 7 ва-



контролем составляет 2.05 и 1.43 соответственно, что меньше  $t_{0.95}$  и  $t_{0.99}$ , то разность считать достоверной нельзя.

Варианты 6 и 7 испытаны нами в полевом эксперименте в 2007 и 2008 гг., и получены аналогичные результаты, соответствующие данным лабораторного эксперимента.

Таким образом, можно сделать вывод, что 2, 5, 6 и 7 варианты опыта, а именно обработку гибберелловой кислотой, скарификацию (растирание с песком), стратификацию ( $+3^{\circ}\dots+5^{\circ}\text{C}$ , 21 день) и прогрев ( $+30^{\circ}\text{C}$ , 21 день) можно считать наиболее оптимальными из всех нами апробированных способов предпосевной подготовки семян Адониса летнего.

Эти способы подготовки можно рекомендовать при выращивании Адониса летнего как технической (лекарственной) культуры с целью извлечения астаксантина из лепестков для производства на его основе лекарственных препаратов.

### Заключение

В настоящее время исследования растений, обладающих лечебными и стимулирующими свойствами, являются актуальными.

Астаксантин извлекается в промышленных масштабах из микроводоросли гематококкус, однако содержится в некоторых сухопутных растениях, а именно в наибольшей концентрации – в лепестках Адониса летнего (*Adonis aestivalis* L.), который до настоящего времени культивировался как цветочный однолетник.

Исследованиями G. Hussein (2005 г.) обнаружено высокое содержание астаксантина в данном растении, что подтверждено нашими исследованиями, и оно изменяется в зависимости от степени развития цветка.

В полевом мелкоделяночном эксперименте в течение трех лет (2006-2008 гг.) нами исследована возможность выращивания адониса летнего рассадным и безрассадным способом, изучено влияние сроков посева, а также различных способов подготовки семян на рост и развитие растений, продуктивность лепестков и семян.

В лабораторном эксперименте (2008-2009 гг.) изучены этапы органогенеза Адониса летнего и подобраны оптимальные способы предпосевной подготовки семян данной культуры.

Изучена биология А. летнего, а именно:

- изучено влияние сроков посева на рост, развитие и продуктивность растений;
- исследованы этапы органогенеза Адониса летнего по методике Ф.М. Куперман.

Изучена возможность использования Адониса летнего в качестве источника астаксантина:

- с одного растения, в зависимости от способа выращивания (рассадный и безрассадный) и климатических условий года (2006-2008 гг) было собрано от 18 до 68 цветков;
- средняя масса лепестков одного цветка составила  $0.042 \pm 0.005$  г, т.е. накопление астаксантина на один цветок составило в среднем  $400 \pm 50$  мкг;
- это позволило при рассадном методе выращивания растений получить от предельных 1 до 3.5 кг/га астаксантина, и несколько ниже при безрассадном методе выращивания растений – от 1.4 до 2 кг/га.

Разработаны элементы технологии выращивания Адониса летнего:

- апробированы рассадный и безрассадный способы выращивания культуры;
- апробированы различные способы подготовки и сроки посева семян;
- выращивание адониса летнего в 4 срока посева дает возможность получать сырье для получения астаксантина в течение периода с начала июня до осенних заморозков;
- определены оптимальные способы предпосевной подготовки семян;
- высокое содержание астаксантина в лепестках адониса летнего *Adonis aestivlis* L. позволяет извлекать его в промышленных объемах.

Таким образом, Адонис летний является перспективной технической культурой, которая позволит получать сырье для извлечения астаксантина в промышленных масштабах.

### Список литературы

1. Агаханянц О. Е. Ботаническая география СССР: учебное пособие для пед. институтов по спец. «Биология» и «География». – Минск: Высшая школа, 1986. – 175 с.
2. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. – М.: Наука, 1985. – С. 250 - 420.
3. Дейнека В.И., Сиротин А.А., Дейнека Л.А., Шаркунова Н. А. Сезонная динамика накопления астаксантина в лепестках *Adonis aestivalis* L. при выращивании в условиях черноземной зоны России (г. Белгород) // Растительные ресурсы. – 2007. – Вып. 4. – С.75-82.
4. Поиск новых растительных источников ксантофиллов / Дейнека В.И., Шаркунова Н.А., Третьяков М.Ю., Сиротина С.С., Лиманская И.Н. и др. // Научные ведомости БелГУ.-2008.-№3(43).- С. 44 – 49.
5. Куперман Ф.М., Ржанова Е.И. Биология развития культурных растений: учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1982. – 343с.
6. Маисейченко В.Ф., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в агрономии – М.: Колос, 1996. – 387 с.
7. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2002. – 264с.
8. Николаева М.Г. Физиология глубокого покоя семян. – Л.: Мир, 1967. – 206 с.
9. Николаева М.Г., Ляшук С.Ф. Значение температуры и аэрации в регулировании первичного и вторичного покоя семян // Роль температуры и фитогормонов в нарушении покоя семян. – Л.: Мир, 1981. – С. 6–32.
10. Попцов А. В. Представление о типе нормального (незатрудненного) прорастания и значение его при изучении биологии прорастания семян интродуцентов / Качество семян в связи с условиями их формирования при интродукции. – Новосибирск, 1971. – С. 96–105.
11. Сиротин А.А., Сиротина Л.В., Сиротина С.С. Интродукция адониса летнего как источника астаксантина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – №2. – С. 31-34.
12. Higuers-Ciajara I., Felix-Valenzuela L., Goycoolea F.M. Astaxanthin: A Review of its Chemistry and Application // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 2006. – Vol. 46. – P. 185-196.

### WORKING OUT OF CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS' AND RESEARCH OF DEVELOPMENT STAGES OF THE SUMMER ADONIS (*ADONIS AESTIVALIS*L.) AS A SOURCE OF ASTAXANTHINE

**A.A. Sirotnin, V.I. Deineka,  
S.S. Sirotnina**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: sirotnin@bsu.edu.ru*

The object of the research is an annual floral plant Ranunculaceae the *Adonis aestivalis* L. in petals of which high concentration of astaxanthin is revealed. The basic receptions of cultivation of the given culture are developed. Dynamics of accumulation astaxanthin in flowers of different age is defined. For the first time the stages of the *Adonis aestivalis* L. development were studied by a technique of F.M. Kuperman. The description of the basic stages of development is given. The scope is caused by the use of the *Adonis aestivalis* L. as a commercial crop - the source of raw material for manufacture astaxanthin.

Keywords: *Adonis aestivalis* L., astaxanthin, technology of cultivation, stages of development.

# ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВНЫЕ ЭПИДЕРМАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ, ИЛИ МЕЛКОЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* Mill.) НА ПРИМЕРЕ г. БЕЛГОРОДА

**В.В. Скорбач,  
М.Н. Жиликова**

Белгородский  
государственный  
университет

Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: Skorbach@bsu.edu.ru

Исследованы анатомические признаки листа *Tilia cordata* Mill. в условиях загрязнения среды в городе Белгороде. Установлено, что в районе ул. Студенческой и Аэропорта размеры основных эпидермальных клеток уменьшаются в наибольшей степени.

Ключевые слова: древесные растения, листовая пластинка, анатомический анализ, основные эпидермальные клетки.

---

## Введение

Белгород – промышленный центр с множеством промышленных предприятий и большим количеством автотранспорта обуславливающим постоянное наличие в приземном слое воздуха токсичных выбросов, влияющих, в частности, и на древесные растения. В промышленных городах деревья осуществляют детоксикацию газообразных выбросов, выполняют средообразующую, рекреационную и эстетическую функции. Причем, лиственные виды древесных растений более устойчивы к загрязняющим веществам, чем хвойные. Это объясняется ежегодной сменой их листьев. Лиственные древесные растения накапливают токсиканты в кутикуле, эпидерме, мезофилле. Поэтому важным является выявление анатомических изменений основного фотосинтезирующего аппарата растений – листьев именно лиственных древесных растений, так как эти изменения отражают реакцию растений на техногенное загрязнение.

На зеленые насаждения в придорожной зоне наибольшее воздействие оказывают автотранспортные средства. При движении автотранспортных средств по полотну автодороги среда придорожного пространства активно загрязняется отработанными газами автомобильных двигателей, испарениями из топливной системы, отработанными маслами, тяжелыми металлами [1].

Установление конкретных причинно-следственных связей при многофакторном совместном воздействии транспортных средств на экосистемы и биоту есть одна из наиболее сложных методических проблем в охране окружающей среды. Решение этой задачи прямо связано с созданием системы научно обоснованных, социально адекватных и потому действенных экологических нормативов. Задачи фитодиагностики, экотоксикологии в этом аспекте рассматриваются еще недостаточно широко. Гораздо больше работ посвящено модельным опытам по фумигации растений в камерах. Так, с их помощью было показано, что диоксид азота вызывает у растений мутагенный эффект, синтез нитратных и нитритных соединений, угнетение фотосинтеза и повышение активности защитных ферментов, и, прежде всего, пероксидазы [2]. Наибольшее воздействие оказывают на растения фотохимические окислители и оксиды серы, нарушающие нормальную работу устьичного аппарата и вызывающие деструкцию хлорофилла и гидролиз сахаров. У хлебных злаков урожайность и масса зерна снижаются даже в тех случаях, когда сернистым газом поражаются только остевые волоски. У различных растений могут быть стеблевые и корневые некрозы вследствие распада тканей флоэмы [3]. Суммарный эффект воздействия сернистых газов состоит в увеличении проницаемости и разрушении клеточных мембран, повышении скорости обезвоживания, снижении интенсивности фотосинтеза, снижении содержания аскорбиновой кислоты [4]. При этом активность пероксидазы может увеличиться в 1.2-4 раза, наблю-

даются нарушения ультраструктуры хлоропластов [5].

Воздействие озона приводит к нарушению структуры и изменению характера пигментации тканей листьев (преимущественно синтезируются антоцианы). Такой же эффект вызывают бенз(а)парен [3]. Токсичное действие оксида углерода на растения проявляется лишь при его объемной концентрации более одного процента. В этом случае усиливается рост корней, подавляется активность некоторых ферментов и падает скорость роста [2]. Основные реакции растений на избыток диоксида углерода обостряются в сочетании с воздействием озона, оксида азота. Это – изменение скорости роста, снижение интенсивности дыхания, проводимости, визуально заметные морфологические изменения листьев, корней, увеличение семеношения [6]. Так, в листьях лавра благородного с загрязненных городским транспортом улиц утолщен слой мезофилльных клеток; в самом мезофилле откладываются танины и липиды. Может также сильно развиваться палисадная ткань, то есть изменяется анатомия листа [7].

О влиянии автотранспорта на наиболее экологически чувствительный орган древесных растений – листовую пластинку – свидетельствует исследование Е.Н. Калачевой, проведенное в Нижнем Новгороде [8]. На основе результатов сравнения показателей изменчивости листового аппарата у растений из разных районов города и условно чистых мест, можно судить об уровне антропогенного воздействия на деревья в указанных районах, а данные использовать для мониторинга атмосферы и почвы. Из древесных растений Е.Н. Калачевой была взята, в том числе, и липа сердцевидная, или мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), но ею фиксировались только морфологические изменения листа.

Влияние техногенного загрязнения на древесные растения изучалось О.А. Макаевым, Н.С. Смирновой, Н.В. Загоскиной на примере парков г. Ярославля [9]. Среди объектов изучения была липа сердцевидная (*T. cordata*), но при этом сравнивались морфологические и физиолого-биохимические показатели листьев растений, произрастающих в условиях различного уровня промышленного загрязнения атмосферы.

Изучение анатомических показателей ассимиляционного аппарата листовых древесных растений (число устьиц на 1 мм<sup>2</sup>, доля открытых устьиц) под действием выбросов автотранспорта в г. Кемерово, проведенное О.А. Неверовой и Е.Ю. Колмогоровой [10], показало, что у всех исследуемых видов плотность расположения устьиц увеличивается, но при этом возрастает процент закрытых устьиц. Последнее можно рассматривать как защитную реакцию растений на высокое содержание промышленных газов в воздухе.

Экологическую оценку состояния воздушной среды в зоне предприятия «Воронежский керамический завод» провели Т.И. Прожорина, О.Н. Терещенко [11]. В качестве индикатора рассматривался тополь черный (*Populus nigra* L.), у которого измерялась площадь поврежденной ткани листа. Оказалось, что в условно «чистой» зоне площадь поврежденной ткани листьев у этого вида в 3-3.5 раза меньше, чем в зонах наиболее загрязненных выбросами керамического завода.

М.В. Андреевой, Н.Н. Семчук и М.В. Никоновым изучались морфологические особенности листа *Acer platanoides* L. в условиях аэротехногенного загрязнения в Новгородской области [12]. Значения площади листа *A. platanoides* на территории Национального парка «Валдайский» (контроль) превосходили показатели с загрязненной территории – ОАО «Акрон». На основании этого исследования нами было сделано предположение о том, что при уменьшении площади листовой пластинки древесных растений возможно изменение (вероятно, в сторону уменьшения) размеров основных эпидермальных клеток листа.

### Объект и методы исследования

Объектом нашего исследования служила липа сердцевидная, или мелколистная (*T. cordata*).

Образцы листьев собирали во второй половине лета 2008 г. в пяти различных точках города: № 1 – ул. Студенческая, № 2 – район Аэропорта, № 3 – парк Победы, № 4 – парк Ленина, № 5 – район нового корпуса БелГУ. В качестве контрольной точки нами был выбран район Лесопитомника в Сосновке. Все участки находятся вблизи или не далеко от самой оживленной трассы в городе Белгороде – улицы Богдана Хмельницкого. Эти участки (кроме контрольного) отмечены на карте - схеме (рис. 1).

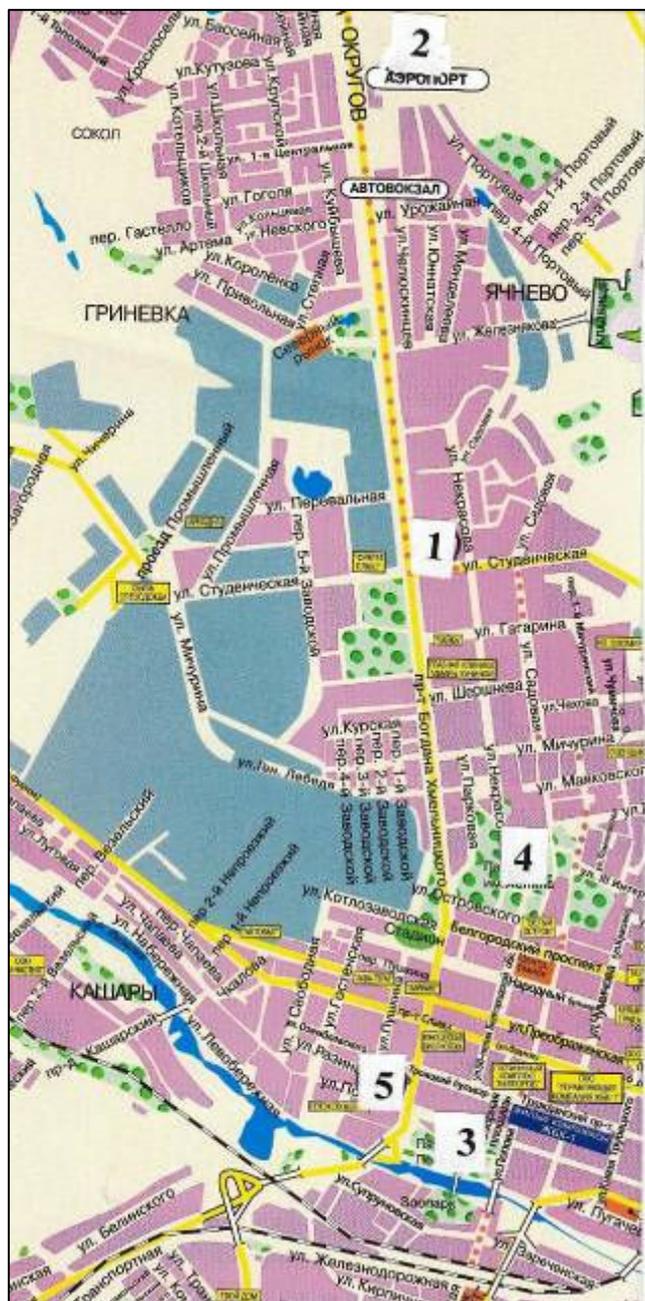


Рис. 1. Карта-схема г. Белгорода с указанием мест сбора растительного материала.  
(Пояснения – в тексте)

Для анализа брали листья с 3 модельных деревьев в средней части кроны. На каждом модельном дереве выбирали 4 побега, расположенных с разных сторон света (север, юг, запад, восток), было взято по 10 образцов с каждого побега [12].

Размеры основных эпидермальных клеток измеряли с помощью окуляра – микрометра МОВ-1-16<sup>x</sup>. У листьев липы были измерены длина и ширина 1800 эпидермальных клеток, по 300 клеток с листьев каждого исследуемого участка [13, 14].

### Результаты исследования

Лист липы с обеих сторон покрыт полифункциональной тканью – эпидермой. Основные клетки эпидермы имеют мелко-извилистые антиклинальные стенки, с тупыми и заостренными углами. На исследуемых участках происходит увеличение количества клеток на единицу площади (на 27-30% по сравнению с контролем). Также наблюдается увеличение толщины основных клеток, особенно верхней, эпидермы, на 8-10% по сравнению с контролем.

Средние размеры основных эпидермальных клеток листа *T. cordata* (мкм) представлены в таблице.

На участке № 1 средняя длина основных эпидермальных клеток на 1,484 мкм меньше по сравнению с контролем, средняя ширина на 1,836 мкм меньше; на участке № 2 длина клеток на 3,576 мкм меньше по сравнению с контролем, ширина на 2,304 мкм меньше контрольного показателя; на участке № 3 длина и ширина практически не отличаются от контрольных показателей; на участке № 4 длина клеток на 1,172 мкм меньше,

чем в контроле, ширина на 0,516 мкм меньше, чем в контроле; на участке № 5 средняя длина основных эпидермальных клеток на 0,670 мкм меньше, чем в контроле, средняя ширина основных эпидермальных клеток на 1,297 мкм меньше средней длины клеток листа *T. cordata*.

Таблица

**Средние размеры основных эпидермальных клеток листа *Tilia cordata*  
на исследуемых участках по сравнению с контролем.**

Место сбора растительного материала	Длина (мкм)	± от контроля	Ширина (мкм)	± от контроля
Сосновка (Лесопитомник)	9.030	-	5.369	-
Улица Студенческая	7.546	-1.484	3.533	-1.836
Аэропорт	5.454	-3.576	3.065	-2.304
Парк Победы	9.060	+0.030	5.369	0
Парк Ленина	7.858	-1.172	4.853	-0.516
Район БелГУ	8.360	-0.670	4.072	-1.297

По степени уменьшения средней длины основных эпидермальных клеток листа *T. cordata* исследуемые участки можно расположить в следующий ряд: участок №3 – парк Победы > участок №5 – район БелГУ > участок №4 – парк Ленина > участок №1 – улица Студенческая > участок №2 – район Аэропорта.

По степени уменьшения средних величин ширины клеток листа *T. cordata* исследуемые участки можно расположить в следующий ряд: участок № 3 – парк Победы > участок № 4 – парк Ленина > участок № 5 – район БелГУ > участок №1 – улица Студенческая > участок №2 – район Аэропорта.

Полученные данные свидетельствуют, что наибольшие размеры (длину и ширину) имели эпидермальные клетки листа *T. cordata* в парке Победы, а наименьшие – в районе ул. Студенческой и в районе Аэропорта, по сравнению с контрольной точкой (Сосновка, Лесопитомник). Следовательно, можно предположить, что наибольшая степень загрязненности наблюдается в районе участков № 1 и № 2. Размеры основных эпидермальных клеток листа *T. cordata* в парке Победы незначительно отличаются от соответствующих значений контрольного участка (Сосновка, Лесопитомник), что можно объяснить расположением последнего в пределах городской черты.

### Выводы

1. Размеры основных эпидермальных клеток варьируют в разной степени на исследуемых участках, но всегда меньше, чем на участке удаленном от крупных промышленных предприятий и автомобильных дорог с высокой интенсивностью транспортного потока.

2. Основные эпидермальные клетки листа *Tilia cordata* можно использовать в качестве биоиндикатора уровня загрязнения городской среды.

### Список литературы

1. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) / Кавтарадзе Д.Н., Николаева Л.Ф., Поршнева Е.Б., Флорова Н.Б. – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.
2. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
3. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М. Трешоу. – Л., 1988. – 535 с.
4. Николаевская Т.В. Влияние промышленных газов на некоторые физиолого-биохимические процессы растений // Тез. докл. респ. научн. конф. «Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития» - <http://mebocentr.narod.ru/rtf/belozerceva/rtf>
5. Негруцкая Г. М., Ермукова С. Н. Влияние диоксида серы на некоторые физиологические процессы декоративных растений // Тез. докл. респ. научн. конф. «Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития». - <http://mebocentr.narod.ru/rtf/belozerceva/rtf>
6. Allen L.H. Plant responses to rising carbon dioxide and potential interactions with air pollutants // J. Environmental Qual. – 1990. – Vol. 19, № 1. – P. 15-34
7. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
8. Калачева Е.Н. Фенотипическая изменчивость листьев некоторых древесных растений из техногенных биотопов города Нижнего Новгорода // Научная сессия МИФИ-2000. Ч. 13. Конференция «Молодежь и наука». Автоматика. Электроника. Прикладная физика. – С. 132-133.

9. Маракаев О.А., Смирнова Н.С., Загоскина Н.В. Техногенный стресс и его влияние на листовые древесные растения (на примере парков г. Ярославля) // Экология. – 2006. – №6. – С. 410-414.
10. Неворова О.А., Колмогорова Е.Ю. Морфометрическая оценка устойчивости древесных растений к выбросам автотранспорта г. Кемерово // Сб. научн. тр. «Естествознание и гуманитаризм». – Т. 3, вып. 1. – Томск, 2006. – С. 23-25.
11. Прожорина Т.И., Терещенко О.Н. Экологическая оценка состояния воздушной среды в зоне предприятия ЗАО ПКФ «Воронежский керамический завод» биоиндикационными методами // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2004. - №2. – С. 142-146.
12. Андреева М.В., Семчук Н.Н., Никонов М.В. Морфологические особенности листа *Acer platanoides* L. в условиях хронического аэротехногенного загрязнения // Ученые записки Института СХПР НовГУ. – 2006. – Т. 14, вып. 3. – С. 47-50.
13. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
- 14.. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. и др. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.

### **ENVIRONMENTAL CONTAMINATION INFLUENCE ON MAIN EPIDERMAL CELLS OF THE SMALL-LEAVED LIME (*TILIA CORDATA* Mill.) ON THE EXAMPLE OF BELGOROD**

**V.V. Skorbach,  
M.N. Zhilyakova**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: Skorbach@bsu.edu.ru*

Anatomical signs of leaf *Tilia cordata* Mill. in polluted environment in Belgorod are investigated. It is established, that in the area of Studencheskaja Street and Airport the dimensions of basic epidermal cells decrease to the greatest degree.

Keywords: woody plants, leaf plate, anatomical analysis, the basic epidermal cells.

## МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ИНFUЗОРИЙ К ХИМИЧЕСКИМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ И ИХ ПРЕОДОЛЕНИЕ ЛЕТАЛЬНЫМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (СПАВ)\*

**А.В. Присный,  
Ю.Л. Волынкин,  
Н.Н. Кампос**

Белгородский  
государственный  
университет

Россия, 308015, г.Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

В статье приведены результаты изучения повреждающего действия флотореагента РА-14 на клетки инфузорий *in vivo*. Описаны, с приведением иллюстраций, изменение интенсивности и характера движения, инцистирование, разрушение пелликулы, временное и летальное нарушение осморегуляции, повышение вязкости эктоплазмы и образование дополнительных пульсирующих вакуолей. Отмечается резкое повышение осморегуляторной активности при действии сублетальных и летальных концентраций токсиканта. Зарегистрировано явление массового выброса симбиотических зоохлорелл при контакте инфузорий с токсикантом.

Ключевые слова: инфузории, флотореагент РА-14, повреждения, механизмы устойчивости.

### Введение

Различные виды инфузорий (*Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1838, *Tetrahymena pyriformis* (Ehrenberg) Schewiakoff, 1889, *Stylonychia mytilus* Ehrenberg, 1838) используются в качестве тест-объектов при оценке токсичности веществ и материалов [1, 2, 3, др.]. При постановке тестов на токсичность регистрируются, как правило, гибель/выживаемость, интенсивность движения и изменения внешней формы [4, 5], иногда – изменение интенсивности размножения [1, 6]. Немногочисленные специальные описания действия токсикантов на тест-объекты касаются, прежде всего, изменения размеров и внешней формы инфузорий под действием токсических веществ (пестициды и некоторые другие) [7].

Поверхностно активные вещества (ПАВ), в том числе синтетические (СПАВ), отличаются от большинства токсикантов механизмами действия на клетки, и, соответственно, пороговыми концентрациями, определяющими их опасные для живых тел концентрации, включая ПДК. Они производят явно выраженное разрушительное действие на биологические мембраны или изменяют их проницаемость для воды. Следствием взаимодействия ПАВ с липидным бислоем мембран является или быстрый лизис клетки, или нарушение ее осмотических свойств с конечным результатом, определяемым как концентрацией вещества, так и совершенством организменных эволюционно сложившихся защитных механизмов на клеточном уровне.

Низкие концентрации детергентов (включая СПАВ) действуют подобно ядам и сходны по своему действию на организмы с эффектами, проявляющимися при тепловом загрязнении. В частности, они понижают способность гидробионтов противостоять недостатку кислорода в воде [8].

Устойчивость клеток к действию внешних повреждающих факторов химической природы, при прочих равных условиях, определяется конституцией покровов, отношением площади поверхности к массе, возможно, генетически обусловленными механизмами детоксикации.

Покровы свободноживущих простейших, обладающих собственно животным типом клеток (Protozoa) представляют собой или наружную плазматическую мембрану с гликокаликсом, в той или иной степени покрытую надмембранными образованиями, или пелликулу. Пелликула, в частности, характерна для всех инфузорий и эвгленовых, хотя устройство ее у представителей разных классов и отрядов имеет свои

\* Работа выполнена при поддержке гранта БелГУ ВКГ 089-09.

особенности (далее наименования таксонов даны, с учетом адаптированной классификации простейших [9], по К. Хаусман [10] и С.И. Мажейкайте [11]).

Определение значений ПДК растворимых в воде токсикантов на основе  $DL_{50}$ , хотя и производится на лабораторных млекопитающих, ориентировано на оценку непосредственной опасности веществ для человека. В тоже время, при попадании в воду, токсиканты, прежде всего, действуют на весь комплекс гидробионтов, в число которых входит и целый ряд традиционных тест-объектов, поддерживаемых в культуре (инфузории, дафнии и др.). Низшие водные организмы, обладая высокой чувствительностью к загрязнению среды их обитания, остаются плохо изученными в плане механизмов устойчивости к повреждающим агентам и характера повреждений клеток синтетическими токсическими веществами.

В процессе изучения влияния нового на российском рынке флотореагента РА-14 (изодецилоксипропиламинацетат), предназначенного для обогащения железной руды, на различные виды гидробионтов нами был накоплен значительный документированный материал, часть которого касается нескольких видов инфузорий, широко распространенных в водоемах Европы.

### Материал и методика

Исходный материал выделен из проб воды, отобранной в реках Песочная (окр. г. Железногорска, март 2008 г.), Оскол (старица) (окр. с. Приосколье, апрель 2008 г.) и Везелка (г. Белгород, май 2008 г.). Смешанная культура инфузорий, принадлежащих к родам *Paramecium*, *Stylonichia* и *Euplotes* содержалась в чашках Петри в среде Лозина-Лозинского при периодической подкормке сухими пекарскими дрожжами. Пересев культуры производился ежемесячно.

В опытах по определению степени токсичности различных концентраций флотореагента РА-14 на инфузорий, помимо регистрации уровня смертности тест-объектов через фиксированные промежутки времени, отмечали заметные изменения в состоянии объектов. Затем проводили отдельные специальные непрерывные наблюдения за состоянием инфузорий, находящихся в среде с разной концентрацией реагента, под стереоскопическим микроскопом МСБ-10 с максимальным увеличением 87.5 и под микроскопом Биомед-2, снабженным цифровой фотонасадкой (Sony DSC-W7 с максимальным размером изображения 7.2 мегапикселя), позволяющей произвольно фиксировать наблюдаемые изменения (без иммерсии) в диапазоне оптического увеличения от 100 до 400, а с использованием трёхкратного цифрового увеличения. Наблюдения проводили как в объёмных каплях раствора в пластиковых чашках диаметром 25 мм, так и на предметных стеклах с лунками и без них в каплях покрытых покровным стеклом. Продолжительность непрерывных наблюдений для разных видов при разных концентрациях флотореагента составляла до 180 мин. Опыты проводили при температуре 18–20°C. В каплю (или две, или три) культуры, после обнаружения в ней живых инфузорий добавляли равнозначное количество раствора флотореагента необходимой (удвоенной) концентрации. Отдельную «избранную» инфузорию, удерживали в поле зрения в течение всего периода наблюдения, манипулируя препаратоводителем. При быстром перемещении инфузории уменьшали кратность увеличения микроскопа, не упуская инфузорию из поля зрения. На предметных стеклах поддерживали объем среды, периодически пополняя ее заранее приготовленным раствором соответствующей концентрации.

В опытах использовали следующие виды ресничных инфузорий.

П/кл *Holotrichia*.

Отр. *Hymenostomatida*.

Сем. *Parameciidae*: *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1838. Сем. *Frontonidae*: *Colpidium campylum* Stokes, 1886.

П/кл *Spirotrichia*.

Отр. *Heterotrichida*.

Сем. *Stentoridae*: *Stentor polymorphus* O.F. Müller, 1786. Сем. *Spirostomidae*:

*Spirostomum ambigum* O.F. Müller, 1786; *Blepharisma* sp.

Отр. Hypotrichida.

Сем. Oxytrichidae: *Stylonychia mytilus* Ehrenberg, 1838; *Urostyla weissei* Stein, 1859. Сем. Euplotidae: *Euplotes* sp.

П/кл Peritrichia

Отр. Peritrichida

Сем. Vorticellidae: *Vorticella convallaria* Linne, 1758.

### Результаты исследований

Весь объем полученной в экспериментах информации позволяет выделить ключевые элементы в поведении и состоянии инфузорий при внесении в среду исследуемого токсиканта – аминоксодержащего СПАВ флотореагента РА-14.

#### 1. Изменение интенсивности и характера движения. Инцистирование.

Во всех повторностях экспериментов все особи всех исследованных видов инфузорий через несколько секунд после объединения капель среды (с инфузориями) и исследуемого токсиканта реагировали значительным повышением двигательной активности, проявляя четкую реакцию отрицательного хемотаксиса. Через некоторое время движение становилось плохо координируемым и замедленным. В дальнейшем движение или прекращалось совсем (инцистирование или гибель) или восстанавливалось до нормального. Гибель клеток без их разрушения наблюдалась у *P. caudatum* и *S. mytilus* при концентрациях флотореагента 0.00005-0.001 мг/л (рис. 1). При более высоких концентрациях – 0.003-0.02 мг/л – большая или меньшая часть особей этих видов, а также *S. polymorphus* (рис. 2, 3, 7) в течение нескольких минут приобретали сферическую форму и оставались неподвижными от нескольких часов до нескольких дней.

Раздражение. Необычное поведение, вызванное действием реагента (0,01 мг/л) наблюдалось у *S. ambigum*. В течение около 20 минут у этой инфузории несколько раз интенсивное движение сменялось длительным, до 2-3 минут, «замиранием». Затем движение приобрело характер «почесывания»: инфузория в течение почти 2 минут протискивалась вперед и назад сквозь небольшое скопление тесно лежащих песчинок. Несколько позже у этой особи проявились некоторые внутриклеточные изменения (см. п. 4).

#### 2. Разрушение пелликулы.

В растворах реагента с концентрацией 0,2 мг/л и выше у большинства инфузорий сравнительно быстро, от нескольких минут до нескольких десятков минут, происходит везикулизация цитоплазмы и разрушение покровов (*S. mytilus* – рис. 4, 5, *P. bursaria* – рис. 6). Иногда разрушение всей клетки развивается стремительно до полного ее «растворения» (*U. weissei*, рис. 9; *S. mytilus*, рис. 10). Последнее следует учитывать при оценке смертности тест-объектов, когда в пробе обнаруживаются только оставшиеся живые особи. В случае с *U. weissei* отделяющиеся фрагменты клетки с участками пелликулы длительное время (до 4 минут) активно перемещались, а внутренняя часть эндоплазмы распадалась с эффектом «фонтанирования».

#### 3. Временное нарушение осморегуляции (набухание).

Средние концентрации токсиканта (0.003-0.04 мг/л) вызывают нарушение осморегуляции клеток *Blepharisma* sp. (рис. 2), *S. mytilus* (рис. 3), *V. convallaria* (рис. 8), которое выражается в медленном, до нескольких десятков минут, набухании клеток, вплоть до сферической формы. В это время в клетке, находящейся в непрерывном движении, наблюдается интенсивное перемещение, образование и исчезновение различных структур. Иногда набухание клеток, в сочетании с другими их повреждениями (везикулизация цитоплазмы, расслоение пелликулы и др.), завершается гибелью инфузорий (*S. mytilus* – рис. 4, 5, *P. bursaria* – рис. 6), чему может предшествовать разрушение макронулеуса (рис. 11, 14, 15). В других случаях форма тела и характер движения восстанавливаются, чему иногда предшествует выброс части цитоплазмы через цитостом (*C. campylum* – рис. 11).

#### 4. Повышение вязкости и дифференцировки цитоплазмы

У *P. caudatum* (рис. 14), *V. convallaria* (рис. 8) уже через несколько секунд, а у *S. ambigum* (рис. 12) – примерно через 20 минут, происходит выраженное просветление эктоплазмы с четким обособлением ее от эндоплазмы. Одновременно наблюдается контрастирование цитоплазматических структур и ядра. В случаях необратимого нарушения осморегуляции эктоплазма «выдавливается» сгустками за пределы клетки (*Paramecium* spp., *V. convallaria*) или в промежуток между НПМ и альвеолами (возможно, в полость альвеол), образуя обособленные (предположительно не покрытые мембраной) или поверхностные пузыри.

#### 5. Образование дополнительных пульсирующих вакуолей.

У *P. caudatum* через несколько минут после контакта с флотореагентом наблюдается образование многочисленных дополнительных пузырьков пульсирующих вакуолей (рис. 14, 15). Их появление в разных местах периферического слоя цитоплазмы, медленное наполнение и быстрое освобождение от содержимого позволяют предполагать, что при нарушении осморегуляции внешним воздействием, по крайней мере у *P. caudatum*, альвеолы пелликулы способны выполнять функции центральных пузырьков пульсирующих вакуолей. Известно, что у этого вида альвеолы участвуют в обеспечении конъюгации комплементарных особей [12].

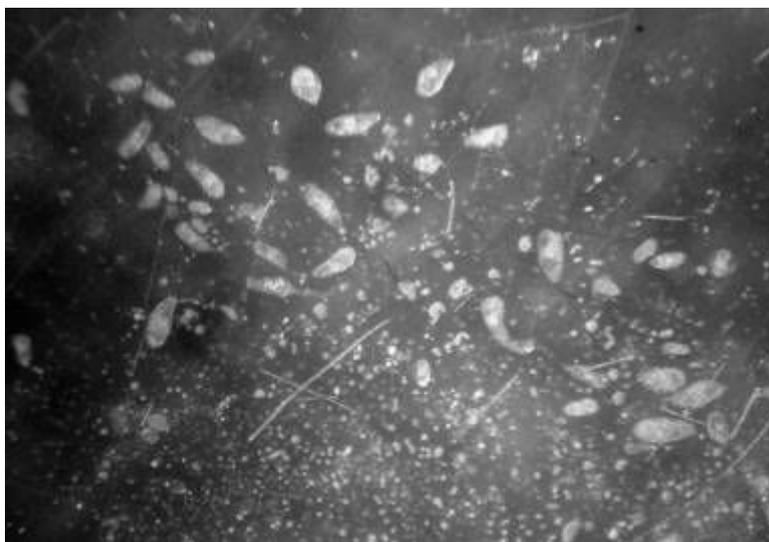


Рис. 1. *P. caudatum*, *S. mytilus* и *Eupotes* sp. – массовая гибель инфузорий в смешанной культуре при низких концентрациях флотореагента РА-14 без разрушения клеток

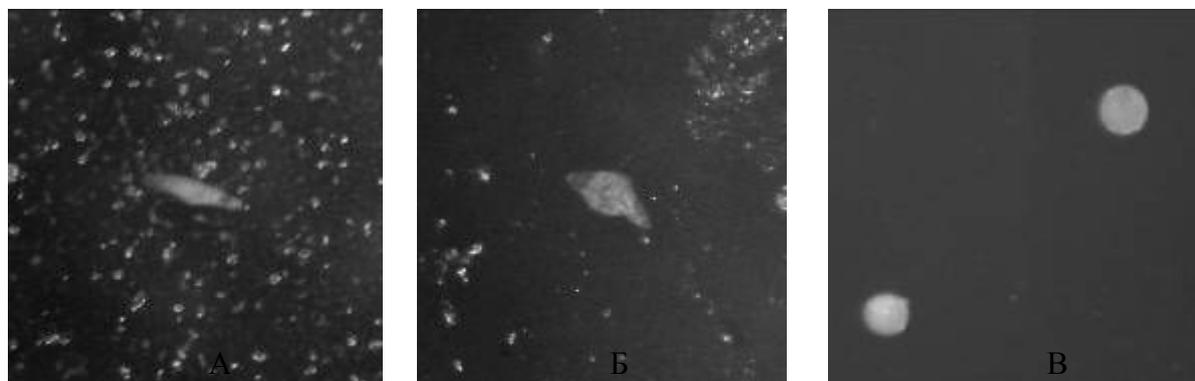


Рис. 2. *Blepharisma* sp. Нормальная форма (А), промежуточная (Б) и конечная (В) стадии набухания клеток при нарушении осморегуляции

### 6. Поведение симбионтов

Контакт с флотореагентом *P. bursaria* уже через несколько секунд приводит к массовому выбросу из клетки симбиотических водорослей рода *Zoochlorella*, которые после непродолжительного периода плавания на расстоянии до трех малых диаметров парамеции вновь тесно сближаются с ней (рис. 13А) и остаются у поверхности клетки даже после ее гибели (рис. 13Б).

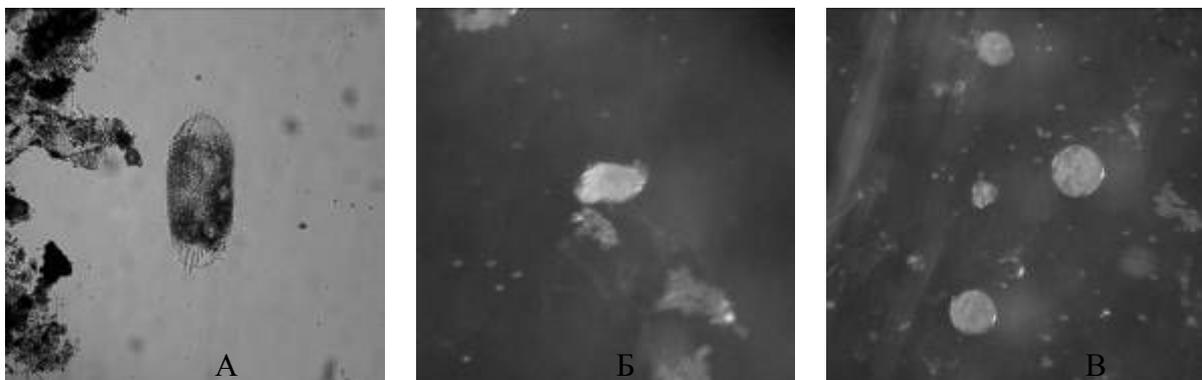


Рис. 3. *Stylonychia mytilus*. Нормальная форма (А), промежуточная (Б) и конечная (В) стадии набухания клеток при нарушении осморегуляции

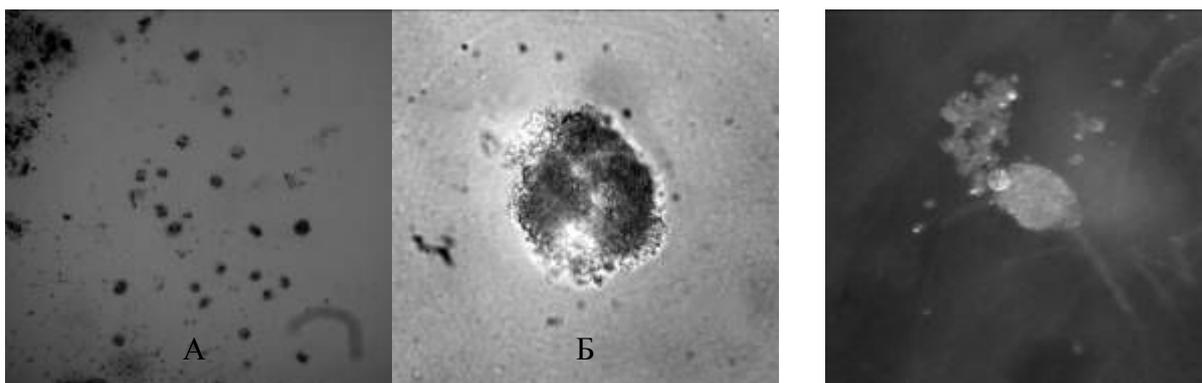


Рис. 4. *Stylonychia mytilus*. Гибель (А), сопровождающаяся везикуляризацией цитоплазмы (Б) при контакте с флотореагентом РА-14 (концентрация 0.001 мг/л)

Рис. 5. *Stylonychia mytilus*. Везикуляризация цитоплазмы с частичным ее выбросом под действием флотореагента РА-14 (концентрация 0.2 мг/л)

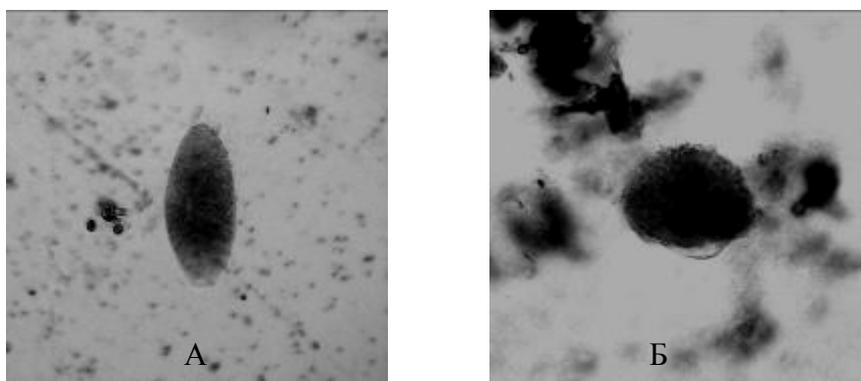


Рис. 6. *Paramecium bursaria*. Везикуляризация цитоплазмы с образованием эктоплазматического поверхностного пузыря под действием флотореагента РА-14 (концентрация 0.2 мг/л)

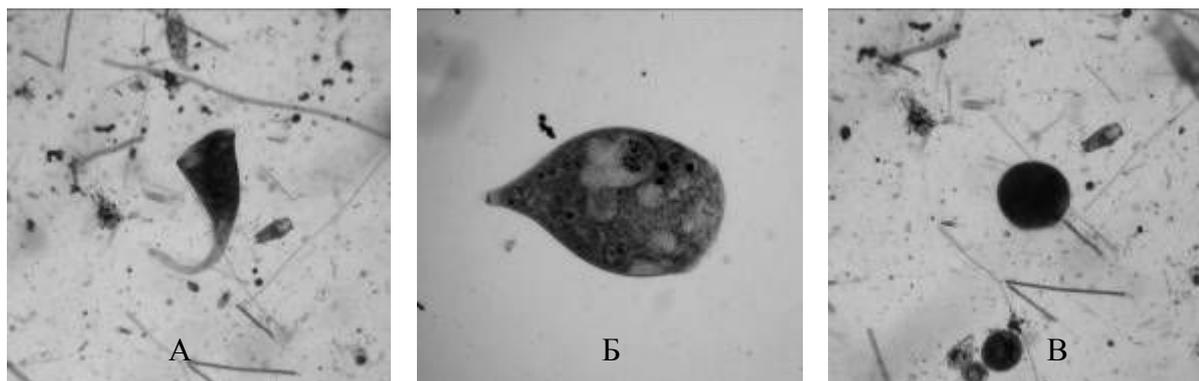


Рис.7. *Stentor polymorphus*. Общий вид инфузории (А), набухание (Б) и образование цисты (В) в растворе флотореагента РА-14 (концентрация 0.1 мг/л)

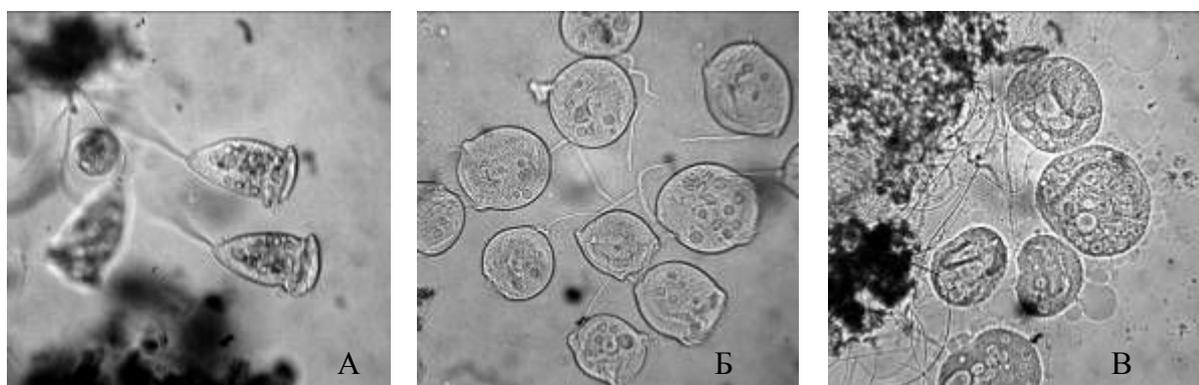


Рис.8. *Vorticella convallaria*. Общий вид инфузории (А), набухание (Б) и выбрасывание цитоплазмы (В) в растворе флотореагента РА-14 (концентрация 0.1 мг/л)

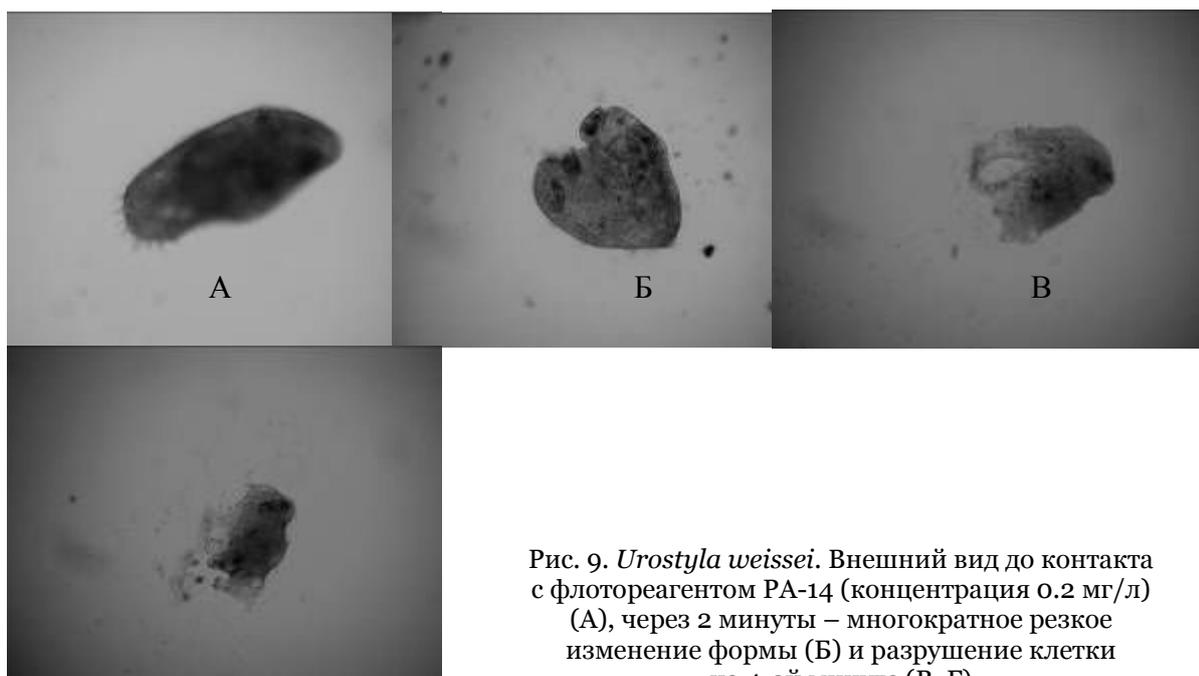


Рис. 9. *Urostyla weissei*. Внешний вид до контакта с флотореагентом РА-14 (концентрация 0.2 мг/л) (А), через 2 минуты – многократное резкое изменение формы (Б) и разрушение клетки на 4-ой минуте (В, Г)

Г

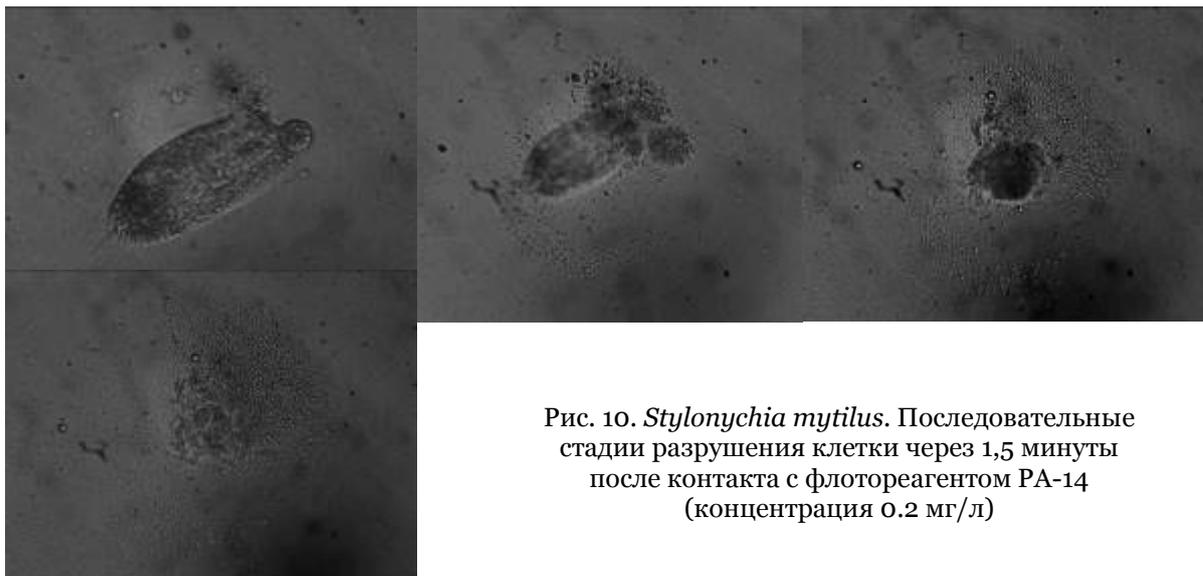


Рис. 10. *Stylonychia mytilus*. Последовательные стадии разрушения клетки через 1,5 минуты после контакта с флотореагентом PA-14 (концентрация 0.2 мг/л)

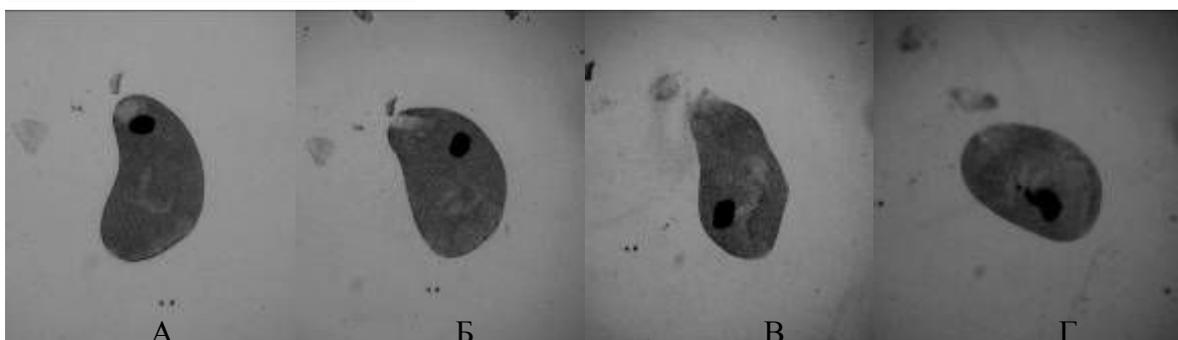


Рис. 11. *Colpidium campyllum*. Внешний вид до контакта с флотореагентом А-14 (А), изменение формы (Б) и выбрасывание части цитоплазмы (В) перед инцистированием (Г)



Рис. 12. *Spirostomum ambigum*. Внешний вид до контакта с флотореагентом А-14 (А), изменение формы (Б) и нарушение движения (В) под его воздействием (0.2 мг/л)

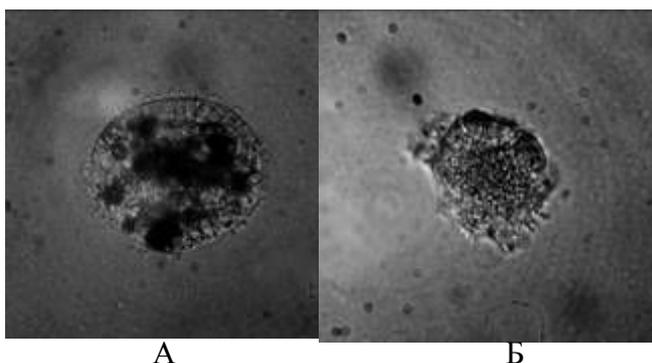


Рис. 13. Выброшенные после контакта с флотореагентом PA-14 симбионты *Zoothlorella* sp. окружают хозяина *P. bursaria* (А) и остаются на нем после (его) гибели (Б)

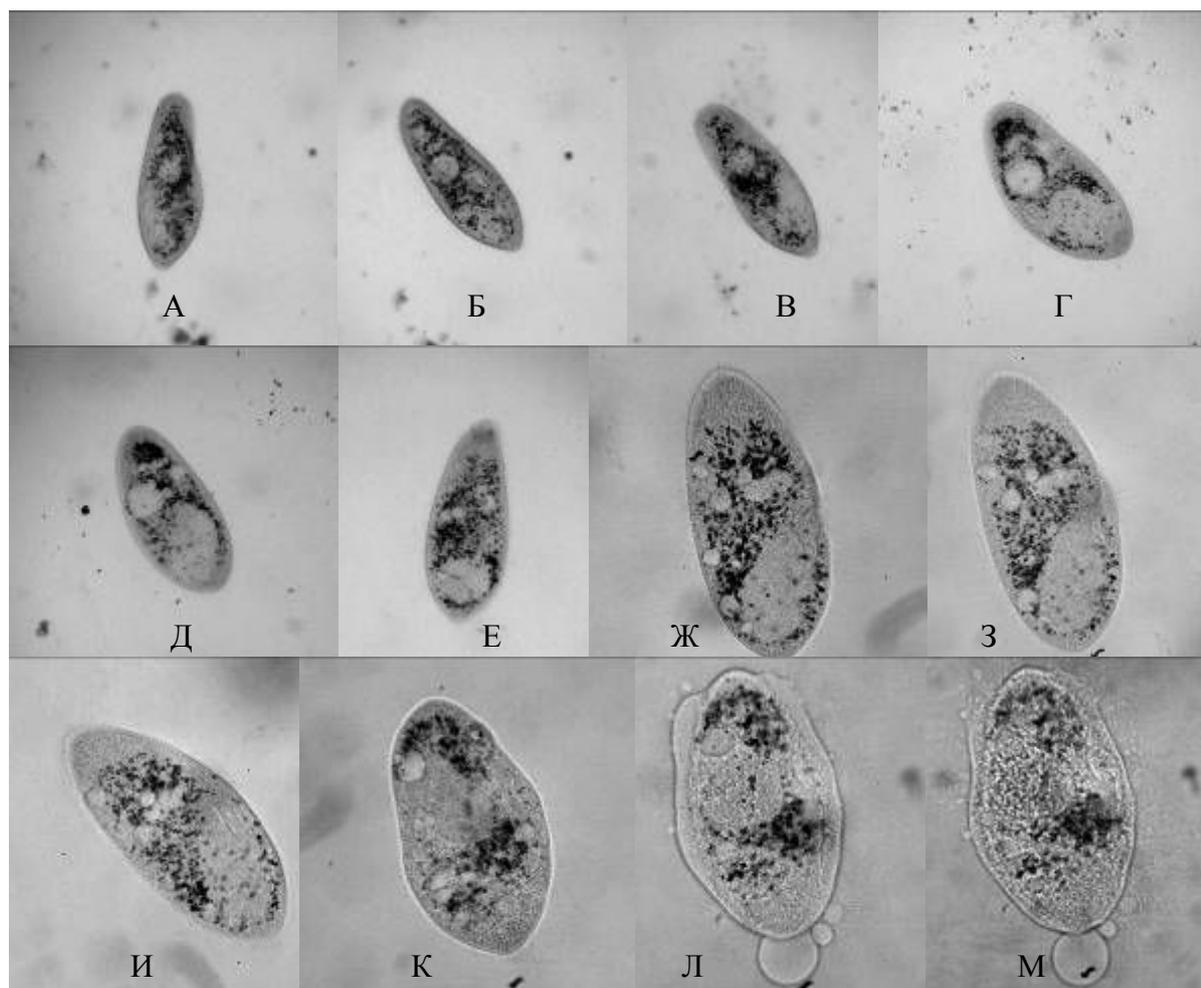
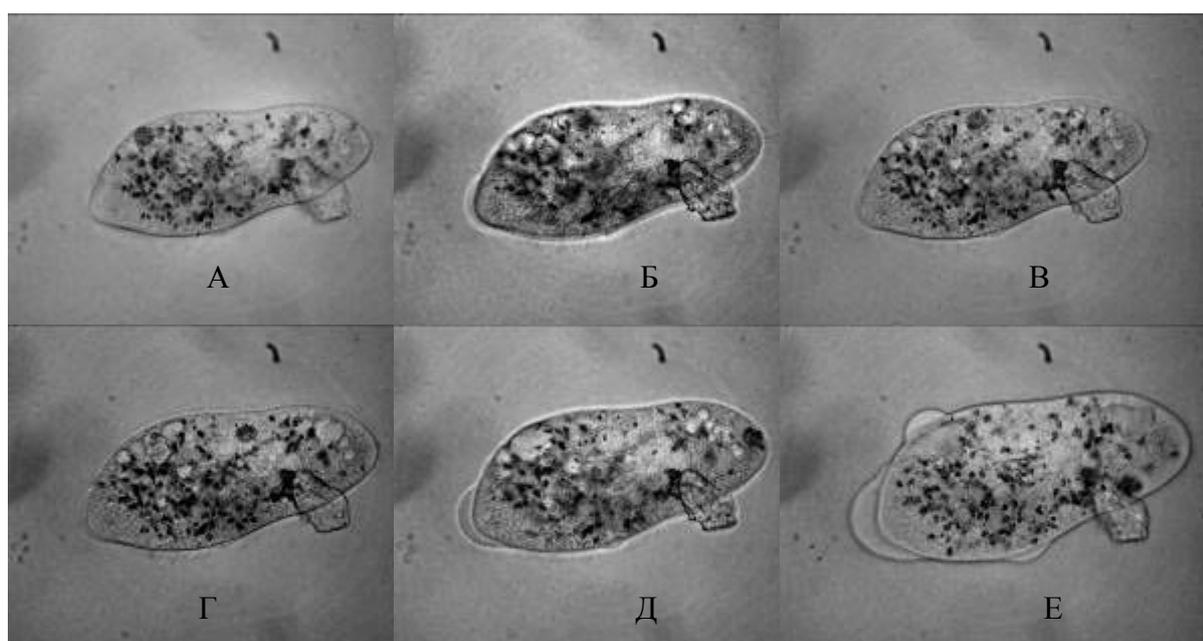


Рис. 14. *Paramecium caudatum*. А–М: последовательность внутриклеточных изменений под действием летальной (0.2 мг/л) концентрации флотореагента РА-14



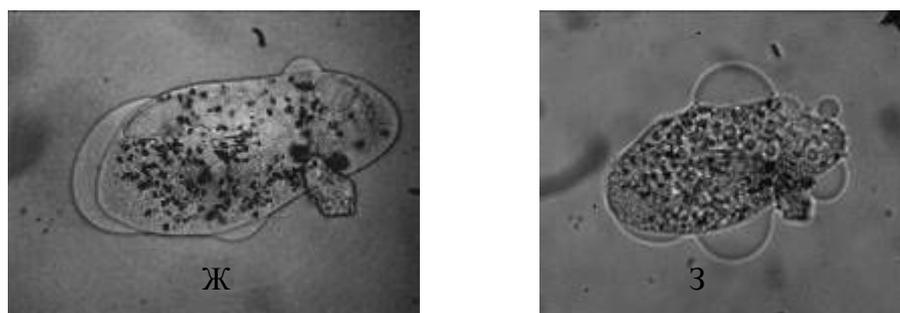


Рис. 15. *Paramecium caudatum*. А–З: последовательность внутриклеточных изменений под действием летальной (0.4 мг/л) концентрации флотореагента РА-14

Ниже приведен один из протоколов регистрации изменения состояния *P. caudatum* после внесения в среду исследуемого флотореагента.

Протокол от 5. 6.05.2008 г. *Paramecium caudatum*. Начало эксперимента – 10.20 час. 3 экземпляра инфузорий в 2 каплях воды на предметном стекле (внешний вид – см. рис. 14А).

Соединение среды с инфузориями через «мостик» с 2 каплями реагента РА-14 (концентрация 0.4 мг/л).

Изменения в состоянии инфузорий:

- быстрое движение в капле;
- мене чем через 1 мин. – четкое обособление эктоплазмы и области макронуклеуса (рис. 14Б);
- следующие примерно 15 минут – интенсивное перемещение пищеварительных вакуолей в эндоплазме с постепенным освобождением от вакуолей значительной области в задней половине и образованием в разных местах 3-6 пульсирующих вакуолей (рис. 14В-14-Д); клетка несколько раздувается;
- «исчезает» макронуклеус, появляются новые пульсирующие вакуоли – образуются из альвеол пелликулы (рис. 14Е-14З), инфузория принимает почти нормальную форму, быстро перемещается в течение примерно 10 мин., после чего замедляет движение;
- около 5 минут вращение на одном месте с интенсивной работой до 10 пульсирующих вакуолей и раздуванием тела (рис. 14И);
- движение прекращается, работа пульсирующих вакуолей замедляется, их число уменьшается, раздувание усиливается (рис. 14К);
- примерно на 50-й минуте движение полностью прекращается, отстреливаются трихоцисты, на поверхности появляются мелкие пузырьки, заполненные эктоплазмой;
- пузырьки на заднем конце тела быстро увеличиваются, в передней части клетки происходит разрушение пелликулы (рис. 14Л, 14М).
- гибель инфузории.

### Заключение

Результаты экспериментов по влиянию флотореагента РА-14 на инфузорий позволяют предположить, что у них имеется ряд генетически предопределенных реакций на химическое воздействие, способное нарушать осморегуляцию и целостность покровов. Главные из них – кратковременное инцистирование (пассивная реакция), предупреждающее лизис клетки, и образование множества дополнительных пузырьков пульсирующих вакуолей (активная реакция) на основе альвеол пелликулы, способных поддерживать осмотическое давление на безопасном уровне. Концентрации исследуемого флотореагента, действующие на «подпороговом» уровне, вызывают гибель инфузорий без разрушения клеток, а высокие – «надпороговые» концентрации, преодолевая существующие защитные барьеры, вызывают летальную везикуляризацию цитоплазмы или разрушение наружной плазматической мембраны, приводящее

к полному лизису тела инфузории. Сублетальное действие флотореагента вызывает компактизацию (сопровождается оптическим контрастированием) активных клеточных структур (ядра, вакуолей и др.). Выброс части эктоплазмы, вероятно, предотвращает лизис клетки.

Высокие концентрации флотореагента РА-14 (0.2 мг/л и более) преодолевают существующие у инфузорий механизмы поддержания водного баланса, вызывая быстрый лизис клеток.

Способность СПАВ оказывать токсический эффект при «сверхмалых» концентрациях (0.0005-0.003 мг/л), противодействию которому не обеспечивается эволюционно сложившимися механизмами предопределяет необходимость пересмотра значений ПДК (в воде)

### Список литературы

1. Борсук О.Ю. Экологическая оценка качества промышленных сточных вод республики Адыгея с применением методов биотестирования. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Майкоп: Изд-во МГТУ, 2007. – 23 с.
2. Пикуленко С.О. Применение биологического тестирования природных и сточных вод в экологических исследованиях // Записки общества геоэкологов. – 2008. № 1. Эл. ресурс. Режим доступа [http://www.ccssu.crimea.ua/internet/Education/geoecology/index\\_1.htm#PIK](http://www.ccssu.crimea.ua/internet/Education/geoecology/index_1.htm#PIK)
3. Щеткина Т.Н., Лыков И.Н., Черемных Е.Г. Сравнительная характеристика чувствительности простейших одноклеточных организмов к отдельным факторам окружающей среды // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 3. – С. 31-37.
4. Филенко О.Ф. Биологические методы в контроле качества окружающей среды // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 6. – С. 18-20.
5. Черемных Е.Г., Симбирева Е.И. Инфузории пробуют пищу // Химия и жизнь. – 2009. – № 1. – С. 28-31.
6. Щеткина Т.Н. Использование автоматизированной биотехнической системы и простейших одноклеточных организмов для биотестирования объектов окружающей среды. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Калуга: ООО «Граффити», 2007. – 25 с.
7. Garad U., Desai S.N., Desai P.V. Toxic effects of monocrotophos on *Paramecium caudatum* // African J. of Biotechnology. – 2007. – Vol. 6 (19). – P. 2245-2250.
8. Лукин А.А. Токсичность некоторых СПАВ после разложения их в воде // Вторая всесоюзная конференция по рыбохозяйственной токсикологии посвященная 100-летию проблемы качества воды в России: Санкт-петербург, ноябрь 1991 г. – Санкт-Петербург, 1991. – Т. 1. – С. 340.
9. Карпов С.А. Система простейших: история и современность. – СПб.: ТЕССА, 2005. – 72 с.
10. Хаусман К. Протозология. – М.: Мир, 1988. – 336 с.
11. Мажейкайте С.И. Класс Ресничные инфузории Ciliata // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Отв. ред. Л.А.Кутикова, Я.И.Старобогатов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 46-97.
12. Kitamura A., Hiwataishi K. Mating-reactive membrane vesicles from cilia of *Paramecium caudatum* // The J. of Cell Biology. – 1976. – Vol. 69. – P. 736-740.

### THE RESISTANCE'S MECHANISMS OF INFUSORIANS TO CHEMICAL DAMAGES AND THEIR OVERCOMING BY LETHAL CONCENTRATION OF SYNTHETIC SUPERFICIALLY ACTIVE SUBSTANCES (SSAS)

**A.V. Prisnyj,  
Ju.L. Volynkin,  
N.N. Kampos**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: prisniy@bsu.edu.ru*

Article contains the results of studying of damaging action of flotation reagent PA-14 on infusorian's cells in vivo. Changes of intensity and character of movement, encysting, destruction of pellicula, temporary and lethal infringement of osmosis' regulation, viscosity increase of ectoplasm and formation of additional pulsing vacuoles are described with illustrations. Sharp increase of osmosis' regulatory activity is marked at action of sub lethal and lethal concentration of toxicant. The phenomenon of numerous emissions of symbiotic zoochlorellae's is registered at contact of infusorians with toxicant.

Keywords: infusorians, flotation reagent PA-14, damages, resistance's mechanisms.

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАПОПУЛЯЦИИ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА *HELIX ALBESCENS* ROSSMÄSSLER, 1839 (GASTROPODA: PULMONATA: HELICIDAE)

**С.С. Крамаренко,  
А.С. Крамаренко**

Николаевский  
государственный аграрный  
университет.

Украина, 54021, г. Николаев,  
ул. Парижской коммуны, 9.

E-mail:  
KSSNAIL@rambler.ru

В работе приведены результаты анализа пространственно-временной изменчивости фенетической структуры метапопуляции наземного моллюска *H. albescens* в отношении характера опоясанности раковины. Отмечено, что в субпопуляциях, населяющих различные биотопы, интенсивность и направление хронологических изменений фенетической структуры значительно отличаются. Это может свидетельствовать о том, что процессы микроэволюции в метапопуляциях могут иметь иные механизмы, чем в континуальных популяциях не обладающих четко выраженной структурой. Получены оценки эффективной численности для отдельных субпопуляций с использованием темпорального метода Нея-Таджимы.

Ключевые слова: метапопуляция, микроэволюция, морфа, эффективная численность популяции, *H. albescens*, Крым.

## Введение

В Украине род *Helix* L., 1758 представлен четырьмя видами: *H. albescens* Rossmässler, 1839, *H. lucorum* L., 1758, *H. lutescens* Rossmässler, 1839 и, наконец, *H. pomatia* L., 1758. В Крыму отмечаются лишь первые два из перечисленных видов; из них наиболее распространенным и многочисленным является *H. albescens*. Данный вид имеет циркумпонтический ареал и в Европе встречается редко, а в Украине распространен только в Причерноморье, Приазовье и в Крыму, достигая в некоторых локалитетах очень высокой численности [1].

Особенности конхиологической изменчивости, биологии и экологии *H. albescens*, структурной организации его популяций практически не изучены [2]. Данный вид характеризуется четким полиморфизмом в отношении характера опоясанности раковины (banding shell pattern), сходным с таковым для видов рода *Serapea*. Первые попытки анализа фенетической изменчивости популяций моллюска *H. albescens* в различных регионах Крыма были начаты в работах В.Н. Попова и его учеников [2, 3, 4]. В одной из таких работ была изучена микрогеографическая изменчивость фенетической структуры одной локальной популяции моллюска *H. albescens*. Спустя 16 лет нами снова была обследованная данная популяция.

В настоящей работе приводятся результаты пространственно-временной изменчивости фенетической структуры популяции моллюска *H. albescens* в отношении характера опоясанности его раковин.

## Объекты и методы исследования

Исследованная популяция *H. albescens* расположена вблизи студенческого городка Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (между ул. Ялтинская и ул. Беспалова). Она состоит из трех субпопуляций, населяющих различные биотопы: посадки лиственных деревьев, придорожную полосу кустарника и посадки сосны с изредка встречающимися туями. В каждом из этих трех биотопов нами зимой 1992-1993 г.г. были собраны выборки раковин *H. albescens*. Через 16 лет (в августе 2009 г.) нами был проведен повторный сбор моллюсков на тех же самых участках.

В лабораторных условиях анализировались особенности полиморфизма конхиологических признаков *H. albescens* в отношении полиморфизма по характеру опоясанности раковины. При этом их морфы обозначались по общепринятой системе [5]. Ленты на раковине отмечались цифрами от «1» до «5», считая от шва между последним и предпоследними оборотами к пупку. В случае отсутствия ленты (или лент) вме-

сто их номера в формуле морфы ставился ноль. В случае слияния нескольких лент, их номера в формуле объединялись круглыми скобками. Тогда формула для наиболее распространенной морфы, у которой отмечается присутствие всех пяти лент на раковине, имеет вид – «12345», морфа, у которой отсутствует вторая лента – «10345», а морфа, у которой отмечается слияние второй и третьей лент – «1(23)45».

Полученные частоты морф раковины *H. albescens* из различных биотопов и в различные даты сбора (1992/93 гг. и 2009 г.) затем были проанализированы. Вначале была проверена ноль-гипотеза о наличии стабильности фенетической (и, соответственно, генетической) структуры изученных субпопуляций, входящих в одну метапопуляцию. Поскольку частоты некоторых морф не превышали 5-ти, проверка данной ноль-гипотезы была проведена с использованием точного теста Фишера с использованием программы RxC [6].

Для анализа пространственно-временной изменчивости фенетической структуры метапопуляции моллюска также был использован алгоритм двухфакторного дисперсионного анализа для качественных признаков, предложенный нами ранее [7]. Использована смешанная модель дисперсионного анализа, в которой фактор «дата сбора» был случайным, а фактор «биотоп» – фиксированным [8]. Оценка уровня значимости полученных оценок дисперсионного отношения для факторов «дата сбора», «биотоп» и их совместного влияния проведена методом перестановок, с использованием 500 пермутаций [9].

Кроме того, был проведен анализ пространственно-временной изменчивости фенетической структуры метапопуляции *H. albescens* с использованием непараметрического многомерного шкалирования (MDS). Данная процедура позволяет расположить исходные объекты в пространстве первых двух размерностей, которые отражают наиболее весомые для их дифференциации морфы. Ранее подобная процедура была нами уже использована при анализе фенетической структуры изменчивости моллюска *Serapea vindobonensis* Ferr. [10].

Далее нами было проанализировано фенетическое разнообразие субпопуляций. Однако, поскольку объемы выборок были не равны (варьировали от 111 до 337 особей), была использована процедура «разрежения» (rarefaction method). С помощью данной процедуры для каждой выборки строится кривая зависимости уровня разнообразия (в нашем случае – фенетического) от объема используемой выборки (10, 20, 30 и т.д. особей, случайным образом включенных в анализ). Для возможности сравнения между выборками разного объема, мы получили оценки числа морф в каждой субвыборке, содержащей по 100 случайно отобранных особей из соответствующих выборок. Данная resampling-процедура была проведена с помощью программы PAST v. 1.82b [11].

Кроме того, поскольку мы имеем значения частот различных морф моллюска *H. albescens* в два момента времени, мы можем оценить эффективную численность субпопуляций, используя темпоральный метод М. Нея и Ф. Таджимы [12]:

$$N_e = \frac{T}{2 \cdot \left[ F - \left( \frac{1}{2 \cdot n_0} + \frac{1}{2 \cdot n_T} \right) \right]}, \quad (1)$$

где  $T$  – промежуток времени между сборами (в поколениях);  $n_0$  и  $n_T$  – объемы выборок в первую и вторую даты сбора материала; а  $F$  – стандартизированная дисперсия изменения частот морф, оцененная по формуле:

$$F = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k \left[ \frac{(x_i - y_i)^2}{\left( \frac{x_i + y_i}{2} - x_i \cdot y_i \right)} \right], \quad (2)$$

где  $k$  – число морф;  $x_i$  и  $y_i$  – оценка относительной частоты  $i$ -той морфы в первую и

вторую даты сбора материала.

Однако, поскольку для оценки эффективной численности популяции, рассчитанной по формуле (1) отсутствует аналитическая формула для ошибки, ошибку полученной оценки  $N_e$  и ее 95% доверительный интервал мы рассчитывали с помощью bootstrap-процедуры (было использовано 10 000 псевдореплик) [9].

### Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведены абсолютные частоты различных морф, зарегистрированных для исследованных субпопуляций моллюска *H. albescens* в конце прошлого столетия и в начале настоящего. Всего было отмечено присутствие семи морф в отношении характера опоясности раковины, тогда как всего нами на территории Крыма было зарегистрировано наличие 14 морф (С.С. Крамаренко, неопубликованные данные).

В пространственном отношении, фенетическая структура субпопуляций моллюска *H. albescens* носила уникальный характер в сборах 1992/93 г.г. (точный критерий Фишера:  $p = 0,0002$ ), тогда как в 2009 г. частоты различных морф достоверно не отличались в трех исследованных биотопах (точный критерий Фишера:  $p = 0,0593$ ).

Таблица 1

**Частота морф моллюска *H. albescens* в отношении характера опоясности раковины в различных биотопах и в разные годы сбора**

Морфа	1992/93 г.г.			2009 г.		
	лиственный лес	кустарник	хвойный лес	лиственный лес	кустарник	хвойный лес
12345	221	265	179	165	73	199
12045	35	18	23	25	16	17
1(23)45	15	31	26	20	12	23
10045	5	8	0	8	4	5
10005	1	7	1	0	0	0
12305	1	6	1	2	1	0
10345	2	2	2	2	5	8
Всего	<b>280</b>	<b>337</b>	<b>232</b>	<b>222</b>	<b>111</b>	<b>252</b>

При сравнении частот морф в различные даты сбора материала можно отметить, что для моллюсков *H. albescens* из лиственного леса фенетическая структура не изменилась за 16 лет, отделяющих даты сбора материала (точный критерий Фишера:  $p = 0,406$ ). Тогда как, в хвойном лесу и, особенно, в зарослях кустарника частоты различных морф существенно изменились за рассматриваемый промежуток времени (точный критерий Фишера:  $p = 0,0349$  и  $p = 0,0016$ , соответственно).

Наиболее существенные изменения в кустарниковых зарослях отмечены для морфы «12345», частота которой снизилась с 0,786 до 0,658, а с другой стороны, частота второй по численности морфы «12045», наоборот, повысилась за анализируемый промежуток времени почти в три раза – с 0,053 до 0,144 (табл. 1).

В целом, между выборками (обобщенными) 1992/93 г.г. и 2009 г. также имеет место достоверная разница (точный критерий Фишера:  $p = 0,0030$ ). Таким образом, мы можем наблюдать процессы микроэволюции, которые проявляются в существенном изменении частот морф в отношении опоясности раковины, на примере одной изолированной метапопуляции моллюска *H. albescens* из урбанизированного места обитания. Характерно, что эти процессы имеют разный характер (силу и направление) в субпопуляциях моллюска *H. albescens*, обитающих в различных биотопах.

Об этом свидетельствуют и результаты двухфакторного дисперсионного анализа изменчивости фенетической структуры метапопуляции моллюска *H. albescens* как в пространстве, так и во времени (табл. 2). Как видно, в целом достоверного изменения фенетической структуры не отмечается ни между отдельными датами сбора, ни среди

различных биотопов, заселенных метапопуляцией. Однако, тем не менее, отмечается достоверное влияние сочетания факторов «дата сбора» и «биотоп», свидетельствующее о том, что в различных субпопуляциях процессы изменения частот морф в отношении характера опоясанности раковины носят специфичный характер.

На рисунке 1 приведено расположение центроидов выборок в пространстве первых двух размерностей, отражающих фенетическую изменчивость *H. albescens* в пределах исследованной метапопуляции.

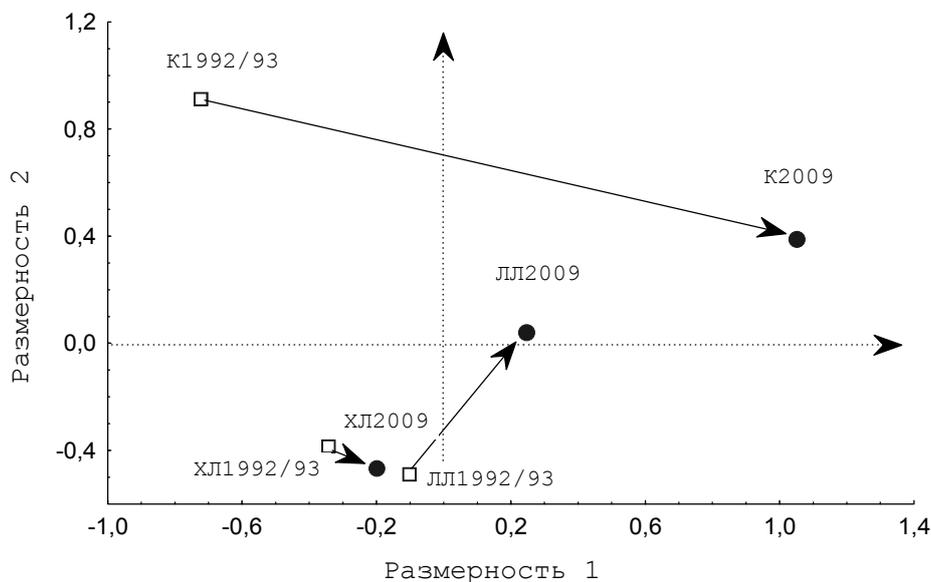


Рис. 1. Расположение центроидов субпопуляций моллюска *H. albescens* в пространстве первых двух размерностей в разные годы исследования (1992/93 г.г. и 2009 г.) и в различных биотопах (ЛЛ – лиственный лес; К – кустарник; ХЛ – хвойный лес)

Размерность 1 имеет достоверные значения коэффициентов ранговой корреляции Кендалла с частотой морф «12045» (с позитивным знаком) и «10005» (с отрицательным знаком), тогда как Размерность 2 имеет достоверное значение коэффициента ранговой корреляции с частотой морфы «12305» (с положительным знаком). Таким образом частота наиболее распространенной (фоновой) морфы «12345» не имеет особого значения в микрогеографической и хронологической изменчивости структуры полиморфизма в отношении характера опоясанности раковины моллюска *H. albescens*. Более значимую роль в пространственно-временной нестабильности метапопуляции играют менее распространенные морфы (прежде всего, морфа «12045») или даже, наоборот, наиболее редкие (морфы «10005» и «12305»).

Характерны направления и интенсивность изменений фенетической структуры за 16 лет, прошедших с момента первого сбора материала. Направление изменения фенетической структуры в зарослях кустарников и хвойном лесу коллинеарное, однако, интенсивность этих изменений практически на порядок выше в первом из рассматриваемых биотопов. С другой стороны, направление хронологических изменений фенетической структуры субпопуляции из лиственного леса практически перпендикулярно к таковому для двух других биотопов (рис. 1).

Это еще раз подтверждает, что процессы микроэволюции в метапопуляции моллюска *H. albescens* проходят по разному.

Кроме непосредственного сравнения паттернов фенетической структуры популяций, было бы интересно и полезно оценить уровень разнообразия в целом как для различных субпопуляций, так и для различных моментов сбора материала. В таблице 3 приведены оценки среднего числа морф и доли редких морф (по Л.А. Животовскому [13]).

Таблица 2

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа изменчивости фенетической структуры метапопуляции моллюска *H. albescens* в пространстве и во времени**

Источник изменчивости	<i>S</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Дата сбора ( <i>A</i> )	0.6278	1	0.6278	1.605	>0.050
Биотоп ( <i>B</i> )	1.5123	2	0.7561	0.784	>0.050
Совместное влияние ( <i>A</i> x <i>B</i> )	1.9294	2	0.9647	<b>2.466</b>	<0.018
Остаточная	558.5281	1428	0.3911		
Суммарная	562.5976	1433			

Как видно из полученных результатов, за 16 лет, прошедших между сбором материала, отмечается четкая тенденция к повышению интегрированной оценки фенетического разнообразия (среднего числа морф по Л.А. Животовскому) в метапопуляции моллюска *H. albescens* (во всех субпопуляциях параллельно; табл. 2). Однако, на этом фоне отмечается (также во всех субпопуляциях параллельно) снижение доли редких морф, что свидетельствует о том, что фенетическая структура метапопуляции моллюска *H. albescens* становится со временем более выровненной.

Таблица 3

**Оценки фенетического разнообразия (по Л.А. Животовскому) моллюска *H. albescens* в отношении характера опоясанности раковины в различных биотопах и в разные годы сбора**

Показатель	1992/93 г.г.			2009 г.		
	лиственный лес	кустарник	хвойный лес	лиственный лес	кустарник	хвойный лес
Среднее число морф	3.28 ±0.21	3.72 ± 0.19	3.07 ± 0.20	3.53 ±0.20	4.07 ± 0.27	3.13 ± 0.15
Доля редких морф	0.531 ± 0.030	0.468 ± 0.027	0.488 ± 0.033	0.412 ± 0.033	0.322 ± 0.044	0.374 ± 0.030

Более реальную оценку фенетического разнообразия отдельных субпопуляций моллюска *H. albescens* в различные годы исследования можно получить, как было отмечено выше, с помощью вероятностной процедуры разрежения. На рисунке 2 приведены кривые разрежения (rarefaction curves) зависимости числа зарегистрированных морф от объема выборок в различных субпопуляциях моллюска *H. albescens* в 1992/1993 гг. и в 2009 г. Оценка числа морф произведена в каждой выборке для 100 случайным образом выбранных особей, что позволяет не рассматривать явление зависимости числа зарегистрированных морф от объема выборки.

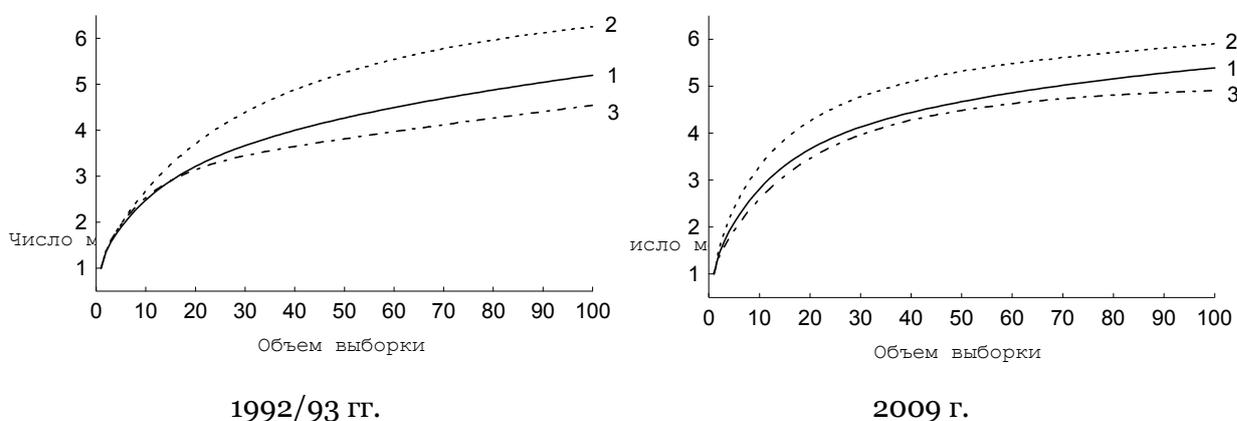


Рис. 2. Кривые разрежения (rarefaction curves) зависимости числа зарегистрированных морф от объема выборок в различных субпопуляциях моллюска *H. albescens* (1 – лиственный лес; 2 – кустарник; 3 – хвойный лес) в различные даты сбора материала

Как видно из особенностей нарастания значений фенетического разнообразия в различных субпопуляциях, в целом, уровень этого разнообразия сохраняется без изменения в 1992/93 г.г. и в 2009 г. Наибольшее число морф отмечается в зарослях кустарника (уже даже в выборке объемом в два десятка особей; рис. 2), далее следует лиственный лес и, наконец, хвойный лес. Характерно, что как для оценок фенетического разнообразия по Л.А. Животовскому, так и для оценок, полученных методом разрежения, отмечается некоторое сближение уровня фенетической изменчивости субпопуляций моллюска *H. albescens* в 2009 г. (рис. 2).

В таблице 4 приведены оценки эффективной численности для отдельных субпопуляций моллюска *H. albescens*, рассчитанные с использованием темпорального метода Нея-Таджимы. Поскольку морфы опоясанности раковины у наземных моллюсков наследуются по доминантному типу, величины, полученные нами по формуле (1) были удвоены.

Таблица 4

**Оценки эффективной численности субпопуляций ( $N_e$ ) моллюска *H. albescens* из различных биотопов, рассчитанные на основе темпорального метода Нея-Таджимы, особей**

Биотоп	Оценка $N_e$ на основе формулы (1)	bootstrap-оценки	
		$N_e$	95% CI
Лиственный лес	1246.1	3119.2 ± 1639.6	393.8 – ∞
Кустарник	146.8	157.4 ± 20.8	110.9 – 214.7
Хвойный лес	500.6	390.5 ± 59.6	273.0 – 576.8

В целом, анализируя оценки эффективной численности для отдельных субпопуляций моллюска *H. albescens*, населяющих различные биотопы, можно отметить, что полученные величины имеют порядок нескольких сотен особей. Наименьшая эффективная численность (157,4) отмечена для субпопуляции *H. albescens*, обитающей в зарослях кустарника.

Ранее нами для моллюска *H. albescens* была получена иная оценка для эффективной численности популяции:  $N_e = 17-39$  особей [14]. Однако, в этом случае нами был использован уровень географической изменчивости популяций *H. albescens*, расположенных в различных географических зонах Крымского полуострова. Условия обитания данного вида в некоторых регионах Крыма бывают более суровыми, чем в урбанизированных популяциях г. Симферополя, и плотность природных популяций всегда на порядок ниже [2]. Именно эта биологическая особенность вида могла и определить наличие такой существенной разницы (практически на порядок) в полученных оценках эффективной численности популяций *H. albescens*.

### Список литературы

1. Шилейко А.А. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. – Л.: Наука, 1978. – 384 с. (Фауна СССР. Моллюски. Т. 3, вып.6. Нов. сер., № 117)
2. Леонов С.В. Распространение, структура популяций и биология размножения крымских моллюсков рода *Helix* (Gastropoda, Pulmonata): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – К., 2005. – 18 с.
3. Попов В.Н., Крамаренко С.С. Микробиотическая приуроченность разных фенотипов в локальной популяции моллюсков *Helix albescens* из юго-восточной части г. Симферополя // В кн.: Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. Вып 9. – Киев, 1997. – С. 106-109.
4. Крамаренко С.С. Конхологическая изменчивость наземных моллюсков *Helix albescens* Rssm., 1839 (Helicidae) Крыма // В кн.: Заповедники Крыма. Биоразнообразие на приоритетных территориях: 5 лет после Гурзуфа. – Симферополь, 2002. – С. 140-143.
5. Cain A.J., Sheppard P.M. Selection in the polymorphic land snail *Cepaea nemoralis* // Heredity. – 1950. – Vol. 4. – P. 274-294.
6. Miller M.P. R x C: A program for the analysis of contingency tables. – North. Arizona University, 1997.



7. Крамаренко С.С. Дисперсионный анализ качественных признаков // Крымский малаколог. сайт, 2006. [http://www.malacology.narod.ru/download/kramarenko\\_2006\\_disp.html](http://www.malacology.narod.ru/download/kramarenko_2006_disp.html)
8. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. – М.: Физматгиз, 1963. – 628 с.
9. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 263 с.
10. Крамаренко С.С., Хохуткин И.М., Гребенников М.Е. Особенности фенетической структуры наземного моллюска *Seraea vindobonensis* (Pulmonata: Helicidae) в урбанизированных и природных популяциях // Экология. – 2007. – № 1. – С.42-48.
11. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Paleontologia Electronica. – 2001. – Vol. 4(1). – 9 pp.
12. Nei M., Tajima F. Genetic drift and estimation of effective population size // Genetics. – 1981. – Vol. 98. – P. 625-640.
13. Животовский Л.А. Популяционная биометрия. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
14. Крамаренко С.С. Генетико-географічна структура наземного моллюска *Helix albescens* (Gastropoda, Helicidae) Криму // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія Біологія. – 2009. – Вип. 29. – С. 54-59.

### **A SPATIAL-TEMPORAL VARIATION OF THE METAPOPOPULATION PHENETIC STRUCTURE OF THE LAND SNAIL *HELIX ALBESCENS* ROSSMÄSSLER, 1839 (GASTROPODA: PULMONATA: HELICIDAE)**

**S.S. Kramarenko,  
A.S. Kramarenko**

*Nickolaev State Agrarian  
University*

*Parizskoy komunny St., 9,  
Nickolaev, 54021, Ukraine*

*E-mail:*

*KSSNAIL@rambler.ru*

The article concerns with the results of the analysis of the spatial-temporal variation of the phenetical structure for shell-banding polymorphism of the land snail *Helix albescens* metapopulation. It's shown that in the subpopulations of the land snail *H. albescens*, inhabiting various biotopes, a power and a direction of the phenetical variability was significantly different. Thus, microevolution process in this metapopulation may passes by differentiated ways that in the continual populations without a strong structure. The values of the effective size of the different *H. albescens* subpopulations based on Nei-Tajima (1981) temporal method was calculated.

Key words: metapopulation, microevolution, morph, effective size of population, *H. albescens*, Crimea

## ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА И ТОЛСТОЛОБИКА В МАЛЕНЬКИХ ПРУДАХ

**Ю.Л. Волюнкин<sup>1</sup>,  
О.Б. Волюнкина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Белгородский  
государственный  
университет  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85  
E-mail: volynkin@bsu.edu.ru

<sup>2</sup> ООО «Ихтиобиофарм».  
Россия, 308036, г. Белгород,  
Магистральный пер., 6

Рассмотрены технологические приемы подготовки и зарыбления прудов личинками и особенности транспортировки личинок рыб. Отмечается важность совмещения сроков вселения в пруд карпа и растительноядных рыб. Приводятся данные по химическому составу воды, развитию фитопланктона и зоопланктона, по тему роста и результатам выращивания сеголетков за несколько лет, подчеркивается важность этих мониторинговых наблюдений для эффективного применения средств интенсификации рыбоводного процесса и создания комфортных условий обитания для рыб.

Ключевые слова: карп, толстолобик, сеголетки, фитопланктон, зоопланктон, удобрение, кормление, рост, ихтиофтириоз.

### Введение

Рыбоводный процесс сложен и находится в зависимости от множества абиотических и биотических факторов среды. Технология выращивания рыбы для каждого отдельного пруда может отличаться, ее становление происходит в течение нескольких лет, при этом положительные элементы необходимо закреплять и не изменять в дальнейшем. Существует, как правило, несколько вариантов решения отдельного технологического вопроса: некоторые из них совершенно неприемлемы, хотя результат в момент принятия решения может быть не виден, другие дают удовлетворительный результат, и только один, или два из них, могут быть наилучшими. Искусство рыбовода – выбрать именно один из них.

Выращивание качественного рыбопосадочного материала (30 г) достигается при конечной плотности посадки максимум 30 тыс. шт. карпа, 30 тыс. шт. толстолобика, и не более 10 тыс. шт. белого амура на 1 га [1]. В последние годы появился спрос на крупных годовиков, массой 60–100 г, которые могут достигать к осени второго года выращивания массы 1 кг и более. Для гарантированного достижения такой массы сеголетков выростные пруды следует зарыблять подрощенной до 2 г молодь из расчета рыбопродуктивности (по карпу) до 0.8–1 т/га и осеннего выхода около 80% в штучном выражении (от 12.5 до 20.1 тыс. шт. на 1 га). Тем не менее, отдельные моменты в технологии выращивания сеголетков в прудах небольших по площади зарыбленных трехдневными личинками, освещенные ниже, могут быть полезными для начинающих рыбоводов.

### Материал и методика

АОЗТ «Родина» Ивнянского района Белгородской области занимается выращиванием товарной рыбы в пруду «Самаринский» площадью 76 га. Для обеспечения хозяйства собственным рыбопосадочным материалом в 1996 году реконструировали дикий пруд «Степь Нижний» площадью 3 га со средней глубиной 1.7 м. В 1997 году выше по балке были построены еще два пруда, пруд «Средний» – мелководный, частично заросший молодой порослью ивы, площадью 2 га и пруд «Верхний», со средней глубиной 1.2 м, площадью 3.5 га.

Пруды наполняются паводковыми водами, поэтому посторонних рыб в них нет. Артезианская скважина с высоко минерализованной водой, расположенная у верхнего пруда, служит для подпитки прудов летом и обеспечения проточности при проведении зимовки сеголетков в «Нижнем» пруду.

Подготовка маленьких прудов включает заполнение водой до максимального уровня к началу мая, внесение свежего навоза кучками высотой около 50 см вдоль бе-



рега с промежутками 8–10 м на глубину 30 см.

В местах внесения навоза через 7–10 дней развиваются организмы зоопланктона, доступные по размерам для личинок в первый период после зарыбления. Этот способ подготовки прудов позволяет достигать, в среднем, 30% осеннего выхода сеголетков в штучном выражении. При хороших погодных условиях (температура воды более 20°C, отсутствие ветра в период зарыбления) осенний выход может повышаться до 50 и более процентов.

При работе с прудами малой площади особое значение приобретает момент зарыбления. А именно, нельзя допускать перезарыбления прудов личинками. Для того, чтобы быть уверенным в количестве вселенных в пруд личинок, необходимо при зарыблении сосчитать их в одном – двух пакетах (личинок из пакета перемещают с помощью мельничного сита № 20К в ведро, доводят объем воды с личинками до 10 л, хорошо перемешивают, отбирают личинок в стаканчик объемом 100 мл и просчитывают).

Личинок карпа и растительноядных рыб можно транспортировать в пакетах после «выхода на плав», визуальным признаком которого является формирование у них первой камеры плавательного пузыря. Личинки карпа сохраняют высокую жизнестойкость от этого момента течение не более 20 часов, в этот срок они должны быть вселены в пруд. Если же личинки не получают к этому времени полноценной естественной пищи, а находятся в пакетах или в инкубационном цехе, то у них происходят необратимые изменения кишечного тракта и большинство из них, будучи выпущенными в пруд живыми, тем не менее погибают. Это имеет значение для планирования времени загрузки пакетов и транспортировки личинок в пруды. Для длительной транспортировки целесообразно использовать ночное время.

Другим важным обстоятельством успеха выращивания сеголетков является совмещение сроков вселения в пруд личинок карпа и растительноядных рыб. Разрыв во времени зарыбления карпом и растительноядными рыбами не должен превышать трех суток, в противном случае ухудшается выход в штучном выражении по толстолобику. Личинки карпа растут очень быстро и переходят на питание толстолобиком, поэтому вселять личинок толстолобика через 10–14 дней после карпа [2] недопустимо.

В период выращивания проводили ежедекадные наблюдения за химическим составом воды, развитием фито- и зоопланктона, а также контролировали линейный, и весовой рост, упитанность по Фультону составляющую в норме 3.00–3.30 и ожирение внутренностей по пятибалльной шкале, норма которого лежит в пределах 1.0–2.0 [3].

### Результаты и обсуждение

Зарыбление производили трехдневными личинками карпа и толстолобика (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты выращивания сеголетков в прудах «Степь»  
Ивнянского района Белгородской области**

Виды рыб	Зарыбление, млн. шт.	Вылов, тыс. шт.	Общий вес, т	Масса, г	Кормовые затраты, кг/кг	Плотность, тыс. шт. на 1 га	Рыбопродуктивность, т на 1 га
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1996 г. (3 га)</b>							
Карп	1.0	325.3	1.3	3.9	7.85	108	0.42
Толстолобик	1.0	351.4	3.0	8.4		117	0.98
<b>1997 г. (3 га)</b>							
Карп	1.0	0					
Толстолобик	1.0	70	2.1	30		14	0.70

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1998 г. (8.5 га)</b>							
Карп	1.0	160	4.0	25	4.58	19	1.33
Толстолобик	1.0	150	3.0	20		18	1.00
<b>1999 г. (8.5 га)</b>							
Карп	1.0	120	3.0	25	нет дан- ных	14	1.00
Толстолобик	1.0	120	3.0	25		14	1.00
<b>2000 г. (8.5 га)</b>							
Карп	1.0	205.3	3.9	19	4.27	24	1.30
Толстолобик	2.0	0					

В 1996 году при аномально высокой плотности зарыбления гидрохимический режим «Нижнего» пруда отличается стабильной величиной  $pH$ , низкой концентрацией углекислоты, и сравнительно высоким содержанием гидрокарбонатов (табл. 2). Концентрация аммонийного азота была умеренно высокой, с максимумом – 1.48 мг/л в середине августа. Перманганатная окисляемость и содержание фосфатов в июле и в августе постепенно возрастали с 9.5 до 25.7 мг/л, и с 0.17 до 1.26 мг/л, соответственно, это объясняется высокими биомассой рыб и количеством их экзометаболитов в пруду, а также интенсивным развитием и разложением фитопланктона.

Таблица 2

Средние сезонные показатели химического состава воды прудов «Степь»

Показатели	Пруды: «Верхний» - В; «Средний» - С; «Нижний» - Н									
	Н	В	С	Н	В	С	Н	В	С	Н
Год	1996	1997			1998			2000		
Температура, °С	21.7				23.6	23.2	23.3	22.1	22.4	22.6
Прозрачность, см	18.3				25.0	22.0	23.1	27.5	28.8	28.5
$pH$	7.12	6.99	7.00	7.03	7.63	7.73	7.68	7.68	7.71	7.71
Растворенная углекислота, мг/л	8.6	16.7	15.3	11.9	8.0	6.5	8.2	20.5	19.3	19.7
Гидрокарбонаты, мг/л	378.7	354.1	335.8	334.7	535.0	560.7	562.4	294.5	287.8	304.5
Кальций, мг/л								51.2	51.0	56.6
Аммонийный азот, мг/л	0.96	1.21	1.28	1.33	2.13	2.35	2.24	0.66	0.65	0.65
Нитриты, мг/л		0.097	0.097	0.095	0.198	0.135	0.182	0.028	0.026	0.024
Фосфаты, мг/л	0.194	0.181	0.181	0.184	0.538	0.628	0.488	0.308	0.336	0.370
Перманганатная окисляемость, мг $O_2$ /л	16.9									

Начиная с середины июля по конец августа, рыбы в пруду испытывали дефицит кислорода с 6 до 10 часов. При этом сеголетки «заглатывали воздух» по всей поверхности пруда. В первой декаде августа предзаморные явления наблюдали круглосуточно. В эти дни рыбу не кормили, в остальные дни – сместили время кормления с утренних часов на послеобеденное время. Одновременно интенсивно вносили порошкообразный мел. В августе в пруд внесли 700 кг мела порциями по 100 кг.

С июля по сентябрь в пруду наблюдали умеренное цветение микроскопических сине-зеленых водорослей, которые составили основу питания толстолобика. Высокое содержание зоопланктона за счет циклопов и коловраток констатировали в мае 3.7 г/м<sup>3</sup> и в начале июня – 4.9 г/м<sup>3</sup> (табл. 3). С увеличением биомассы сеголетков, с конца июня, содержание зоопланктона понизилось до 0 г/м<sup>3</sup>.

Таблица 3.

**Среднее сезонное содержание организмов зоопланктона в прудах «Степь»**

Организмы	Пруды: «Верхний» - В; «Средний» - С; «Нижний» - Н									
	Н	В	С	Н	В	С	Н	В	С	Н
Год	1996	1997			1998			2000		
Cyclops	<b>0.821</b>	0.569	0.639	0.579	0.000	0.018	0.000	<b>1.127</b>	<b>1.353</b>	<b>0.631</b>
Diaptomus	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nauplii	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bosmina	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.007	0.004	0.005
Daphnia	0.000	5.356	6.427	5.509	0.000	0.043	0.000	<b>1.145</b>	<b>0.327</b>	<b>0.393</b>
Diapanosoma	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Simocephalus	0.000	0.042	0.051	0.044	0.000	0.000	0.000	0.015	0.018	0.022
Ceriodaphnia	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Moina	<b>0.360</b>	0.383	0.460	0.394	0.000	<b>0.199</b>	0.000	<b>0.232</b>	<b>0.198</b>	<b>0.238</b>
Brachyonus	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.028	0.034	0.037
Asplanchna	0.044	0.007	0.008	0.007	0.000	0.000	0.000	<b>0.122</b>	<b>0.147</b>	<b>0.162</b>
Keratella	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Brachyonus diversicornis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	<b>0.129</b>	<b>0.155</b>	<b>0.186</b>
Сумма, г/м <sup>3</sup>	<b>1.23</b>	6.36	7.59	6.53	0.00	0.28	0.00	<b>2.34</b>	<b>2.14</b>	<b>1.56</b>

Кормление сеголетков осуществляли со второй декады июня по 180–440 кг в сутки однократно. В качестве корма использовали пшеничные отруби, дробленую пшеницу и ячмень. Контроль над поедаемостью кормов проводили ежедневно, поднимая со дна контрольные кормушки (низкобортные ящики размером 40x40 см). Кормовые затраты составили 7.8 кг/кг прироста карпа.

Длина карпа к началу июля достигла 2.9 см, масса 1.0 г, упитанность по Фультону составила 4.15. К 14 августа длина карпа увеличилась до 6.0 см, масса – до 9.0 г, упитанность составила 4.16, это указывает на замедленный линейный рост рыб, связанный с неблагоприятным газовым режимом, а также с недостатком естественной пищи и, может быть, с избыточным искусственным кормлением.

Низкая масса рыбопосадочного материала, выращенного в 1996 году, объясняется перезарыблением пруда, плохим усвоением на рост искусственных кормов, так как при высокой плотности сеголетков в пруду экзометаболиты рыб оказывают угнетающее действие на рыб [4].

В 1997 году при вселении карпа (29 мая) и в последующие дни температура воды понизилась до 17°C, был сильный ветер, наблюдалась повышенная мутность воды, зоопланктон отошел от берега. В результате большая часть личинок карпа погибла. В «Верхнем» пруду, который эксплуатировался первый год, погибла вся личинка. В «Среднем» и в «Нижнем» прудах частично выжили личинки толстолобика и небольшое количество карпа. Повторить зарыбление в более поздние сроки не удалось.

Химический состав воды не изменился в сравнении с данными 1996 года, за исключением повышения концентрации аммонийного азота. В связи с этим удобрения применяли только один раз: в июле в каждый пруд внесли по три тонны навозной жижи. Мел не использовали. Заморных явлений в августе не было.

Во всех прудах с середины сезона выращивания в умеренном количестве присутствовали микроскопические сине-зеленые водоросли. В «Верхнем» и «Среднем» прудах, которые эксплуатировались впервые, зоопланктон развился только к концу июня, тогда как в нижнем пруду уже в начале июня концентрация зоопланктона была значительной.

Наибольшее содержание зоопланктона отмечено в «Верхнем» пруду в связи с отсутствием в нем рыбы. К концу июня оно достигло 12.2 г/м<sup>3</sup>, к середине июля снизилось до 1.7 г/м<sup>3</sup>, и вновь возросло до 5.5 г/м<sup>3</sup> к концу месяца за счет мощных популяций дафний и, в меньшей степени, циклопов. В «Среднем» пруду до середины июня

содержание зоопланктона было низким –  $0.11 \text{ г/м}^3$ , к концу июня оно увеличилось до  $18.8 \text{ г/м}^3$  за счет крупных дафний, по-видимому, недоступных по размерам для молоди. К середине июля содержание зоопланктона понизилось до  $0-0.3 \text{ г/м}^3$ , за счет его выедания рыбами. В «Нижнем» пруду в июне концентрация зоопланктона составила  $9.5-4.1 \text{ г/м}^3$  с преобладанием крупных мoin, а также циклопов, затем произошло снижение концентрации зоопланктона, в конце августа зоопланктон в пруду отсутствовал. Заморных явлений в августе не было.

Выживаемость личинки в «Среднем» пруду, возможно, была связана с его высокой зарастаемостью, то есть с наличием укрытий для рыб при неблагоприятных условиях зарыбления. В июле в «Среднем» пруду пойман толстолобик размером  $6.6 \text{ см}$ , массой  $10.0 \text{ г}$ . Последующие контрольные обловы не дали результатов. Регулярное кормление сеголетков не проводили, так как при суточной дозе порядка  $200 \text{ кг}$  корма, заданного в «Средний» и «Нижний» пруд, корм с контрольных кормушек не поедался. Вылов толстолобика из «Среднего» и «Нижнего» прудов составил  $2.1 \text{ тонны}$  массой  $30 \text{ г}$ .

В 1998 году химический состав воды отличается повышенным содержанием гидрокарбонатов максимальной концентрацией аммонийного азота, а также фосфатов – в связи с интенсивным удобрением, проводимым в соответствии с результатами анализов воды. В середине мая в пруды «Верхний», «Средний» и «Нижний» внесли  $8, 7$  и  $7 \text{ тонн}$  навоза. В июле в каждый пруд внесли по три тонны навозной жижи и по  $80 \text{ кг}$  КАС-24 (комплексная аммиачная смесь с содержанием азота  $24\%$ ). В третьей декаде августа в пруды «Верхний» и «Средний» внесли по  $100 \text{ кг}$  КАС-24, пруд «Нижний» не удобряли, заморных явлений в текущем году не наблюдали.

Массовое развитие микроскопических водорослей отмечено только в «Верхнем» и «Среднем» прудах с середины августа, в «Нижнем» пруду фитопланктон не развился. Несмотря на интенсивное удобрение и высокое содержание аммонийного азота и фосфатов зоопланктон в «Верхнем» и «Нижнем» прудах полностью отсутствовал. Среднее сезонное содержание зоопланктона в «Среднем» пруду составило  $0.28 \text{ г/м}^3$ . Тем не менее, биогенные элементы в «Нижнем» пруду усваивались, очевидно, микроорганизмами прудового сообщества.

Масса сеголетков, выращенных в «Верхнем» и «Среднем» прудах превысила  $20 \text{ г}$ . Наихудшие результаты по выращиванию сеголетков ( $6.6 \text{ г}$ ) получены в «Нижнем» пруду. Это связано с перезарыблением, которое возникло в результате хорошей выживаемости молоди. При этом средне сезонный показатель упитанности карпа был высоким –  $5.02$ , что свидетельствовало о замедленном линейном росте. В июле в «Нижнем» пруду из состава карпа выделилась группировка крупных рыб, которые к осени достигли массы  $12.5 \text{ г}$ , но их доля в общей массе карпа была незначительной. Кормление карпа осуществляли пшеничными отрубями –  $6.9 \%$ , а также дробленным зерном ржи –  $88.5 \%$  и ячменя –  $4.2 \%$ . Кормовые затраты составили  $4.6 \text{ кг/кг}$  прироста карпа. В основе питания толстолобика преобладала донная пища. Отсутствие фитопланктона, очевидно, замедлило рост толстолобика. Осенний вылов составил  $4 \text{ тонны}$  карпа, средней массой  $25 \text{ г}$  и  $3 \text{ тонны}$  толстолобика, массой  $20 \text{ г}$ .

В 1999 году рыбоводы колхоза работали самостоятельно, нами было проведено только одно обследование прудов «Степь» – в начале июля.

Содержание аммонийного азота во всех прудах было низким, –  $0.51-0.77 \text{ мг/л}$  при норме  $1.0, \text{ до } 2.0 \text{ мг/л}$  [5], концентрация фосфатов – на среднем уровне –  $0.13-0.33 \text{ мг/л}$ . Наибольшие концентрации биогенных элементов относились к «Нижнему» пруду. Результаты анализов воды свидетельствуют, что пруды нуждаются в азотных удобрениях.

Фитопланктон «Верхнего» и «Среднего» прудов представлен умеренным количеством микроскопических сине-зеленых водорослей. В «Нижнем» пруду встречались только зеленые водоросли рода Вольвокс – индикаторы олигосапробной зоны [6]. Концентрация зоопланктона в «Верхнем» пруду составила  $3.5 \text{ г/м}^3$  за счет коловраток рода *Asplanchna*, в «Среднем» –  $1.5 \text{ г/м}^3$  за счет циклопов, в «Нижнем» – всего



0.6 г/м<sup>3</sup>. Данные химических и гидробиологических анализов позволяют заключить, что минимальное количество рыбы находится в верхнем, а наибольшее – в нижнем пруду.

Показатели роста сеголетков карпа к началу июля в верхнем, среднем и нижнем прудах составили: длина – 7.6, 4.4 и 4.7 см; масса – 26.9, 4.8 и 6.8 г; упитанность 6.05, 5.63 и 6.65, соответственно. Среднее ожирение внутренностей у карпа из верхнего пруда достигло 1.3, из нижнего пруда – 0 баллов. В кишечниках карпов – преимущественно детрит. Аномально высокие значения коэффициента упитанности при низком уровне кормления объясняются остановкой линейного роста. Рекомендовано увеличить суточную дозу кормления в прудах до 150, затем до 200 и 250 кг пшеничных отрубей в сутки под контролем поедаемости. Вылов осенью составил 3 тонны карпа и 3 тонны толстолобика. В улове преобладали сеголетки средней массой по 25 г.

В 2000 году зарыбление личинками карпа проводили в конце мая, а личинками толстолобика – в середине июня. Получился разрыв в сроках зарыбления около двух недель. В конце июня в «Среднем» пруду обнаружен карп размерами около 3 см и много мелкой личинки толстолобика. В нижнем пруду пойман карп размером 1.8 см и личинки толстолобика, но в меньшем количестве, чем в среднем. При осеннем облове толстолобика не обнаружили, поскольку он был съеден карпом.

Химический состав воды отличается низким содержанием аммонийного азота. Интенсивное удобрение прудов не проводили в связи с определенными затруднениями технического плана. Концентрация фосфатов изменялась от 0.11 и до 0.55 мг/л, с тенденцией увеличения к концу сезона.

Начиная с июня, и по конец сезона в прудах наблюдали умеренное цветение микроскопических водорослей. При отсутствии в прудах толстолобика содержание зоопланктона было высоким и снизилось только к середине августа. Средняя масса карпа в «Верхнем» пруду к концу июля достигла 6.6, к началу августа – 15.8, к середине месяца – 17.2 г, упитанность – 3.31, 3.81, и 3.83, соответственно. Ожирение внутренностей в августе составило 0.5–0.6 балла. Задержка в росте в августе была связана с напряженным кислородным режимом. В «Среднем» пруду уровень воды весь сезон был низким, что отрицательно сказывается на росте сеголетков карпа. К концу августа длина карпа достигла 6.9 см, масса 10.6 г, упитанность составила 3.26, ожирение – 0.6 балла. Низкий темп роста объясняется недостаточным кормлением и дефицитом кислорода в августе. В текущем году «Нижний» пруд поздно закрыли, и уровень воды был на 1.5 м ниже, чем обычно. При малой глубине и объеме пруда в начале сезона на гидрохимический состав (снижение рН, уголекислоты, кальция, гидрокарбонатов, аммонийного азота, увеличение фосфатов) оказывают влияние деструктивные процессы, происходящие в илистом грунте. При таком химическом составе воды ни фитопланктон, ни зоопланктон не развивались, за исключением вольвоксов. К августу, с накоплением органических веществ выделений рыбы без применения удобрения прудов нормализовалось рН, возросло содержание уголекислоты, началось массовое развитие сине-зеленых водорослей, произошло увеличение концентрации зоопланктона с 0.25 до 1.4 г/м<sup>3</sup> в начале августа, за счет циклопов, диаптомусов, моин и коловраток, и до 1.9 г/м<sup>3</sup> к середине августа – за счет моин, брахионусов, циклопов и остальных перечисленных организмов. С начала августа содержание кислорода в «Нижнем» пруду понизилось, условия обитания рыбы ухудшились. При всех неблагоприятных изменениях среды обитания рыб в «Нижнем» пруду, описанных выше, к середине августа длина карпа увеличилась до 7.9 см, масса до 15.0 г, упитанность составила 3.00, ожирение внутренностей – 0.6 балла. Кроме этих рыб в пруду обитала немногочисленная группа лидеров, крупных карпов, достигших к середине августа длины 10.8 см, массы 38.8 г при коэффициенте упитанности 3.79 и ожирении внутренностей 1.2 баллов. Эти рыбы питаются первыми до насыщения вследствие «Эффекта доминантности» в питании [7]. В августе у всех карпов из «Нижнего» пруда обнаружили инвазию ихтиофтириоза средней степени тяжести, а у части рыб – признаки скрытой стадии развития аэромоноза. После проведения лечебной обработки пруда хлорной известью в дозе 1 г/м<sup>3</sup>, признаки заболеваний исчезли, а гибели рыб не было.

В составе кормов для карпа преобладало дробленое зерно пшеницы. С июля по сентябрь в пруд внесли 16.7 тонн кормов. Кормовые затраты по карпу составили 4.3 кг/кг прироста. В результате осеннего облова получили продукцию карпа в количестве 3.9 тонн, большая часть которого достигла массы 19 г. Толстолобики отсутствовали.

### Выводы

1. При выращивании сеголетков в маленьких прудах следует соблюдать правила их подготовки к зарыблению, транспортировки и принцип одновременного вселения карпа и толстолобика в количестве по 20 тыс. шт. на 1 га площади пруда.
2. Регулярные наблюдения над химическим составом воды и развитием фито- и зоопланктона и показателями роста (длина, масса, упитанность, ожирение внутренностей) позволяют проводить оперативную корректировку суточной дозы корма, удобрения прудов (навозной жижей, азотными, фосфорными и кальциевыми минеральными удобрениями), лечебных мероприятий, а также судить о количестве рыбы в прудах.
3. В отсутствии толстолобика обильное развитие зоопланктона достигается при пониженном уровне азота и фосфатов в воде, а карпы сеголетки хорошо используют на рост искусственные корма: дробленую пшеницу, рожь, ячмень и отруби пшеницы.

### Список литературы

1. Герасимова Т.Д., Волкова С.И. Эколого-физиологические основы адаптации карпа (*Cyprinus carpio* L.) при высоком уровне интенсификации // Биологические основы рыбоводства: Актуальные проблемы экологической физиологии и биохимии рыб. – М.: Наука, 1985. – С. 167-178.
2. Ефимова Е.Н., Чертихин В.Г. Биотехника производства рыбопосадочного материала в прудах // Сборник трудов ВНИИ прудового рыбного хозяйства. – 1982. – № 35. – С. 117-143.
3. Волынкин Ю.Л. Система лабораторного контроля за выращиванием рыбы // Международная научно-техническая конференция посвященная 70-летию основания Калининградского государственного технического университета: Материалы, ч.1. – Калининград, 2000. – С. 124-125.
4. Волкова С.И. Некоторые морфофизиологические показатели крови сеголетков карпа в прудах с различным уровнем интенсификации // Интенсификация прудового рыбоводства: Сборник научных трудов ТСХА. – М. – 1982. – С. 53-56.
5. Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству. – М.: Агропромиздат, 1986. – Т.2. – 317 с.
6. Яшнов В.А. Практикум по гидробиологии. – М.: Высшая школа, 1969. – 427 с.
7. Волынкин Ю.Л., Стракатов П.А., Палладий А.Л., Васильев С.П., Козлов А.Г. О кормах и способах кормления товарного карпа // Рыбное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 90-93.

### FEATURES OF CULTIVATION ONE JEARLING CARP AND THE SILVER CARP IN LITTLE PONDS

**J.L. Volynkin**<sup>1</sup>,  
**O.B. Volynkina**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia

E-mail: volynkin@bsu.edu.ru

<sup>2</sup> Open Company  
«Ictiobiopharm»

Magistralnyi line, 6,  
Belgorod, 308036, Russia

The article deals with the processing methods of preparation of the ponds and their installation by larvae of fish and features of transportation of larvae. The importance of terms combination of installation in a pond of carp and silver carp fishesis marked. Data on a chemical compound of water, hydrobiology and results of cultivation one jearling a carp are cited some years, importance of these monitoring supervision for application of means of an intensification of fish-breeding process and creation of comfortable conditions of dwelling for fishes is underlined.

Keywords: carp, silver carp, one earling, phytoplankton, zooplankton, fertilizer, feeding, growth, ichthyophthyriosis.

## БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗАЙЦА-РУСАКА В ЛЕСАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

**А.В. Михеев**

*НИИ биологии  
Днепропетровского  
национального  
университета  
им. О. Гончара*

*Украина, 49010,  
г. Днепропетровск,  
пр. Гагарина, 72.*

*E-mail: zestforest@ua.fm*

Статья посвящена характеристике совокупностей следов жизнедеятельности зайца-русака (рассматриваемых в качестве информационного поля видового уровня) в различных типах лесных биогеоценозов степной зоны Украины. В этих условиях данный вид способен осваивать весь спектр естественных и искусственных лесных насаждений. По совокупности статистических показателей (сигнальная нагрузка информационного поля, относительная приуроченность следов жизнедеятельности, анализ соответствия градаций фактора и явления) к основным лесным биотопам зайца-русака на исследованной территории можно отнести лесополосы, орешники, дубравные насаждения различной ландшафтной приуроченности, а также комплекс аренных биогеоценозов. С ними связано осуществление различных форм жизнедеятельности зайца, что способствует формированию характерной биогеоценотической структуры его информационного поля. Установленные показатели ее разнообразия составляют  $H = 3,91$  и  $U = 0,94$  (в снежный период года - 3,66 и 0,96 соответственно).

Ключевые слова: следы жизнедеятельности, информационные процессы, поведенческая экология, млекопитающие, надорганизменные системы, лесной биогеоценоз.

Принятые сокращения: БГЦ – биогеоценоз; ИП – информационное поле.

### Введение

Выделение в рамках среды, окружающей живой организм, спектра сигналов различной природы соответствует информационному подходу к исследованию экологических взаимосвязей [1, 2]. Восприятие этих сигналов играет особенно важную роль для млекопитающих, которые характеризуются высоким уровнем развития нервной системы. Информация о состоянии среды обитания вызывает у животных адекватные поведенческие реакции, непосредственно затрагивающие важнейшие аспекты жизнедеятельности. Одним из результатов такого информационного процесса является формирование в местообитаниях структурированных совокупностей разнообразных следов жизнедеятельности, получивших название информационных (сигнальных) полей [3-9]. Отдельные элементы такого рода полей способны выполнять информационно-коммуникативные функции на уровне особей, популяций и сообществ. Понимание информации не как самостоятельной сущности, а в диалектической общности с одним из важнейших атрибутов материи – отражением [10, 11] дает основание рассматривать формирование и функционирование информационных полей (ИП) в качестве одного из механизмов передачи информации в надорганизменных системах [5, 7, 9, 12, 13].

К сожалению, практическая изученность этих явлений и процессов по своему объему значительно отстает от теоретических построений. Пока еще слабо раскрыты не только функциональные, но и структурные свойства информационных полей, характеризующие качественный спектр и количество отдельных сигнальных элементов (следов жизнедеятельности), особенности их пространственного размещения и биотопической приуроченности. Между тем выявление закономерностей информационных процессов в системе «живой организм <—> среда обитания» является необходимым условием для разработки природоохранных мер, способствующих поддержанию устойчивых экологических взаимоотношений животных с элементами биогеоценоза (БГЦ). Эта задача становится особенно актуальной с учетом возрастания темпов и объемов антропогенной трансформации экологических систем в условиях различных природных зон. В этой связи необходимо указать, что в экстразональных степных ле-

сах юго-востока Украины указанные аспекты поведенческой экологии млекопитающих до сих пор слабо изучены не только для редких, но и для таких фоновых видов, как заяц-русак (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). С учетом вышеизложенного, целью настоящей работы являлась характеристика структурных параметров ИП этого представителя териофауны в различных типах лесных БГЦ степной зоны Украины.

### Объекты и методы исследования

Процесс сбора полевого материала базировался на ранее разработанных методических подходах систематизации следов жизнедеятельности как элементов ИП млекопитающих [4, 5]. Параметры информационного поля изучаемого вида определяли в ходе учетов (с подсчетом количества пройденных шагов) на маршрутах общей протяженностью 2380 км на базе Присамарского биогеоценологического стационара Комплексной экспедиции ДНУ (Днепропетровская обл., Украина) в 2000-2008 гг. При этом учитывали тип биогеоценоза, структурные особенности местообитаний, характер и количество следов жизнедеятельности зайца-русака. Последний параметр, в зависимости от степени дискретности объектов учета, определяли либо прямым подсчетом (погрызы коры на ветвях и стволах деревьев, лежки, кучки помета и прочее), либо как количество шагов, содержащих в себе данный сигнал (отдельные следовые дорожки, натоптанные тропы).

При проведении исследований в естественных и искусственных лесных БГЦ нами были дифференцированы различные их типы, отличающиеся по условиям произрастания и биогеоценологическим параметрам, характеризующим соответствующие условия обитания млекопитающих [14, 15]. В частности, были рассмотрены: 1) байрачные /плакорные лесные БГЦ: байрачные дубравы (Дб), искусственные дубовые насаждения на плакоре (Дпл), искусственные насаждения ясеня (Яс), искусственные насаждения акации белой (либо гледичии) (А), пристенные дубравы (Дпр); 2) пойменные лесные БГЦ: пойменные дубравы (Дп), искусственные насаждения лещины (Л), ольшаники (О); 3) аренные лесные БГЦ: судубравы (СД), субори (СБ), естественные сосновые боры (С), молодые (до 15-20 лет) (мС), средневозрастные (25-40 лет) (срС) и зрелые (> 40 лет) искусственные сосновые насаждения (иС), аренные дубравы (Да), березово-осиновые колки (К), осинники (ОС), участки соснового редколесья (рС). Данная последовательность лесных БГЦ соответствует экологическим профилям, принятым за основу в организации биогеоценологических исследований Комплексной экспедиции Днепропетровского университета (например – Генеральный профиль № 2 КЭДУ).

Статистическая обработка данных включала, прежде всего, расчет показателя сигнальной нагрузки ИП – количества сигналов (следов жизнедеятельности) на единицу длины маршрута (сигн./км). Особенности распределения элементов ИП в различных типах БГЦ оценивали с помощью показателя относительной биотопической приуроченности  $F_{l/T}$  индексов разнообразия ( $H$ ,  $U$ ) [16] а также в рамках анализа соответствий (Correspondence Analysis) в пакете прикладных программ Statistica 6.0 фирмы StatSoft, Inc.

### Результаты и их обсуждение

Следовая активность этого широко распространенного и экологически пластичного вида млекопитающих реализуется во всех рассмотренных типах степных лесов. Она практически в равной степени выражена в плакорных (40.1% элементов ИП) и аренных (48.4%) местообитаниях (в пойменных 11.5%) (табл.), что соответствует экологической характеристике вида в условиях степной зоны [17]. (Здесь же заметим, что для каждого типа БГЦ на отдельных маршрутах были зарегистрированы нулевые значения сигнальной нагрузки ИП, поэтому включение в таблицу столбца «lim<sub>min</sub>», который бы для каждого БГЦ содержал «0», было излишним).

Таблица  
**Количественная характеристика  
 информационного поля зайца-русака  
 в различных типах лесных биогеоэцотозов  
 степной зоны Украины**

Тип БГЦ	Доля элементов ИП, %	Сигнальная нагрузка ИИ, сигн./км	
		$M \pm m$	$Lim_{max}$
Дб	4.3	9.6±2.0	63.2
Дпл	9.1	20.3±4.9	160.2
Яс	16.1	36.1±4.3	162.3
А	5.9	13.2±3.0	120.1
Дпр	4.8	10.7±2.2	63.3
Дп	5	11.3±3.3	979.0
Л	5.5	12.4±3.0	442.2
О	0.9	2.0±0.9	67.5
СД	3.7	8.3±2.0	835.7
СБ	2.5	5.5±1.8	504.0
С	5.8	12.9±3.7	1108.3
мС	6.3	14.2±4.6	213.0
срС	12.3	27.5±10.2	928.3
иС	3.6	8.1±2.6	1120.8
Да	2.1	4.8±1.3	102.3
К	4.1	9.1±3.2	626.4
ОС	4.9	11.0±4.3	1226.0
рС	3.1	6.9±2.3	345.3

Достижимые максимумы сигнальной нагрузки ИП зайца соответствуют уровню 1120-1226 сигн./км (прежде всего – в аренных стациях). Однако в среднем сигнальная нагрузка ИП оказывается наибольшей в лесополосах (Яс) и средневозрастных сосновых насаждениях на арене (при уровне варьирования  $Cv = 88.3-408.8$  и без статистически значимых различий).

Дополнительной количественной иллюстрацией отмеченных особенностей является показатель  $F_y$ , оценивающий относительную степень предпочтения (избегания) отдельных биотопов (в данном случае – типов леса) в рамках их общей совокупности. Расчеты показывают, что в аспекте размещения сигнальных элементов ИП русака для указанных двух типов лесных БГЦ (Яс, срС) характерна в той или иной мере положительная степень относительной приуроченности ( $F_y = 0.14-0.18$ , рис. 1). Кроме того, в еще большей степени она отмечена для дубовых и акациевых насаждений на плакоре, посадок лещины в пойме реки, а также молодых сосняков и участков соснового редколесья на аренной террасе (см. рис. 1). Реже всего зайцем

посещаются гигрофильные и ультрагигрофильные ольшаники (с позиций данного показателя они являются избегаемыми).

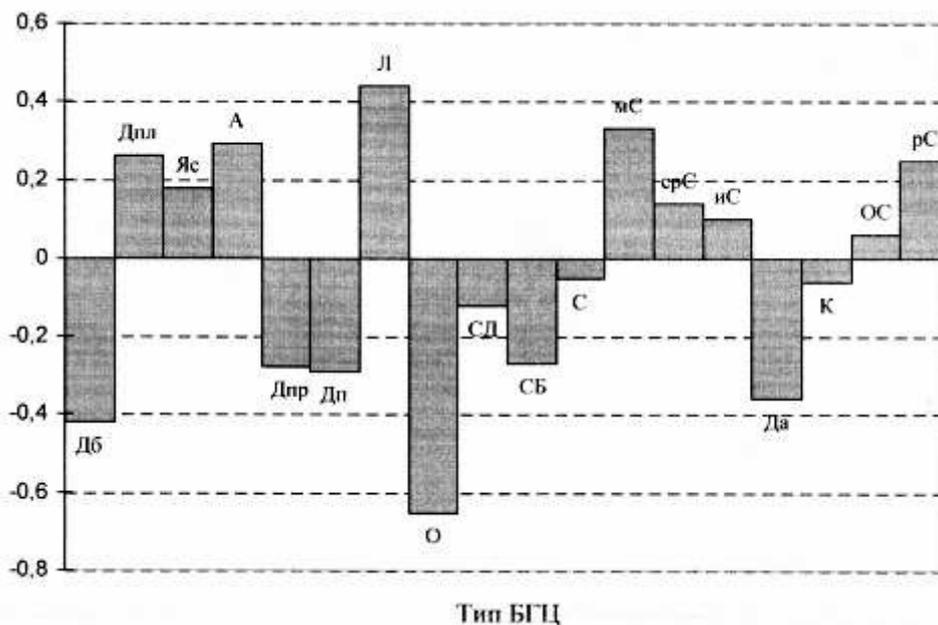


Рис. 1.  
 Характеристика относительной биогеоэцотической приуроченности элементов информационного поля зайца-русака в условиях степных лесов

Низкий показатель  $F_y = -0.42$  для байрачных дубрав обусловлен тем обстоятельством, что для зайца они имеют, главным образом, значение защитных стаций и используются для кратковременного отдыха (особенно в дневные часы), в то время как его основная пищедобывательная активность реализуется на прилегающих сельхозугодьях и остепненных участках.

В целом, однако, следует признать, что в рамках рассматриваемого биогеоценотического комплекса данный статистический анализ не позволяет выделить какие-либо отдельные типы леса, в отношении которых на уровне поведенческих реакций зайца-русака проявляется выраженное предпочтение или избегание. Значения показателя  $F_y$  за редкими исключениями находятся в диапазоне  $-0.4...+0.4$ , что для данного вида млекопитающих можно трактовать как «околонеутральное варьирование» (т. е. варьирование в пределах оптимума).

Можно сказать, что отмечаемая для зайца эврибионтность [17-28] в поведенческом плане непосредственно проявляется через широкий спектр информационных связей с различными местообитаниями. Основной пул элементов ИИ (53.9%) принадлежит не двум «лидирующим» БГЦ (Яс. срС), а равномерно распределен между целым их комплексом в различных ландшафтах (Дб, А. Дпр, Дп, Л, СД, С, мС, иС, К, ОС) с сопоставимыми количественными параметрами 3.6-6,3 сигн./км (см. таблицу).

Следует отметить, что значительное негативное влияние на активность русака в некоторых типах степных лесов (даже в оптимальных стациях) оказывает фактор беспокойства (лесохозяйственная деятельность, движение автотранспорта, рекреационная нагрузка, охота и прочее). Наиболее часто такая ситуация складывается в различных типах искусственных насаждений на плакоре, в байрачных и пристенных дубравах, особенно в тех, что прилегают к населенным пунктам.

Для комплексной оценки влияния биогеоценотического фактора на количественные параметры ИП также необходим учет того, в какой степени в различных БГЦ представлены отдельные градации этих параметров. С этой целью нами был применен алгоритм статистического анализа соответствий. Фактор «тип лесного БГЦ» был представлен 18-ю вариантами. Градации явления соответствовали 5-и уровням поэтапного повышения сигнальной нагрузки ИП, установленным исходя из ее зарегистрированного максимума: «очень низкая» ( $<245,2$  сигн./км) – «низкая» (245.21–490.4 сигн./км) – «средняя» (490.41–735.6 сигн./км) – «высокая» (735.61–980.8 сигн./км) – «очень высокая» ( $>980.81$  сигн./км). В ячейках исходной таблицы указывалось количество выборок (маршрутов), в которых были зафиксированы показатели сигнальной нагрузки, соответствующие различным комбинациям градаций фактора и явления.

Предваряя рассмотрение полученных результатов, необходимо указать, что в рамках анализа соответствий их статистическая достоверность определяется параметром «оценка качества решения» ( $0 < Q < 1$ ), который выражает качество представления соответствующей точки-строки в гипотетической координатной системе, определяемой выбранной размерностью. Степень влияния, присущая той или иной градации фактора, характеризуется «относительной инерцией» ( $0 < RIN < 1$ ), представляющей долю общей инерции, принадлежащую данной точке (градации фактора), и не зависящей от выбранной размерности.

Результаты анализа соответствий достоверно подтверждают значимость средневозрастных искусственных сосняков в поддержании большинства выделенных уровней (4-х из 5-и) следовой активности зайца-русака ( $RIN = 0.22$ ,  $O = 1.00$ ) (рис. 2). Сходным образом эти градации оказались представлены и в пойменных дубравах ( $RIN = 0.17$ ,  $Q = 0.88$ ), хотя в целом к ним приурочено лишь 5.03% элементов ИМ (см. таблицу). Таким образом, применение анализа соответствий позволило выявить скрытые аспекты биогеоценотической структуры ИП, которые не могли быть оценены посредством анализа одних лишь средневыворочных значений и степени их варьирования.

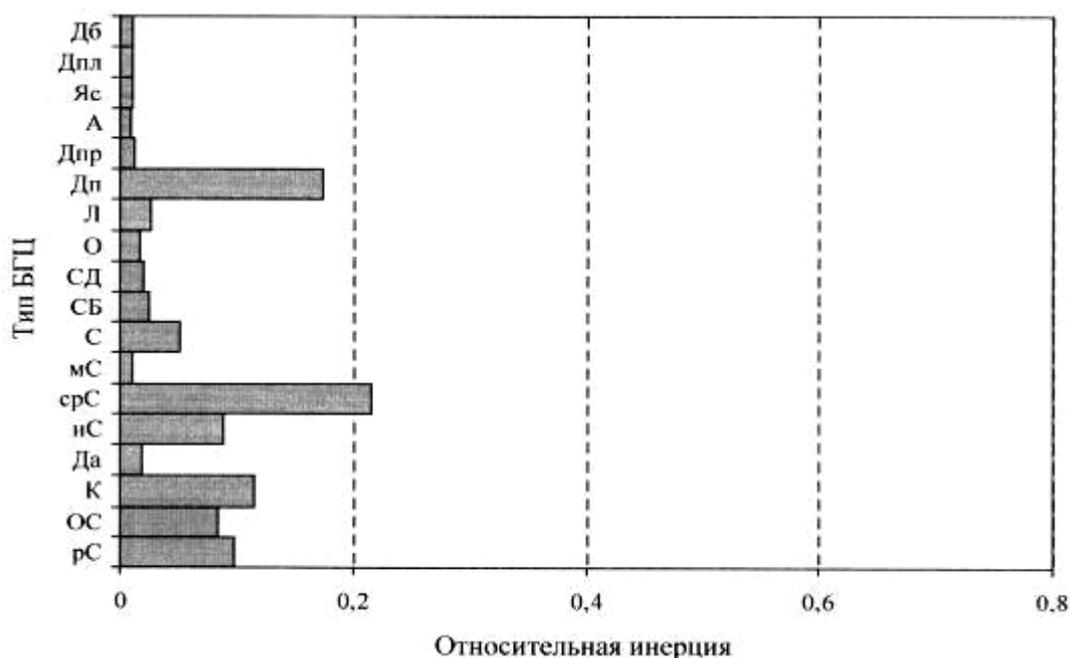


Рис. 2. Роль различных типов лесных БГЦ в поддержании уровней сигнальной нагрузки информационного поля зайца-русака (по результатам статистического анализа соответствий)

В рассматриваемом аспекте можно дополнительно отметить роль аренных БГЦ, которые, казалось бы, коренным образом рознятся по своим экологическим характеристикам – колков и участков соснового редколесья (см. рис. 2). При сигнальной нагрузке ИП  $\sim 3\text{-}4$  сигн./км ( $t$ -критерий Стьюдента указывает на отсутствие достоверных различий соответствующих сред невыборочных показателей) их относительная инерция оценивается величинами  $RIN = 0.11$  ( $Q = 0.73$ ) и  $RIN = 0.10$  ( $Q = 0.87$ ) соответственно. Тем не менее, такая ситуация представляется вполне объяснимой. На территории юго-востока Украины степные участки представляют собой основу биотопического распределения русака [17]; таким образом, формируемые в разреженных сосняках признаки остепнения обуславливают типичность условий для данного вида. Напротив, мезогигрофильные условия «островных» колков за счет развитого травостоя, поросли осины и проч. обеспечивают не только кормовую базу, но и хорошие защитные свойства, немаловажные для открытых пространств аренных лесов.

В общем плане структура ИП изучаемого вида в различных типах лесных БГЦ может быть оценена высоким значением индекса Шеннона ( $H = 3.91$ ). При этом величина относительного разнообразия (выравненное<sup>TM</sup>) достигает уровня  $U = 0.94$  (при гипотетическом максимуме « $I$ »), что указывает на соответствующую степень освоения русаком широкого спектра лесных угодий района исследований.

Дополнительно можно отметить, что картина размещения заячьих следов в различных типах леса может приобретать характерные особенности в снежный период года [29]. В частности, на примере биогеоценотических условий Самарского леса (Днепропетровская обл.) установлено, что самые первые после выпадения снега следы зайца-русака (до 68.2–90.9 сигн./км) чаще всего распределяются в судубравах, искусственных сосновых насаждениях, а также в различных типах пойменных дубрав. Наибольшее количество элементов ИП зайца (13.1–13.3% от общего количества) зафиксировано в насаждениях лещины и в судубравах, что обусловлено, по-видимому, как обеспеченностью кормом (ветки, кора, подрост, орехи осеннего урожая и проч.), так и хорошими защитными свойствами указанных стадий.

Достаточно высок относительный показатель следовой активности зверя в пойменных дубравах (7.7%) и на их стыках с искусственными сосновыми насаждениями различных возрастных групп (9.4%). Собственно в искусственных сосняках указанный показатель достигает 6.2% и несколько увеличивается при приближении к колковым формациям (7.2%). На участки естественных сосновых боров приходится до 6.7% следов зайца (на границах с осинниками – до 9.9%). В суборях зафиксировано 4.6%, в колковых биогеоценозах арены – 7.2–8.4% учтенных следов.

Таким образом, даже на фоне коренного изменения субстратных характеристик местообитаний, вызванного снегоотложением, распределение следов русака в большинстве исследованных типов лесных биогеоценозов носит достаточно равномерный характер (соответствующие показатели разнообразия биогеоценотической структуры ИП составляют  $H = 3.66$  и  $U = 0.96$ ). Исключением являются разреженные сосняки, следовая активность в которых в этот период отмечается на минимальном уровне (0.27%), что может быть связано с увеличением толщины снежного покрова и неблагоприятным температурным фоном в этих открытых местообитаниях.

### Заключение

Полученные данные свидетельствуют о наличии устойчивых экологических связей популяций зайца-русака с экстразональными степными лесами Украины. В этих биогеоценологических условиях данный вид способен осваивать весь спектр естественных и искусственных насаждений. К ним приурочено осуществление различных форм жизнедеятельности, что способствует формированию характерной биогеоценотической структуры ИП, во многом сходной с таковой для других частей ареала.

### Список литературы

1. Куркин К.А. Системный подход в экологическом исследовании // Системные исследования. – М.: Наука, 1977. – С. 195-211.
2. Тыщенко В.П. Сигнальное действие экологических факторов // Журн. общ. биол. – 1980. – Т. 4, № 5. – С. 655-667.
3. Наумов Н.П. Биологические (сигнальные) поля и их значение в жизни млекопитающих // Успехи современной териологии. – М.: Наука, 1977. – С. 93-108.
4. Михеев А.В. Информационные поля млекопитающих в лесных экосистемах аренного комплекса // Ученые записки Таврического национального университета им. В.В. Вернадского. Серия «Биология». – 2001. – Т. 14 (53), № 2. – С. 121-124.
5. Михеев А.В. Систематизация следов жизнедеятельности как метод изучения информационно-коммуникативных связей в сообществах млекопитающих // Экологія та ноосферологія. – 2003. – Т. 13, № 1-2. – С. 93-98.
6. Михеев А.В. Типология степных лесов А.Л. Бельгарда и вопросы изучения поведенческой экологии млекопитающих // Экологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, №3-4. – С. 59-66.
7. Никольский А.А. Экологические аспекты концепции биологического сигнального поля млекопитающих // Зоол. журн. – 2003. – Т. 82, Вып. 4. – С. 443-449.
8. Мозговой Д.П. Информационно-знаковые поля и поведение млекопитающих: теория и практика // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2005. – № 2. – С. 238-249.
9. Поярков А.Д. Биологическое сигнальное поле как метатеория коммуникативных процессов // Поведение и поведенческая экология млекопитающих. Материалы научной конференции. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2005. – С. 201-203.
10. Урсул А.Д. Природа информации. – М.: Политиздат, 1968. – 288 с.
11. Сетров М.И. Информационные процессы в биологических системах. – М.: Наука, 1974. – 156 с.
12. Наумов Н.П. Популяционная экология (очерк проблем и задач) // Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных / Ред. И.А. Шилов. – М.: МГУ, 1977. – С. 3-23.
13. Наумов Н.П. Структура и саморегуляция биологических макросистем // Биологическая кибернетика. – М.: Высш. шк., 1977. – С. 336-397.
14. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.

15. Белова Н.А., Травлеев А.П. Естественные леса и степные почвы. – Днепропетровск: ДГУ, 1999. – 348 с.
16. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
17. Булахов В.Л., Пахомов О.С. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Ссавці (Mammalia). – Донець: ДНУ, 2006. – 356 с.
18. Биология лесных зверей и птиц / Доппельмайр Г.Г., Мальчевский А.С, Новиков Г.А., Фалькенштейн Б.Ю. – М.; Л.: Гослесбуиздат, 1951. – 364 с.
19. De Vos A., Dean P.B. The distribution of and the use of forms by European hares, *Lepus europaeus hybridus* (Desmarest, 1822) in sauther Ontario // *Saugetierkimdl. Mitt.* – 1967. – Vol. 15, № 1. – P. 57-61.
20. Долейш К. Следы зверей и птиц. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
21. Руковский Н.Н. По следам лесных зверей. – М.: Агропромиздат, 1988. – 175 с.
22. Руковский Н.Н. Убежища четвероногих. – М.: Агропромиздат, 1991. – 143 с.
23. Формозов А.Н. Спутник следопыта. – М.: МГУ, 1989. – 320 с.
24. Ошмарин П.Г., Пикунов Д.Г. Следы в природе. - М: Наука, 1990. - 296 с.
25. Reitz F., Leonard Y. Characteristics of European hare *Lepus europaeus* use of space in a French agricultural region of intensive forming // *Acta Theriologica.* – 1994. – Vol. 39, № 2. – P. 143-157.
26. Kunst P.J.G., Van Der Wai R., Van Wieren S. Home ranges of brown hares in a natural salt marsh: comparisons with agricultural systems // *Acta Theriologica.* – 2001. – Vol. 46, № 3. – P. 287-294.
27. Bray Y., Devillard S., Marboutin E., Mauvy B., Peroux R. Natal dispersal of European hare in France // *Journal of Zoology.* – 2007. – Vol. 273, № 4. – P. 426-434.
28. Strauß E., Grauer A., Bartel ML, Klein R., Wenzelides L., Greiser G., Muchin A., Nosel H., Winter A. The German wildlife information system: population densities and development of European Flare (*Lepus europaeus Pallas*) during 2002-2005 in Germany // *European Journal of Wildlife Research.* – 2008. – Vol. 54, № 1. – P. 142-147.
29. Михеев А.В. Следовая активность зайца-русака в степных лесах в условиях снежного покрова // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. – 2008. – Вип. 16., Т. 1. – С. 151-157.

### **THE BIOGEOCENOTIC CHARACTERISTIC OF THE BROWN HARE INFORMATION FIELD IN FORESTS OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE**

#### **A.V. Mikheyev**

*Biology Institute of Oles Honchar Dnepropetrovsk National University  
Gagarin Ave., 72,  
Dnepropetrovsk, 49010,  
Ukraine  
E-mail: zestforest@ua.fm*

The article is devoted to the characteristics of the grey hare's vital functions signs (observed as an information field of species level) in different types of forest biogeocenoses of the Ukraine steppe zone. Under these conditions the given species is capable to develop whole range of natural and cultural forests. On the set of statistics (signal loading of information field, relative allocation of signs, correspondence analysis of the factor and the phenomenon graduations) the basic forest biotopes of the grey hare in the investigated territory are: the forest belts, hazel groves, oak forests of various landscape arrangement and also a complex of arenous biogeocenoses. These forest biotops are connected with the realization of different forms of hare vital functions, which promotes formation of peculiar biogeocenotic structure of their information field. The established indexes of its diversity are  $H = 3.91$  and  $U = 0.94$  (during the snow period - 3.66 and 0.96 accordingly).

**Keywords:** signs, informational processes, behavioral ecology, mammals, superorganism systems, forest biogeocenosis.

# ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ БАЙБАКА ЕВРОПЕЙСКОГО – *MARMOTA BOBAK* (MÜLLER, 1776) И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЕ РЕСУРСОВ

**В.В. Червонный<sup>1</sup>,  
С.А. Москвитин<sup>2</sup>,  
М.С. Гроицкая<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Белгородский  
государственный  
университет  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

<sup>2</sup> Управление Федеральной  
службы по ветеринарному  
и фитосанитарному  
надзору по Белгородской  
области  
308600, г. Белгород,  
ул. Преображенская, 36

Проведен анализ состояния популяции байбака европейского на территории Белгородской области и рассмотрены особенности ее существования в условиях антропогенно трансформированного ландшафта.

Ключевые слова: сурок, отлов, расселение, промысел, воспроизводство популяции.

---

## Введение

Костные останки наиболее древних пра-сурков известны в Северной Америке с конца миоцена (40 млн. лет), а останки современного рода сурков в Европе – с конца плиоцена (25 млн. лет назад). На этом основании ученые считают, что прародитель всех сурков, который возник около 60 млн. лет назад, общий [1]. Двигаясь по суше, некогда соединяющей Азию и Северную Америку («Берингов мост»), сурки перебрались из Нового Света в Азию и приспособились к новым условиям жизни.

В настоящее время на земном шаре обитает 14 видов сурков, из них 6 видов в Северной Америке [2]. Среди них выделяют две экологические группы: сурки равнинные (байбаки или степные сурки) и горные [3]. Среди равнинных сурков байбак европейский самый крупный представитель рода: его максимальный вес достигает 10.3 кг [4].

Состояние природной среды, не только сейчас, но и в историческом прошлом, в значительной степени зависело от хозяйственной деятельности человека. В период с XVIII века до середины XIX века на юге Восточноевропейской равнины произошли существенные изменения. Эта территория перешла во владение Русской империи, что повлекло за собой ее заселение украинцами и русскими. К середине XIX века площадь пашни во много раз увеличилась по сравнению с концом XVII века. Очевидно, что это отразилось и на состоянии популяции байбака, условия существования для которого ухудшились. Нарастающие масштабы земледельческого освоения лесостепи и северной части степной зоны шли с запада на восток, а поэтому в том же направлении отступала и западная граница распространения байбака. Однако в пределах рассматриваемой территории еще сохранилось много мест, где колонии сурка были не тронуты. Граница его распространения в XVIII века и в первой половине XIX века в Европейской части России проходила по северной окраине лесостепи [5].

Наиболее многочисленны байбаки были на южной окраине лесостепи и в полосе ковыльно-разнотравных степей. На рубеже XVIII и XIX веков в степях Сумского уезда водилось «несметное множество» байбаков [6]. В Воронежской области около 150 лет назад было еще много сурков, и промышленники содержали специальные артели сурчатников [7]. Судя по литературным данным, места значительного промысла байбака в конце XVIII и в первой половине XIX веков находились между Сумской об-

ластью Украины и Воронежской областью, где и расположена современная Белгородская область.

### **Методика и материал**

Использованы данные о численности байбака европейского, которые получены в результате весенних государственных учетов, проводившихся в последние 20 лет на территории Белгородской области, а так же опросные сведения.

Оценку современного состояния белгородской популяции сурка проводили по методике контроля за состоянием популяции и прогнозирования численности байбака европейского [2].

Для понимания прошлого состояния популяции рассматриваемого вида были проанализированы доступные нам источники, в которых содержится информация о байбаке европейском, обитающем в верховьях левобережных притоков Днепра (Сейма, Псла, Ворсклы) и правобережных притоков Дона (Северского Донца, Тихой Сосны и Черной Калитвы), протекающих по современной территории Белгородской области и смежных с ней районов соседних областей.

### **Результаты исследований**

В Белгородской области байбак, после длительного перерыва, впервые зарегистрирован в 50-х годах прошлого столетия в Валуйском районе, куда он мигрировал из соседнего Великобурлукского района Харьковской области Украины [8]. В конце 60-х годов он расселился в овражно-балочной системе южнее сел Гусево, Петровка, Карбаново, Кукуевка и Дубровка [9]. Появление его здесь связано с естественным расширением ареала этого вида в восточном направлении. В Валуйском районе мигранты заселяли склоны возвышенных мест речных пойм и верховьев балок и оврагов с характерными меловыми обнажениями. В результате направленного миграционного процесса через несколько лет сформировалось несколько поселений этих зверьков в Валуйском и Волоконовском районах. Затем расселение приостановилось, так как р. Оскол существенно ограничивала расширение ареала этого вида в восточном направлении [8].

До конца 80-х годов на территории области было широко развито скотоводство. При содержании крупного рогатого скота и овец использовался свободный выпас домашних копытных на территории овражно-балочной системы и пойм рек. Растительный покров периодически стравливался скотом, поэтому на территории первого типа для сурков были созданы хорошие кормовые и защитные условия. На месте стравленной травы вырастала сочная молодая растительность, а также увеличивалось разнообразие растительных сообществ за счет выедания доминирующих видов растений. В условиях отсутствия высокой травы сурки могли хорошо видеть окружающее их пространство и общаться между собой, сообщая об опасности, возникающей на территории колонии.

В настоящее время на территории области свободный выпас скота резко сократился. Балки и овраги зарастают высокой травой. Существенно снижаются кормовые и защитные свойства территорий, ранее пригодных для обитания сурков.

Снижается разнообразие травяных сообществ из-за доминирования какой-либо растительности. Ее быстрое созревание выводит территории из фазы кормового использования. Сурки вынуждены тратить больше времени на поиски корма и уходить довольно далеко от нор. В высокой траве они становятся легкой добычей хищников. Увеличиваются общие энергозатраты сурков. Это отрицательно влияет на благополучие популяций в целом и, особенно, в неблагоприятные годы [10, 11]. Кроме того, высокая трава при высыхании создает пожароопасную обстановку. Весной, когда сурки уже выходят или вышли из зимней спячки, повсеместно устраиваются палы губительные для всего живого.

Чтобы устранить указанные отрицательные последствия в ряде охотничьих хозяйств на горизонтальных участках поселений сурков периодически, несколько раз за

лето, косят траву. Это позволяет повысить кормовые и защитные условия территорий, сохранить поголовье сурков и полнее реализовать их репродуктивный потенциал.

В целях сохранения ресурсов байбака и создания воспроизводственного потенциала его популяции на территории области в некоторых административных районах были созданы государственные зоологические (охотничьи) заказники: Валуйском – Казинский, Губкинском – Губкинский, Волоконовском – Погромский и Красненском – Быковский.

В 1977 году в Казинском госзаказнике был произведен первый отлов 11 зверьков, которых выпустили в Яковлевский заказник. Таким образом в Яковлевском районе на территории Яковлевского госзаказника было создано отдельное поселение сурков. Начиная с этого года, в области проводилась планомерная реакклиматизация байбака. Она осуществлялась в основном за счет отлова зверьков в Казинском заказнике, а так же ввоза их из Ростовской (308 сурков) и Воронежской (100 сурков) областей. Всего за 11 лет было расселено около 1300 зверьков, из которых почти 900 было поймано в основном в Валуйском и частично в Волоконовском районах. За этот период сурков завезли во все районы Белгородской области.

В 1990 году было проведено обследование мест выпусков сурков в Белгородской области. Анализ его результатов показал, что сурки в этом году были зарегистрированы в 12 административных районах области. В предыдущие годы в этих районах было выпущено 814 сурков, а в 1990 году на их территории было учтено 550 сурков, то есть 68% от числа зверьков, выпущенных здесь.

Обследование мест выпусков показало, что они не прижились в Белгородском, Борисовском, Ракитянском, Ивнянском и Старооскольском районах, то есть там, где производились одноразовые выпуски этих зверьков небольшими партиями.

Неустойчивые поселения были зафиксированы в Шебекинском, Чернянском и Алексеевском районах. Особо следует отметить ситуацию в Ровеньском районе. В 1981 году на его территорию было выпущено 25 зверьков, а в 1990 году здесь было учтено 85 сурков. Это единственный район, где число сурков во время учета, проведенного в 1990 году, превышало более чем вдвое число выпущенных здесь зверьков в 1981 году. По мнению В.И. Машкина [4], одной из причин, объясняющих увеличение здесь численности сурка может быть естественная миграция их из смежных районов Воронежской области. Подтверждением сказанному может служить и тот факт, что в 1990 году здесь сложилась устойчивая колония сурков, состоящая из 15 семей, среди которых 13 были выводковыми. В этой колонии в 1990 году было учтено 26 взрослых особей и 32 сеголетка. В последующие четыре года рост числа сурков в Ровеньском районе продолжался, и его поголовье к 1994 году, по сравнению с 1990 годом, возросло почти в 5 раз.

Таким образом, благодаря искусственному и естественному расселению, харьковская и воронежская группировки европейского байбака, находившиеся в изоляции более 100 лет, в конце XX столетия соединились.

Следует отметить, что в соседнем Вейделевском районе было выпущено 165 сурков, а в 1990 году учтено 155 зверьков, число которых к 1994 году уменьшилось почти вдвое.

В двух западных районах (Прохоровском и Яковлевском) было выпущено 340 сурков или 42% от числа всех зверьков, выпущенных в 12 административных районах Белгородской области. Однако численность их на территории этих двух районов к 1990 году составила около 200 особей, а в 1994 году здесь было учтено 245 особей, то есть число их в этом году оказалось примерно на 100 особей меньше, чем было выпущено.

В последующие годы так же проводили отлов сурков с целью расселения их в Белгородской области. Так, например, в Волоконовском районе в 2002 году было отловлено три партии сурков, две из которых были выпущены в заранее подготовленные норы, а одна партия была выпущена в заброшенный лисий городок. В 2006 году в Ботанический сад Белгородского университета на юго-западной окраине города выпус-

тили 13 сурков, для которых заранее были подготовлены норы. Но этот выпуск оказался неудачным, так как, в первые же сутки большинство сурков покинули место их выпуска, а через месяц несколько зверьков были отмечены в балке, расположенной в 4 км западнее. Одна нора была разорена местным населением. И только лишь один сурок, выкопав себе нору, около месяца находился на территории Ботанического сада, но и он покинул ее.

Очевидно, что реаклиматизация сурка на территории области способствовала росту его численности. В 1994 году в Белгородской области на территории 13 административных районов обитало 5615 сурков. На западе ее этот вид встречался только в Яковлевском районе. Основное поголовье сурка в 1994 году было сосредоточено в Валуйском и Волоконовском районах, где обитало 77% от числа всех зверьков, учтенных в области в этом году.

В 1996 году поголовье сурка в области, по сравнению с 1994 годом, увеличилось на 27%. Как и в 1994 году основное поголовье зверьков было сосредоточено в Валуйском и Волоконовском районах, на долю которых приходилось 75% общего числа сурков, учтенных в области в 1996 году.

В сравниваемые годы почти во всех районах численность сурка увеличилась и только лишь в Корочанском районе она уменьшилась вдвое. Небольшое сокращение численности зверьков произошло в Прохоровском районе (с 125 до 105 особей). В последующие годы численность сурка в области увеличивалась и к 2000 году достигла 14,8 тыс. особей, то есть по сравнению с 1996 годом она возросла вдвое. В дальнейшем наблюдался в основном направленный рост численности белгородской популяции сурка, и в 2009 году на территории 18 административных районов области было учтено 23 тыс. особей этого вида.

Однако в разных частях Белгородской области этот процесс отличался, а иногда весьма существенно. Так, например, в 2001 году по сравнению с 2000 годом численность сурка на западе области увеличилась на 13-16%, а на востоке – на 34-36%, то есть разница была более чем двукратной.

В 2002 году по сравнению с 2001 годом численность сурка на западе и юго-востоке области увеличивается на 15%, а в центре и северо-востоке она стабилизируется практически на уровне предыдущего года. В 2003 году по сравнению с 2002 годом наиболее существенное увеличение численности сурка наблюдается на западе области (31%), а на остальной территории она увеличилась незначительно (от 3 до 10%).

В последующие годы в разных частях Белгородской области так же наблюдается разный тип динамики численности сурка. Для того, что бы более детально проанализировать этот процесс, рассмотрим вклад отдельных административных районов, определяющих тип динамики численности сурка. Для этого сравним численность его на их территории с общей численностью белгородской популяции этого вида.

В 2006 году по сравнению с 1996 годом вклад отдельных административных районов в белгородскую популяцию сурка существенно изменился. Если в 1996 году 75% общего числа сурков, учтенных в области, обитало лишь в двух районах (Волоконовском и Валуйском), то в 2006 году доля их уменьшилась до 41%, хотя численность сурка в этих районах за 10 лет увеличилась на 61%. Следует подчеркнуть, что эти районы являются «ядром» белгородской популяции сурка, откуда началось естественное и искусственное расселение этого вида по территории области.

В соседних с ними Вейделевском и Ровеньском районах, где сурки появились позже, произошло значительное увеличение численности сурка. В первом районе число сурков за 10 лет увеличилось почти в 19 раз, а во втором за этот же промежуток времени – в 7 раз. Ровеньскому району немного уступает Губкинский, на территории которого численность зверька за 10 лет увеличилась почти в 6 раз.

Таким образом, на территории названных выше пяти административных районов в 2006 году обитало около 80% численности белгородской популяции вида. В большинстве других районов поголовье сурка за 10 лет увеличилось в 4-6 раз.

Следует отметить, что в период с 2000 по 2007 годы численность сурка в отдельных административных районах в некоторые годы сокращалась. Выделяется Староос-

кольский район, на территории которого численность вида за три года последовательно сокращалась на 27%, 46% и 80%. К 2007 году она оказалась на уровне 1996 года. В Красногвардейском районе на протяжении трех лет также наблюдалось сокращение численности. Масштабы этого процесса были значительно меньше и находились в пределах 12-30%. В остальных районах, кроме Яковлевского и Ивнянского рассматриваемый показатель в период с 2000 по 2007 год незначительно уменьшался дважды.

Известно, что динамика численности вида в значительной мере определяется репродуктивным потенциалом его популяций, который, в свою очередь, зависят от многих факторов. Одним из показателей успешности размножения сурков, как и любого другого вида млекопитающих, является число сеголеток в выводке. Сведениями об этом демографическом параметре белгородской популяции сурка мы располагаем за 2005 и 2007 годы.

В 2005 году в пяти административных районах, где плодовитость сурка была наименьшая в области, средний размер выводка находился в пределах 2.3-2.9 сеголеток на одну семью и только в одном, Прохоровском, районе он был наименьшим в области (1.7 сеголетка). Административные районы, входящие в эту группу, встречаются в разных частях области.

Вторую группу составляют семь административных районов, где средний размер выводка находился в пределах 3.5-3.9 сеголеток на одну семью. Эти административные районы, так же входящие в первую группу, встречаются в разных частях области.

Третья группа представлена тремя административными районами (Красненским, Губкинским и Корочанским), где на одну семью сурков, в среднем, приходилось от 4.5 до 5.6 сеголеток, то есть здесь успешность размножения сурков была самой высокой в области. Из изложенного видно, что в белгородской популяции сурка на большей части ее ареала в 2005 году в одной семье число сеголеток не превышало 4 особей.

В 2007 году почти во всех административных районах рассматриваемый параметр увеличивается и только в Губкинском и Корочанском он уменьшается до 4.2 и 4.6 сеголеток, соответственно. Примерно столько же сеголеток в одной семье (4.3-4.8) насчитывалось еще в четырех административных районах: Ровеньском, Старооскольском, Красненском и Волоконовском. Почти все эти районы находятся на востоке области, которые сурок освоил раньше, чем западные районы области.

В 2007 году, так же как и в 2005 году, меньше всего сеголеток было учтено в Вейделевском и Прохоровском районах (2.3 особи на семью). На территории шести остальных административных районов среднее число сеголеток в одной семье находилось в пределах от 3.1 до 3.9 особи.

Другим важным популяционным параметром, характеризующим репродуктивные возможности популяции, является число самок с выводком.

В 2005 году максимальное число семей с выводком было учтено в Ровеньском районе, где из 625 зарегистрированных семей, с выводками было 90%, а также в Прохоровском и Ивнянском районах – 72 и 74%, соответственно.

Наименьшие значения рассматриваемого показателя были зарегистрированы в Красненском, Шебекинском, Корочанском, Губкинском и Белгородском районах, где число семей с выводками находилось в пределах 45-50%, а в Валуйском районе оно составило всего лишь 36%. В шести остальных районах области семьи с выводками составляли 60-66%.

Одним из факторов, оказывающих в основном негативное влияние на популяцию сурка, является охота на него, а так же отлов зверьков для расселения. Изменяется структура колонии, где производится отлов, а фактор беспокойства вносит дезорганизацию в сложившуюся в колонии систему взаимоотношений между особями. Но, отлов для расселения играет и положительную роль, так как человек помогает виду вернуться в те места, где люди его истребили.

До 2009 года сроки охоты в области подлежали жесткому регулированию. Это было обусловлено малыми объемами добычи (около 200 особей). Продолжительность

проведения охоты на сурка значительно уменьшали и перемещали ее к концу разрешенного общего периода охоты. Получалось совмещение периодов охоты на пернатую дичь и сурков. Наиболее репродуктивная часть популяции сурка, в том числе самки, не имеющие приплода текущего года и потенциально готовые к принесению приплода на следующий год, как правило, в августе уже нагуливали жир, готовились к залеганию и появлялись редко на поверхности. До конца сезона активно паслись молодняк и самки, имеющие приплод текущего года. В это время вероятность добычи взрослых сурков была значительно ниже. Негативно сказывалось и то обстоятельство, что в поздние сроки среди взрослых особей часто добывали самок, принесших потомство в текущем году.

Рассмотрим конкретные данные, которыми мы располагаем по добыче сурка.

В 2001 году в Белгородской области было добыто 69 сурков (использовано около 90% выданных лицензий), из числа которых 58% приходилось на Вейделевский и Волоконовский районы и 41% – на Валуйский и Ровеньский. Следовательно, промысловая часть белгородской популяции сурка практически была сосредоточена на территории этих административных районов.

В 2007 году сурка добывали в 10 административных районах. В этом году на их территории было добыто 470 сурков, то есть 2% от его численности в области. Большинство сурков, так же как и в 2001 году, было добыто в Вейделевском, Волоконовском, Валуйском и Ровеньском районах (82%). И это не случайно, так как в 2007 году на их территории обитало около 70% белгородской популяции сурка, где сеголетки составляли 65% от числа всех особей этой возрастной группы, учтенных на всей территории области в этом году. Половину зверьков, добытых на территории этих районов, составляли сеголетки. В то время как по результатам учета, который проводился в 2007 году до начала промысла, в Валуйском и Ровеньском районах сеголетки составляли 39% и 29%, соответственно, а в Волоконовском и Вейделевском 47% и 41%, соответственно. Поэтому, несмотря на то, что среди добытых сурков половина приходилась на сеголеток, процент изъятия особей данной возрастной группы на территории этих районов составлял от 2 до 4% от числа сеголеток, учтенных в этих районах в 2007 году. Приведенные данные свидетельствуют о том, что промысловая нагрузка на сеголеток в рассматриваемых районах была незначительной. Поэтому промысел не мог оказать существенное влияние на прирост населения сурков в этих районах. В то время как доля взрослых сурков (24-25%) и годовиков (25 и 26%) среди добытых зверьков в этих же районах была практически одинаковой.

Оценивая в целом возрастной состав сурков, добытых в области в 2007 году, следует отметить, что он существенно не отличался от удельного веса возрастных групп, добытых на территории рассматриваемых районов. Из числа 470 сурков, добытых в области в 2007 году, сеголетки составляли 50%, годовики 25%-26%, взрослые 24%-25%.

Следует сказать и о методике отлова, который в основном проводился в соответствии с «Методическими рекомендациями по расселению степного сурка» [12]. В Белгородской области сурков отлавливают петлями, и некоторые особи иногда погибают от затягивания петли. Кроме того, иногда сурки погибают из-за несвоевременного освобождения их из петли во время жаркой погоды. Так, например, в одной колонии Волоконовского района было отловлено 26 сурков, которых поздно освободили из петель. В этот день температура воздуха достигала +38 градусов, а на поверхности почвы она была еще выше. Известно, что сурки не имеют потовых желез, поэтому они довольно быстро погибают от перегрева. По этой причине из 26 отловленных сурков 11 взрослых особей погибли. Кроме того, одной из причин неудачных выпусков сурков является расселение их в новые места перед залеганием их в спячку, а также из-за неправильного выбора мест выпуска. Существенное отрицательное влияние на результаты выпуска оказывает и преобладание сеголеток в выпускаемой группе.

Сурков следует расселять в места, которые похожи на территории, где они раньше проживали. Однако при подборке и подготовке мест для расселения следует учитывать, что в меловых отложениях, которые имеют много преимуществ, для рытья нор

нужно довольно много времени. Лучше всего их расселять в уже готовые лисьи норы, которые обычно расположены в местах, имеющих хороший обзор. Кроме того, здесь маловероятны оползни и затопления. Перед расселением сурков, желательна провести отстрел лисицы на этой территории, а в дальнейшем периодически вести наблюдения за поселением, так как в ряде случаев лисица вновь селится рядом с сурками.

Отлов сурков для их дальнейшего расселения обычно проводится во второй половине июля. К этому времени сурчата уже подросли. Желательно отлавливать семью полностью с использованием воды, но на территории Белгородской области это крайне затруднительно. Норы расположены у основания склонов или на склонах, а их ответвления, как правило, расположены в разных уровнях, и сурки легко уходят от воды. Приходится использовать самоловы. В этом случае за короткий промежуток времени, необходимый для отлова, передержки и перевозки сурков, выловить всю семью крайне затруднительно.

На численность байбака и его распространение на территории области оказывает отрицательное воздействие чрезмерная численность лисицы, которая почти во всех административных районах в несколько раз выше биологической нормы. К поселениям сурка на юго-востоке области, и особенно на границе с Украиной, приурочены не только наибольшая численность лисицы, но и довольно высокая плотность волка. Эти хищники уничтожают очень много сурков. Следует особо подчеркнуть, что волки, в дополнение ко всему, весьма результативно используют защитные свойства государственных границ и промышляют смежные поселения сурков на Украине.

### Заключение

Байбак европейский или степной сурок, как вид сформировался в равнинных степях европейской части России и Казахстана, поэтому он эволюционно связан с обитающими в степях дикими копытными животными. В связи с исчезновением тура, тарпана, кулана и некоторых других диких копытных степных видов, их до некоторой степени заменил домашний скот. Однако в последние десятилетия XX века на территории Белгородской области существенно сократилось поголовье домашнего скота, в том числе выпасаемого в местах обитания байбака, что значительно ухудшило условия обитания этого вида.

Тем не менее, состояние ресурсов байбака на территории Белгородской области пока стабильное и имеются потенциальные возможности роста его популяции. Это обусловлено обширностью овражно-балочной сети, которую частично освоили сурки за последние 50 лет. Благодаря этому они смогли выжить в условиях антропогенно измененного ландшафта европейской части страны.

Основными сдерживающими факторами увеличения численности байбака являются зарастание мест обитания высокой травой, чрезмерно высокая численность лисицы, приуроченная к местам обитания сурка, а так же отсутствие практики и современных навыков ведения охотничьего хозяйства по этому виду. Указанные факторы действуют в условиях крайне слабой институциональной базы развития охотничьего хозяйства региона.

### Список литературы

1. Громов И.М., Гуреев А.А., Новиков Г.А., Соколов П.П., Чапский К.К.. Млекопитающие фауны СССР. – М.: Л.: АН СССР, 1963. – Ч.1. – С. 693 .
2. Машкин В.И. Европейский байбак: экология, сохранение и использование. – Киров, 1977. – С.156 .
3. Бибииков Д.И. Сурки. – М.: Агроиздат, 1989. – С. 250.
4. Машкин В.Н. Размещение, ресурсы сурков России и их мониторинг // Вестник охотоведения. – 2004. – Т. 1. – №1. – С. 57-64.
5. Кириков С.В. Изменение животного мира в природных зонах СССР (степная зона, лесостепь). – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 174 .



6. Калиниченко И. Исчезновение байбаков и их могилы в новороссийских степях // Вести естественных наук. – 1860. – № 27. – С. 50-59.
7. Гмелин С.Г. Путешествие по России для исследования трех царств естества Ч. 1. – СПб, 1771. – С. 350.
8. Червонный В.В. Экология некоторых редких и «краснокнижных» видов в Белгородской области // Материалы межвуз. научн.-практ. конф. Ч.1 – Белгород, 1992. – С. 25-26.
9. Токарский В.А. Байбак и другие виды рода сурки. – Харьков, 1997. – С. 349.
10. Москвитин С.А., Червонный В.В., Гроицкая М.С. Белгородский байбак // Национальный охотничий журнал «Охота». – 2009. – №9. – С. 28-31.
11. Москвитин С.А., Марченко В.Н. Состояние ресурсов байбака европейского (*M. bobac* L.) на территории Белгородской области // Вестник охотоведения. – 2006. – Т. 3, № 3. – С. 327-332.
12. Дежкин А.В., Тихонов А.А. Методические рекомендации по расселению степного сурка в РСФСР. – М. 1987, - С. 16.

### **THE PAST AND THE PRESENT OF BELGOROD POPULATION OF MARMOT – *MARMOTA BOBAC* (MÜLLER, 1776) AND USE OF ITS RESOURCES**

**V.V. Chervonnyy<sup>1</sup>,  
S.A. Moskvitin<sup>2</sup>,  
M.S. Groitskaja<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

<sup>2</sup> *Administration of Federal  
Service on Veterinary and  
Phytosanitary Inspection in  
the Belgorod Region  
Preobrazhenskaya St., 36,  
Belgorod, 308600, Russia*

The analysis of a state of marmot's population in terrain of the Belgorod Region is carried out and features of its existence in conditions of anthropogenic-transformed landscape are considered.

Keywords: a marmot, capturing, setting (in a new places), hunting, reproduction of population.

## СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ МАЛЬЧИКОВ-ПОДРОСТКОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТЯЖЕЛОЙ АТЛЕТИКОЙ

**С.Д. Чернявских,  
М.З. Федорова**

*Белгородский  
государственный  
университет  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85*

*E-mail: Fedorova@bsu.edu.ru*

Изучено влияние физической нагрузки на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы мальчиков-подростков по показателям кардиоинтервалографии. Установлено, что занятия в секции тяжелой атлетики не оказывают отрицательного влияния на антропометрические параметры, показатели длительности сердечного цикла, частоты сердечных сокращений, амплитуды зубцов, длительности интервалов, электрической систолы, систолического показателя и вагосимпатического индекса.

Ключевые слова: мальчики-подростки, сердечно-сосудистая система, электрокардиография, функциональная проба.

---

### Введение

Ведущим критерием состояния здоровья подрастающего поколения является, как известно, физическое развитие, уровень которого тесно связан с социально-экономическими и гигиеническими условиями жизни [1]. От нормального физического и нервно-психического развития, функционирования органов и систем детей и подростков зависит способность их организма сохранять устойчивость к экзогенным факторам, адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды. У детей, имеющих отклонения в состоянии здоровья, адаптационные возможности, как правило, ниже, чем у практически здоровых их сверстников [2]. Важнейшим элементом мониторинга состояния здоровья подрастающего поколения является наблюдение за ростом и развитием подростков старшей возрастной группы, стоящей на пороге взрослой жизни с ее социальными требованиями, возросшей физической и психической нагрузкой. Успешность их адаптации к условиям современной жизни в решающей степени может определить будущий репродуктивный и трудовой потенциал страны, ее развитие и уровень национальной безопасности [3]. В подростковом возрасте происходит значительная перестройка соотношений роста сердца и сосудов, обуславливающая своеобразие условий кровообращения, что требует внимательного и дифференцированного подхода в дозировании физической нагрузки, особенно с выраженными элементами статике.

Целью проведенного исследования было изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы мальчиков-подростков, занимающихся тяжелой атлетикой.

### Материал и методы исследования

Исследования проведены на базе спортивного зала тяжелой атлетики СДЮСШОР № 3 г. Белгорода. Обследованы две группы подростков: 11-13 (младшие подростки, первая группа) и 14-17 лет (старшие подростки, вторая группа), по 11 человек в каждой группе. Все участники эксперимента имели стаж занятий не менее 6-и месяцев.

У всех обследованных определяли соматометрические (длина и масса тела, окружность грудной клетки) и физиометрические (артериальное давление на левой плечевой артерии) показатели [4]. Записывали и анализировали электрокардиограмму.

Регистрация ЭКГ проводилась в состоянии относительного покоя – лежа на спине после предварительного отдыха в течение 10-15 мин, а также на 1-й минуте после функциональной нагрузки в виде 20 приседаний за 30 сек. [5]. Запись ЭКГ проводили с помощью электрокардиографа «Аксион» при стандартном усилении 1 мВ =

10 мм, скорости лентопротяжного механизма – 50 мм/сек., в 12 общепринятых отведениях: трех стандартных (I, II, III), однополюсных, усиленных от конечностей (aVR, aVL, aVF) и шести однополюсных, усиленных грудных (V<sub>1</sub>–V<sub>6</sub>). Используя номенклатуру зубцов комплекса PQRS, анализировали и оценивали ЭКГ-показатели II отведения: длительность сердечного цикла, частоту сердечных сокращений (ЧСС), амплитуду зубцов P, Q, R, S и T, длительность интервалов P-Q, QRS, S-T и Q-T [6]; рассчитывали показатели – интегративный (ИП) как отношение амплитуд зубцов P и T [7] и систолический (СП) по формуле Фогельсона-Черногоорова: (Q-T/R-R)×100%.

Должную электрическую систолу определяли по формуле Базетта:

$$Q-T_{\text{долж}} = K \sqrt{R-R},$$

где K – константа, равная для мужчин 0.37, для женщин – 0.39.

Полученный цифровой материал был обработан статистически с использованием персонального компьютера (программа Excel и Statistica). Достоверность различий между группами оценивали по критерию Стьюдента [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

Полученные значения показателей физического развития младших и старших подростков, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что все антропометрические показатели обследуемых находились в пределах границ физиологической нормы [9]. При этом длина тела подростков возраста 14-17 лет отличалась от 11-13-летних незначительно.

Таблица 1

**Показатели соматометрического и физиометрического развития подростков разных возрастных групп (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)**

Параметры, единицы измерения	Возраст, лет	
	11-13	14-17
Длина тела, см	143.00±2.38	164.00±2.83
Масса, кг	44.50±1.04	60.75±4.53*
Окружность грудной клетки, см	70.75±1.03	87.25±4.29
Артериальное давление, мм.рт.ст.		
-систолическое	105.40±5.77	112.00±2.55
-диастолическое	65.00±2.89	70.00±2.00

Примечание: здесь и далее: \* - достоверность различий по сравнению с младшими подростками p<0.05.

Масса тела обследуемых возраста 14-17 лет была на 9.7% (p<0.05) выше, чем в возрасте 11-13 лет. Это является свидетельством интенсивного наращивания мышечной массы спортсменов, занимающихся в секции тяжелой атлетики. Окружность грудной клетки у подростков второй группы была также выше на 6.3% в сравнении с испытуемыми первой группы.

Показатели артериального давления, характеризующего функцию сердечно-сосудистой системы, также соответствовали возрастной норме [10] (см. табл. 1).

По данным разных авторов, показатели ЭКГ (амплитуда зубцов, длительность интервалов) варьируют в широких пределах [5, 6, 7]. Исходя из этого, мы использовали для сравнения фоновые показатели (в покое) и показатели, полученные после физической нагрузки.

Значения основных параметров ЭКГ в исследуемых группах подростков до и после физической нагрузки представлены в таблицах 2-5.

С возрастными анатомическими изменениями параметров сердечно-сосудистой системы у подростков тесно связаны изменения функциональных показателей, одним из которых является частота сердечных сокращений. Этот показатель гемодинамики является одним из наиболее лабильных. Он изменяется в процессе роста и зависит как от факторов внешней среды (температура окружающей среды, голод), так и от внутренних (поражение сердца, эндокринные расстройства, анемия и др.)

факторов. Общеизвестно, что с нарастанием двигательной активности, увеличением массы скелетной мускулатуры совершенствуется нервная регуляция частоты сердечных сокращений. При этом у детей, занимающихся спортом, регистрируется склонность к брадикардии. Это происходит вследствие того, что интенсивные двигательные тренировки вызывают физиологическую гипертрофию миокарда. Гипертрофия как компенсаторное приспособление к нагрузке достигается удлинением и утолщением мышечных волокон сердца, что приводит к некоторому увеличению размеров полостей сердца. В нашем исследовании не наблюдалось явлений брадикардии у спортсменов. В целом частота сокращений сердца как в покое, так и после физической нагрузки находились в пределах границ физиологической нормы у подростков обеих групп, несмотря на достоверное увеличение данного показателя после нагрузки у 11-13-летних подростков [11, 12].

Таблица 2

**Показатели длительности сердечного цикла и частоты сердечных сокращений при разных условиях регистрации ЭКГ (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)**

Показатели, единицы измерения	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
Длительность сердечного цикла, с	0.76±0.04	0.58±0.04*
ЧСС, уд/мин	79.50±4.25	105.00±5.50*
14-17 лет		
Длительность сердечного цикла, сек	0.65±0.05	0.56±0.03
ЧСС, уд/мин	93.75±7.27	108.00±5.90

Примечание: см. табл. 1.

Таблица 3

**Амплитуда зубцов ЭКГ при разных условиях регистрации ЭКГ, мВ (II отведение) (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)**

Зубцы	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
P	0.14±0.02	0.19±0.01*
Q	0.08±0.01	0.03±0.01*
R	0.98±0.06	0.95±0.05
S	0.24±0.11	0.35±0.03
T	0.53±0.06	0.38±0.12
14-17 лет		
P	0.20±0.11	0.21±0.03
Q	0.09±0.04	0.11±0.49
R	1.34±0.41	1.48±0.05
S	0.28±0.04	0.05±0.06
T	0.34±0.06	0.32±0.01

Примечание: см. табл. 1.

Длительность сердечного цикла, являющегося совокупностью электрофизиологических, биохимических и биофизических процессов, происходящих в сердце на протяжении одного сердечного сокращения, рассчитывали по интервалу R-R. Как видно из таблицы 2, этот показатель снизился после физической нагрузки у подростков первой группы на 23.7% ( $p < 0.05$ ), у испытуемых второй группы – на 13,8% соответственно, однако также находился в пределах границ физиологической нормы [6].

Как видно из таблицы, зубец P, характеризующий проведение возбуждения в предсердиях, после физической нагрузки увеличился в первой и второй группах испытуемых на 35.7% ( $p < 0.05$ ) и 5.0% соответственно по сравнению с состоянием покоя. В обеих группах этот зубец положительный, что характеризует синусовый ритм.

Зубец Q, характеризующий возбуждение межжелудочковой перегородки и верхушки сердца, у обследованных спортсменов первой группы после нагрузки снизился на 62.5% ( $p < 0.05$ ), во второй группе, напротив, увеличился на 22.2%.

Зубец R, характеризующий возбуждение основной массы мускулатуры желудочков, кроме основания и субэпикардального слоя, у испытуемых 11-13-летнего возраста снизился на 3.1%, а у испытуемых 14-17-летнего возраста, напротив, увеличился на 10.4% после физической нагрузки. При этом его значения, как в покое, так и после

физической нагрузки у испытуемых обеих групп были в пределах границ нормальных величин.

Амплитуда зубца S, отражающего состояние, когда возбуждены все отделы желудочков, кроме их основания, после физической нагрузки увеличилась на 45.8% в первой и снизилась на 82,1% во второй группе обследованных в сравнении с состоянием покоя.

Физические нагрузки, сопровождаемые учащением сокращений сердца, могут способствовать возникновению гипоксии миокарда. Для последней характерно снижение и инверсия зубцов T. Более тяжелые формы гипоксии миокарда вызывают появление гигантских положительных зубцов T. В возникновении этих изменений существенное значение принадлежит особенностям распространения возбуждения от субэндокардиальных к субэпикардиальным слоям миокарда желудочков [7]. Согласно опубликованным данным [13, 14], уплощение зубцов T может также соответствовать метаболическим изменениям в самом миокарде как результат нарушения энергообеспечения и рассогласования активности центральных и автономных структур его регуляции. В проведенных нами исследованиях младших и старших подростков амплитуда зубца T после функциональной пробы имела тенденцию к снижению соответственно на 28.3% и 5.9%, что может являться свидетельством того, что с возрастом адаптация к гипоксии значительно улучшается, а также стабилизируется регуляторная функция.

Кроме амплитуды зубцов нами была изучена длительность интервалов, результаты которых представлены в таблице 4, где видно, что после физической нагрузки у спортсменов первой группы длительность P-Q и S-T увеличилась на 13.3% и 3.4%, а у испытуемых второй группы на 27.8 и 19.2% ( $p < 0.05$ ) соответственно снизилась в сравнении с покоем.

Известно, что соотношение длительности временных интервалов кардиоциклов отражает сопряженность вегетативных механизмов регуляции электрической активности сердца [13]. Следовательно, повышение во второй группе в сравнении с первой во временной структуре кардиоциклов доли интервалов P-Q в покое можно рассматривать как результат доминирующего влияния на электрическую активность сердца парасимпатического отдела ВНС, который через реализацию трофических эффектов блуждающего нерва активизирует энергетически более экономные и выгодные механизмы адаптивной активности миокарда [15, 16, 17, 18].

Длительность интервала QRS, характеризующего проведение возбуждения по рабочему миокарду желудочков, после функциональной пробы снизилась в первой и второй группе обследованных на 18.2 и 9.1% соответственно в сравнении с покоем.

Интервал Q-T является одним из наиболее важных параметров оценки ЭКГ. Его удлинение расценивается как маркер риска опасных желудочковых аритмий. Длительность интервала Q-T от начала зубца Q до конца зубца T отражает время, в течение которого желудочки находятся в электрически активном состоянии, и обозначается как электрическая систола. Установлена математическая зависимость между частотой сокращений сердца и длительностью интервала Q-T. Это так называемая должная электрическая систола. При нормальном состоянии сердца расхождения между фактической и должной систолой составляют не более 15% в ту или другую сторону. Полученные нами значения электрической фактической и должной систолы укладываются в данные параметры, что говорит о нормальном распределении волн возбуждения по сердечной мышце в обеих группах спортсменов как в покое, так и после функциональной пробы (см. табл. 4, табл.5).

Распространение возбуждения по сердечной мышце характеризует не только длительность электрической систолы, но и так называемый систолический показатель, представляющий отношение длительности электрической систолы к продолжительности всего сердечного цикла. В первой группе данный показатель повысился после нагрузки на 9.1%, во второй группе не изменился (см. табл. 5). При этом систолический показатель находился в пределах нормы в обеих группах испытуемых.

Таблица 4  
Показатели длительности интервалов ЭКГ при разных условиях регистрации ЭКГ, сек. (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)

Показатели	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
P-Q	0.15±0.01	0.17±0.01
QRS	0.11±0.01	0.09±0.01
S-T	0.29±0.01	0.30±0.04
Q-T	0.33±0.02	0.33±0.04
14-17 лет		
P-Q	0.18±0.02	0.13±0.06
QRS	0.11±0.01	0.10±0.01
S-T	0.26±0.01	0.21±0.02*
Q-T	0.34±0.02	0.29±0.02

Таблица 5  
Показатели электрической систолы, систолического показателя и вагосимпатического индекса при разных условиях регистрации ЭКГ (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)

Показатели	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
Электрическая систола, с	0.30±0.00	0.28±0.01
Систолический показатель, %	0.43±0.02	0.55±0.06
Вагосимпатический индекс	26.42	50.00
14-17 лет		
Электрическая систола, с	0.30±0.01	0.28±0.01
Систолический показатель, %	0.53±0.11	0.53±0.03
Вагосимпатический индекс	58.82	65.63

Вагосимпатический индекс характеризует отношение амплитуды зубца Р к зубцу Т. Увеличение данного показателя у спортсменов на 89.3% и 11.58% в первой и второй группах соответственно свидетельствует о повышении тонуса симпатической нервной системы после физической нагрузки, особенно выраженное в 11-13-летнем возрасте [7].

### Заключение

Занятия в секции тяжелой атлетики не оказывают отрицательного влияния на антропометрические параметры, а также показатели, характеризующие функциональное состояние сердечно-сосудистой системы: длительность сердечного цикла, частоту сердечных сокращений, амплитуду зубцов, длительность интервалов, электрическую систолу, систолический показатель и вагосимпатический индекс мальчиков-подростков 11-13 и 14-17 лет.

### Список литературы

1. Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. Возрастная физиология и школьная гигиена. – М., 1990. – С.53- 60.
2. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология // Физиология развития ребенка. – М., 2002. – С.28-30.
3. Ямпольская Ю. А. Оценка физического развития детей // Гигиена и санитария.- 1996.- №1.- С.27.
4. Гуминский А.А., Великанова Л.К. Практические занятия по возрастной физиологии и школьной гигиене. – М., 1992. – 132 с.
5. Макаров Л.М., Киселева И.И., Долгих В.В. и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей // Педиатрия. 2006. – № 2. – С. 4-10.
6. Шауцукова Л.З. Физиология сердечно-сосудистой системы: Учебное пособие для студентов вузов. – М., 2005. – 184 с.
7. Фролов М.В., Свиридов Е.П. Амплитуда Т-зубца ЭКГ как коррелят эмоционального напряжения // Высшая нервная деятельность. – 1974. – Т. 24, вып. 5. – С. 10-52.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М., 1980. – 293 с.

9. Усов И.Н. Здоровый ребенок: Справочник педиатра. – М.: Беларусь, 1984. – 207 с.
10. Синяков А.Ф. Секреты бодрости и здоровья. – М.: ЗАО Изд-во ЭКСМО – Пресс, 1999. – 464 с.
11. Власова И.Г., Торшин В.И. Альбом физиологических показателей в графиках, схемах, цифрах. – М., 1998. – 65 с.
12. Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Звезда И.В. и др. Состояние здоровья и физическая активность современных подростков // Гигиена и санитария. №3, 2002. – С. 52-55.
13. Баевский Р.М., Бондарчук В.И., Чернышев М.К. Временная организация ритма в эволюционном аспекте // Сравнительная электрокардиология. – Л., 1981. – С. 204-206.
14. Федоров Б.М. Стресс и система кровообращения. – М.: Медицина, 1991. – 320 с.
15. Аринчин Н.И. Эволюция и клиническое толкование электрокардиограммы и фаз сердечного цикла. – Минск, 1966. – 221 с.
16. Галанцев В.П. Электрокардиографический анализ приспособительных изменений автоматизма сердца у ныряющих млекопитающих // Сравнительная электрокардиология. – Л., 1981. – С.209-211.
17. Рощевский М.П. Эволюционная электрокардиография. – Л., 1972. – 252 с.
18. Смирнов А.И. Роль тонуса центров блуждающих нервов в экономной форме сердечной деятельности. – М., 1967. – С.52.

## THE FUNCTIONAL STATE OF TEENAGERS' CARDIOVASCULAR SYSTEM GOING IN FOR WEIGHT LIFTING

**S.D. Chernyavskikh,  
M.Z. Fedorova**

*Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: Fedorova@bsu.edu.ru*

The effect of physical loading on the functional state of teenagers' cardiovascular system according the cardiography data was studied. Nonnegative effect of weight lifting was determined in our experiment. Weight-lift training had no influence on anthropometric parameters, cardiac cycle, heart rhythm, peaks amplitude, electric systole, interval size, systole factor, vagosympathetic index.

Key words: teenagers, cardiovascular system, electrocardiography, functional probe.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ И ЦИТРОГИПСА ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕФТЕПРОДУКТАМ\*

**В.А. Перистый,  
Л.Ф. Перистая,  
И.В. Индина,  
М.Н. Япрынцева**

*Белгородский  
государственный  
университет  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85*

*E-mail:  
peristaya@bsu.edu.ru*

---

Установлено, что по способности сорбировать нефтепродукты (в частности, вакуумное масло) цитрогипс – отход производства лимонной кислоты на предприятии «Цитробел» (г. Белгород) – несколько уступает активированному углю, однако его использование экономически целесообразно и позволяет решать экологические проблемы.

Ключевые слова: активированный уголь, цитрогипс, сорбция, нефтепродукты, вакуумное масло.

### Введение

В декабре 2006 года партией «Единая Россия» был принят проект «Чистая вода», который в 2008 году стал государственной программой [1, 2].

Одной из основных целей реализации проекта, непосредственно относящейся к теме нашего исследования, является защита природной воды от попадания в неё загрязняющих химических веществ, в том числе нефтепродуктов, предотвращение сбросов сточных вод в водные объекты [2].

Опасность сточных вод состоит в том, что они могут загрязнять почву, поверхностные и подземные природные воды, являющиеся источниками питьевого водоснабжения.

Нефть и нефтепродукты относятся к весьма распространённым и опасным загрязнителям водных объектов.

В процессе переработки нефти получают топливо, которое подразделяется на моторное (карбюраторное, дизельное, реактивное) и котельное (мазут), а также различные смазочные масла, твердые и полутвердые смеси углеводородов (парафин, вазелин), нефтяные битумы.

Карбюраторное топливо – это бензины, лигроины и керосины; дизельное топливо – газойли, соляровые фракции [3, 4].

По результатам 2007 года, в структуре продукции, выпускаемой российскими нефтеперерабатывающими заводами (НПЗ), примерно 31% составляет дизельное топливо, 29% – топочный мазут, 17% – автомобильный бензин, 4% – авиационный керосин, 19% – другие нефтепродукты [5].

В Белгородской области широко используются бензин, мазут, керосин, в основном в качестве топлива.

---

\* Работа выполнена при поддержке гранта БелГУ ВКГ 042-09.

Мазут используется в котельных на Белгородской и Губкинской тепловых электростанциях как резервный вид топлива [6]. Белгородская область является не только потребителем нефтепродуктов, но и зоной их транспортировки. По территории области проходят нефтепроводы, наиболее крупные из которых: Белгород – Сумы и Воронеж – Белгород. В нефтепроводах транспортируемыми нефтепродуктами являются бензин и дизельное топливо [7].

Состав нефти и нефтепродуктов, после попадания их в природные водоёмы, постепенно изменяется в результате физических, химических и биологических процессов.

В течение нескольких дней до 25% нефтяного пятна исчезает за счет испарения и растворения низкомолекулярных фракций, причем ароматические углеводороды растворяются лучше нафтенов и парафинов с открытой цепью. Биохимическое разложение основной массы нефтяной плёнки происходит так медленно, что в течение нескольких недель или даже месяцев нефть находится на поверхности воды. Легче протекает микробиологическое разложение парафинов. Более стойкие циклопарафины и ароматические углеводороды сохраняются в водной среде гораздо дольше. К тому же, ароматические углеводороды обладают большей токсичностью по сравнению с парафинами [8]. Тяжелые фракции нефти в воде практически не разлагаются, они образуют в ней стойкие эмульсии, которые со временем коагулируют с образованием смолистых сгустков, опускающихся на дно. Химическое окисление нефти в водной среде протекает значительно медленнее, чем биохимическое. Нефть, сброшенная в северные моря, может сохраняться несколько десятков лет, вызывая серьёзные нарушения жизнедеятельности гидробионтов [9, 10].

Все вышесказанное определяет актуальность разработки мероприятий по предотвращению нефтяного загрязнения биосферы и способов очистки сточных вод от нефтепродуктов. Для очистки сточных вод от нефтепродуктов применяют механические, физико-химические и биологические методы [11–15].

Сорбция является эффективным физико-химическим методом очистки сточных вод. В зависимости от вида применяемого сорбента и типа адсорбера, метод сорбционной очистки может применяться на различных стадиях. Чаще всего его применяют перед биологической очисткой (на этапе физико-химической очистки). Сорбционный метод в последние годы используется в комплексе с биологической очисткой (биосорбционный метод). Его можно также использовать для доочистки биологически очищенных сточных вод, при глубокой очистке от растворенных органических веществ производственных сточных вод и возврате их в систему оборотного водоснабжения.

В качестве сорбентов используют различные материалы: золу, кокс, торф, силикагели, алюмогели, глины, шунгит и др. Эффективным сорбентом нефтепродуктов считаются активированные угли, однако, это дорогостоящий сорбент. Например, стоимость угля марки БАУ составляет 109 рублей за килограмм. Поэтому весьма актуальным является использование отходов производства в качестве эффективных сорбентов нефтепродуктов.

Целью данной работы является сравнительная оценка сорбционной способности активированного угля и цитрогипса для очистки сточных вод от нефтепродуктов.

### Методы исследования

В настоящей работе в качестве сорбентов использовали активированный уголь марки БАУ I и цитрогипс, который является отходом производства лимонной кислоты на ЗАО «Цитробел» (г. Белгород).

Исследования были проведены со следующими нефтепродуктами: сырая нефть, керосин и вакуумное масло ВМ-4.

В предыдущих исследованиях нами уже была определена возможность использования цитрогипса в качестве сорбента для очистки сточных вод от нефтепродуктов [16].

Методика проведения сорбционной очистки воды от нефтепродуктов заключается в следующем. В склянку Дрекселя помещают 100 мл дистиллированной воды, нефтепродукт и сорбент определенной массы. Производят встряхивание в течение заданного времени. Полученную смесь фильтруют под вакуумом на фильтре Шотта. Фильтрат из приёмной колбы Бунзена переносят в делительную воронку и дважды производят экстрагирование непоглотившегося нефтепродукта хлороформом (расход хлороформа: 10 мл на каждую экстракцию). По разности масс нефтепродукта, взятого на анализ, и непоглотившегося нефтепродукта рассчитывают массу сорбированного нефтепродукта:  $m_{\text{сорб.}} = m_{\text{исх.}} - m_{\text{непогл.}}$ . Сорбцию рассчитывают по формуле:  $A = m_{\text{сорбата}} / m_{\text{сорбента}}$  (мг/г).

### Результаты исследования и их обсуждение

Была исследована зависимость сорбционной активности от следующих факторов: природа нефтепродуктов, их концентрация в воде, массовое соотношение сорбент : сорбат, продолжительность сорбции.

Предварительные исследования сорбционной способности активированного угля и цитрогипса показали следующее. Сорбция сырой нефти, керосина и вакуумного масла ВМ-4 активированным углем, соответственно, составила 7.3 мг/г, 9.5 мг/г и 9.5 мг/г (при массовом соотношении сорбента к сорбату приблизительно 100 : 1). Сорбция была непродолжительной (3 минуты). Степень очистки воды от указанных нефтепродуктов, соответственно, составила: 83%, 92% и 95%.

Сорбция сырой нефти, керосина и вакуумного масла ВМ-4 цитрогипсом была величиной примерно того же порядка, что и углем. Она, соответственно, составила 7.4 мг/г, 7.9 мг/г и 8.7 мг/г.

Использование цитрогипса при исходной концентрации нефти в воде 374 мг/л и массовом соотношении сорбент : сорбат – 134 : 1 после пятнадцатиминутной сорбции позволило понизить концентрацию нефти в воде до 3.0 мг/л. При исходной концентрации керосина в воде 406 мг/л и массовом соотношении сорбент : сорбат – 123 : 1 его остаточная концентрация в воде составила 11.0 мг/л. При этом эффективность очистки воды от нефти достигла 99.2% , а от керосина – 97.3%.

Таким образом, концентрация сырой нефти и керосина понизилась до значений, позволяющих такие сточные воды направлять на сооружения полной биологической очистки, для которых допустимая концентрация нефти и нефтепродуктов составляет 25 мг/л. Применение цитрогипса понижает концентрацию нефти до значений (3.0 мг/л), допустимых для сброса промышленных сточных вод в городскую канализацию (5 мг/л).

С целью сравнительной оценки сорбционной способности исследуемых сорбентов к нефтепродуктам эксперименты по сорбции были проведены при одинаковых условиях, указанных в таблице. При этом исходная концентрация нефтепродукта в воде (3.3 г/л) была того же порядка, что и в реальных сточных водах нефтеперерабатывающих заводов (2–5 г/л).

Таблица

**Сравнительная оценка сорбционной способности активированного угля БАУ I и цитрогипса ( $V_{H_2O} = 100$  мл;  $m_{\text{сорбента}} = 5$  г;  $\tau = 3$  мин.) по отношению к вакуумному маслу**

Сорбент	Концентрация ВМ-4 в воде, г/л	Массовое соотношение сорбент : сорбат	m(ВМ-4) непогл., мг	m(ВМ-4) поглощ., мг	Сорбция, мг/г	Степень очистки воды, %
БАУ I	3.3	15:1	3.5	326.5	65.3	98.9
Цитрогипс	3.3	15:1	24.2	305.8	61.2	92.6

Результаты, представленные в таблице, показывают, что при массовом соотношении сорбент : сорбат = 15 : 1 сорбция вакуумного масла ВМ-4 активированным углем и цитрогипсом соответственно составила 65.3 мг/г и 61.2 мг/г. При этом степень очистки воды от вакуумного масла с первым сорбентом составляет 98.9%, а со вторым – 92.6%.

Хотя цитрогипс несколько уступает активированному углю по способности сорбировать вакуумное масло, его применение для очистки сточных вод от нефтепродуктов экономически целесообразно ввиду того, что он является отходом производства, в то время как уголь – весьма дорогой сорбент. Использование цитрогипса – потенциального источника загрязнения окружающей среды – для очистки сточных вод от нефтепродуктов позволяет одновременно решать как экономические, так и экологические задачи. В связи с этим были проведены дополнительные исследования сорбционных характеристик цитрогипса, в том числе такой важной характеристики как изотерма сорбции.

На рисунке приведена изотерма сорбции вакуумного масла цитрогипсом. Начальные концентрации вакуумного масла в воде составляли 165, 550, 990, 1980 и 3300 мг/л. В данной области концентраций изотерма сорбции имеет S-образный характер, что свидетельствует о полимолекулярной сорбции (относится ко II типу изотерм) [17, с. 145].

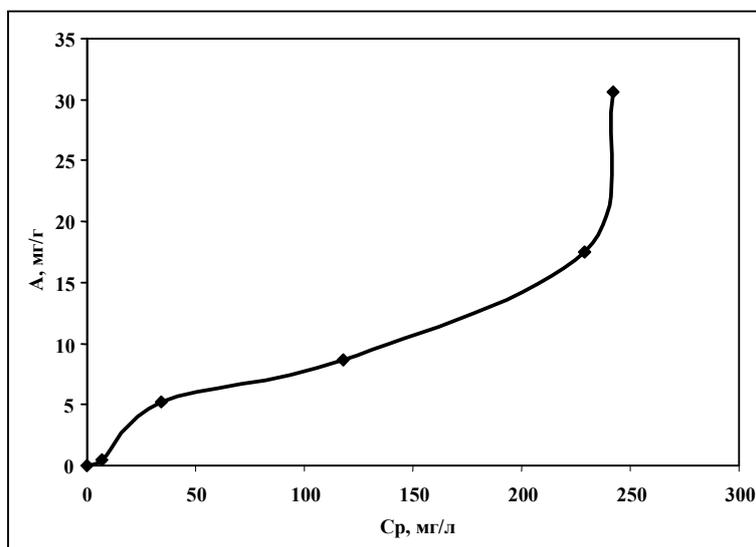


Рис. Изотерма сорбции вакуумного масла ВМ-4 цитрогипсом

Таким образом, проведенные исследования показали, что цитрогипс хотя и несколько уступает активированному углю по сорбции вакуумного масла и, соответственно, по эффективности очистки сточных вод от этого нефтепродукта, его можно рекомендовать для этих целей по экономическим соображениям. Указанный сорбент позволяет производить в течение трёх минут очистку водных растворов от вакуумного масла почти на 93%. Установлен S-образный характер изотермы сорбции в диапа-

зоне исходных концентраций 0.16–3.3 г/л.

### Список литературы

1. Документы VII съезда Всероссийской политической партии «Единая Россия» // Единая Россия. – 2006. – № 47 (от 4 декабря 2006 г.).
2. Всероссийская политическая партия «Единая Россия». Об основных направлениях по проекту «Чистая вода» и о деятельности рабочей группы партийного проекта «Чистая вода». – М., 2008. – 7 с.
3. Общая химическая технология: В 2 т. Т. I / Под ред. С. И. Вольфковича. – М.; Л.: Госхимиздат, 1953. – 632 с.
4. Справочник нефтехимика: В 2 т. Т.1 / Под ред. С.К. Огородникова. – Л.: Химия, 1978. – 496 с.
5. Нефтеперерабатывающая отрасль России и рынок нефтепродуктов. Аналитический обзор. Департамент консалтинга. [http://www.markeing.rbc.ru/rev\\_short/31867401.shtml](http://www.markeing.rbc.ru/rev_short/31867401.shtml)



6. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. – 2-е изд. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 295 с.
7. Паспорт Белгородской области за 2005 год: Статистический сборник. – Белгород: Белгородстат, 2006.
8. Лейте В. Определение органических загрязнений питьевых, природных и сточных вод / Пер. с нем. Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1975. – 200 с.
9. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высшая школа, 1998. – 287 с.
10. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
11. Торочешников Н.С., Родионов А.И., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1981. – 368 с.
12. Роев Г.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод от нефтепродуктов. – М.: Недра, 1987. – 224 с.
13. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности / А.С. Бобков, А.А. Блинов, И.А. Роздин, Е.И. Хабарова. – М.: Химия, 1997. – 400 с.
14. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Под общ. ред. Ю.В. Воронова. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
15. Кобызева Н.В., Гатаулин А.Г., Силищев Н.Н., Логинов О.Н. Использование иммобилизованной микрофлоры для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Вода и экология. – 2008. – №1. – С. 74-79.
16. Индина И.В., Япрынцева М.Н. Исследование возможности использования цитрогипса для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химической науки, практики и образования» (19 – 21 мая 2009 года). Ч. 2. – Курск, 2009. – С. 116-119.
17. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии: учеб. для вузов. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.

## COMPARATIVE EVALUATION OF ACTIVATED CARBON AND CITROGYPSUM SORPTION CAPACITY TO PETROCHEMICALS

**V.A. Perysty,  
L.F. Peristaya,  
I.V. Indina,  
M.N. Yapryntsev**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: peristaya@bsu.edu.ru*

Citrogypsum is a waste in the production of citric acid on the “Citrobel” plant (Belgorod). It is found that its sorptive capacity to petrochemicals in particular to vacuum oil is slightly below that of activated carbon. However the use of citrogypsum makes economic sense and permits to solve the ecological problems.

Key words: activated carbon, citrogypsum, sorption, petrochemicals, vacuum oil.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

**В.А. Перистый<sup>1</sup>,  
Л.Ф. Перистая<sup>1</sup>,  
В.П. Чуев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Белгородский государственный университет  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: peristaya@bsu.edu.ru

<sup>2</sup> Опытный-экспериментальный завод «ВладМиВа»

Россия, 308003 г. Белгород,  
ул. Студенческая, 19

E-mail:  
postmaster@«Vladmiva».ru

Разработана технология получения полиакриловой кислоты. На опытно-промышленной установке химической технологии Белгородского государственного университета получены опытные партии полиакриловой кислоты, которые прошли успешные промышленные испытания на опытно-экспериментальном заводе «ВладМиВа» в качестве композиционных биосовместимых стоматологических материалов.

Ключевые слова: полиакриловая кислота, толуол, полимеризация, композиты, биосовместимость.

### Введение

Синтетические полимерные материалы и композиты всё больше внедряются в промышленность, транспорт, быт и медицину. Большое применение находят композиты на основе полиакриловой кислоты в качестве пломбировочного материала в стоматологии [1]. Ранее проведенные нами лабораторные исследования показали, что качественная мелкодисперсная полиакриловая кислота может быть получена путём свободнорадикальной полимеризации акриловой кислоты в растворителе-толуоле при температуре 103–106°C в присутствии 1.3% масс. инициатора  $\alpha,\alpha'$ -азобис(изобутиронитрила) [2]. Следующий этап работы заключается в отработке промышленной технологии процесса полимеризации акриловой кислоты. Необходимо разработать промышленную технологию второй стадии технологического процесса – удаления растворителя-толуола и получение кондиционного товарного продукта – мелкодисперсной, высокочистой, порошкообразной полиакриловой кислоты.

В литературе по вопросам химизма, технологии и свойств полимерных материалов были найдены сведения теоретического характера [3 – 11].

Конкретные сведения указываются в источнике [12], в котором сообщается, что полимеризация акриловой кислоты происходит в водной среде в двухшнековом реакторе с несколькими лопастными мешалками, причём часть поверхности или всю поверхность реактора постоянно охлаждают до температуры не более 70°C жидким охлаждающим агентом. В результате получается гидрофильный полимер, используемый в качестве абсорбента (для гигиенических целей), для кондиционирования почвы (в сельском хозяйстве).

Водный раствор полиакриловой кислоты также может быть получен путём полимеризации 36.5–37.5 масс. %-ного раствора акриловой кислоты в присутствии пероксида водорода (инициатор), гидрохинона и натриевой соли тиогликолевой кислоты (регуляторы молекулярной массы полимера) [13]. Этот способ позволяет получить более стабильные водные растворы полиакриловой кислоты, чем упомянутые в источнике [12]. Тем не менее, увеличение вязкости при длительном хранении всё-таки происходит, и это снижает потребительские свойства полимера.

Поэтому авторами был предложен способ получения высокочистой, без примесей, легко дозируемой, порошкообразной, мелкодисперсной, безводной полиакриловой кислоты, так как именно такой полимер стабилен как при длительном хранении,

так и удобен для быстрого приготовления раствора любой концентрации с целью получения (при смешении с порошкообразным стеклом-отвердителем) пломбировочного стоматологического композита [2]. Однако для реализации данного способа в промышленности необходимо исследовать коррозионную устойчивость конструкционных материалов, тепловой режим технологического процесса и отработать технологию отгонки растворителя-толуола. Решению этих задач посвящается данная статья.

### Методы исследования

При переходе от лабораторного метода полимеризации акриловой кислоты к испытаниям на опытно-промышленной установке в «металле» прежде всего необходимо было выбрать конструкционные материалы, которые бы не подвергались коррозии и не загрязняли товарную полиакриловую кислоту.

Коррозионные испытания проводились при температуре 90°C. Для этого испытываемые образцы взвешивались и помещались в 20%-ный раствор акриловой кислоты в толуоле. Колбы с образцами помещались в воздушный термостат на пять дней. По истечении срока испытания образцы промывались водой, сушились и взвешивались. По потере массы рассчитывалась скорость коррозии по общепринятой формуле [14].

$$\Pi = \frac{K \cdot 8765}{\rho \cdot 1000} \text{ [мм/год.]}$$

где  $K$  – потеря массы, г/м<sup>2</sup>·час;  $\rho$  – плотность материала, г/см<sup>3</sup>; 8765 – число часов в году.

Как показали результаты работы на опытной установке производительностью 5 кг в сутки, полимеризация акриловой кислоты в реакторе-полимеризаторе объёмом 40 л (при соблюдении условий и параметров, полученных при лабораторных исследованиях) протекала вполне нормально. Однако, основные трудности встретились на стадии удаления толуола-растворителя из полимеризационной массы.

Анализ литературных данных [15, 16] показывает, что удаление толуола возможно, по-видимому, несколькими способами:

1) фильтрацией полимерной массы с последующей промывкой влажной полиакриловой кислоты легколетучим растворителем (например, диэтиловым эфиром) и сушкой для удаления легколетучего растворителя;

2) отгонкой толуола с применением ротационных испарителей, аппаратов кипящего слоя, сушильных аппаратов башенного типа и т.д.

При подходе к решению данного вопроса учитывались особенности свойств полиакриловой кислоты, жесткие требования медицинской промышленности к качеству продукта (полное отсутствие механических включений и загрязняющих веществ, а также основные требования – полное отсутствие толуола). Удаление толуола на ротационных аппаратах и аппаратах кипящего слоя, а также сушка с применением башенной аппаратуры проходили очень эффективно, и полученная полиакриловая кислота не содержала остаточного толуола. Но при столь эффективном массообмене происходит электризация, и порошкообразная полиакриловая кислота, заряжаясь статическим электричеством, в значительных количествах (до ≈ 35%) уносится в систему конденсации. Это привело не только к потерям продукта, но даже к забивкам холодильников-конденсаторов и вынужденным остановкам.

Удаление толуола путём фильтрации не эффективно: остаточный толуол трудно удаляется последующей промывкой летучими растворителями, потери которых достигают 50% и более. При этом длительные манипуляции и заключительная сушка в сушильных камерах привели к загрязнению конечного продукта различными механическими включениями, что недопустимо.

Учитывая все перечисленные факты, для удаления толуола был выбран метод его отгонки из аппарата-полимеризатора под вакуумом. Применение вакуума при остаточном давлении менее 12 мм рт.ст. позволило снизить температуру процесса и предотвратить «пригорание» полимера к стенкам аппарата. Для отработки технологического режима отгонки были проведены опыты. Источником нагрева служило электричество, конечный продукт – полиакриловая кислота анализировалась на содержа-

ние остаточного толуола путём его экстракции пентаном. Для этого навеска полиакриловой кислоты ( $\approx 10$  г) растворялась в 100 мл дистиллированной воды, и полученные растворы трижды экстрагировались 50 мл пентана. Пентановые вытяжки соединялись, и пентан осторожно отгонялся на водяной бане. По массе остатка в перегонной колбе рассчитывалось содержание толуола.

### Результаты и их обсуждение

Исходя из результатов коррозионных испытаний, приведенных в таблице 1, и учитывая сравнительно высокую температуру коррозионных испытаний, можно рекомендовать в качестве основного конструкционного материала нержавеющей сталь марки 1X18H10T, бронзу Бр. ОЦСН 3-7-5-1 и кислотоупорную эмаль. Для прокладочного материала подходит только фторпласт-4, так как паронит и резина при контактировании с акриловой кислотой становятся ломкими, крошатся и разрушаются. Сальниковая набивка, по-видимому, может быть выполнена из фторпластовых стружек. Из сравнения полученных данных (таблица 1) с коррозионными свойствами муравьиной и уксусной кислот [17] следует, что акриловая кислота – более агрессивная жидкость, даже не в чистом состоянии, а в виде 20%-ного раствора в толуоле. Этот факт необходимо учитывать при промышленной реализации процесса и поэтому в качестве аппарата-полимеризатора был выбран эмалированный аппарат.

Таблица 1

#### Скорость коррозии в среде 20%-ного раствора акриловой кислоты в толуоле при температуре 90°C

№ п/п	Наименование материала	Скорость коррозии, мм/год; (в скобках коррозия в баллах)	Примечания
1	Свинец	0.8 (7)	Пониженностойкий
2	Сталь 1X18H10T	0.9 (7)	Пониженностойкая
3	Сталь, Ст. – 5	12.3 (10)	Нестойкая
4	Бронза, Бр.ОЦСН 3-7-5-1	0.4 (6)	Пониженностойкая
5	Кислотоупорная эмаль	<0.1 (5)	Стойкая
6	Паронит УВ-10	>20 (10)	Нестойкий, крошится
7	Резина техническая листовая	>20 (10)	Нестойкая, ломкая
8	Фторпласт- 4	<0.1 (5)	Стойкий

Для успешного протекания процессов полимеризации и последующего удаления растворителя – толуола необходимо было выбрать источник тепла и произвести тепловые расчёты. Ввиду небольших объёмов промышленного оборудования ( $\sim 40$  литров) более предпочтительным источником тепла является электричество по сравнению, например, с паровым обогревом. Кроме того, при применении электричества можно более мобильно регулировать температурный режим.

Необходимое количество подводимой энергии рассчитывалось по формуле [15]:

$$Q = c_p \cdot m (t_k - t_n) \quad (1)$$

где:  $c_p$  – теплоёмкость реакционной массы (принимается по теплоёмкости толуола), равная 2060 Дж/кг·град [18];

$m$  – масса толуола и акриловой кислоты на загрузку, равная 25 кг (4 кг акриловой кислоты и 21 кг толуола);

$t_k$  – конечная температура реакционной массы, равная 100 °С;

$t_n$  – начальная температура реакционной массы, равная 20 °С.

$$Q = 2060 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 25 \text{ кг} \cdot (100 - 20)^\circ\text{С} = 4120000 \text{ Дж}$$

Если учесть, что реакционная масса должна нагреться до температуры начала реакции, то есть до  $\sim 100$  °С в течение одного часа, то потребная мощность нагревателя составит 4120000 Дж/час или  $4120000/3600 = 1140$  Дж/с = 1140 Вт.

По окончании процесса полимеризации одним из вариантов удаления толуола может быть его отгонка. Поэтому необходимая величина теплового потока процесса отгонки составит:

$$Q_{\text{т.п.}} = \frac{21 \text{ кг} \cdot 97,5 \cdot 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{2 \cdot 3600 \text{ с}} = 1198 \text{ Дж/с или Вт},$$

где: 21 – масса толуола, кг;

97,5×4190 – теплота испарения толуола при 60°C, Дж/кг [12, с. 815];

2 – продолжительность отгонки толуола, час.

Ввиду того, что величина теплового потока процесса отгонки больше, чем процесса нагревания исходного толуола на стадии полимеризации, дальнейшие расчёты производят по величине теплового потока процесса отгонки. Определим длину нихромовой проволоки электрического нагревательного элемента по выведенной нами формуле:

$$l = \frac{V^2 \cdot S}{Q_{\text{т.п.}} \cdot \rho} \quad (2)$$

где: V – напряжение питания однофазного тока, равное 220 в;

S – поперечное сечение нихромовой проволоки, мм<sup>2</sup>;

Q<sub>т.п.</sub> – мощность теплового потока процесса, Вт;

ρ – удельное сопротивление нихрома, равное 1,1 Ом×мм<sup>2</sup>/м [13, с. 936]

Подставляем значения в формулу (2) и, учитывая, что Ом =  $\frac{В}{А}$ , а Вт = В×А, получаем:

$$l = 220^2 \text{ В} \times 2 \text{ мм}^2 / 1198 \text{ Вт} \times 1,1 \times \text{Ом} \times \text{мм}^2 / \text{м} = 73,2 \text{ м}.$$

Таким образом, на полимеризатор необходимо намотать спираль из нихромовой проволоки сечением 2 мм и длиной 73,2 м. При этом плотность тока составит:

$$i = \frac{I}{S} = \frac{V}{R \cdot S} = \frac{V}{\rho \cdot S \cdot \frac{l}{S}} = \frac{V}{\rho \cdot l} = \frac{220 \text{ В}}{1,1 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 73,2 \text{ м}} = 2,73 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

Как показали предварительные опыты, данная величина плотности тока допустима, и перегорание нихромовой проволоки не будет иметь места. Перегорание нихрома, появление хрупкости возникает при плотности тока 8–10 А/мм<sup>2</sup> и выше.

Тепловой эффект процесса полимеризации акриловой кислоты составляет 77,4 Дж/моль [4, с.166], и данную теплоту необходимо отводить охлаждающей водой при помощи змеевика. Необходимая для этого поверхность теплообмена составит:

$$F = \frac{Q_{\text{т.эф.}} \cdot \nu}{(t_{\text{р.м.}} - t_{\text{охл.}}) \cdot K \cdot \tau} \quad (3)$$

где: Q<sub>т.эф.</sub> – тепловой эффект полимеризации, кДж/моль;

ν – количество молей акриловой кислоты, равное 4000г/72г/моль = 55,5 моль;

t<sub>р.м.</sub> – температура реакционной массы, равная ~100 °С;

t<sub>охл.</sub> – средняя температура охлаждающей воды, равная ~ 40 °С;

K – общий коэффициент теплоотдачи, составляющий для змеевиков 410 кДж/м<sup>2</sup>×час×°С [16, с. 275];

τ – продолжительность полимеризации, составляющая ~ 1 час.

Подставляем значения в формулу (3) и находим поверхность змеевика:

$$F = \frac{77,4 \text{ кДж/моль} \cdot 55,5 \text{ моль}}{(100 - 40)^\circ\text{С} \cdot 410 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 1 \text{ час}} = 0,174 \text{ м}^2$$

Учитывая тот факт, что процесс полимеризации может протекать неравномерно, поверхность охлаждения змеевика необходимо увеличить в 2 – 3 раза, чтобы был запас по теплосъёму.

Полученные выше расчётные данные были применены при конструировании и монтаже аппарата-полимеризатора акриловой кислоты: для этого типовую заводскую

эмалированную ёмкость снабдили мешалкой, электрообогревом и охлаждающим змеевиком. В качестве прокладочного материала применялся фторпласт-4.

В данном аппарате-полимеризаторе были проведены опыты по отгонке растворителя-толуола после окончания процесса полимеризации. Пары толуола конденсировались в водяном кожухотрубчатом теплообменнике – конденсаторе; вакуум создавался при помощи агрегата вакуумного золотникового АВЗ-20Д. Экспериментальные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

#### Данные по отгонке толуола

№ п/п	Остаточное давление, мм рт.ст.	Температура, °С		Содержание толуола в конечном продукте, масс. %	Примечание
		в кубе	в парах		
1.	100	75–112	70–45	0.18	«пригорание» к стенкам
2.	80	71–110	65–41	0.12	«пригорание» к стенкам
3.	50	68–105	64–38	0.09	«пригорание» к стенкам
4.	40	66–104	60–32	0.07	«пригорание» отсутствует
5.	25	59–100	51–27	0.03	«пригорание» отсутствует
6.	12	52–95	49–25	отсутствует	«пригорание» отсутствует
7.	8	50–88	41–22	отсутствует	«пригорание» отсутствует
8.	5	48–79	30–22	отсутствует	«пригорание» отсутствует

Отгонку растворителя-толуола (таблица 2) необходимо проводить при остаточном давлении 5–12 мм рт.ст. и температуре в кубе 48–95°С, так как при более высокой температуре возможно стеклование полиакриловой кислоты (особенно в конце процесса отгонки толуола).

Экспериментальные данные были проверены на опытно-промышленной установке. С целью рационализации процесса, отгонка толуола протекала при переменном режиме: вначале при температуре в кубе 95–100°С и остаточном давлении 230–300 мм рт.ст. отгонялась половина толуола-растворителя; далее постепенно снижалась температура и остаточное давление; заканчивался процесс отгонки при температуре в кубе 60–80°С и остаточном давлении 4–5 мм рт.ст.

С учётом полученных экспериментальных данных на опытно-промышленной установке Белгородского университета была наработана партия полиакриловой кислоты, которую применили для приготовления композитов.

#### Выводы

1. Разработана технология получения полиакриловой кислоты путём свободно-радикальной полимеризации акриловой кислоты в растворителе-толуоле при температуре 103–106°С в присутствии инициатора  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрила) с последующей вакуумной отгонкой толуола при конечном остаточном давлении 4–5 мм рт.ст. и переменном температурном режиме 100–70°С.

2. В отличие от получаемой за рубежом полиакриловой кислоты в виде водного раствора, полиакриловая кислота, получаемая по разработанному отечественному процессу, является мелкодисперсной, порошкообразной, легко дозируемой и стабильной при хранении. Всё это благоприятно влияет на процесс приготовления биосовместимых композитов на её основе для терапевтической стоматологии.

3. На опытно-промышленном заводе «ВладМиВа» освоено производство семи стоматологических материалов на основе полиакриловой кислоты, вырабатываемой по технологии БелГУ.

#### Список литературы

1. Чуев В.П., Бузов А.А., Кузьмина Е.А. Стоматологическая программа // Сборник стоматологических материалов, выпускаемых фирмой «ВладМиВа». – Белгород, 2005. – 216 с.

2. Патент РФ № 2.266.918, МПК С08F 120/06. Способ получения полиакриловой кислоты / Перистый В.А., Чуев В.П., Никитченко В.М. Заявлен 30.06.2004; опубликован 27.12.2005. Бюл. № 36.
3. Гаупман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия / Пер. с нем. Под ред. проф. Потапова В.М. – М.: Химия, 1979. – 831 с.
4. Брацихин Е.А. Технология пластических масс. – Л.: Госхимиздат, 1963. – 600 с.
5. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластмассы на их основе. – М.: Химия, 1977. – 381 с.
6. Коршак В.В. Общие методы синтеза высокомолекулярных соединений. – М.: Изд. АН СССР, 1953. – 280 с.
7. Стрелихеев А.А., Деревницкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1966. – 392 с.
8. Оудиан Д. Основы химии полимеров. – М.: Мир, 1974. – 571 с.
9. Пакшвер Э.А. Карбоцепные синтетические волокна. – М.: Химия, 1973. – 420 с.
10. Платэ Н.А., Литманович А.Д., Ноа О.В. Макромолекулярные реакции. – М.: Химия, 1977.
11. Платэ Н.А., Шибаяев В.П. Гребнеобразные полимеры и жидкие кристаллы. – М.: Химия, 1980. – 450 с.
12. Патент РФ № 2031097, МПК С08F 120/56. Способ получения полиакрилового геля / Есинобу Харуна (JP), Акито Яно (JP). Заявлен 22.05.1989; опубликован 20.03.1995.
13. Патент РФ № 1557982, МПК С08F 120/06. Способ получения водных растворов полиакриловой кислоты / Лукина Е.Н., Мирошниченко С.В.. Заявлен 11.12.1987; опубликован 25.07.1995.
14. Справочник сернокислотчика / Под ред. К.М.Малина. – М.: Химия, 1971. – 774 с.
15. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.Э. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: ГХИ, 1962. – 847 с.
16. Пери Дж. Справочник инженера-химика / Пер. с англ. – Л.: Химия, 1969. – Т.1. – 693 с.
17. Справочник химика / Под ред. Т.П. Никольского. – М.;Л.: Химия, 1966. – Т.5. – 973 с.
18. Справочник химика / Под ред. Т.П. Никольского. – М.: Химия, 1966. – Т.1. – 1070 с.

## THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF POLYACRYLIC ACID PRODUCTION FOR DENTISTRY

**V.A. Peristy<sup>1</sup>,  
L.F. Peristaya<sup>1</sup>,  
V.P. Chuev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: peristaya@bsu.edu.ru  
<sup>2</sup> Firm «VladMiVa»  
Studencheskaya St., 19, Bel-  
gorod, 308003, Russia  
e-mail: postmas-  
ter@vladmiva.ru

The technology of polyacrylic acid production has been developed. Experimental batches of polyacrylic acid were obtained on the pilot plant equipment of chemical technology at the Belgorod state university. They passed successful pilot tests as biocompatible composite materials at the experimental plant «VladMiVa»

Key words: polyacrylic acid, toluene, polymerization, composites, biocompatibility.

---

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

---

УДК 556.53:574.63(470.325)

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ МАЛЫХ РЕК В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

**А.Г. Корнилов,  
А.Н. Петин,  
М.Г. Лебедева,  
С.Н. Колмыков**

*Белгородский  
государственный  
университет  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85*

*E-mail:  
kornilov@bsu.edu.ru;  
petin@bsu.edu.ru;  
lebedeva@bsu.edu.ru;  
kolmykov@bsu.edu.ru*

По результатам гидрохимических наблюдений Центрально-Черноземного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и собственных исследований авторов выполнен обзор гидроэкологической ситуации малых рек Белгородской области, формирующейся под влиянием горнодобывающего комплекса КМА. На примере р. Оскол установлена зона активного воздействия протяженностью до 15 км, а также показана существенная роль сопутствующего селитебно-промышленного комплекса в формировании гидрохимических показателей.

Ключевые слова: гидрохимия, гидроэкология, горнодобывающая промышленность.

---

### Введение

Старооскольско-Губкинский горнопромышленный район располагается в северной части Белгородской области в границах Старооскольского и Губкинского административных районов. Основной отраслью хозяйства данного промузла является горнодобывающая промышленность, ведущими предприятиями которой являются Лебединский и Стойленский горно-обогатительные комбинаты (ЛГОК и СГОК). Сырьевой базой этих предприятий являются Стойленское и Лебединское месторождения железных руд, разработка которых осуществляется открытым способом. Еще одной ведущей отраслью является черная металлургия, ведущим предприятием которой является Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК). Большая концентрация в Старооскольско-Губкинском промузле этих и других предприятий привела, естественно, к деградации в разной степени окружающей среды, в том числе и малых рек, протекающих здесь. Информация о качестве воды в реках бассейна р. Оскол обобщена по результатам гидрохимических наблюдений подразделений Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета [3].

#### 1. Река Осколец в зоне влияния ЛГОКа

ЛГОК сбрасывает производственные стоки и часть дренажных вод непосредственно в р. Осколец в количестве порядка 10 млн. м<sup>3</sup> в год.

Имеющиеся материалы о качестве воды в реке Осколец Росгидромета показывают следующее.

В районе г. Губкин отбор проб осуществлялся в двух створах:

- фоновый – 0.7 км выше города, в черте с. Салтыково;
- контрольный – 9 км ниже города, в черте с. Николаевка.

В г. Старый Оскол отбор проб осуществлялся в одном створе – в черте города, 1,3 км выше устья, у моста.

В 1968-1975 гг. вода в реке Осколец у г. Губкин (фоновый створ) и г. Старый Оскол характеризовалась 4-м классом разряда «б» грязная. Критические показатели загрязненности у г. Губкин – взвешенные вещества, железо общее и нефтепродукты; у г. Старый Оскол – взвешенные вещества и нефтепродукты. Характерными загрязнителями реки (повторяемость концентраций выше ПДК более 50%) были признаны органические вещества по БПК<sub>5</sub> (55% в фоновом створе г. Губкин, 78% у г. Старый Оскол), железо общее (76 и 60% соответственно), нефтепродукты (80 и 75%), соединения меди (60% – г. Старый Оскол). Значение удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) составило 4,85 и 5,17.

В 1985–1999 гг. качество воды осталось «грязным», в фоновом створе г. Губкин несколько улучшилось – 4 класс разряд «а», у г. Старый Оскол – по-прежнему 4 класс разряд «б». Наиболее загрязнена река в контрольном створе г. Губкин – 4 класс разряд «в» – очень грязная; число критических показателей – 3 (взвешенные вещества, азот аммонийный и нитритный). Характерные загрязнители реки: органические вещества по ХПК и БПК<sub>5</sub> (66 и 72% - фоновый створ г. Губкин, 75 и 73% - контрольный створ г. Губкин, 72 и 76% - г. Старый Оскол); железо общее (60, 71 и 59% соответственно); соединения меди (83, 92 и 90%); азот нитритный (65% – контрольный створ г. Губкин, 72% – г. Старый Оскол); нефтепродукты (63 и 70% соответственно); азот аммонийный (51% – контрольный створ г. Губкин). Значения УКИЗВ составили 4.80, 5.89 и 5.52.

В 2000–2007 гг. наблюдается улучшение качества воды. Вода реки в целом, в т.ч. и в контрольном створе г. Губкин и г. Старый Оскол, оценивается 4 классом разряда «а». Критические показатели – взвешенные вещества и азот нитритный.

Характерные загрязнители:

– в фоновом створе г. Губкин: органические вещества по БПК<sub>5</sub> (56%) и азот нитритный (59%);

– в контрольном створе: органические вещества по БПК<sub>5</sub> (63%), азот нитритный (72%), фосфаты (69%), соединения меди (51%), фенолы (54%);

– у г.Ст. Оскол: органические вещества по БПК<sub>5</sub> (67%), азот нитритный (84%), соединения меди (52%), фенолы (67%), нефтепродукты (56%).

Значения УКИЗВ составили соответственно 3.80, 4.34 и 4.30.

На всем протяжении река Осколец также характеризуется повышенным содержанием взвешенных веществ.

Проведенные нами в 2005–2008 гг. в меженный период дополнительные исследования влияния горнодобывающей промышленности на гидрохимический состав воды показывают, что содержание всех загрязняющих веществ (кроме сухого остатка и сульфатов) после попадания дренажных сточных вод в р. Осколец снижается, так как содержание загрязняющих веществ в сточных водах Лебединского ГОКа меньше, чем в р. Осколец до места сброса. Фоновое содержание нефтепродуктов составляет 3.4 ПДК, а после сброса – 0.6 ПДК. Концентрация железа снижается с 5 ПДК до 3 ПДК, марганца – с 3.5 ПДК до 2.5 ПДК, меди – с 9 ПДК до 3 ПДК. Содержание сухого остатка и сульфатов после сброса сточных вод увеличивается незначительно: в 1.07 и 1.03 раза соответственно. Ход изменения содержания загрязняющих веществ показан на рис. 1.

В связи с тем, что в р. Осколец, помимо ЛГОКа, сбрасывают свои сточные воды и другие предприятия, расположенные ниже по течению, сложно вычлнить влияние на гидроэкологическое состояние р. Осколец отдельно ЛГОКа. В какой-то мере это позволяют сделать расчетные концентрации загрязняющих веществ, которые показывают содержание загрязняющих ингредиентов при отсутствии сброса от других предприятий. Расчетные концентрации по всем веществам ниже фактических.

В то же время влияние горнодобывающей промышленности на прилегающие малые реки (р. Осколец) на примере ЛГОКа имеет двойственный характер: с одной стороны – содержание почти всех загрязняющих веществ после сброса снижается, с другой – за счет снижения водности реки на 1/3 (с 2.18 м<sup>3</sup>/с в период ненарушенного

стока 1933–1974 г.г. до 1.47 м<sup>3</sup>/с в настоящее время), значительно уменьшилась самоочищающая способность Оскольца в отношении диффузного селитебного и сельскохозяйственного загрязняющего стока [1].

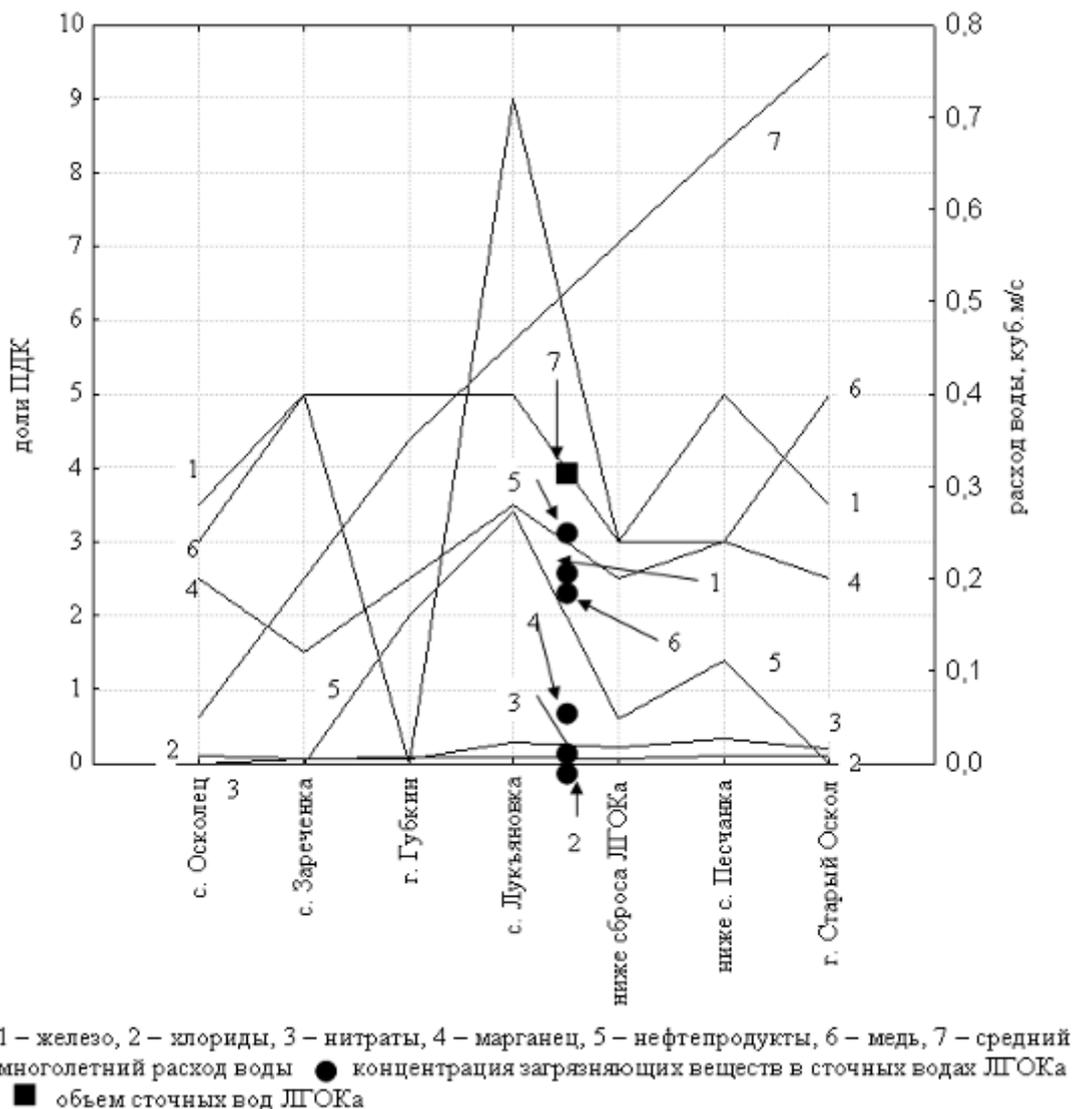


Рис. 1. Динамика содержания загрязняющих веществ по р. Осколец

Отмечено относительно удовлетворительное состояние биологических компонентов р. Осколец. Сброс дренажных вод горнодобывающего комплекса не оказывает заметного отрицательного влияния на мезофауну бентоса и обрастаний р. Осколец. По данным [4] сапробность воды в р. Осколец по показателям состояния бентоса и обрастаний меняются от 1,96 (II класс) до 2,64 (II-III класс). Вода характеризуется как умеренно-загрязненная. Видовой состав водной флоры р. Осколец включает свыше 40 видов высших сосудистых растений и около 20 видов низших растений, что также указывает на умеренную загрязненность с олигосапробным и бетамезосапробным типами. Сброс дренажных вод Лебединского ГОКа в р. Осколец существенно не изменяет качественный и количественный состав населяющего их зоопланктона [4].

## 2. Река Чуфичка в зоне влияния СГОКа.

СГОК сбрасывает дренажные воды хвостохранилища в р. Чуфичка и производственные воды в балку Волчий Лог, из которой они попадают в р. Чуфичка, в общем объеме порядка 3 млн. м<sup>3</sup> в год.

Проведенные нами в 2005-2009 г.г. в меженный период исследования гидрохимического состава воды позволяют сказать следующее. После сброса дренажных вод

в устье Чуфички увеличивается концентрация следующих ингредиентов: жесткость (2.2 раза), нефтепродукты (10.67 раза), силикаты (2.69 раза), минерализация (1.21 раза), сухой остаток (1.14 раза), кальций (3.19 раза), магний (1.37 раза), гидрокарбонаты (2.44 раза), нитраты (до сброса не обнаруживались, а после сброса – 2.5 мг/л), фосфаты (до сброса не обнаруживались, а после сброса – 0.86 мг/л). Уменьшается концентрация по взвешенным веществам (3.48 раза), железу (до сброса 0.28 мг/л, а после – не обнаруживается), азоту аммонийному (до сброса 0.1 мг/л, а после – следы), К+Na (69.83 раза), сульфатам (4.08 раза), хлоридам (3.33 раза), фторидам (до сброса 0.1 мг/л, а после – следы), цинку (7.14 раза), никелю (1.27 раза), стронцию (1.15 раза).

Ход изменения содержания загрязняющих веществ показан на рис. 2.

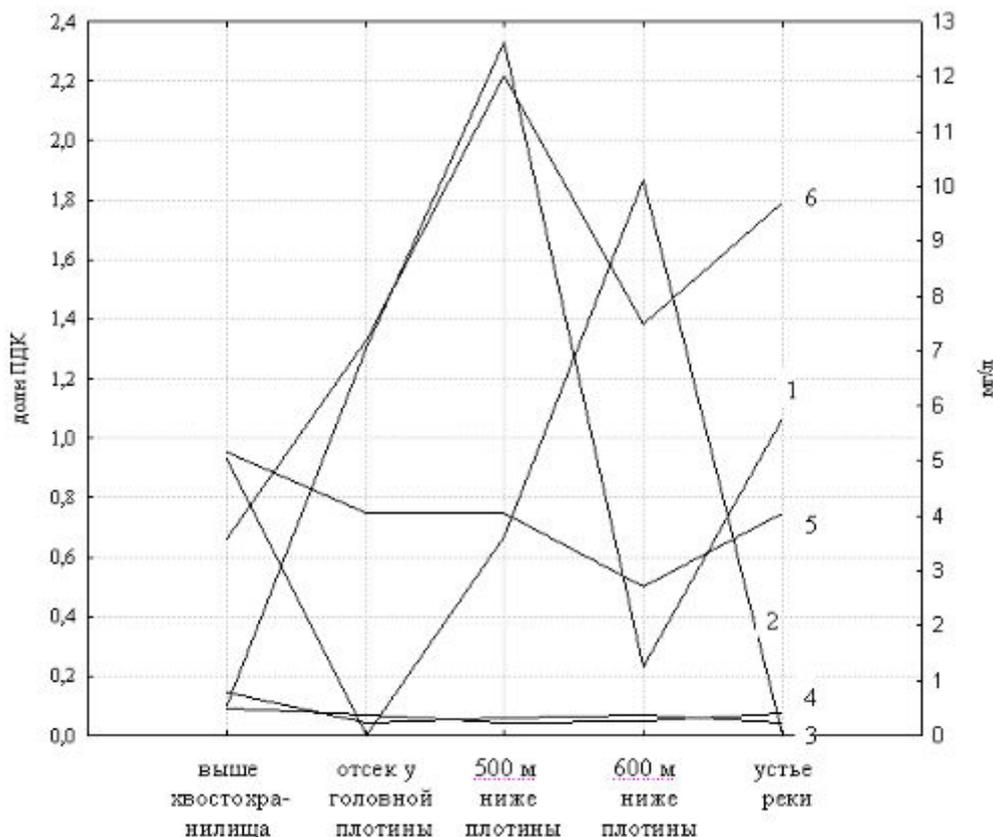


Рис. 2. Динамика содержания загрязняющих веществ по р. Чуфичка

Обозначения: 1 – нефтепродукты (левая шкала), 2 – железо (левая шкала), 3 – хлориды (левая шкала), 4 – стронций (левая шкала), 5 – никель (левая шкала), 6 – силикаты (правая шкала)

Отмечается относительно удовлетворительное состояние биологических компонентов р. Чуфичка. Видовой состав растений в воде и у уреза воды: рогоз широколистный, частуха подорожниковая, ряска малая, тростник восточный, зеленые водоросли, осока острая; лютик водный, вероника ключевая, уруть колосистая. По берегам – луговое разнотравье, насчитывающее более 50 видов растений. В составе мезофауны р. Чуфичка отмечены ручейники, жуки плавунцы, жуки-водобродки, ракушковые раки, ветвистоусые раки. Зоопланктон представлен четырьмя таксонами в незначительном количестве – 68.0 шт./ м<sup>3</sup> и биомассе 0.03 г/м<sup>3</sup> [4].

3. Река Оскол в зоне влияния Старооскольско-Губкинского горнопромышленного комплекса

Оскол является рекой, которая наиболее сильно подвержена влиянию горнодобывающих предприятий Старооскольско-Губкинского промышленного района, так как в конечном счете все сточные воды так или иначе попадают именно в нее. ЛГОК оказывает влияние посредством сброса сточных вод в р. Осколец, которая является правым притоком р. Оскол. СГОК сбрасывает свои воды в р. Чуфичка, которая также является правым притоком р. Оскол. ОЭМК сбрасывает сточные воды непосредствен-

но в р. Оскол в районе с. Голофеевка. Вода из хвостохранилищ ЛГОКа и СГОКа фильтруется в подземные водоносные горизонты и происходит ее разгрузка в р. Оскол (так называемый неорганизованный рассеянный выпуск в р. Оскол).

Имеющиеся материалы о качестве воды в реке Оскол в зоне воздействия Старооскольско-Губкинского горнопромышленного узла, подготовленные по результатам наблюдений за загрязненностью реки Оскол сетевыми подразделениями Росгидромета [3], показывают следующее.

В пункте наблюдений г. Старый Оскол в 1968-1975 гг. вода реки Оскол оценивалась 4-м классом разряда «а» грязная в фоновом створе и разряда «б» грязная в 1 контрольном. Критическим показателем являлись взвешенные вещества (в обоих створах) и нефтепродукты (1 контрольный).

Характерными загрязнителями реки с повторяемостью концентраций выше ПДК более 50 % признаны органические вещества по БПК<sub>5</sub> (67% – в фоновом створе, 81% – в 1 контрольном), железо общее (75 и 67%), соединения меди (56 и 62%). Значение УКИЗВ (удельный комбинаторный индекс загрязненности воды) составило 4.77-5.32.

В 1985–1999 гг. качество реки ухудшилось, река по-прежнему оценивалась как «грязная», 4-м классом, в фоновом створе разряда «а», в контрольных створах разряда «б». В контрольных створах в число критических показателей добавился азот нитритный. Характерными загрязнителями признаны органические вещества по ХПК (67% – в фоновом створе, 84% – в 1-м контрольном, 80% – во 2-м контрольном), по БПК<sub>5</sub> (77, 91 и 88%), железо общее (52, 61 и 69%), соединения меди (74, 94 и 96%), азот аммонийный (64% – в 1-м контрольном створе, 56% – во 2-м контрольном), нитритный (82 и 81%), фосфаты (72 и 77%), нефтепродукты (68 и 68%). Значение УКИЗВ составило 4.57-5.75.

В 2000–2007 гг. наблюдается незначительное улучшение качества воды, в фоновом створе (выше г. Старый Оскол) река оценивается 3-м классом «очень загрязненная» разряда «б», а в контрольных 4-м «грязная» разряда «а». Количество критических показателей изменялось от 1 в фоновом (взвешенные вещества), до 2 в контрольных (взвешенные и азот нитритный).

Характерные загрязнители:

в фоновом створе – органические вещества по БПК<sub>5</sub> (70%):

в 1-м контрольном – органические вещества по БПК<sub>5</sub> (81%), азот нитритный (89%), фосфаты (79%), соединения меди (71%), фенолы (56%), нефтепродукты (54%);

во 2-м контрольном – органические вещества по БПК<sub>5</sub> (87%), азот нитритный (90%), фосфаты (82%), соединения меди (60%), фенолы (70%), нефтепродукты (60%).

Значение УКИЗВ составляло 2.92–4.56.

На всем протяжении река характеризуется повышенным содержанием взвешенных веществ.

Для оценки гидроэкологической ситуации р. Оскол нами было проведено функциональное зонирование водосборной территории и собственно реки (рис. 3). Проведенное зонирование бассейна р. Оскол показывает наличие десяти зон антропогенной нагрузки.

Дополнительные исследования, выполненные в меженный период 2005–2008 гг. (фрагмент базы данных результатов исследований приведен в табл. 1) показывают, что содержание ряда загрязняющих веществ, таких как нефтепродукты, марганец, стронций, сульфаты, фториды цинк, по сравнению с их содержанием до зоны воздействия горнодобывающих предприятий (севернее г. Старый Оскол) увеличивается, а по некоторым веществам (взвешенные вещества, минерализация, сухой остаток, ХПК, железо, магний, хлориды) – снижается (с. Яблоново, 14.8 км после последнего сброса).

Расчетные концентрации почти всех загрязняющих ингредиентов (кроме взвешенных веществ) в с. Двухлучное (граница с Украиной), ниже фактических. Это говорит о том, что на протяжении 160 км после зоны влияния горнодобывающих предприятий, на р. Оскол оказывают влияние, как сбросы других предприятий, так и неорганизованный селитяный и сельскохозяйственный загрязняющий сток [2].

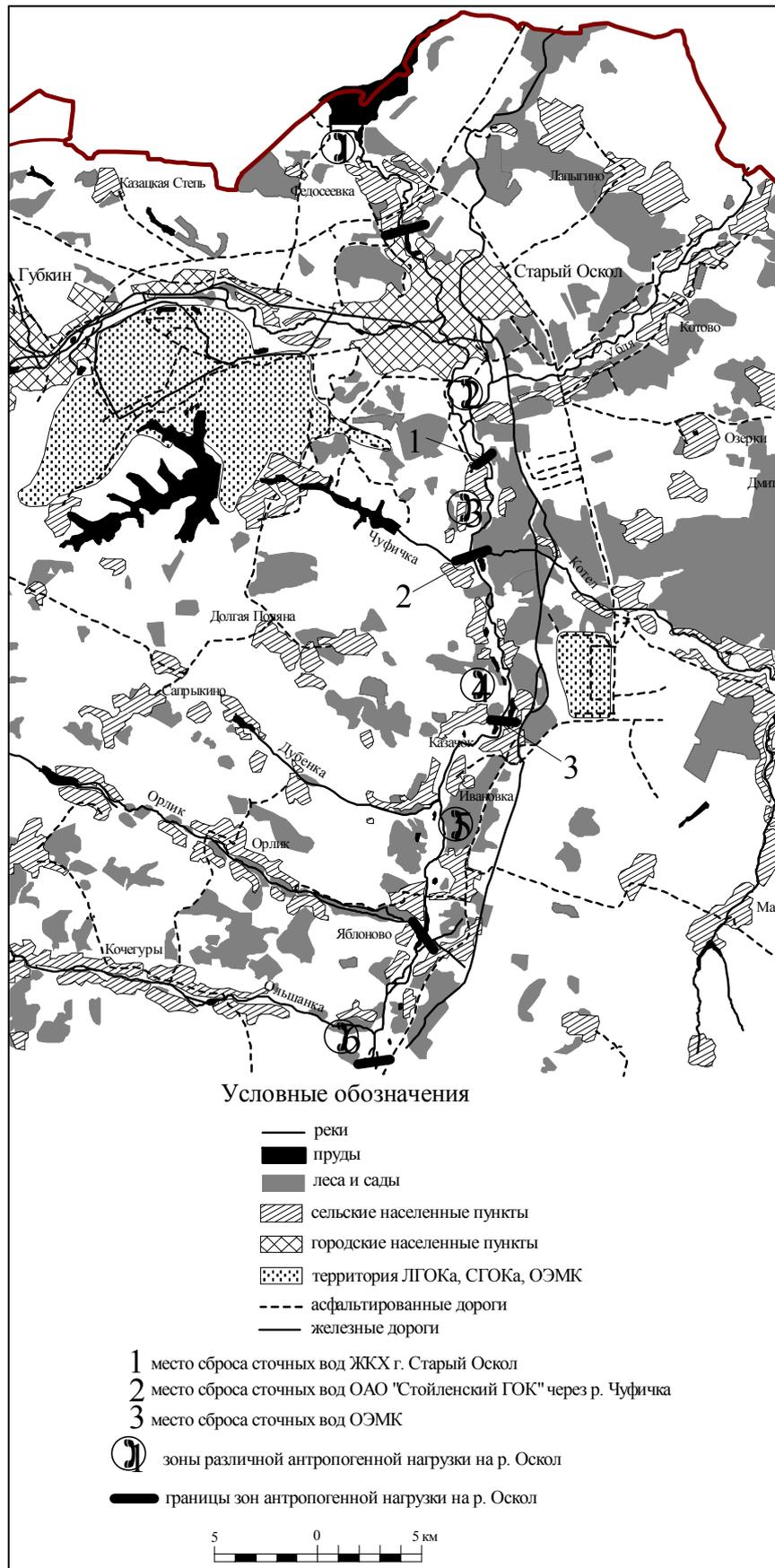


Рис. 3. Фрагмент картосхемы функционального зонирования бассейна реки Оскол

Таблица 1  
**Фрагмент базы данных гидрохимических исследований БелГУ 2005–2008 гг. «Гидрохимические показатели воды в малых реках в зоне влияния селитебно-горнопромышленного комплекса»**

№ п/п	Наименование ингредиентов	ПДК р.х.	Места отбора проб, дата отбора проб 23.08.2005 г.													
			р. Оскол севернее г. Старый Оскол (фон)	р. Осколец	р. Оскол севернее с. Сорokino кино	р. Оскол с. Сорокино	р. Чуфичка (сброс СГОКа)	р. Оскол с. Великий Перевоз	Сброс ОЭМК	р. Оскол ниже сброса ОЭМК	р. Оскол с. Яблоново (14,8 км после сброса)	р. Оскол с. Дружичное (174,6 км после сброса)	Расчетные конц. в с. Двуглучное			
1	Взвешенные вещества, мг/л		28.500	36.900	22.300	63.600	14.900	12.500	1.100	26.900	25.200	9.090	9.500			
2	Минерализация, мг/л		468.200	480.900	367.200	230.700	585.300	255.000	-	569.900	240.400	-	152.590			
3	Сухой остаток, мг/л		387.000	381.000	324.000	200.000	488.000	197.000	780.000	470.000	210.000	558.600	126.080			
4	ХПК, мг/л		6.400	6.720	13.200	6.340	4.600	8.600	28.000	4.960	5.980	12.720	2.080			
5	Нефтепродукты, мг/л	0.05	0.100	н.о.	0.410	0.140	0.030	0.240	0.160	0.070	0.190	0.055	0.025			
6	Железо общее, мг/л	0.1	0.600	0.350	0.800	0.380	0.380	0.280	0.150	0.300	0.400	0.190	0.170			
7	Магний, мг/л	40.0	13.200	19.200	12.000	7.200	24.000	18.000	-	13.200	12.000	19.270	4.790			
8	Марганец, мг/л	0.01	0.015	0.025	0.025	0.035	н.о.	0.025	-	0.030	0.025	0.007	0.005			
9	Стронций, мг/л	0.4	0.270	0.310	0.740	0.480	0.700	0.420	-	0.330	0.490	-	0.095			
10	Сульфаты, мг/л	100.0	35.800	113.100	78.200	43.200	170.700	43.200	160.000	97.500	42.400	75.350	18.800			
11	Фториды, мг/л	0.05	н.о.	н.о.	0.100	0.260	0.100	0.300	3.600	0.600	0.200	0.670	0.006			
12	Хлориды, мг/л	300.0	25.000	30.000	70.000	30.000	н.о.	50.000	220.000	110.000	20.000	39.300	8.260			
13	Цинк, мг/л	0.01	н.о.	н.о.	0.005	0.010	0.005	0.005	-	0.010	0.005	0.002	0.0001			
14	Нитраты, мг/л	40.0	0.234	3.386	н.о.	12.374	4.798	9.432	7.500	6.998	6.546	6.071	0.362			

Отмечается относительно удовлетворительное состояние биологических компонентов р. Оскол. Сообщества рипали р. Оскол в среднем течении характеризуются различным уровнем видового и таксономического разнообразия, экологический состав зообентоса соответствует речным экосистемам региона. Уровень информационного разнообразия свидетельствует о благополучии ценологических структур (всегда более 3.0), в зарослевом сообществе сочетание структурных показателей специалисты БелГУ считают эталонным для рипали р. Оскол [4].

Качество воды по совокупности биотических показателей ими оценивается как среднее: умеренно загрязненные воды (бэта-мезосапробный класс вод, что является фоновым состоянием для Черноземья) со средними показателями для рипали, при более благоприятных условиях для развития разнообразия бентоса в заросшей рипали и с усилением органического загрязнения в застойной зоне.

Для горнодобывающих предприятий с открытым способом добычи железной руды таких как ЛГОК и СГОК влияние собственно производственной деятельности распространяется по таким ингредиентам как нефтепродукты, марганец, стронций, сульфаты, фториды, цинк на расстояние до 15 км. Но гораздо более значимым фактором воздействия являются селитебно-промышленные стоки крупных населенных пунктов, сопровождающих горнодобывающее производство. Это требует учитывать эффективность и обеспеченность мощностями очистных сооружений мест дополнительного размещения рабочей силы при проектировании новых горнорудных предприятий, а при необходимости проводить реконструкцию действующих и строительство новых биологических очистных сооружений.

### Список литературы

1. Гидрологический очерк по рекам Осколец и Оскол / Материалы научно-производственной фирмы «Экотон», отв. исполнитель Н.М. Чадюк, рук. Е.В. Кичигин. – Белгород, 2006.
2. Корнилов, А.Г. Оценка экологического ущерба водным объектам (на примере деятельности предприятий горнодобывающего комплекса КМА) // А.Г. Корнилов, А.Н. Петин, С.Н. Колмыков / Изменения состояния окружающей среды в странах содружества в условиях текущего изменения климата / Отв. ред. академик В.М. Котляков. – М.: Медиа-Пресс, 2008. – С. 213-219.
3. Ежегодники качества поверхностных вод Центрально-Черноземного УГМС за 1975 – 2007 гг. – Курск, 1975-2007.
4. Отчёты о научно-исследовательской работе БелГУ по геоэкологическому изучению региона размещения Лебединского и Стойленского ГОКов. Разделы о состоянии растительного и животного мира / исп. Присный А.В., Колчанов А.Ф., Волынкин Ю.Л. и др. – 2007-2008 гг.

### GEO-ECOLOGICAL SITUATION OF MINOR RIVERS IN ZONE OF INFLUENCE OF STAROOSKOLSKY AND GUBKINSKY MINING POINT

**A.G. Kornilov,  
A.N. Petin, M.G. Lebedeva,  
S.N. Kolmykov**

*<sup>1</sup> Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: kornilov@bsu.edu.ru;  
petin@bsu.edu.ru; lebedeva@bsu.edu.ru; kolmykov@bsu.edu.ru*

The review of hydro-ecological situation of minor rivers of Belgorod region, which was formed under influence of mining complex of the Kurks magnetic anomaly, carried out the following the results of hydro-chemical research of the Central and Chernozemnoe department of hydro-meteorology and environment monitoring as well as the author's own research. Zone of active impact of 15 km length is determined as well as essential role of corresponding residential and industrial complex in formation of hydro-chemical measurements is shown by the example of the Oskol river.

Key words: hydro-chemistry, hydro-ecology, mining industry.

## ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**В.И. Петина,  
Н.И. Гайворонская,  
Л.И. Белоусова**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85*

В статье рассмотрены эрозионные процессы на территории Белгородской области, которые являются доминирующими среди экзогенных геологических процессов и определяют в значительной степени эколого-геоморфологическую ситуацию в области.

Ключевые слова: овраг, балка, эрозия, делювиальный смыв, плоскостной смыв, делли, лощина.

### Введение

Эрозия является основным экзогенным рельефообразующим процессом, во многом регулирующим и определяющим развитие рельефа на значительной территории. Данный геологический процесс в значительной степени обуславливает эколого-геоморфологическую обстановку при хозяйственном освоении территории. Активно развивающиеся овражно-балочные системы создают сильно расчлененный рельеф, увеличивают уклоны земной поверхности, что приводит к активизации делювиального смыва. Склоны оврагов и балок часто являются областями активизации таких процессов как оползни, осыпи, карст, суффозия. В результате эрозионных процессов происходит как разрушение горных пород и почв водными потоками (денудация), так и их накопление (аккумуляция). Овражно-балочные системы истощают ресурсы подземных вод. Известны случаи подтопления жилых массивов в связи с ликвидацией оврагов.

Природные особенности Белгородской области (склоновый тип рельефа, повсеместное распространение лессовидных суглинков, ливневый характер осадков), а также длительное и интенсивное освоение ее территории поспособствовали тому, что эрозионные процессы стали доминирующими среди всех экзогенных геологических процессов. Эрозионные формы распространены по всей территории области и в генетической последовательности представлены деллями, потяжинами, ложбинами, промоинами, оврагами, балками и речными долинами. Первые три формы определяют активность плоскостного смыва, а остальные – линейную эрозию [12].

*Плоскостной или поверхностный смыв* – это один из видов делювиального процесса, проявляющийся в интенсивном смыве почвенного покрова, в основном на обрабатываемых сельскохозяйственных угодьях (рис.1) Высокое проективное покрытие поверхности растительностью препятствует размыву поверхности почвы, в этом случае интенсивность смыва не превышает 0.2–0.5 мм/год. Даже на крутых склонах с уклонами свыше 10° смыв наблюдается только при снижении проективного покрытия почвы до 50% [7, 13]. В этих условиях возможен лишь локальный перенос частиц почв, транспортируемых потоками вследствие размыва форм биогенного рельефа (холмики сурков, кротов и других землероев) [4].

На обрабатываемых сельскохозяйственных угодьях, в результате замены растительного покрова культурными растениями, выпаса скота наблюдается увеличение темпов эрозии, скорость проявления которой превышает нормальную на порядок величины.

В пределах Белгородской области плоскостной смыв широко развит по склонам речных долин и крупных балок. Как правило, визуально это выражается в обнажении подпочвенных отложений, в результате чего на некоторых участках пахотных земель на темном фоне черноземных почв выделяются более светлые пятна, имеющие буро-

коричневую или сероватую окраску. В большинстве случаев – это глинистые или карбонатные породы. При сильных ливнях на крутых длинных склонах нередко отдельные струи воды образуют маленькие ручейки, прорезающие в поверхности склонов небольшие рытвины или промоины глубиной в несколько десятков сантиметров. Такое явление называют струйчатым размывом или струйчатой почвенной эрозией.

Последствия плоскостного смыва разнообразны. В одном случае происходит смыв плодородного, размягченного слоя почвы, приводящий к образованию многочисленных зачаточных форм развития линейной эрозии, в другом – смыв приводит к полному разрушению плодородного слоя, вымыву из него органической фракции, ухудшению водно-физических свойств почв.

Зачаточные эрозионные формы, занимающие переходное положение от плоскостного смыва к линейному размыву называют *деллями*. В рельефе – это слабо выраженные, линейно вытянутые понижения от 0.1 до 0.3 м глубиной и до 1–2 м шириной. Образованы они временными водотоками, возникающими при выпадении атмосферных осадков ливневого характера и талыми водами. При интенсивном выпадении осадков делли постепенно переходят в промоины, образующие более глубокие (до 1–2 м) эрозионные формы, дающие начало оврагам [12].

В настоящее время при описании овражно-балочных систем наиболее часто используют следующие термины: рытвина, промоина, овраг, ложбина, лощина, балка. Основными параметрами, которые различают данные эрозионные формы, являются продольный и поперечный профили. Так, например, рытвина и промоина отличаются от оврага тем, что форма их продольного профиля совпадает с формой склона, на котором они расположены, а овраг имеет собственный профиль. Промоина, как правило, глубже рытвины. Ложбины, лощины и балки имеют задернованные склоны. Балка от лощины отличается более крутыми склонами в поперечном профиле [5; 8].

В работах А.С. Козменко [1954], О.К. Леонтьева и Г.И. Рычагова [1988] большое значение при характеристике эрозионных форм придается поперечному профилю. По очертаниям поперечного профиля эрозионные формы подразделяются на два ряда: а) с плавными очертаниями (ложбина, лощина и балка) и б) с резкими (рытвина, промоина и овраг).

Рытвины, промоины и овраги большинство авторов относят к активно развивающимся формам эрозионного рельефа. Рытвины и промоины образованы временными водотоками и составляют основу гидрографической сети. В Белгородской области они имеют широкое распространение и приурочены к привершинным частям склонов (рис. 2).

Самым характерным элементом эрозионного рельефа Среднерусской возвышенности, в пределах которой расположена Белгородская область, являются овраги (рис.3). Овраг постепенно зарастает растительностью, на его дне формируется овражный аллювий. В конечном счете, овраг превращается в балку (рис.4).

По приуроченности оврагов к различным элементам рельефа существуют различные классификации [6;14]. В настоящее время чаще всего используется следующая классификация оврагов: *береговые*, прорезающие берег (склон) речной долины или балки, при небольшой длине имеющие значительную глубину, измеряемую первыми десятками метров; *склоновые*, вышедшие за бровку склона или берега; *донные*, зародившиеся в результате повторного цикла эрозии на днище балок.

На территории Белгородской области наблюдаются три основных типа оврагов: береговые (вершинные), склоновые и донные (вложенные). Наиболее распространены береговые овраги, прорезающие склоны речных долин и балок и донные овраги, встречающиеся на днищах большинства древних балок.

По форме профиля чаще всего встречаются V-образные овраги или крутосклонные овраги с плоским аккумулятивным дном. Крутизна склонов в значительной степени зависит от характера, слагающих поверхностных пород. Так, в четвертичных лессовидных суглинках овраги имеют крутые (до вертикальных) склоны.



Рис.1. Фрагмент сельскохозяйственного угодья, подверженного плоскостному смыву



Рис. 2. Эрозионные борозды на склоновых землях



Рис.3. Береговой овраг в долине р .Оскол, сформировавшийся в отложениях мела



Рис.4. Сформировавшаяся балка с задернованными склонами и дном

Исследования динамики овражно-балочной сети показали, что наибольшие скорости роста, вне зависимости от природных условий, отмечаются в начальный этап развития овражных форм и могут достигать 50-150 м/год. В дальнейшем скорости линейного роста оврагов уменьшаются и достигают величин 0.5-2 м/год. По данным математического моделирования в Центральном Черноземье для формирования зрелых овражных форм рельефа интервал времени составляет 50-200 лет [2]. Овраги растут не только в длину, но в ширину и глубину со скоростью 1-2 метра в год, а в отдельных случаях – до 5-6 метров и более.

Наряду с оврагами балки и лоцины (логи) представляют собой наиболее характерные эрозионные формы рельефа, создающие основной ландшафтный фон территории Белгородской области. Эти формы рельефа подразделяются по возрасту на зрелые (древние) и молодые (современные), образовавшиеся из сравнительно недавно прекративших свой рост действующих оврагов в процессе естественного задерновывания их склонов и вершин.

Крупные балки были заложены еще в доледниковую эпоху, когда вся водосборная сеть, включая речные долины, была самой глубокой за весь четвертичный период. В эпоху максимального оледенения многие балки полностью или частично заполнились покровными суглинками [3, 16].

Современный этап развития овражно-балочных систем в Белгородской области связан с сельскохозяйственным освоением территории.

Основой для анализа структуры овражно-балочных систем послужили работы трех исследователей: Р.Е. Хортон (1948), подчеркнувшего единство всей гидрографической сети; Н.И. Маккавеева (1955), выделившего деятельность временных русловых потоков как отдельное звено единого эрозионно-аккумулятивного процесса; А.С. Козменко (1954), впервые предпринявшего попытку рассмотреть структуру овражно-балочной системы. В настоящее время наибольшее распространение получил метод А. Стралера – В.П. Философова, базирующийся на основе исследований выше перечисленных авторов. Ими за поток первого порядка принимается элементарная долина, в которую не впадает ни одна долина. При слиянии двух долин первого порядка образуется долина второго порядка, в которую могут впадать долины первого порядка, при этом, не повышая её порядка. Слияние двух долин второго порядка даёт долину третьего порядка, в которую впадают долины первого и второго порядка. Долина четвертого порядка образуется при слиянии двух долин третьего порядка и т.д. По мнению В. И. Анисимова (1987), в данной классификации лучше говорить о порядках эрозионных форм, т.к. к собственно долинам относятся развитые эрозионные формы.

Для исследования насыщенности Белгородской области эрозионными формами разного порядка, которые характеризуют степень активности эрозионных процессов, составлена и проанализирована карта порядков эрозионных форм Белгородской области масштаба 1:200000, которая является базовой основой для морфометрической карты горизонтального расчленения рельефа. Анализ карты показал, что на территории Белгородской области выделено семь порядков эрозионных форм. Наиболее распространенными являются формы первого порядка, на долю которых приходится 77.68%. Это эрозионные формы второго порядка на территории района представлены временными водотоками. Их количество достигает 1705 или 17.68%. Эрозионные формы третьего порядка образованы постоянными водотоками и представлены донными оврагами и малыми реками. Общее количество этих форм – 353 или 3.65%. Эрозионные формы четвертого порядка – долины, имеющие постоянный водоток. Они разработаны и имеют четко выраженные элементы рельефа. Общее количество 72, что составляет 0.75%. Эрозионные формы пятого порядка и более высоких порядков – долины, имеющие постоянный водоток. Количество их равно 23 (0.24%).

Овражно-балочная сеть глубоко и достаточно интенсивно расчленяет территорию Белгородской области. Общая расчлененность эрозионными формами колеблется от 0.2 до 1.9–2,0 км/км<sup>2</sup>.

Минимальные значения характерны для северной части области и приурочены к верховьям р. Сейм и его притоков. Здесь рельеф характеризуется сглаженными

формами водоразделов шириной 3.0–4.0 км, с абсолютными отметками 270–276 м. Глубина эрозионного вреза балок и старых оврагов составляет 10–15 м. Молодые овраги и промоины по бортам балок практически не наблюдаются. Коэффициент густоты эрозионного расчленения не превышает 0.8 км/км<sup>2</sup> (обычно – 0.6–0.7 км/км<sup>2</sup>), а в верховья р. Сейм – 0.2–0.3 км/км<sup>2</sup>.

Для северо-западной части территории свойственна средняя степень эрозионного расчленения – от 1.2 до 1.6 км/км<sup>2</sup>. Балки и овраги в основном узкие, плохо разработанные, отличаются большим количеством промоин на склонах. Древние балки и овраги переуглублены. Верховья оврагов имеют чаще всего ветвистую форму.

Наибольшими значениями коэффициентов густоты эрозионного расчленения (1.6–2.0 км/км<sup>2</sup>) характеризуются северо-восточная и восточная части области, а также левобережная часть бассейна р. Северский Донец и бассейн р. Оскол в среднем его течении. Для этой части территории характерен значительный глубинный врез оврагов и балок до 50–60 метров. В северо-восточной части области на площади распространения ледниковых отложений и покровных суглинков, рельеф представляет собой чередование балок и оврагов с узкими (1.5–2.0 км) и извилистыми водоразделами, с абсолютными отметками высот 220–240 метров. Глубина вреза балок здесь составляет 45–60 метров. Балки начинаются пологими ложбинами, в верховьях они осложнены деллями. Склоны балок и оврагов пересечены многочисленными промоинами. Южнее залегания ледниковых отложений верховья оврагов имеют циркообразную или продолговато-овальную форму, связанную с размывом и смывом рыхлых песчаных пород или с равномерным сходом небольших оползней.

Интенсивное эрозионное расчленение является одним из основных показателей неблагоприятной эколого-геоморфологической обстановки, сложившейся на территории области. Особенно это связано с эрозией почв, главного богатства Белгородчины. В результате интенсивной эрозии с пахотных земель области ежегодно смывается от 7 до 14.5 млн. тонн почвы, что соответствует смыву от 0.5 до 1.2 мм в год, а это в 2–7 раз больше естественного почвообразовательного процесса. В структуре посевных площадей большой удельный вес занимают пропашные культуры (более 40%), которые в большинстве хозяйств области возделываются на эрозионно опасных склонах, а поэтому смыв почвы на склонах крутизной более 3° возрастает до 30–50 т/га [10].

В большей степени страдают от эрозии почвы восточные и юго-восточные районы: Красногвардейский, Алексеевский, Валуйский, Ровеньский и Новооскольский, в которых эродированные земли занимают 60–73% площади сельскохозяйственных угодий.

Особую опасность эрозия представляет для природных компонентов и объектов хозяйственной инфраструктуры. Косвенное ее влияние проявляется многопланово в виде: а) сокращения площадей пастбищ и сенокосов в поймах рек и днищах балочных систем из-за наносов, поступающих из активно развиваемых оврагов; б) загрязнения водоемов удобрениями, ядохимикатами, пестицидами и тяжелыми металлами, выносимыми тальми водами с полей; в) увеличения затрат на гидротехнические сооружения при прокладке дорог, трубопроводов и других видов коммуникаций в эрозионно-опасных местах. Кроме того, многие эрозионные формы рельефа служат местом складирования промышленных и бытовых отходов, а они, как известно, характеризуются слабой защищенностью подземных водоносных горизонтов, вследствие чего загрязняющие вещества могут легко проникать на значительную глубину и представлять потенциальную опасность для человека, использующего загрязненные воды для питьевого водоснабжения.

Проведенные В.М. Смольяниновым и В.И. Шмыковым (1998) комплексная оценка и кластерный анализ интенсивного развития смыва почв и овражной эрозии позволили им выделить в области пять эрозионных районов.

Ареалы наиболее сильного проявления эрозии (I район) отмечаются в центральной и юго-восточной частях области. Общая площадь его – 13.3 тыс. км<sup>2</sup>. Густота

оврагов достигает  $0.9 \text{ км/км}^2$  (в среднем  $0.65 \text{ км/км}^2$ ), а их плотность составляет  $1-3 \text{ шт./км}^2$  (в среднем  $0.94 \text{ шт./км}^2$ ).

Сильно проявляется эрозия и во II районе, находящемся на юго-востоке области. Однако здесь преобладает поверхностный смыв. Смытые почвы занимают  $65,9 \%$  сельхозугодий, а густота оврагов, в среднем, составляет  $0.37 \text{ км/км}^2$ .

Слабее проявляется эрозия в III районе, который представлен двумя ареалами, занимающими крайнюю западную и северо-восточную части области. В этом районе в равной степени сильно развиты и смытость и густота оврагов. Смытые почвы занимают  $45,8\%$ , густота оврагов составляет  $0.49 \text{ км/км}^2$ .

Поверхностная эрозия в меньшей мере проявляется в IV районе. Смытость почв  $30,6 \%$ , густота оврагов составляет  $0.30 \text{ км/км}^2$ .

Относительно слабо эрозия проявляется только в V районе, представленном четырьмя ареалами, занимающими площадь  $3.36 \text{ тыс. км}^2$  или  $12\%$  от территории области. Густота оврагов здесь составляет  $0.11 \text{ км/км}^2$ , а смытые почвы распространены на  $24\%$  сельхозугодий.

В результате речной эрозии происходит разрушение берегов и дна русла постоянных водных потоков. Одновременно с процессами размыва происходит транспортировка минеральных масс и их аккумуляция. Действие данных процессов определяется сочетанием гидрологических, геоморфологических и геологических факторов. Наиболее важными из них являются уклоны земной поверхности, расходы рек и режимы стока, порядок рек и площади их водосбора, типы продольного профиля и поперечные строения долин, литологический состав размываемых пород, проявленность новейших и современных неотектонических движений [9].

Уклоны русел обуславливают в той или иной мере проявление глубинной и боковой эрозии. Там, где уклоны рек имеют максимальные значения, наблюдается преобладание глубинной эрозии. Там, где уклоны рек небольшие преобладает боковая эрозия при интенсивной аккумуляции.

Глубинная эрозия проявляется в углублении долин, переуглублении дна балок, появлении промоин на склонах, росте овражной сети. Активизация глубинной эрозии связана с новейшими тектоническими движениями. В верховьях рек Корень, Короча, в бассейне р. Оскол и глубинная эрозия связана, вероятнее всего с понижением общего базиса эрозии речной системы бассейна р. Дон [12].

В настоящее время для рек Белгородской области более типичным является действие боковой эрозии, которая проявляется в расширении долин и процессе образования различных форм руслового рельефа (меандр, рукавов, перекатов). Реки имеют хорошо разработанные долины. Русла их меандрируют или образуют несколько рукавов среди отложенных реками аллювиальных образований. Для рек бассейна Сейма, р. Оскол и ее притоков, Тихая Сосна, Айдар характерны свободно меандрирующие типы русел. Пойменно-многорукавный тип русел встречается на незначительных отрезках р. Оскол между гг. Ст. Оскол и Валуйки, р. Нежеголь около г. Шебекино, там, где сохранились старицы, выполняющие периодически роль русел. Для верховьев рек и большинства притоков характерны слабоизвилистые типы русел.

Боковая эрозия рек активно протекает на участках долин, сложенных легко размываемыми рыхлыми отложениями (лессовидными суглинками, супесями, песками). В писчем меле и опоках, песчаниках и глинистых песках образуются более крутые, в песках и глинах – более отлогие склоны. Подмываются уступы пойм, нижних террас. Отступление берегов рек наиболее интенсивно протекает на участках долин, где берега сложены легко размываемыми породами.

Большую роль в эрозионно-аккумулятивном процессе играет величина стока и степень его неравномерности. Средний годовой сток на территории Белгородской области изменяется от  $2.2$  до  $5.5 \text{ л/сек./км}^2$ . Сток увеличивается: в западной части области – в направлении с юго-запада на северо-восток; в восточной – в меридиональном направлении (с юга на север); центру же соответствует величина среднего годового стока  $2,6 \text{ л/сек./км}^2$  [11]. Наибольшие значения годового стока рек наблюдаются в районе истоков Сейма и Оскола, где модули стока достигают  $4.0-5.0 \text{ л/с/км}^2$ , а северо-

восточнее Старого Оскола – 5.5 л/с/км<sup>2</sup>. Малые реки имеют норму стока на 10-35%, а порой на 50% меньше, чем крупные реки. Весенний сток является наибольшей составляющей годового стока, обычно весной через речные русла проходит 55-80% его объема. Для рек региона в этот период характерно увеличение стока и интенсивности боковой эрозии. Минимум стока приходится на конец лета, в отдельные годы – на зимние месяцы. В годы с исключительной низкой летней меженью сток некоторых рек снижается до 1% годового. В этот период речная эрозия минимальная. Максимальные расходы воды на реках Белгородчины могут быть как снегового, так и дождевого (ливневого) происхождения и наблюдаются на всех крупных водотоках во время весеннего половодья. Во время половодий скорость воды в реках достигает максимума, потоки воды заиливают пойму. После каждого ливня и весеннего снеготаяния по дну балок и оврагов в реки текут целее грязевые потоки. Весной твердый сток составляет 92% от годового. Летом мутность воды обычно несколько больше, чем зимой. В июне наблюдается повышенная мутность, связанная с выпадением ливневых осадков, вызывающих интенсивный смыв почвы.

В большинстве случаев русла рек и ручьев практически полностью заполнены наносами. Русла многих малых рек, имеющих постоянный сток, очень сильно заилены, что приводит к заболачиванию пойм.

Таким образом, значительная относительная высота водоразделов над уровнем рек, наличие рыхлого состава материнских пород (лессы и лессовидные суглинки) способствуют широкому развитию как боковой, так и глубинной эрозии на территории Белгородской области.

Среди всех областей Центрального Черноземья Белгородская область является наиболее эродированной. Площадь склоновых и эродированных земель здесь в 2-3 раза выше, чем в целом по Центрально-Черноземному району.

В настоящее время на основе ландшафтной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории в области проводится комплекс противоэрозионных мероприятий, включающий организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные, гидротехнические и лугово-мелиоративные мероприятия.

*До последнего времени планирование противоэрозионных мероприятий проводилось на основе выявления площадей с эродированными почвами, при этом не учитывались земли, которые могут быть подвержены эрозии в будущем. Защита почв от оврагообразования должна проводиться на всех оврагоопасных землях, а не только на эродированных. На наш взгляд необходимо дифференцированное использование земель Белгородской области с учетом разнообразия эродированности почв, крутизны и экспозиции склонов и биологических особенностей возделывания сельскохозяйственных культур.*

### Литература

1. Анисимов В.И. Основы морфометрического анализа рельефа. – Грозный, 1987. – С. 91.
2. Бондарев В.П. Геоморфологический анализ и прогноз оврагообразования (на примере Центрального Черноземья). Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – М.: МГУ, 1994. – 20 с.
3. Бондарев В.П. Влияние неотектоники на распространение овражной сети Центрального Черноземья // Вестн. Московск. ун.-та. – Вып. 5. – География. – 1996. – № 4. – С. 41-45.
4. Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. – М.: ГЕОС, 2006. – 296 с.
5. Заславский М.Н. Эрозиоведение. – Т. 1. – М.: Высш. шк., 1983. – Т. 2. – М.: Высш. шк., 1987. – 237 с.
6. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 232 с.
7. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 200 с.
8. Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Общая геоморфология. – М.: Высш. шк., 1988. – 247 с.
9. Маккавеев Н.И. Русло реки эрозия в ее бассейне. – М.: АН СССР, 1955. – 256 с.
10. Милашенко Н.З., Акулов П.Г. Научные основы расширенного воспроизводства плодородия почв в ЦЧО. – В кн.: Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области. – М.: Росагропромиздат, 1990. – С. 4.



11. Петин А.Н., Сердюкова Н.С., Шевченко В.Н. Малые водные объекты и их экологическое состояние. Уч. методическое пособие. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – 240 с.
12. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника Воронежской антеклизы. – Воронеж, 1969. – 192 с.
13. Реймхе В.В. Эрозионные процессы в лесостепных ландшафтах Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1986. – 121 с.
14. Рожков А.Г., Букреев Д.А. Модель динамики роста оврагов в длину и определение их морфологических характеристик // Экологические проблемы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия. – Курск: ВНИЗиЗПЭ, 1989. – С. 27-33.
15. Смольянинов В.М., Шмыков В.И. Оценка интенсивности почвенно-эрозионных процессов в Белгородской области. Тез. докл. 4-го совещ. по структуре почвенного покрова. – М., 1976. – С. 180-183.
16. Хруцкий С.В. Проблемы формирования балок в связи с изменениями климата плейстоцена // Геоморфология. – 1985. - № 1.

### **EROSIVE PROCESSES IN TERRITORY OF THE BELGOROD REGION**

**W.V. Petina,  
N.I. Gaivoronskaya,  
L.I. Belousova**

*<sup>1</sup>Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

The article deals with the problem of the erosive processes in the territory of the Belgorod region which are dominating among exogenous geological processes and determine substantially ecological and geomorphological situation in region.

Key words: ravine, beam, erosion, dealluvial washout, plane washout, delly, hollow.

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

- Белоусова Л.И.** – старший преподаватель. Белгородский государственный университет
- Вольнкин Ю.Л.** – доктор биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Вольнкина О.Б.** – главный бухгалтер. ООО «Ихтиобиофарм»
- Гайворонская Н.И.** – старший преподаватель, Белгородский государственный университет
- Глубшева Т.Н.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Гроцкая М.С.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Дейнека В.И.** – доктор химических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Жилякова М.Н.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Индина И.В.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Карпушина Е.Н.** – магистрантка, Белгородский государственный университет
- Колмыков С.Н.** – ассистент, Белгородский государственный университет
- Колчанов А.Ф.** – кандидат биологических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Колчанов Р.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Кампос Н.Н.** – магистрантка, Белгородский государственный университет
- Корнилов А.Г.** – доктор географических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Крамаренко А.С.** – кандидат биологических наук, доцент, Николаевский государственный аграрный университет
- Крамаренко С.С.** – студент, Николаевский государственный аграрный университет
- Куркина Ю.Н.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Лазарев А.В.** – доктор биологических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Лебедева М.Г.** – кандидат географических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Михеев А.В.** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, НИИ биологии Днепропетровского национального университета имени О. Гончара
- Москвитин С.А.** – начальник отдела охотничьего и лесного контроля и надзора, Управление Россельхознадзора по Белгородской области
- Недопекина С.В.** – студентка, Белгородский государственный университет

- Нецветаев В.П.** – доктор биологических наук, заведующий отделом, Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН; профессор, Белгородский государственный университет
- Пащенко Л.С.** – младший научный сотрудник, Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН
- Перистая Л.Ф.** – доцент, Белгородский государственный университет
- Перистый В.А.** – кандидат технических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Петин А.Н.** – кандидат географических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Петина В.И.** – кандидат географических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Присный А.В.** – доктор биологических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Сиротин А.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Сиротина С.С.** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Скорбач В.В.** – кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Федорова М.З.** – доктор биологических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Червонный В.В.** – кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Чернявских С.Д.** – кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Чуев В.П.** – кандидат химических наук, генеральный директор, опытно-экспериментальный завод «ВладМиВа»
- Япрынцев М.Н.** – студент, Белгородский государственный университет

**Правила оформления статей в журнал  
«Научные ведомости Белгородского государственного университета»:  
серия «Естественные науки»**

В журнале «Научные ведомости Белгородского государственного университета» публикуются статьи теоретического, методического и прикладного характера, содержащие оригинальный материал исследований автора (соавторов) по разделам «Науки о Земле», «Химия» и «Биология», ранее нигде не опубликованные. Обзорные статьи публикуются по заявкам редколлегии или в особых случаях.

Статьи представляются в редколлегию в печатном (1 экз.) и электронном виде с использованием Microsoft Word для Windows. Поля страницы (формата А-4): левое – 3 см, другие по 2 см. Текст – шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, красная строка (абзац) – 1,25 см., выравнивание по ширине. Страницы не нумеруются. Объем статей не должен превышать 12 страниц, включая иллюстративный и графический материал, список литературы.

Перед названием статьи необходимо указать УДК (слева вверху). Название статьи оформляется прописными буквами, жирным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указать инициалы и фамилии авторов жирным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указать адрес места работы с указанием почтового индекса, e-mail автора (соавторов) – обычный шрифт (10 pt) с выравниванием по центру.

Аннотация статьи (резюме) должна располагаться ниже на два пробела от последнего адреса места работы авторов – обычный шрифт (10 pt) с выравниванием по ширине. В конце аннотации необходимо указать ключевые слова (5–7).

В конце статьи на английском языке приводятся название, инициалы и фамилии авторов, адреса мест работы авторов, аннотация и ключевые слова с теми же правилами оформления, что и на русском языке.

В статье должны четко и сжато излагаться современное состояние вопроса, описание методики исследований и обсуждение полученных результатов. Заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание. Рекомендуется стандартизировать структуру статьи, используя подзаголовки: Введение (теоретический анализ), Объекты и методы исследования (экспериментальная часть), Результаты и их обсуждение, Заключение (Выводы), Список литературы.

Если статья выполнена при поддержке гранта или на основе доклада, прочитанного на конференции, то необходимо сделать соответствующую сноску в заголовке статьи (см. пример).

К статьям, направляемым в редколлегию, должна быть приложена авторская справка: Фамилия, Имя, Отчество, научная степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес, контактный телефон, факс, e-mail.

К статьям, выполненным аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем (если руководитель не является соавтором).

Редколлегия направляет полученные статьи на рецензирование.

Редколлегия оставляет за собой право вернуть статью на доработку.

**Условия публикации.** В течение календарного года автором (авторским коллективом) в журнале может быть опубликовано не более 2-х статей. К публикации принимаются материалы подписчиков журнала (не менее чем полугодовая подписка). Копия квитанции прилагается к материалам, направляемым для публикации. Подписная цена (не меняется с 2006 г.) составляет 435.12 руб. на год (217.56 руб. за номер).

Более подробную информацию о правилах оформления статей для серии «Естественные науки» и условиях публикации можно получить по адресу [http://www.bsu.edu.ru:8806/dok\\_fakt.htm](http://www.bsu.edu.ru:8806/dok_fakt.htm)

### Пример оформления статьи

УДК 51-72:530.145

## ПОЛУКЛАССИЧЕСКОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ К ИССЛЕДОВАНИЮ ДВУМЕРНЫХ ГАМИЛЬТОНОВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НОРМАЛЬНЫХ ФОРМ<sup>1</sup>

Н.А. Чеканов<sup>1</sup>, В.Н. Тарасов<sup>2</sup>, Н.Н. Чеканова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Белгородский государственный университет, Россия, 308007, г. Белгород, ул. Студенческая, 14, e-mail: *Chekanov@bsu.edu.ru*

<sup>2</sup> Академия гражданской защиты Украины, Украина, 61023, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94

<sup>3</sup> ННЦ Харьковский физико-технический институт, Украина, 61108, г. Харьков, ул. Академическая, 1

Изложена процедура приведения классического гамильтониана к нормальной форме Биркгофа-Густавсона. При помощи правила соответствия Вейля по классической нормальной форме некоторых интегрируемых и неинтегрируемых систем построены их квантовые аналоги и найдены приближенные энергетические спектры и волновые функции. Показано, что полученный таким образом энергетический спектр с хорошей точностью воспроизводит точный спектр в той области энергий, где при классическом рассмотрении этой же системы движение регулярно, а в области, где классическое движение переходит в хаотическое, согласие между обоими спектрами резко ухудшается. Установлено, что ...

Ключевые слова: классический гамильтониан, нормальная форма Биркгофа-Густавсона, правило соответствия Вейля, энергетический спектр, волновая функция, метод квантования.

К настоящему времени установлено существование детерминированного хаоса в различных классических динамических системах [1, 2]. Известно, что детерминированный или классический хаос возможен в консервативных гамильтоновых системах даже с двумя степенями свободы [3], а также и в одномерных гамильтоновых системах, но зависящих от времени [4].

В данной работе рассмотрены консервативные гамильтоновы системы с двумя степенями свободы

.....

В работе исследованы ...

### Список литературы

1. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
2. Степановский Ю.П. Атом водорода во внешнем поле как ангармонический осциллятор // УФЖ. – 1987. – Т.32. – С. 1316-1321.
3. Соловьев Е.А. Адиабатические инварианты и проблема квазиклассического квантования многомерных систем // ЖЭТФ. – 1978. – Т.75, вып.4. – С. 1261-1268.
4. Gutzwiller M.C. Chaos in Classical and Quantum Mechanics. – New York: Springer, 1990. – 432 p.
5. Henon M. Integrals of the Toda lattice // Phys. Rev. – 1974. – Vol. 9, №4. – P. 1921-1923.

## A SEMICLASSICAL APPROACH TO THE INVESTIGATION OF THE TWO-DIMENSIONAL HAMILTONIAN SYSTEMS BY THE NORMAL FORM METHOD

N.A. Chekanov<sup>1</sup>, V.N. Tarasov<sup>2</sup>, N.N. Chekanova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Belgorod State University, Studencheskaja Str., 14, Belgorod, 308007, Russia, e-mail: *Chekanov@bsu.edu.ru*

<sup>2</sup> Civil defence Academy of Ukraine, Chernyshevsky Str. 94, Kharkov, 61023, Ukraine

<sup>3</sup> National Scientific Center, Kharkov Institute for Physics and Technology, Akademicheskaj Str. 1, Kharkov, 61108, Ukraine

The receiving procedure of classical Hamiltonian to the Birkhoff-Gustavson normal form is described. With help of the Weyl correspondence rule for the classical normal forms of some integrable and nonintegrable systems their quantum counterparts are constructed and approximated energy spectra and wave functions are found. It is shown that thus obtained energy spectra are represented good exact ones in an energy domain where the classical motion is regular but agreement is worsen strongly at the energy domain where the classical regular motion is going into chaotic one. It is established that ...

Key words: classical Hamiltonian, Birkhoff-Gustavson normal form, Weyl correspondence rule, energy spectra, wave function, method of quantization.

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной грантовой поддержке РФФИ: №03-02-17695, №03-02-16263.



	<b>Ф. СП</b> <b>1</b>																								
	Министерство связи Российской Федерации																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>АБОНЕМЕНТ</b></td> <td style="width: 10%;"><b>На</b></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">газету</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><b>81466</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">журнал</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>АБОНЕМЕНТ</b>	<b>На</b>	газету		<b>81466</b>			журнал																
<b>АБОНЕМЕНТ</b>	<b>На</b>	газету		<b>81466</b>																					
		журнал																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">           НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО            ГОС. УН-ТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ            (наименование издания)         </td> <td style="width: 30%; text-align: center;">           (индекс издания)            Кол-во            компл.         </td> </tr> </table>	НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО ГОС. УН-ТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ (наименование издания)	(индекс издания) Кол-во компл.																						
НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО ГОС. УН-ТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ (наименование издания)	(индекс издания) Кол-во компл.																								
	На 2009 год по месяцам																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">1</td><td style="width: 5%;">2</td><td style="width: 5%;">3</td><td style="width: 5%;">4</td><td style="width: 5%;">5</td><td style="width: 5%;">6</td><td style="width: 5%;">7</td><td style="width: 5%;">8</td><td style="width: 5%;">9</td><td style="width: 5%;">10</td><td style="width: 5%;">11</td><td style="width: 5%;">12</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">+</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">+</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						+						+
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
					+						+														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Куда</td> <td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">(почтовый индекс)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">(адрес)</td> </tr> </table>	Куда										(почтовый индекс)					(адрес)								
Куда																									
(почтовый индекс)					(адрес)																				
	Кому																								
	линия                      отреза																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>ДОСТАВОЧНАЯ</b></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><b>81466</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ПВ</td><td style="text-align: center;">место</td><td style="text-align: center;">литер</td> <td style="text-align: center;"><b>КАРТОЧКА</b></td> <td style="text-align: center;">(индекс издания)</td> </tr> </table>				<b>ДОСТАВОЧНАЯ</b>	<b>81466</b>	ПВ	место	литер	<b>КАРТОЧКА</b>	(индекс издания)														
			<b>ДОСТАВОЧНАЯ</b>	<b>81466</b>																					
ПВ	место	литер	<b>КАРТОЧКА</b>	(индекс издания)																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">           На газету <b>НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО</b>  <b>журнал</b>            (наименование издания)         </td> <td style="width: 50%;"> <b>ГОС. УНИВЕРСИТЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b> </td> </tr> </table>	На газету <b>НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО</b> <b>журнал</b> (наименование издания)	<b>ГОС. УНИВЕРСИТЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b>																						
На газету <b>НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО</b> <b>журнал</b> (наименование издания)	<b>ГОС. УНИВЕРСИТЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b>																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Стои- мость</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">подписки</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">руб.</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Кол-во компл.</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">переадресовки</td> <td style="text-align: center;">руб.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Стои- мость	подписки	руб.	Кол-во компл.			переадресовки	руб.																
Стои- мость	подписки	руб.	Кол-во компл.																						
	переадресовки	руб.																							
	На 2010 год по месяцам																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">1</td><td style="width: 5%;">2</td><td style="width: 5%;">3</td><td style="width: 5%;">4</td><td style="width: 5%;">5</td><td style="width: 5%;">6</td><td style="width: 5%;">7</td><td style="width: 5%;">8</td><td style="width: 5%;">9</td><td style="width: 5%;">10</td><td style="width: 5%;">11</td><td style="width: 5%;">12</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">+</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">+</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						+						+
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
					+						+														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td><td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">(почтовый индекс)</td> </tr> </table>											(почтовый индекс)										Город Село Область Район				
(почтовый индекс)																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td><td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">код улицы</td> </tr> </table>											код улицы										Улица				
код улицы																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td><td style="width: 20%;"></td><td style="width: 20%;"></td><td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">дом</td><td style="text-align: center;">корпус</td><td style="text-align: center;">квартира</td><td style="text-align: center;">(фамилия, и. о.)</td> </tr> </table>					дом	корпус	квартира	(фамилия, и. о.)																	
дом	корпус	квартира	(фамилия, и. о.)																						