



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Баскевич М.И., Опарин М.Л.</b> Хромосомные подходы в изучении таксономического и генетического разнообразия грызунов Нижнего Поволжья. Итоги и перспективы применения . . . . .	3
<b>Генкал С.И., Лепская Е.В.</b> Экология, морфологическая изменчивость и распространение <i>Stephanodiscus niagarae</i> (Bacillariophyta) в России . . . . .	15
<b>Дуванова И.А., Хицова Л.Н., Недосекин В.Ю., Дроздова В.Ф.</b> К популяционному анализу механизмов динамики численности полевой мыши ( <i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1771) в условиях Липецкой области . . . . .	26
<b>Конюшкова М.В., Вышивкин А.А.</b> Связь изображения на космических снимках Quickbird с растительностью, почвами и их засоленностью (Северный Прикаспий, район Джаныбекского стационара РАН) . . . . .	35
<b>Крылов А.В., Цветков А.И., Малин М.И.</b> Вертикальное распределение зоопланктона малой реки . . . . .	47
<b>Машурчак Н.В., Кашин А.С., Игнатов В.В.</b> Зависимость состава флаваноидного комплекса <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench от условий произрастания в Саратовской области . . . . .	54

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<b>Березуцкий М.А., Павловский А.М.</b> Особенности распространения и некоторые аспекты экологии папоротниковидных в антропогенных местообитаниях на севере Нижнего Поволжья . . . . .	62
<b>Демина И.В., Ермохин М.В., Демин А.Г.</b> Имагоуловитель для количественного учета вылета гетеротопных насекомых на границе «вода – воздух» в стоячих водоемах . . . . .	65
<b>Завьялов Е.В., Табачишин В.Г., Якушев Н.Н., Харитонов С.П., Мосолова Е.Ю.</b> Динамика и возможные причины расселения малого баклана ( <i>Phalacrocorax rugyaeus</i> , Pelecaniformes) на севере Нижнего Поволжья и сопредельных территориях . . . . .	69

## РЕЦЕНЗИИ

<b>Сенатор С.А., Саксонов С.В.</b> Рецензия на энциклопедическое издание «Особо охраняемые природные территории Саратовской области: национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты» . . . . .	74
---	----

## ХРОНИКА

<b>Щербина Г.Х., Пряничникова Е.Г., Протасов А.А., Крылов А.В.</b> О I Международной школе-конференции «Дрейссениды: эволюция, систематика, экология» . . . . .	76
<i>Содержание журнала за 2008 г.</i> . . . . .	79
<i>Авторский указатель за 2008 г.</i> . . . . .	85
<i>Правила для авторов</i> . . . . .	87



## CONTENTS

<b>Baskevich M.I. and Oparin M.L.</b> Chromosome approaches in studies of the taxonomic and genetic diversity of rodents in the Lower Volga region. Conclusions and outlook of their application .....	3
<b>Genkal S.I. and Lepskaya E.V.</b> Ecology, morphological variability and distribution of <i>Stephanodiscus niagarae</i> (Bacillariophyta) in Russia .....	15
<b>Duvanova I.A., Khitsova L.N., Nedosekin V.Yu., and Drozdova V.F.</b> On population analysis of the abundance dynamics mechanisms in <i>Apodemus agrarius</i> in the Lipetsk region .....	26
<b>Konyushkova M.V. and Vyshivkin A.A.</b> A correlation between Quickbird imagery characteristics and vegetation, soils and their salinity in the North Caspian region (Dzhanybek research station, RAS).....	35
<b>Krylov A.V., Tsvetkov A.I., and Malin M.I.</b> Vertical distribution of the zooplankton of a small river .....	47
<b>Mashurchak N.V., Kashin A.S., and Ignatov V.V.</b> Dependence of the composition of the flavonoid complex <i>Helichrysum arenarium</i> (L). Moench on the vegetation conditions in the Saratov region .....	54

## SHORT COMMUNICATIONS

<b>Berezutsky M.A. and Pavlovsky A.M.</b> Distribution pattern and some aspects of fern ecology at anthropogenous habitats in the northern Lower-Volga region .....	62
<b>Dyomina I.V., Yermokhin M.V., and Dyomin A.G.</b> A submerged trap for quantitative measuring of heterotopic insect imago emergence on the water-air boundary in lentic waterbodies .....	65
<b>Zavialov E.V., Tabachishin V.G., Yakushev N.N., Kharitonov S.P., and Mosolova E.Yu.</b> Dynamics and possible causes of Pygmy Cormorant ( <i>Phalacrocorax pygmaeus</i> , Pelecaniformes) expansion in the northern Lower-Volga region and adjacent territories ....	69

## REVIEWS

<b>Senator S.A. and Saxonov S.V.</b> A review of the encyclopedic edition «Specially protected natural territories of the Saratov region: national park, natural microreserves, nature monuments, arboretum, botanical garden, specially protected geological objects» .....	74
--	----

## CHRONICLE

<b>Shcherbina G.Kh., Pryanichnikova E.G., Protasov A.A., and Krylov A.V.</b> On I International school-conference «Dreissenides: evolution, systematics, ecology» .....	76
<i>Table of contents 2008</i> .....	79
<i>Author index 2008</i> .....	85
<i>Rules for authors</i> .....	87

УДК [576.316.353.7:599.32](470.44)

**ХРОМОСОМНЫЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО  
И ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГРЫЗУНОВ  
НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ.  
ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

**М.И. Баскевич, М.Л. Опарин**

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33  
E-mail: mbaskevich@mail.ru*

Поступила в редакцию 04.05.08 г.

**Хромосомные подходы в изучении таксономического и генетического разнообразия грызунов Нижнего Поволжья. Итоги и перспективы применения.** – Баскевич М.И., Опарин М.Л. – Представлены хромосомные данные по обыкновенным полевым *Microtus arvalis* s.l., мышовкам *Sicista* групп *betulina* и *subtilis*, лесным мышам р. *Sylvaemus* из Заволжья и Правобережья Саратовской области. Полученные результаты использованы для уточнения таксономического и генетического разнообразия, а также особенностей стациального распределения грызунов Нижнего Поволжья. Обсуждаются эволюционные и экологические аспекты хромосомной изменчивости грызунов в регионе и перспективы дальнейшего применения хромосомных подходов к изучению родентофауны Нижнего Поволжья.

*Ключевые слова:* хромосомы, грызуны, таксономический статус, генетическое разнообразие, географическое распространение, стациальное распределение, Нижнее Поволжье.

**Chromosome approaches in studies of the taxonomic and genetic diversity of rodents in the Lower Volga region. Conclusions and outlook of their application.** – Baskevich M.I. and Oparin M.L. – Chromosome data for the common voles (*Microtus arvalis* s.l.) and birch mice (*Sicista*) from the *betulina* and *subtilis* groups, representatives of the *Sylvaemus* genus from the left and right banks of the Volga river in the Saratov region are presented. The data obtained are used for specification of the taxonomic and genetic diversity of rodents in the Lower Volga region. The geographic and spatial distributions of some of them in the region have been determined more precisely by using chromosome markers as well. Evolutionary and ecological aspects of the chromosome variability in rodents and prospects of the chromosome approach application to Rodentia in the Lower Volga region are discussed.

*Key words:* chromosomes, rodents, taxonomic status, genetic diversity, geographic and spatial distribution, Lower Volga region.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Применение хромосомных методов исследования в систематике грызунов позволило в значительной степени расширить возможности таксономической дифференциации в ряде групп Rodentia. В составе таких групп были обнаружены кариологически дискретные виды-двойники или же отличающиеся по особенностям хромосом внутривидовые формы, идентификация которых является необходимым звеном при проведении фаунистических, териогеографических, а в случае перекрывания ареалов видов-двойников и экологических исследований.

Очевидно, что использование хромосомных подходов в систематике грызунов позволяет не только пересмотреть представления о видовом составе и внутривидо-

вой структуре отдельных групп грызунов, но и, как следствие, обуславливает потребность в переоценке взглядов на родентофауну отдельных регионов. Одним из таких регионов, безусловно, является Нижнее Поволжье, включающее Саратовскую, Волгоградскую и Астраханскую области.

Первоначально при исследовании фаунистического состава грызунов Нижнего Поволжья цитогенетический анализ не использовался (Ларина и др., 1968; Шляхтин и др., 1997) или охватывал лишь единичных представителей Rodentia (Белянин и др., 1973; Малыгин, 1983; Kral et al., 1980). За последнее десятилетие число работ, в которых используется цитогенетический анализ, возросло, расширив круг кариологически исследованных популяций и видов в регионе (Баскевич и др., 1999, 2003, 2005 а, 2008 а; Баскевич, Опарин, 2000; Опарин и др., 2001; Богомолов и др., 2005). Однако, несмотря на значительный прогресс в данном направлении исследований региональной родентофауны, представления о ее таксономическом составе, характере географического распространения и стациального распределения кариологически дискретных видов-двойников и внутривидовых форм, об особенностях популяционно-генетической структуры отдельных видов грызунов на территории Нижнего Поволжья окончательно не сформированы.

Цель работы – показать на отдельных примерах, как применение хромосомных подходов повлияло и может повлиять в дальнейшем на формирование представлений о таксономическом и генетическом разнообразии грызунов Нижнего Поволжья, проиллюстрировать вклад хромосомных маркеров в уточнение характера географического распространения и стациального распределения кариологически дискретных видов-двойников и внутривидовых форм в регионе.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Использованный в работе материал, включающий анонимные выборки обыкновенных полевок *Microtus arvalis* s.l. ( $n = 35$ ), мышовок *Sicista* групп *betulina* ( $n = 1$ ) и *subtilis* ( $n = 12$ ), а также представителей рода (подрода) *Sylvaemus* ( $n = 11$ ), был собран нами в 1998 – 2000 гг. и 2006 – 2008 гг. во время полевых исследований в Заволжье и Правобережье Саратовской области. Детальная характеристика пунктов отлова кариологически идентифицированных зверьков для каждого вида дана в ходе изложения результатов.

Препараты хромосом приготавливали из клеток костного мозга по стандартной методике воздушно-высушенных препаратов. Для получения G-исчерченных хромосом использовали метод Сибрайта (Seabright, 1971). С-окраску хромосом проводили по методу Самнера (Sumner, 1972). Для выявления районов ядрышковых организаторов использовали один из последних методов серебрения (Howell, Black, 1980).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Осуществленная нами кариологическая диагностика видов грызунов из Саратовского Поволжья выявила в исследованных выборках следующие виды: *Microtus rossiaemeridionalis* Ognev, 1924, восточноевропейскую ( $n = 3$ ) и *Microtus arvalis* Pallas, 1778 формы *obscurus*, обыкновенную ( $n = 32$ ) полевок; *Sicista strandi* Formosov, 1931, мышовку Штранда ( $n = 1$ ), *Sicista subtilis* Pallas, 1773, степную мышовку

( $n = 12$ ), *Apodemus (Sylvaemus) uralensis* Pallas, 1811, малую лесную мышь ( $n = 11$ ). Ниже приводятся хромосомные характеристики изученных видов.

### Кариотипы *Microtus arvalis* s.l., обыкновенных полевок

Представления о видовом составе обыкновенных полевок на территории Нижнего Поволжья претерпели изменения: от признания одного вида обыкновенной полевки с тремя подвидами – *duplicatus*, *rossiaemeridionalis*, *caspicus* (Ларина и др., 1968), до обнаружения в регионе кариологически дискретных видов-двойников – *M. rossiaemeridionalis* ( $2n = 54$ ) и *M. arvalis* формы *obscurus* ( $2n = 46$ ,  $NF = 72$ ) (Белянин и др., 1973; Малыгин, 1983; Баскевич и др., 1999; Kral et al., 1980). Однако ранние хромосомные результаты носили фрагментарный характер, не позволяя сформировать представления о стациальном распределении видов-двойников *M. arvalis* s.l. в регионе. Региональные хромосомные особенности у обыкновенных полевок из Нижнего Поволжья также до сих пор не были уточнены и не использовались для формирования представлений о популяционно-генетической структуре и ее динамике у видов-двойников *M. arvalis* s. l. в регионе. Проведенный нами анализ анонимной выборки обыкновенных полевок, включающей 35 экз. из саратовского Заволжья и Правобережья, отчасти восполняет этот пробел.

По результатам хромосомной маркировки в изученной нами анонимной выборке были выявлены виды-двойники: *Microtus rossiaemeridionalis* ( $n = 3$ ) и *Microtus arvalis* формы *obscurus* ( $n = 32$ ).

Для *M. rossiaemeridionalis* подтвержден стандартный кариотип ( $2n = 54$ ,  $NF = 56$ ), в котором при С-окрашивании гетерохроматин выявляется в дистальной части X-хромосомы (в виде крупного блока), в полностью гетерохроматичной Y-хромосоме и в прицентромерных районах всех аутосом. Такой кариотип был обнаружен у одной особи, добытой на дамбе в окрестностях с. Октябрьское в Краснопартизанском районе саратовского Заволжья, и двух экземпляров, добытых в пойме р. Чардым в Воскресенском районе Правобережья. Кариотипы исследованных нами экземпляров восточноевропейской полевки из Заволжья и Правобережья не различались и соответствовали стандартным хромосомным характеристикам для этого вида из центральных частей его ареала. Биотопическая приуроченность (дамба, пойма реки) наших немногочисленных находок этого вида в саратовском Поволжье согласуется с литературными данными (Богомолов и др., 2005).

Тридцать две особи в анонимной выборке обыкновенных полевок по особенностям кариотипа были определены как *M. arvalis* формы *obscurus* ( $2n = 46$ ,  $NF = 72$ , 71). Эта форма была зарегистрирована нами в следующих географических пунктах: в Краснокутском (вблизи пос. Дьяковка,  $n = 12$ ), Краснопартизанском (вблизи с. Октябрьское,  $n = 8$ ), Воскресенском (близ пос. Афанасьевка,  $n = 12$ ) районах Саратовской области (таблица). В окрестностях с. Октябрьское и пос. Афанасьевка зверьков добывали на степных участках, вблизи с. Дьяковка – на залежи и единичные экземпляры – по кромке Дьяковского леса и близ кордона.

Для кариотипа этой формы характерно наличие 5 крупных (4 пары мета-субметацентриков и одна пара субтелоцентриков) и 17 мелких пар аутосом, представленных 7 парами мета-субметацентриков и 10 парами акроцентриков. X-хромосома – средней величины метацентрик, Y-хромосома – акроцентрический

элемент. При С-окрашивании гетерохроматин отмечен в прицентромерных районах 6 пар мелких метацентриков и 7 пар акроцентриков, а также в полностью гетерохроматиновой Y-хромосоме, а С-окрашенные кариотипы особей из Правобережья и Заволжья не различались. В кариотипированной выборке *M. arvalis* формы *obscurus* выявлена гетерозиготная по 5-й паре аутосом (субтелоцентрик / акроцентрик) особь. Кариотип с перестройкой был отмечен у 1 экз., добытого нами в Правобережье (окрестности пос. Афанасьевка, Воскресенский район) Саратовской области в 2006 г., хотя в другие годы при кариотипировании небольших выборок *M. arvalis* формы *obscurus* из этого же географического пункта (этот пункт расположен в пределах южной части Приволжской возвышенности) и за весь период исследований в Заволжье эта мутация не была выявлена (см. таблицу). Отмеченные нами и известные по литературным данным (Воронцов и др., 1984; Быстракова, 2003) особенности географического распределения перестройки в 5-й паре аутосом у *M. arvalis* формы *obscurus* в Поволжье (мутация известна только для выборок с Приволжской возвышенности) могут служить маркером популяционно-генетической структуры вида в регионе исследования, демонстрируя на хромосомном уровне разнокачественность популяций *M. arvalis* формы *obscurus* из Заволжья и Правобережья. Можно высказать предположение о том, что в постледниковый период Правобережье заселялось из рефугиума на Приволжской возвышенности, тогда как колонизация Заволжья, возможно, осуществлялась из рефугиума на Южном Урале.

Частоты распределения субтелоцентрической и акроцентрической хромосомы 5-й пары в изученных нами выборках *M. arvalis* формы *obscurus* из саратовского Поволжья

Место отлова	Год сбора материала	Число животных				FO		
		St/St	St/A	A/A	Всего	P(st)	Q (A)	$\chi^2$
Правобережье								
Воскресенский район, окрестности пос. Афанасьевка (Приволжская возвышенность)	2006	9	1	–	10	0.95	0.05	0.0277
Там же	2008	2	–	–	2	1	0	–
Заволжье								
Краснокутский район, окраина Дьяковского леса	1998	2	–	–	2	1	0	–
Краснокутский район, окрестности с. Дьяковка	1998	1	–	–	1	1	0	–
Там же	2006	8	–	–	8	1	0	–
«	2008	1	–	–	1	1	0	–
Краснопартизанский район, окрестности пос. Октябрьский	2006	8	–	–	8	1	0	–

Полученные хромосомные результаты использованы и для уточнения стационального распределения видов-двойников обыкновенных полевков на территории Нижнего Поволжья. Подтверждено, что на территории Нижнего Поволжья *M. arvalis* формы *obscurus* встречается преимущественно в степи и на залежах, тогда как *M. rossiaemeridionalis* является обитателем более влажных биотопов (Богомолов и др., 2005; наши данные).

### Кариотипы мышовок *Sicista Gray, 1827*

Ранее в составе фауны Нижнего и, в частности, саратовского Поволжья признавали 2 вида мышовок – лесную (*Sicista betulina*) и степную (*S. subtilis*) (Ларина и др., 1968; Шляхтин и др., 1997). Однако в связи с усложнением системы этих видов, явившейся результатом таксономических ревизий, основанных, в первую очередь, на применении хромосомных подходов (Соколов и др., 1986, 1989), можно было предполагать, что хромосомные исследования мышовок в регионе могут привести к изменению первоначальной точки зрения. Проведенные нами исследования во многом оправдывают эти предположения, подтверждая наши предварительные результаты (Баскевич, Опарин, 2000; Опарин и др., 2001; Баскевич и др., 2003, 2005 а, 2008 б) и литературные данные (Быстракова, 2000; Анискин и др., 2003).

В настоящей статье представлены новые и обобщены предшествующие результаты по кариотипам мышовок из саратовского Поволжья.

### Кариотип мышовок группы *betulina*

Группа *betulina* мышовок объединяет кариологически дискретные виды, в том числе виды-двойники *S. betulina* ( $2n = 32$ ) и *S. strandi* ( $2n = 44$ ), выделенные из бывшего политипического вида *Sicista betulina* s.l. (Соколов и др., 1989; Соколов, Ковальская, 1990). Видовой состав и изменчивость мышовок этой группы в саратовском Поволжье до наших кариологических исследований не были уточнены. Здесь мы обобщаем наши данные о хромосомных наборах мышовок группы *betulina* из Воскресенского района в саратовском Правобережье.

*Sicista strandi* Formosov, 1931. Ранее мы сообщали о хромосомных характеристиках единственного экземпляра мышовки группы *betulina* из саратовского Правобережья (долина р. Чардым, Воскресенский район), определенного нами по хромосомным характеристикам как мышовка Штранда (Баскевич, Опарин, 2000; Баскевич и др., 2005 а). В настоящем исследовании дано описание хромосомного набора еще одного экземпляра *S. strandi* ( $2n = 44$ ,  $NF = 52$ ) из этого же географического пункта (рис. 1) и показано, что он ничем не отличается по хромосомным характеристикам от ранее изученной особи, равно как и от исследованных из других точек ареала вида (Баскевич, 1996). Полученные хромосомные результаты подтверждают, что внутрипопуляционный хромосомный полиморфизм, в том числе по особенностям локализации С-блоков, для *S. strandi* не характерен. Подтвержденные в ходе исследования незначительные межпопуляционные отличия в характере С-окраски хромосом между изученной нами выборкой из северо-восточной части

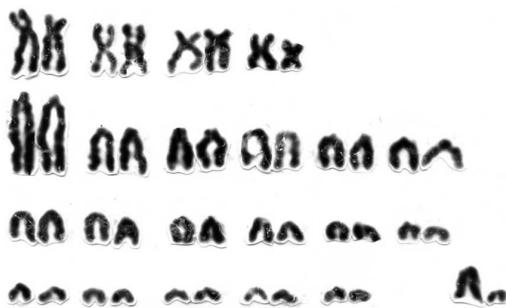


Рис. 1. Кариотип самца *Sicista strandi* из долины р. Чардым в Правобережье Саратовской области, рутинная окраска хромосом

ареала вида и таковой из Предкавказья (Baskevich, 1996) согласуются с краниометрическими и нетрадиционными морфологическими данными (Баскевич и др., 2005 б), привлекая внимание к необходимости последующей таксономической оценки отмеченных фактов. Полученные хромосомные результаты по мышовкам группы *betulina* показывают, что на территории Саратовской области, в Правобережье обитает *S. strandi*, а не ее вид-двойник *S. betulina* s.str. Обитание *S. strandi* в саратовском Правобережье пока подтверждено только для находок из Воскресенского района, по-видимому, к этому же виду относятся и находки из Вольского и Хвалынского районов в Правобережье Саратовской области. Кариотипированные нами находки мышовки Штранда из саратовского Правобережья уточняют северо-восточную границу ареала вида, оставляя пока без ответа вопрос о таксономическом статусе и даже об обитании мышовок группы *betulina* в саратовском Заволжье. Ближайшие же находки мышовок группы *betulina* из расположенных севернее регионов Заволжья (Нижегородская область, республика Мари-Эл) определены как *S. betulina* s. str. (Быстракова, 2000).

### **Кариотипы мышовок группы *subtilis***

Мышовки группы *subtilis* представлены двумя кариологически дискретными политипическими видами: степной, *S. subtilis* и темной, *S. severtzovi* мышовками (Соколов и др., 1986; Ковальская и др., 2000). У мышовок этой группы выявлен чрезвычайно высокий уровень хромосомной изменчивости (Соколов и др., 1986; Анискин и др., 2003; Баскевич и др., 2003 и др.), что привлекает внимание к дальнейшему изучению их кариотипов. В данном сообщении мы обобщаем собственные результаты по хромосомной изменчивости у мышовок группы *subtilis* из саратовского Поволжья. Рассматриваемый в работе материал включает новые и полученные нами ранее хромосомные данные по этой группе грызунов из Саратовской области.

Использованный нами хромосомный материал представлен 12 экз. *S. subtilis*, добытыми в Правобережье ( $n = 7$ ) и Заволжье ( $n = 5$ ) Саратовской области.

### ***Sicista subtilis* Pallas, 1773 из Заволжья**

Приведены сведения о кариотипах пяти экземпляров *S. subtilis* из трех пунктов саратовского Заволжья: окрестностей с. Октябрьское Краснопартизанского ( $n = 2$ ), пос. Монахов Александровогайского ( $n = 1$ ) и с. Песчаное Ровенского ( $n = 2$ ) районов. Диплоидное число хромосом у исследованных экземпляров степных мышовок из трех пунктов в Заволжье Саратовской области равно 24, при  $NF = 40, 41$ . Среди 11 пар аутосом восемь представлено двуплечими элементами, а три (№ 8, 9 и 10) – у четырех экземпляров имеют форму акроцентриков, а у одной из двух обследованных из окрестностей с. Октябрьское мышовок пара № 9 образована акроцентриком и субмета-субтелоцентриком. Гетерохромосомы имеют форму акроцентриков (рис. 2). Таким образом, изученная нами из саратовского Заволжья выборка степных мышовок ( $2n = 24, NF = 40, 41$ ) характеризуется полиморфизмом по перестройке в 9-й паре аутосом, гомологи которой могут быть представлены как одноплечими ( $n = 4$ ), так и одноплечим-двуплечим элементами ( $n = 1$ ).

Сходный кариотип был выявлен у степных мышовок из Краснокутского (Быстракова, 2000; Анишкин и др., 2003) и Пугачевского (Опарин и др., 2001) районов в Заволжье Саратовской области. Ранее находка из Пугачевского района по особенностям окраски меха была отнесена к темной мышовке (Огнев, 1948). Однако специфика ее кариотипа, характерного для *S. subtilis*, отвергает это предположение (Опарин и др., 2001).

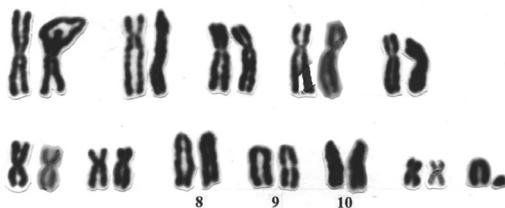


Рис. 2. Кариотип самца *Sicista subtilis* ( $2n = 24$ ,  $NF = 40$ ) из Заволжья (окрестности с. Октябрьское Краснопартизанского района), рутинная окраска хромосом

### *Sicista subtilis* Pallas, 1773 из Правобережья

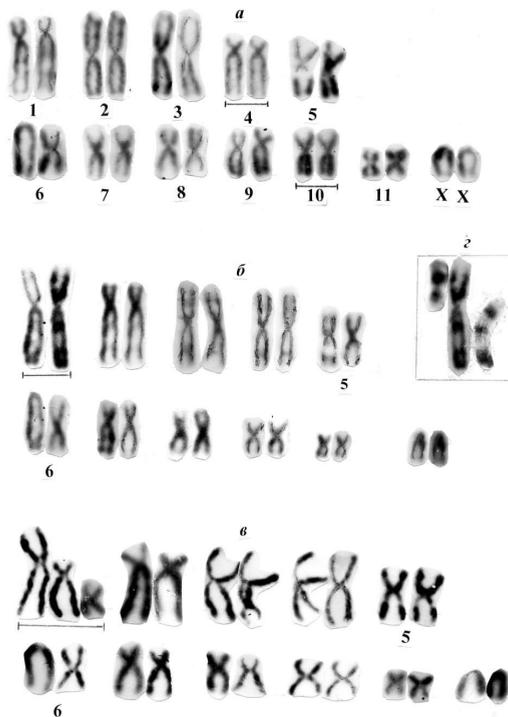
В Правобережной части Саратовской области (окрестности с. Славянка Воскресенского района) нами обнаружена новая хромосомная форма мышовок группы *subtilis*, пока рассматриваемая нами в рамках *S. subtilis*. Первоначально в этом географическом пункте нами были кариотипированы два гетерозиготных по тандемной транслокации 23-хромосомных экземпляра *S. subtilis*. У них была также выявлена изменчивость в морфологии 6-й пары аутосом, которая может быть представлена как двумя акроцентриками ( $n = 1$ ), так и гетероморфной (acrocentрик – метацентрик) парой ( $n = 1$ ). Сведения о своеобразных кариотипах этих двух зверьков ( $2n = 23$ ,  $NF = 42$ , 43) были оформлены в виде предварительного сообщения (Баскевич и др., 2008 б). Позднее нами были добыты еще 5 экз. степных мышовок из этого же географического пункта. Изучение хромосомных наборов у этих и ранее изученных экземпляров позволяет уточнить особенности популяционно-генетической структуры вида в регионе исследования.

В исследованной нами совокупной выборке из Правобережья были выявлены следующие варианты кариотипа *S. subtilis*: 1)  $2n = 23$ ,  $NF = 43$ , 3 экз.; 2)  $2n = 23$ ,  $NF = 42$ , 1 экз.; 3)  $2n = 24$ ,  $NF = 45$ , 1 экз.; 4)  $2n = 22$ ,  $NF = 41$ , 2 экз.

У 24-хромосомного экземпляра в наборе выделяются 3 пары крупных двуплечих элементов, резко отличающиеся по величине от других элементов набора, 4-я пара (субмета-субтелоцентрики) участвует в тандемной транслокации, 5-я пара – мета-субметацентрическая со вторичными перетяжками, 6-я пара, как правило, гетероморфная, 7 – 11-я – двуплечие, среди которых 10-я участвует в тандемной транслокации. Гетерохромосомы представлены мелкими акроцентрическими элементами. У 22-хромосомных экземпляров появляется крупнейшая в наборе пара субметацентриков, возникновение которой обусловлено тандемной транслокацией пар № 4 и № 10 (доказано с помощью G-окраски хромосом), а в кариотипах 23-хромосомных особей, соответственно, обнаруживаются по одному гомологу крупнейшей пары и аутосом № 4 и № 10 (рис. 3).

Таким образом, в изученной нами выборке *S. subtilis* из Правобережья Саратовской области выявлен полиморфизм по двум структурным хромосомным пере-

стройкам: тандемной транслокации и перестройке, природу которой еще предстоит уточнить ( $2n = 22, 23, 24$ ;  $NF = 41, 42, 43, 45$ ). В выборке преобладали гетерозиготы по тандемной транслокации ( $n = 4$ ), тогда как гомозиготные варианты были



**Рис. 3.** Кариотипы самок *Sicista subtilis* из Правобережья Саратовской области (окрестности с. Славянка Воскресенского района): *a* –  $2n = 24$ ,  $NF=45$ ; *b* –  $2n = 22$ ,  $NF=41$ ; *v* –  $2n = 23$ ,  $NF=43$ . Рутинная окраска хромосом; подчеркнуты хромосомы, участвующие в тандемной транслокации; *z* – *G*-окраска гетероморфных хромосом, участвующих в тандемной транслокации

может быть в дальнейшем уточнен с помощью сравнительной *G*-окраски хромосом. Не исключено, что в ходе последующих исследований число видов-двойников мышовок группы *subtilis* в саратовском Поволжье может увеличиться.

### Представители рода (подрода) *Sylvaemus* *Apodemus (Sylvaemus) uralensis*

Установлено, что виды-двойники и внутривидовые формы, обнаруженные в составе рода (подрода) *Sylvaemus*, различают по особенностям локализации яд-

отмечены соответственно у одной ( $2n = 24$ ) и двух ( $2n = 22$ ) особей из 7-ми кариотипированных нами зверьков. Также у большинства особей ( $n = 6$ ) в выборке *S. subtilis* из Правобережья Саратовской области был выявлен гетероморфизм 6-й пары аутосом, один гомолог которой представлен акроцентриком, а другой – метацентриком. Среди 7-ми кариотипированных экземпляров гомозиготный (acrocentric) вариант этой пары аутосом был отмечен только у одной особи ( $2n = 23$ ,  $NF = 42$ ). Очевидно, что в изученной нами выборке наблюдается явное преобладание гетерозигот по обеим структурным хромосомным перестройкам. Этот результат согласуется с балансовой теорией, в соответствии с которой данный уровень хромосомной изменчивости позволяет популяции наилучшим образом использовать экологическую нишу.

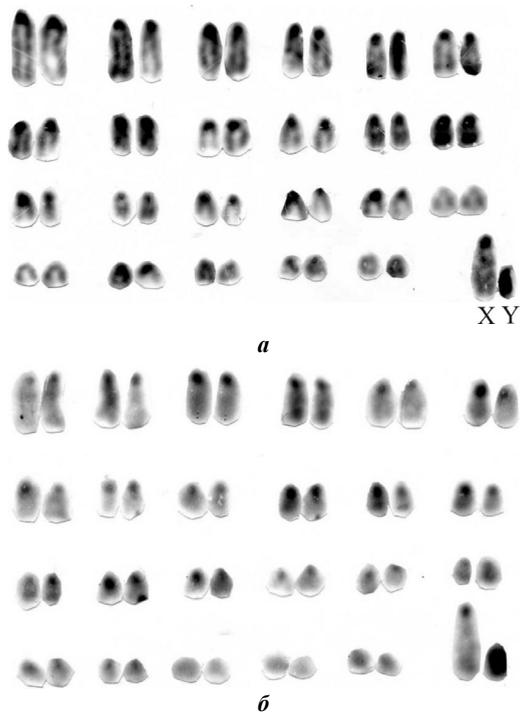
Итак, нами выявлена разнокачественность популяций *S. subtilis* из Заволжья ( $2n = 24$ ,  $NF = 40, 41$ ) и Правобережья ( $2n = 23, 24, 22$ ;  $NF = 42, 43, 45, 41$ ) по особенностям их хромосомных наборов. Таксономический статус Правобережной популяции пока до конца не выяснен и

## ХРОМОСОМНЫЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО

рышкообразующих районов (ЯОР), а также по количеству и локализации гетерохроматина (Орлов и др., 1996; Богданов, 2001). При этом по последнему признаку, в частности у вида (надвида) *A. (S.) uralensis*, обнаружена как широтная, так и долготная дифференциация кариотипа. Границы между этими кариоморфами, равно как и их таксономический статус, требуют уточнения. С другой стороны, не ясно, насколько стабильны эти хромосомные признаки и не подвержены ли они, в частности, адаптивной изменчивости? В этой связи безусловный интерес представляет хромосомный анализ новых находок этого вида (надвида). Не менее интересно и исследование роли русла р. Волги, являющегося барьером в распространении и фауногенезе ряда групп млекопитающих, в формообразовании лесных мышей.

Нами были кариотипированы лесные мыши из Саратовской области, добытые на правом берегу р. Волги в окрестностях с. Славянка Воскресенского ( $n = 2$ ) и в окрестностях с. Октябрьское Краснопартизанского ( $n = 2$ ) районов. В исследование также включены кариотипированные выборки лесных мышей из различных биотопов (Дьяковский лес,  $n = 5$ ; вблизи озера,  $n = 1$ ; бурьян на околице с. Дьяковки,  $n = 1$ ) окрестностей пос. Дьяковка Краснокутского района.

У всех изученных с помощью AgNOR-окрашивания хромосом особой выявлен 48-хромосомный кариотип и видоспецифическая для *A. (S.) uralensis* теломерно-центромерная локализация ЯОР, что противоречит обитанию в Заволжье *A. (S.) sylvaticus*, указанному ранее (Ларина и др., 1968). По характеру С-окрашивания хромосом зверьки с разных берегов р. Волги и из разных биотопов не различались. Прицентромерные гетерохроматиновые С-блоки выявлены на большинстве, за исключением трех пар, аутосом, а на некоторых аутосомных парах обнаруживается также теломерный гетерохроматин. X-хромосома маркируется крупным прицентромерным блоком и слабо прокрашиваемыми интерстициальными блоками в проксимальной части. У-хромосома полностью гетерохроматизирована (рис. 4, а, б). В целом изученная нами выборка соответствовала другим восточно-европейским популяциям малой лесной мыши, в частности форме



**Рис. 4.** С-окрашенные кариотипы самцов *Sylvemus uralensis* из Саратовской области: а – окрестности с. Октябрьское Краснопартизанского района (Заволжье), б – окрестности пос. Афанасьевка Воскресенского района (Правобережье)

*mosquensis*. Отсутствие отличий в хромосомных особенностях заволжских и правобережных выборок *S. uralensis* согласуется с данными, основанными на изучении изменчивости гена цитохрома *b* мтхДНК (Балакирев и др., 2007), и противоречат результатам RAPD PCR анализа (Илларионова и др., 2005).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, с помощью хромосомного подхода нами уточнены характер географического распространения и биотопической приуроченности видов-двойников *M. arvalis* s.l. в саратовском Поволжье и выявлены отличия в популяционно-генетической структуре заволжских и правобережных популяций *M. arvalis* формы *obscurus*, обсуждаемые в историческом контексте.

Подтверждена принадлежность *S. betulina* s. l. из саратовского Правобережья к 44-хромосомной *S. strandi*, что позволяет уточнить северо-восточную границу распространения этого вида-двойника. На примере выборки из саратовского Правобережья подтверждено, что для *S. strandi* характерно отсутствие внутривидового хромосомного полиморфизма. Подтверждены межпопуляционные различия в характере С-окраски хромосом между северными (Правобережье Саратовской области) и южными популяциями *S. strandi*.

Получены предварительные данные, указывающие на отличия в популяционно-генетической структуре изученных выборок *S. subtilis* из Заволжья ( $2n = 24$ ,  $NF = 40$ , 41) и Правобережья ( $2n = 23$ , 24, 22;  $NF = 42$ , 43, 45, 41). Предполагается, в соответствии с балансовой теорией, возможное адаптивное значение внутривидового полиморфизма в правобережной популяции, полиморфной по двум структурным хромосомным перестройкам. Отмечена необходимость последующего уточнения ее таксономического статуса.

По особенностям NOR- и С-окраски хромосом подтверждена принадлежность лесных мышей из саратовского Поволжья к *A. (S.) uralensis* (= *mosquensis*). Для особей, добытых в Правобережье и разных биотопах саратовского Заволжья, показаны одинаковые хромосомные характеристики.

Перспективы дальнейшего кариологического изучения грызунов Нижнего Поволжья связаны с разработкой проблемы «русло Волги как фаунистический барьер», в том числе на моделях мышовок групп *subtilis*, *betulina* и таксономической интерпретацией хромосомных результатов по этим и другим таксономически сложным объектам. Интерес представляет также использование полученных и будущих хромосомных данных по видам-двойникам для уточнения пульсаций их ареалов в ходе процессов сукцессии в различных ландшафтных зонах на территории Нижнего Поволжья.

*Исследование поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (проекты № 08-04-10126-к, 09-04-00464-а), а также Программами Президиума РАН «Динамика генофондов» и «Биологическое разнообразие» (проект № 2.6.2 и раздел Подпрограммы «Генофонды и генетическое разнообразие»).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анискин В.М., Богомолов П.Л., Ковальская Ю.М., Лебедев В.С., Сузов А.В., Тихонов И.А. Кариологическая дифференциация мышовок группы «*subtilis*» (Rodentia, Sicista) на

## ХРОМОСОМНЫЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО

юго-востоке Русской равнины // Систематика, филогения и палеонтология мелких млекопитающих: Материалы Междунар. конф. / Зоол. ин-т РАН. СПб., 2003. С. 27 – 29.

Балакирев А.Е., Баскевич М.И., Гмыль А.П., Окулова Н.М., Андреева Т.А., Соколенко О.В., Малыгин В.М., Хляп Л.А., Опарин М.Л., Орлов В.Н. К вопросу о таксономическом статусе формы *ciscaucasicus* и ее родственных отношениях с малой лесной мышью, *Sylvaemus uralensis* по данным секвенирования гена цитохрома *b* мтДНК // Генетика. 2007. Т. 43, № 12. С. 1651 – 1666.

Баскевич М.И., Опарин М.Л. О новой находке мышовки Штранда *Sicista strandi* (Rodentia, Dipodoidea), уточняющей северо-восточную границу распространения вида // Зоол. журн. 2000. Т. 79, вып. 9. С. 1133 – 1136.

Баскевич М.И., Козловский А.И., Опарин М.Л. К вопросу о видовом составе грызунов Нижнего Поволжья в свете кариологических данных // Тез. докл. VI съезда Териол. о-ва. М., 1999. С. 20.

Баскевич М.И., Опарин М.Л., Илларионова Н.А. Цитогенетическая и молекулярно-генетическая дифференциация в группе степных мышовок (Rodentia, Dipodoidea, *Sicista*) // Систематика, филогения и палеонтология мелких млекопитающих: Материалы Междунар. совещ. / Зоол. ин-т РАН. СПб., 2003. С. 44 – 46.

Баскевич М.И., Козловский А.И., Опарин М.Л., Савинецкая Л.Е., Черепанова Е.В., Пименова Т.И., Соколенко О.В., Хляп Л.А. Родентофауна Нижнего Поволжья в свете кариологических данных // Поволж. экол. журн. 2005 а. № 3. С. 197 – 207.

Баскевич М.И., Окулова Н.М., Власов А.А., Опарин М.Л. Хромосомная и краниометрическая изменчивость у мышовки Штранда *Sicista strandi* (Rodentia, Dipodoidea) на Кавказе и Русской равнине // Млекопитающие горных территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2005 б. С. 18 – 23.

Баскевич М.И., Опарин М.Л., Соколенко О.В., Авилова Е.А. Новые данные по хромосомной изменчивости и распространению видов-двойников *Microtus arvalis sensu lato* (Rodentia, Arvicolitae) в Нижнем Поволжье // Зоол. журн. 2008 а. Т. 87, вып. 11. С. 1382 – 1390.

Баскевич М.И., Опарин М.Л., Опарина О.С., Черепанова Е.В., Авилова Е.А. Видовое разнообразие, внутривидовая структура и распространение грызунов Саратовского Поволжья в свете кариологических данных // Эколого-географические исследования в Среднем Поволжье: Материалы конф. Казань: Изд-во «Новое знание», 2008 б. С. 97 – 99.

Белянин А.Н., Вениг Л.Л., Ларина Н.И., Сонин К.А. Особенности кариотипов обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pall.) в Поволжье // Физиологическая и популяционная экология животных. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1973. Вып. 1/3. С. 66 – 72.

Богданов А.С. Хромосомная дифференциация популяций малой лесной мыши, *Sylvaemus uralensis* в восточной части ареала вида // Зоол. журн. 2001. Т. 80, № 3. С. 331 – 342.

Богомолов П.Л., Тихонов И.А., Тихонова Г.Н., Ковальская Ю.М., Суров А.В., Опарин М.Л. Особенности распространения видов-двойников *Microtus arvalis* и *M. rossiaemeridionalis* в степной и полупустынной зонах России // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее: Материалы Междунар. совещ. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005. С. 144 – 146.

Бытракова Н.В. Таксономическое и генетическое разнообразие мелких млекопитающих Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2000. 24 с.

Бытракова Н.В. Ареалы хромосомных видов-двойников обыкновенных полевков (Rodentia, Cricetidae, *Microtus*) в Среднем Поволжье // Териологические исследования / Зоол. ин-т РАН. СПб., 2003. Вып. 3. С. 94 – 104.

Вороцов Н.Н., Ляпунова Е.А., Белянин А.Н., Крал Б., Фрисман Л.В., Ивницкий С.Б., Янина И.Ю. Сравнительно-генетические методы диагностики и оценки степени диверген-

пии видов-двойников обыкновенных полевков *Microtus arvalis* и *M. epiroticus* // Зоол. журн. 1984. Т. 63, № 10. С. 1555 – 1565.

Илларионова Н.А., Потапов С.Г., Орлов В.Н. ДНК-полиморфизм популяций малых лесных мышей, выявленный методом РАПД ПЦР // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2005. Т. 110, вып. 4. С. 78 – 79.

Ковальская Ю.М., Тихонов И.А., Тихонова Г.Н., Сузов А.В., Богомолов П.Л. Новые находки хромосомных форм мышовок группы *subtilis* и описание *Sicista severtzovi cimlanica* subsp.n. (Mammalia, Rodentia) из среднего течения Дона // Зоол. журн. 2000. Т. 79, вып. 8. С. 954 – 964.

Ларина Н.И., Голикова В.Л., Денисов В.П., Девшиев Р.А. Видовой состав и распространение млекопитающих Среднего и Нижнего Поволжья. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1968. С. 105 – 132.

Малыгин В.М. Систематика обыкновенных полевков. М.: Наука, 1983. 206 с.

Ознев С.И. Звери СССР и прилежащих стран. Т. 6. Грызуны. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 559 с.

Опарин М.Л., Тихонов И.А., Ковальская Ю.М., Богомолов П.Л., Шаповалов А.С. К распространению темной мышовки *Sicista severtzovi* Ognev, 1935 (Mammalia) на Русской равнине // Роль бистанций в сохранении биоразнообразия России: Материалы конф. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 121 – 123.

Орлов В.Н., Козловский А.И., Наджафова Р.С., Булатова Н.Ш. Хромосомные диагнозы и место генетических таксонов в эволюционной классификации лесных мышей подрода *Sylvaeemus* Европы (*Apodemus*, Muridae, Rodentia) // Зоол. журн. 1996. Т. 75, вып. 1. С. 88 – 102.

Соколов В.Е., Баскевич М.И., Ковальская Ю.М. Изменчивость кариотипа степной мышовки, *Sicista subtilis* Pallas (1778) и обоснование видовой самостоятельности *S. severtzovi* Ognev, 1935 (Rodentia, Zapodidae) // Зоол. журн. 1986. Т. 65, вып. 2. С. 1684 – 1692.

Соколов В.Е., Ковальская Ю.М. Система рода *Sicista* и хромосомные формы тьяншанской мышовки, *S. tianshanica* Salensky, 1903 // Тез. докл. Всесоюз. Териол. о-ва. М., 1990. Т. 1. С. 99 – 100.

Соколов В.Е., Ковальская Ю.М., Баскевич М.И. О видовой самостоятельности мышовки Штранда *Sicista strandi* (Rodentia, Dipodoidea) // Зоол. журн. 1989. Т. 68, вып. 10. С. 95 – 106.

Шляхтин Г.В., Белянин А.Н., Беляченко А.В., Завьялов Е.В., Святковский Д.В., Семихатова С.Н., Сонин К.А. Редкие виды млекопитающих Саратовской области // Редкие виды млекопитающих России и сопредельных территорий. М., 1997. С. 101.

Baskevich M.I. About morphologically similar species in the genus *Sicista* // Bonner Zool. Beitr. 1996. Bd. 46, № 1 – 2. S. 133 – 140.

Howell W.M., Black D.A. Controlled silver staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1 step method // Experientia. 1980. Vol. 36. P. 1014 – 1015.

Kral B., Beljanin A.N., Zima J., Malygin V.M., Gajcenko V.A., Orlov V.N. Distribution of *Microtus arvalis* and *Microtus epiroticus* // Acta Sci. Nat. (Brno). 1980. Vol. 24, № 9. P. 1 – 31.

Seabright M. A rapid banding technique for human chromosomes // Lancet. 1971. Vol. 11. P. 971 – 972.

Sumner A.T. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin // Experimental Cell Research. 1972. Vol. 75. P. 304 – 306.

УДК 582.26:581.(4+5)+582.26+581.9

## ЭКОЛОГИЯ, МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ *STEPHANODISCUS NIAGARAE* (BACILLARIOPHYTA) В РОССИИ

С.И. Генкал<sup>1</sup>, Е.В. Лепская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии внутренних вод РАН

Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, Борок

<sup>2</sup> Камчатский институт рыбного хозяйства и океанографии

Россия, 683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18

E-mail: genkal@ibiw.yaroslavl.ru

Поступила в редакцию 31.07.08 г.

**Экология, морфологическая изменчивость и распространение *Stephanodiscus niagarae* (Bacillariophyta) в России.** – Генкал С.И., Лепская Е.В. – С помощью сканирующей электронной микроскопии изучена морфология центрической диатомовой водоросли *Stephanodiscus niagarae* из оз. Саранное (остров Беринга). Выявлена морфологическая изменчивость основных структурных элементов створки и ее закономерности, проведена оценка таксономической значимости исследованных количественных признаков. Уточнены данные по распространению и экологии этого вида.

*Ключевые слова:* Bacillariophyta, *Stephanodiscus niagarae*, морфология, экология, распространение, озеро Саранное, остров Беринга.

**Ecology, morphological variability and distribution of *Stephanodiscus niagarae* (Bacillariophyta) in Russia.** – Genkal S.I. and Lepskaya E.V. – The morphology of the centric diatom algae *Stephanodiscus niagarae* from Lake Sarannoe (Bering island) was studied by using scanning electron microscopy. Morphological variability of the main structural valve elements and its regularities were revealed, an assessment was made of the concernment of the quantitative features under study. Data on the distribution and ecology of the species were specified.

*Key words:* Bacillariophyta, *Stephanodiscus niagarae*, morphology, ecology, distribution, Lake Sarannoe, Bering island.

### ВВЕДЕНИЕ

*Stephanodiscus niagarae* Ehrenberg, 1846 относится к редким видам. На территории России он был найден в планктоне Онежского озера и донных осадках Онежского и Ладожского озер (Определитель..., 1951; Козыренко и др., 1992). Н.Н. Давыдова (1985) обнаружила *S. niagarae* в поверхностном слое донных отложений Онежского и Белого озер и привела его в качестве массового планктонного вида для Онежского озера. С.П. Озорнина (1993) по данным как световой, так и электронной микроскопии зафиксировала *S. niagarae* в отложениях эоплейстоцен-верхнеплейстоценовых толщ Центральной Камчатской депрессии. О находке *S. niagarae* в плейстоцен-голоценовых диатомитах о-ва Кунашир сообщает также М.В. Черепанова (Черепанова, Гребенникова, 2001). В одной из первых отечественных систематических сводок приведен краткий диагноз этого вида и рисунок Ван Гейрка (Определитель..., 1951; рис. 57, 4). Более подробный диагноз с ориги-

нальными иллюстрациями по материалам из среднеплейстоценовых отложений Белоруссии (световые микрофотографии) и эоплейстоценовых – верхнеплейстоценовых толщ Центральной Камчатской депрессии (электронные микрофотографии) приводят Т.Ф. Козыренко с соавторами (1992; табл. 12, 1 – 3). Эти же авторы указывают на находки типовой разновидности по данным световой микроскопии в отложениях плиоцена (северо-западная область СССР), плейстоцена (Калининградская область, Западно-Сибирская низменность), раннего плейстоцена (центральные районы РСФСР), среднего плейстоцена (Тульская область). Впервые крупноклеточный стефанодискус из оз. Саранное, идентифицированный как *Stephanodiscus cf. niagarae*, приводится в работе Е.В. Лепской (Lepskaya, 2000; fig. 31 – 33). Позже было предложено отнести эту форму к *S. neoastraea f. sarannoye* (Lepskaya, 2002). Результаты подробного изучения морфологии *S. niagarae* на основе световой и электронной микроскопии освещены в серии работ Э. Териот, Е. Стормер (1981, 1984 *a, b*, 1986), Э. Териот (1987), Э. Териот с соавторами (Theriot et al., 1988), а также других зарубежных исследователей (Håkansson, Kling, 1989; Håkansson, Meyer, 1994; Håkansson, 2002).

Цель настоящего исследования – изучить морфологию створки *Stephanodiscus niagarae* по современным материалам, провести сравнительный морфологический анализ с другими популяциями этого вида и уточнить его распространение и экологические особенности в водоемах России.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для наших исследований послужили пробы фитопланктона из озера Саранное, собранные батометром в летний период в слое 0 – 10 м в 1997 и 1999 – 2001 гг. Лагунно-лиманное озеро Саранное на острове Беринга с площадью зеркала 31.1 км<sup>2</sup> (рис. 1) является лососевым нерестово-нагульным водоемом (Куренков, 1970). Его средняя глубина 15 м, максимальная – 30 м. Период открытой воды длится шесть месяцев с июня до начала декабря.



Рис. 1. Карто-схема расположения озера Саранное

Для определения таксономической принадлежности стефанодиска и сопутствующих диатомовых пробы очищали методом холодного сжигания (Балонов, 1975). Для светового микроскопирования (СМ) очищенный материал помещали в среду Эляшева (Диатомовые..., 1974). Этот же материал использовали для электронно-микроскопического исследования в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ, JSM-25S). Биогенные элементы в воде озера ( $\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , Si) определены инженером лаборатории мониторинга В.Д. Свириденко

## ЭКОЛОГИЯ, МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ

общепринятыми методами (Алекин и др., 1973). Численность «живых» водорослей определяли в 50 мл пробы (ежемесячные сборы батометром в слоях 0 и 10 м в июне – сентябре 2001 г.), осажденной на мембранном фильтре «Millipore» с диаметром пор 0.8 мкм, после окрашивания осадка карболовым раствором эритрозина в СМ (Сорокин, Павельева, 1972).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованной популяции диаметр створки соответствовал диагнозу (табл. 1, 2; рис. 2), коэффициент вариации составлял 26.6%. Судя по другим исследованным популяциям, диапазон изменчивости диаметра створки из оз. Саранное был значительно больше, а по среднему значению этого признака последняя близка к популяции из оз. Эри (см. табл. 1). Минимальное значение диаметра створки по диагнозу составляет 15 мкм (Определитель..., 1951). Возможно, в данном случае имеет место путаница в определении со сходным по морфологии *Stephanodiscus astraea* (Ehrenberg) Grunow, 1882, что отмечали и другие исследователи (Theriot, Stoermer, 1981). В диатомовых оз. Кунашир (Курильские острова) диаметр створки *S. niagarae* по данным световой микроскопии варьировал в диапазоне 21 – 57 мкм (Черепанова, Гребенникова, 2001), который почти совпадает с тем, что приводится в «Определителе» (1951), и, вероятно, для более точной идентификации этой формы нужны электронно-микроскопические исследования (СЭМ).

**Таблица 1**

Морфологические особенности популяций *Stephanodiscus niagarae*

Признаки	Theriot, Stoermer, 1981						Theriot et al., 1988	Håkansson, Kling, 1989		Саранное, n = 36
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Диаметр створки, мкм	73–100* 86	60–75* 68	42–70* 60	51–60* 55	36–50* 43	43–52* 46	16–46 30.64	30–64	25–45	31.1–88.2 54.1
Высота загиба створки, мкм							1.2–2.9 1.99	4.0–4.5	4.3–5.6	3.3–8.5 5.0
Число штрихов в 10 мкм	4.7*	4.6*	4.3*	4.3*	5.2*	6.3*				3–6 4.2
Рядность штрихов	2.4**	2.3**	2.8**	2.7**	2.9**	2.4**				2–3, иногда 4
Число ареол в 10 мкм	10**	11.3**	12.5**	11.3**	14.1**	15.4**	10–20 16.46			11–14 12.4
Число центральных выростов	2–9						1–10 4.67			0
Число опор у центральных выростов	2						2–3	2, иногда 3		
Число опор у краевых выростов	3						3			3
Число двугубых выростов	3–7						2–5 2.96	1– несколько		2–8 4.9

*Примечание.* \* – согласно измерений (Theriot, Stoermer, 1981, fig. 24; размах и среднее арифметическое значение), \*\* – согласно измерений (Theriot, Stoermer, 1981, figs. 22, 23; среднее арифметическое значение). 1 – оз. Западное Окобое, 2 – Ниагарский водопад, 3 – оз. Эри (отложения с глубины 6 см), 4 – оз. Эри (отложения с глубины 20 см), 5 – оз. Мичиган, 6 – оз. Гурон, 7 – отложения (Китай), 8 – Красная река (Канада), 9 – оз. Южное Индейское (Канада).

Таблица 2

Морфологические признаки *Stephanodiscus niagarae*

Признаки	1	2	3	4	5	6	7	8
Диаметр створки, мкм	30–135	15–55	35–100	21.3–70.7	30–64	25–135	25–90 (135)	26–90
Высота загиба створки, мкм				1.3–4.6*	4.0–5.6			3–5
Число штрихов в 10 мкм	5–6	10	4.2–6.3		6–7**	5–7	5–7	5–7
Рядность штрихов		2–3	2 или больше	2	2–3	2–3	2–3	2, редко 3
Число ареол в 10 мкм	12–14		10–15.5	11.5–20*	14–16**			12–30
Число выростов с опорами на створке			2–9	0–14	4–9**	несколько	несколько	1 – несколько
Число опор у краевых выростов			3		3	3	3	3
Число двугубых выростов на створке				1–13	1–несколько	1 – несколько	1 – несколько	до 7

*Примечание.* 1 – Huber-Pestalozzi; 1942. 2 – Определитель..., 1951; 3 – Theriot, Stoermer, 1981; 4 – Theriot, Stoermer, 1984 a; 5 – Håkansson, Kling, 1989; 6 – Håkansson, Meyer, 1994; 7 – Håkansson, 2002; 8 – Козыренко и др., 1992. \* – средние значения признака, \*\* – подсчитано по микрофотографиям.

В настоящее время в России большинство крупноразмерных форм, исследованных с помощью СЭМ, которые имеют такой же общий абрис, как и *S. niagarae*, относят к *Stephanodiscus neoastraea* Håkansson et Nickel, 1986 (Генкал, 2005). Близкий к вышеуказанному диапазон изменчивости диаметра створки приводится для *S. niagarae* из отложений Китая (см. табл. 1). Вместе с тем приведенные авторами микрофотографии (СЭМ) свидетельствуют о гетеротопном расположении центральных выростов (Theriot et al., 1988; fig. 6, 7), что нехарактерно для *S. niagarae*, и, возможно, форма из отложений Китая относится к другому таксону (? *S. neoastraea*).

Высота загиба створки и среднее значение этого признака в исследованной популяции больше, чем приводится в литературе (см. табл. 1, 2) за счет больших максимальных значений. При этом с увеличением диаметра створки увеличивается и высота загиба створки, и большие значения этого признака характерны для створок предельного диаметра (рис. 3, з), что согласуется с литературными данными для *S. niagarae* и *Stephanodiscus rotula* (Kützing) Hende, 1964 (Theriot, Stoermer, 1984 b).

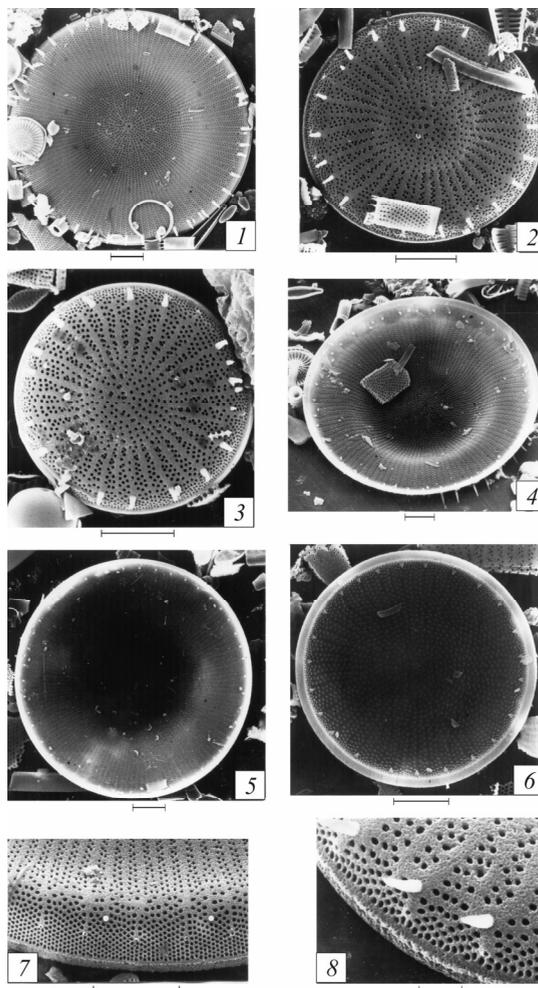
Диапазон изменчивости числа штрихов на створке в 10 мкм в популяции из озера Саранное также больше, чем известно из литературных источников (см. табл. 1, 2), за счет меньших минимальных значений данного признака. При этом не отмечено какой-либо явной зависимости между диаметром створки и числом штрихов в 10 мкм (рис. 3, а) в отличие от более мелкоразмерных представителей этого рода, для которых выявлена определенная зависимость – с увеличением диаметра створки уменьшается число штрихов в 10 мкм (Генкал, 1984). Возможно,

отсутствие явных связей между диаметром створки и числом штрихов и ареол в 10 мкм связано с тем, что значения этих признаков у популяции из озера Саранное соответствуют значениям этих признаков в области выхода на плато (Генкал, 1984, рис. 5). Среднее значение числа штрихов в 10 мкм в исследованной выборке близко к значениям для выборок из озера Эри (см. табл. 1). В «Определителе» (1951) для этого признака приводится значение 10, что значительно отличается от других литературных данных (см. табл. 1, 2) и близко к таковому для *S. neoastraea* (Генкал, 2005).

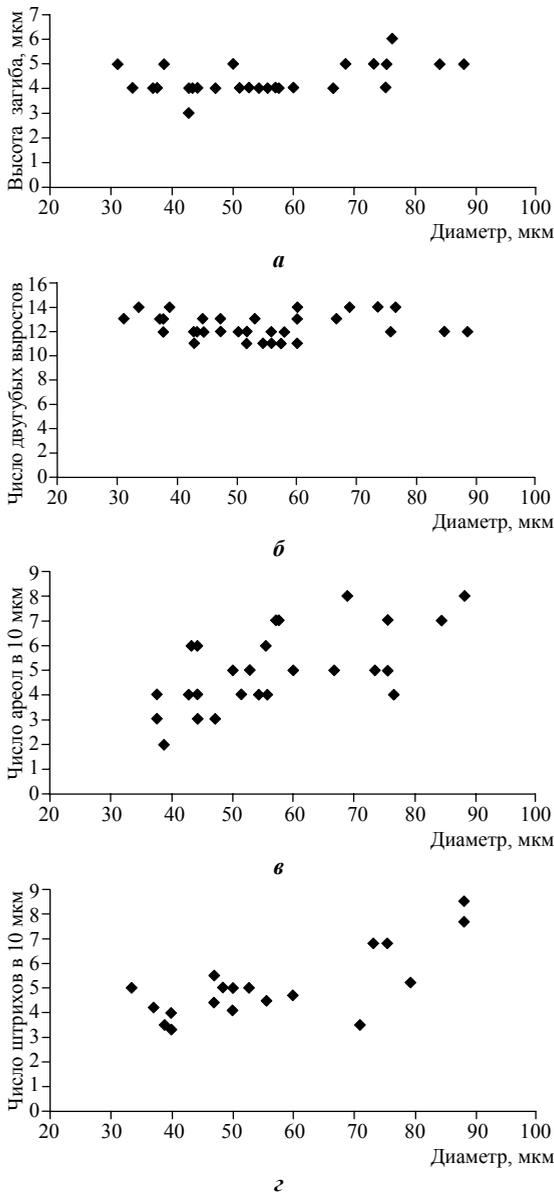
Рядность штрихов в исследованной популяции также совпадает с литературными данными, хотя иногда на створках встречаются штрихи, которые заканчиваются четырьмя ареолами (см. табл. 1, 2; рис. 2, 1–3, 8; рис. 4, 7, 11).

Число ареол в 10 мкм штриха в популяции из озера Саранное соответствует приведенному в литературных источниках (см. табл. 1, 2). Здесь также не наблюдается явной связи между диаметром створки и числом ареол в 10 мкм (рис. 3, б), хотя для видов этого рода с меньшим диаметром створок выявлена общая зависимость – с увеличением диаметра створки число ареол в 10 мкм уменьшается (Генкал, 1984). Среднее значение этого признака также совпадает с таковым из оз. Эри и типового местонахождения (см. табл. 1). Т.Ф. Козыренко с соавторами (1992) приводят максимальное значение числа ареол в 10 мкм, значительно отличающееся от известных данных (см. табл. 1, 2), что, вероятно, требует уточнения.

В исследованной выборке на створке отсутствуют центральные выросты с опорами (см. рис. 2, 1–6), что совпадает с данными ряда исследователей (Theriot,



**Рис. 2.** *Stephanodiscus niagarae*: 1–3 – створка с наружной поверхности; 4–6 – створка с внутренней поверхности; 7, 8 – загиб створки, краевые выросты с опорами и шипы с наружной поверхности (СЭМ). Масштаб, мкм: 1–6 – 10, 7–1, 8–2



**Рис. 3.** Зависимость морфологических количественных признаков от диаметра створки: *а* – высота загиба створки в мкм, *б* – число двугубых выростов на створке, *в* – число ареол в 10 мкм, *г* – число штрихов в 10 мкм

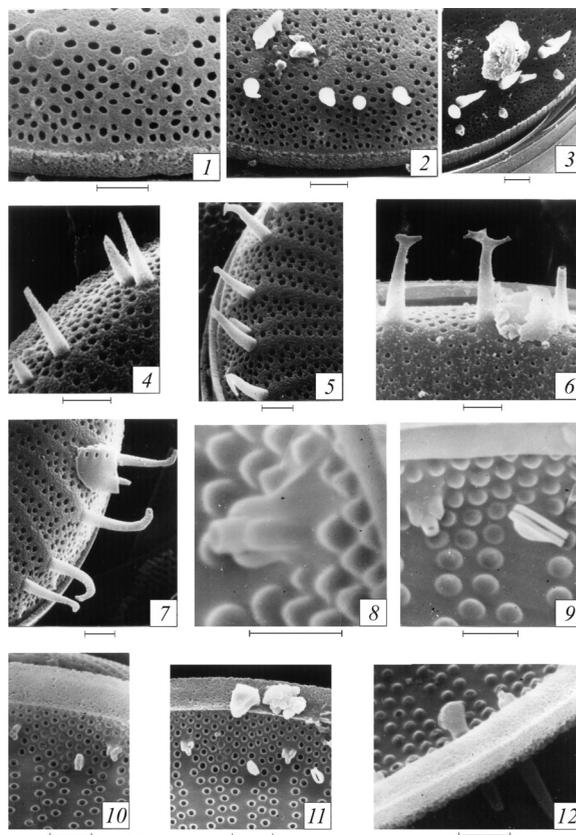
Stoermer, 1984 *а*). Для некоторых представителей рода *Stephanodiscus* отсутствие центральных выростов или их присутствие служит хорошим диагностическим признаком (например, у *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, 1880; *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve et Möller, 1878). Вольф с соавторами (Wolf et al., 2002) показали, что для некоторых видов этого рода все не так однозначно и вполне вероятно, что отсутствие центральных выростов в популяции крупноразмерного стефанодиска из оз. Саранное может быть связано с морфотипической изменчивостью *S. niagarae*. Значительная вариабельность числа центральных выростов, включая и их отсутствие, имеет место и у других крупноразмерных видов *Stephanodiscus superiorensis* Theriot et Stoermer, 1984 (Theriot, Stoermer, 1984 *а*) и *S. neoastraea* (Генкал, 2005).

Расположение краевых выростов с опорами имеет важное значение для дифференциации сходных по морфологии *S. niagarae* и *S. neoastraea* (Генкал, 2005). Для первого характерно их расположение в средней части загиба створки. У второго они находятся ближе к лицевой части створки. В популяции из оз. Саранное краевые выросты также наблюдаются в средней части загиба створки (см. рис. 2, 7, 8; рис. 4, 1 – 3). С внутренней поверхности они окружены 3 опорами (см. рис. 4, 8 – 11), а с внешней – представляют собой

отверстие с утолщенным краем (см. рис. 2, 7, 8; рис. 4, 1, 2) либо короткую трубку (см. рис. 4, 3). Такие же особенности расположения и строения краевых выростов наблюдали и другие исследователи (Theriot, Stoermer, 1981, 1986; Håkansson, Kling, 1989; Håkansson, Meyer, 1994; Håkansson, 2002).

Данные по числу двугубых выростов совпадают с литературными данными (см. табл. 1, 2). С увеличением диаметра створки их количество также изменяется в большую сторону (рис. 3, в). Аналогичная закономерность отмечена и для других представителей центрических диатомовых водорослей с варьирующим числом двугубых выростов (Kiss et al., 1996). С наружной поверхности они представляют собой конусообразную трубку (см. рис. 4, 2 – 7, 12), располагаются в одном ряду с шипами (см. рис. 4, 2, 3, 5) или несколько ниже (см. рис. 2, 7; рис. 4, 1, 4) и имеют меньшие размеры, чем шипы. С внутренней поверхности они состоят из небольшой трубки с уплощенным щелевидным расширением на конце с различной ориентацией щели (см. рис. 4, 9 – 12). Аналогичные ситуации в отношении расположения и строения двугубых выростов наблюдали и другие исследователи (Theriot, Stoermer, 1981, 1986; Håkansson, Kling, 1989; Håkansson, 2002).

Исследованные морфологические количественные признаки в популяции из озера Саранное варьируют в разной степени. Если их расположить согласно убывающей таксономической ценности (на основе величины коэффициента вариации), то мы будем иметь следующую последовательность: число ареол в 10 мкм ( $CV = 7.8\%$ ), число штрихов в 10 мкм ( $13.1\%$ ), диаметр створки ( $26.6\%$ ), высота загиба створки ( $28.0\%$ ), число двугубых выростов ( $31.3\%$ ). Такой порядок в отношении числа ареол и штрихов в



**Рис. 4.** *Stephanodiscus niagarae*: 1 – 3 – загиб створки, краевые выросты с опорами и шипы с наружной поверхности; 4 – 7 – вариации формы и расположения шипов; 8 – 12 – краевые и двугубые выросты на внутренней поверхности створки (СЭМ). Масштаб, мкм: 1 – 7, 10 – 12 – 2; 8, 9 – 1

10 мкм и диаметра створки наблюдается и у других представителей рода *Stephanodiscus* (Генкал, Кузьмин, 1979). Высокая вариабельность числа двугубых выростов на створке имеет место и среди других видов рода – *Stephanodiscus yellowstonensis* Theriot et Stoermer, 1984 (CV = 34.5%), *S. rotula* (23.8%) (Theriot et al., 1988). Изменчивость других признаков (диаметр створки, число штрихов и ареол в 10 мкм) по коэффициентам вариации совпадает с таковой для других крупно размерных видов этого рода – *Stephanodiscus agassizensis* Håkansson et Kling, 1989, *S. neoastraea*, *S. species* (Genkal, 1993).

На границе лицевой части створки с ее загибом расположены шипы (см. рис. 2, 1 – 3; рис. 4, 2 – 7), которые иногда отсутствуют, вероятно, вследствие предварительной обработки панцирей при подготовке препаратов, но места их «крепления» к створке хорошо видны (см. рис. 2, 7; рис. 4, 1). Впервые мы наблюдали близко находящиеся шипы, расположенные в общем кольце (см. рис. 2, 1; рис. 4, 3) или один под другим вертикально на загибе створки (рис. 4, 4). Шипы имеют форму заостренного конуса (см. рис. 2, 1 – 3, 4; рис. 4, 1 – 4) с притупленным или разветвленным (рис. 4, 5, 6), а иногда с загнутым (см. рис. 2, 5, 7) концом. Другие исследователи приводят только заостренную и притупленную форму шипов (Theriot, Stoermer, 1981, 1986; Håkansson, Kling, 1989; Håkansson, Meyer, 1994; Håkansson, 2002).

Согласно литературным источникам, *S. niagarae* на территории России отмечен в озерах Ладожском, Онежском, Белом (северо-запад России) и эоплейстоценоголоценовых отложениях бывшего СССР (Определитель..., 1951; Давыдова, 1985; Козыренко и др., 1992; Озорнина, 1993; Черепанова, Гребенникова, 2001). Наши данные на основе электронно-микроскопических исследований (СЭМ) показали, что крупноразмерные формы из названных озер, хотя и имеют сходную с *S. niagarae* морфологию, но относятся к другим видам (Генкал, 1997, 2005; Генкал, Трифонова, 2001, 2003; неопубликованные данные С.И. Генкала по Онежскому озеру). Данные о находках *S. niagarae* в отложениях разного возраста требуют, по нашему мнению, исследования морфологии панциря с использованием современных методов и с учетом новых данных по элементам ультраструктуры створки, поскольку широкое распространение в водоемах России имеет другой сходный по морфологии вид – *S. neoastraea* (Генкал, 2005). Электронные иллюстрации (СЭМ) этого вида из позднего плиоцена (?) – раннего плейстоцена (Центральная Камчатская депрессия) (Козыренко и др., 1992, табл. 12, 2, 3) не позволяют точно идентифицировать изображенные на них формы, поскольку на них невозможно рассмотреть расположение краевых выростов.

*S. niagarae* предпочитает крупные озера (Определитель..., 1951; Козыренко и др., 1992; Черепанова, Гребенникова, 2001; Theriot, Stoermer, 1981), однако вид зафиксирован и в реках и озерах Канады (Håkansson, Kling, 1989), и мы его нашли в сравнительно небольшом оз. Саранное. Это свидетельствует о том, что *S. niagarae* может развиваться в водоемах разного типа.

В оз. Саранное в летний период (июнь – сентябрь) температура воды в слое 0 – 10 м колеблется от 4.0 до 13.0°C; атомное соотношение минеральных фосфора, азота, железа и кремния (P:N:Fe:Si) равно 7:6:10:900, прозрачность воды по диску

Секки – 2.2 – 3.2 м. Из атомного соотношения биогенных элементов в вегетационный период следует, что лимитирующим элементом в оз. Саранное является минеральный азот. Такие условия благоприятствуют массовому развитию комплекса цианобактерий из родов *Anabaena*, *Aphanothece*, *Microcystis*, а среди диатомовых в планктоне постоянно встречаются *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Haworth, 1988, *Stephanodiscus* cf. *alpinus* Hustedt, 1942 и *Stephanodiscus* sp., морфологически сходный со *Stephanodiscus* sp. из оз. Курильское (Lepskaya, 2000), а также диатомовые из родов *Staurosira*, *Staurosirella*, *Asterionella*, *Nitzschia*. В период летнего «цветения» общая численность планктонных диатомовых на порядок ниже, чем цианобактерий (806 и 7269 клеток/мл соответственно). Численность *S. niagarae* в летний период невысока – 3 – 21 клетка/мл. По средней за вегетационный период биомассе фитопланктона – 51 мг/м<sup>3</sup> в летний период – оз. Саранное следует отнести к олиготрофному типу (Китаев, 1986).

Н. Håkansson, Н. Kling (1989) нашли *Stephanodiscus niagarae* в р. Красная и оз. Круглое (Канада), которые имеют низкую прозрачность и высокое содержание биогенных элементов. При этом в качестве сопутствующих видов выступали *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, 1979, *Cyclotella meneghiniana* Grunow, 1978, *Cyclotella bodanica* var. *affinis* (Grunow) Cleve-Euler, 1951, несколько видов рода *Anabaena* и некоторые другие виды.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день с уверенностью можно говорить о единственной находке *Stephanodiscus niagarae* в России – в оз. Саранное (о-в Беринга), остальные требуют уточнения с использованием современных методов электронной микроскопии.

В оз. Саранное отмечена большая изменчивость ряда морфологических признаков у *S. niagarae* по сравнению с другими исследованными популяциями. Вариабельность количественных признаков и их таксономическая ценность соответствуют таковым других представителей этого рода.

*S. niagarae* предпочитает крупные озера, но может вегетировать и в небольших водоемах такого же типа и реках при разных экологических условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 06-04-48173).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 269 с.
- Балонов И.М. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 87 – 90.
- Генкал С.И. О морфологической изменчивости основных элементов створки у видов рода *Stephanodiscus* (Bacillariophyta) // Ботан. журн. 1984. Т. 69, № 3. С. 403 – 408.
- Генкал С.И. О новом для науки представителе рода *Stephanodiscus* Ehr. (Bacillariophyta) // Биол. внутр. вод. 1997. № 1. С. 32 – 35.
- Генкал С.И. Новые данные по морфологии, таксономии, экологии и распространению *Stephanodiscus agassizensis* (Bacillariophyta) // Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей: Сб. тез. IX школы диатомологов России и

стран СНГ / Под ред. С.И. Генкала; Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. Борок, 2005. С. 9.

Генкал С.И., Кузьмин Г.В. Биометрический анализ основных структурных элементов створки у видов рода *Stephanodiscus* Ehr. (Bacillariophyta) // Ботан. журн. 1979. Т. 64, № 9. С. 1237 – 1244.

Генкал С.И., Трифонова И.С. Некоторые новые и редкие виды центрических диатомовых водорослей водоемов Северо-Запада России и Прибалтики // Биол. внутр. вод. 2001. № 3. С. 11 – 19.

Генкал С.И., Трифонова И.С. К изучению центрических водорослей (Centrophyceae, Bacillariophyta) Ладожского озера // Альгология. 2003. Т. 13, № 3. С. 293 – 304.

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

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. Т. 1. 403 с.

Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // Тез. докл. V Съезда Всесоюз. гидробиол. о-ва. Куйбышев: Волж. коммуна, 1986. Ч. 2. С. 254 – 255.

Козыренко Т.Ф., Хурсевич Г.К., Логинова Л.П., Генкал С.И., Шешукова-Порецкая В.С. *Stephanodiscus* Ehr. // Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). СПб.: Наука, 1992. Т II, вып. С. 7 – 20.

Куренков С.И. *Oncorhynchus nerka* (Walb.) оз. Саранное (Командорские острова) // Изв. Тихоокеанского ин-та рыбного хозяйства и океанографии. 1970. № 78. С. 49 – 60.

Озорнина С.П. Диатомовые водоросли и вопросы стратиграфии эоплейстоцена – позднего плейстоцена Центральной Камчатской депрессии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1993. 21 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовые водоросли. М.: Сов. наука, 1951. Вып. 4. 619 с.

Сорокин Ю.И., Павельева Е.Б. К количественной характеристике экосистемы пелагиали озера Дальнего на Камчатке // Тр. Ин-та биол. внутренних вод АН СССР. 1972. Вып. 23(26). С. 24 – 38.

Черепанова М.В., Гребенникова Т.А. Флора Bacillariophyta из озерных диатомитов острова Кунашир (Курильские острова) // Ботан. журн. 2001. Т. 86, № 2. С. 26 – 38.

Genkal S.I. Large-celled, undulate species of the genus *Stephanodiscus* Her. In USSR reservoirs: morphology, ecology and distribution // Diatom Research. 1993. Vol. 8, №1. P. 45 – 64.

Håkansson H. A compilation and evaluation of species in the general *Stephanodiscus*, *Cyclotellus* and *Cyclotella* with a new genus in the family Stephanodiscaceae // Diatom Research. 2002. Vol. 17, №1. P. 1 – 139.

Håkansson H., Kling H. A light and electron microscope study of previously described and new *Stephanodiscus* species (Bacillariophyceae) from Central and Northern Canadian Lakes, with ecological notes on the species // Diatom Research. 1989. Vol. 4, №2. P. 269 – 288.

Håkansson H., Meyer B. A comparative study of species in the *Stephanodiscus niagarae*-complex and a description of *S. heterostylus* sp. nov. // Diatom Research. 1994. Vol. 9, №1. P. 65 – 85.

Kiss K.T., Rojo C., Cobelas M.A. Morphological variability of a *Cyclotella ocellata* (Bacillariophyceae) population in the Lake Las Madres (Spain) // Algological Studies. 1996. Vol. 82. P. 37 – 55.

Lepskaya E.V. Common *Stephanodiscus* Ehrenberg species in salmon lakes of Kamchatka // Proc. of 16<sup>th</sup> Intern. Diatom Symp. / University of Athens. Athens, 2000. P. 333 – 346.

Lepskaya E.V. *Stephanodiscus neoastreae* Håkansson et Hickel from the red salmon spawning-nursery lake Sarannoye (Bering Island, Commander Islands, North Pacific) // Abstr. 17<sup>th</sup> Intern. Diatom Symp. Ottawa, 2002. P. 76.

*Theriot E.* Principal component analysis and taxonomic interpretation of environmentally related variation in silicification in *Stephanodiscus* (Bacillariophyceae) // Br. Phycol. J. 1987. Vol. 22. P. 359 – 373.

*Theriot E., Stoermer E.* Some aspects of morphological variation in *Stephanodiscus niagarae* (Bacillariophyceae) // J. Phycol. 1981. Vol. 17. P. 64 – 72.

*Theriot E., Stoermer E.* Principal component analysis of *Stephanodiscus*: observations on two new species from the *Stephanodiscus niagarae* complex // Bacillaria. 1984 a. Vol. 7. P. 37 – 58.

*Theriot E., Stoermer E.* Principal component analysis of variation in *Stephanodiscus rotula* and *S. niagarae* (Bacillariophyceae) // Systematic Botany. 1984 b. Vol. 9, №1. P. 53 – 59.

*Theriot E., Stoermer E.* Morphological and ecological evidence for two varieties of the diatom *Stephanodiscus niagarae* // Proc. of the Eighth Intern. Diatom Symp. / Ed. M. Richard. Koeltz, Koenigstein, 1986. P. 385 – 394.

*Theriot E., Qi Yu-zao, Yang Jing-rong, Ling Ling-yang.* Taxonomy of the diatom *Stephanodiscus niagarae* from a fossil deposit in jingyu county, Jilin Province, China // Diatom Research. 1988. Vol. 3, №1. P. 159 – 167.

*Wolf M., Scheffler W., Nicklisch A.* *Stephanodiscus neoastraea* and *Stephanodiscus heterostylus* (Bacillariophyta) are one and the same species // Diatom Research. 2002. Vol. 17, № 2. P. 445 – 451.

УДК 599.323(470.322)

**К ПОПУЛЯЦИОННОМУ АНАЛИЗУ МЕХАНИЗМОВ  
ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЛЕВОЙ МЫШИ  
(*APODEMUS AGRARIUS* PALLAS, 1771)  
В УСЛОВИЯХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

**И.А. Дуванова<sup>1</sup>, Л.Н. Хицова<sup>1</sup>, В.Ю. Недосекин<sup>2</sup>, В.Ф. Дроздова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет  
Россия, 394693, Воронеж, Университетская пл., 1

<sup>2</sup> Заповедник «Галичья гора»  
Россия, 399240, Липецкая область, Задонский район, п/о Донское

<sup>3</sup> ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области»  
Россия, 398001, Липецк, Октябрьская, 80-А  
E-mail: Irdu@mail.ru

Поступила в редакцию 01.10.08 г.

**К популяционному анализу механизмов динамики численности полевой мыши (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771) в условиях Липецкой области.** – Дуванова И.А., Хицова Л.Н., Недосекин В.Ю., Дроздова В.Ф. – Исследования проведены в 1987 – 1997 и 2001 – 2007 гг. в Липецкой области. С помощью одномерной и многомерной статистики изучены закономерности сезонной и многолетней динамики численности и структуры населения популяции полевой мыши. Установлено, что наблюдаемые изменения численности популяции этого вида представляют собой сложный процесс, который имеет циклические периоды около двух лет и одного года. Среди экзогенных факторов на изучаемый вид в условиях Липецкой области наибольшее влияние оказывает количество осадков. Установлено, что период воздействия этого фактора на популяцию полевой мыши равен двухлетним циклам популяции полевой мыши.

*Ключевые слова:* *Apodemus agrarius*, популяционные циклы, механизмы регуляции, экзогенные факторы.

**On population analysis of the abundance dynamics mechanisms in *Apodemus agrarius* in the Lipetsk region.** – Duvanova I.A., Khitsova L.N., Nedosekin V.Yu., and Drozdova V.F. – Studies were made in the Lipetsk region in 1987 – 1997 and 2001 – 2007. The patterns of the seasonal and long-term abundance dynamics and population structures in *Apodemus agrarius* were determined by using univariate and multivariate statistics. The observable changes of the numbers of mice were found to be a complex process with cyclic periods of nearly two years and one year. The quantity of precipitations strongly influences the studied species. The period of this factor was found to be equal to the two-year periods of the field mouse cycles.

*Key words:* *Apodemus agrarius*, population cycles, regulation mechanisms, exogenic factors.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из актуальных проблем популяционной экологии на данный момент является разгадка феномена многолетних циклов в динамике популяций и механизмов их формирования. За последнее время появилось большое количество работ, посвященных динамике популяций и анализу механизмов формирования ее

цикличности (Башенина, 1977; Питтендрих, 1984; Максимов, Ердаков, 1985; Межжерин и др., 1991; Окулова и др., 2005, 2007; Ушаков, 2007; Marcström et al., 1990; Boonstra et al., 1998; Henttonen, 1998 и др.). Однако до сих пор в современной экологии не существует единого мнения о причинах и основных факторах возникновения флуктуаций численности. Для популяций животных характерна колебательная динамика численности, которая формируется под влиянием совокупного действия эндо- и экзогенных факторов и имеет характер сложных сезонных и многолетних флуктуаций. Вопрос о том, какие изменения в популяции связаны с проявлением внутривидовых регуляторных механизмов, а какие обусловлены непосредственным действием внешних факторов, по-прежнему остается дискуссионным.

Одним из продуктивных направлений исследований на популяционном уровне является рассмотрение роли отдельных индивидуумов в исследуемой популяции. Различные особи не идентичны между собой и не статичны, так что разные возрастные и половые когорты выполняют свою роль в популяции и по-разному влияют на общую популяционную траекторию. Лишь для немногих видов исследованы особенности многолетней динамики численности в разных частях ареала, географические различия факторов, определяющих динамику численности (Бигон и др., 1989). Такое положение можно объяснить реальной сложностью популяционных явлений и целым рядом методологических причин, на первое место среди которых следует поставить малочисленность многолетних наблюдений, где бы регистрировались не только численность, но и демографическая структура населения.

Наиболее многочисленной и широко распространенной группой животных являются мелкие млекопитающие, обладающие высоким репродуктивным потенциалом и короткой продолжительностью жизни, что делает их удобным объектом исследований в популяционной экологии. Как правило, суммарная плотность населения мелких грызунов возрастает в том случае, когда повышается плотность популяции вида-доминанта. Для понимания динамики населения мелких млекопитающих Липецкой области нами была исследована популяция полевой мыши как одного из фоновых видов на данной территории.

Ареал полевой мыши состоит из двух частей: Европейско-Сибирско-Казахстанской и Дальневосточно-Китайской. Западная часть ареала простирается от Центральной Европы до озера Байкал, восточная занимает территорию от Амура до Янцзы. В районе Забайкалья имеет место разрыв ареала (Карасева, 1979; Свириденко, 1943). Границы ареала полевой мыши формируются под влиянием ряда факторов, из которых наибольшее значение имеют особенности растительных ценозов и воздействия на них хозяйственной деятельности человека (Карасева и др., 1992).

Полевая мышь нигде не бывает единственным доминантом, всегда выступая в числе нескольких в полидоминантных сообществах. Основные природные места обитания – это поймы рек и озер, местами заболоченные, с густой околосодной и луговой растительностью и прилежащие к ним луговые степи, луга, кустарники, сырые опушки, поляны, осветленные лиственные и хвойно-лиственные леса (Тупикова и др., 2000).

Немаловажным является и то обстоятельство, что мелкие грызуны участвуют в распространении болезней и поддержании очагов опасных заболеваний человека, диких и домашних животных. Так, на территории Липецкой области в последние годы (с 2002 г.) были зарегистрированы очаги таких тяжелых заболеваний, как геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) и иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ). Не последнюю роль в этих эпизоотиях играет полевая мышь, являясь как резервуаром хантавируса Добrava/Белград, так и прокормителем личинок и нимф иксодовых клещей в природе (Никитина, 1958; Дроздова и др., 2007; Зубова и др., 2007; Сиротина и др., 2007).

Цель настоящей работы – анализ динамики популяции и механизмов формирования циклов полевой мыши в условиях Липецкой области, основанных на многолетних наблюдениях.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Регион исследований располагается в зоне лесостепи и широколиственных лесов, которые в настоящее время преобразованы деятельностью человека в «антропогенную лесостепь», имеющую облик, сходный с исконной лесостепью (Карасева и др., 1992). Основную часть территории занимают залежи, луга, пастбища, поля и другие открытые биотопы, местами с кустарниками. Леса покрывают 8,3% территории. Основная масса лесов области находится в пойме и надлуговых террасах р. Воронеж, меньшая площадь – на левом берегу р. Дон, а остальная часть представлена отдельными урочищами и дачами, разбросанными на большом пространстве северо-западной части области. Леса естественного происхождения делятся на определенные типы лесных ландшафтов: горные боры, боры на песках, осиновые колки, нагорные, водораздельные, байрачные, пойменные дубравы, пойменные леса из других древесных пород (Вересин, 1970).

В работе использованы материалы учетов численности и структуры населения полевой мыши за период 1987 – 1997 (данные были собраны сотрудниками ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области») и 2001 – 2007 гг. (сборы авторов) в Липецкой области. Метеорологические данные предоставлены ГУ «Липецкий областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

За 17 лет наблюдений отработано 166775 ловушко-суток и отловлено 2532 полевых мышей. Из мелких млекопитающих, обитающих в Липецкой области, полевая мышь является одним из фоновых видов. По проценту попадания в ловушки Геро Липецкая область является регионом средней численности полевой мыши (от 9,0%). Здесь наблюдается большая амплитуда колебаний численности (как по сезонам, так и по годам), чем в регионах с более высокой численностью (Карасева и др., 1992).

Доля полевой мыши в общем улове зверьков в разные годы колеблется от 9 до 76%, в зависимости от численности содоминантов – обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pallas, 1778) и лесной мыши (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811). Грызунов отлавливали методом ловушко-линий плашками «Геро». Учеты производились ежегодно весной (апрель – май), летом (август – сентябрь) и осенью (октябрь – но-

ябрь). Возраст зверьков определяли по общепринятой методике. В работе анализируются только три возрастных класса: 6 – 16, 2 – 5 и 1 – 1.5 месяца (Методы..., 1961). Состояние популяции описывали двумя группами критериев: по относительной численности (число особей на 100 ловушко-суток) и по показателям структуры популяции (доли в отлове каждой группировки мелких млекопитающих, выраженные в процентах). Для анализа демографической структуры популяции полевой мыши вычисляли средние значения популяционных характеристик и степень их изменчивости. В некоторых вариантах анализа использованы логарифмированные значения относительной численности.

Среди экзогенных факторов, воздействующих на численность популяции полевой мыши, нами были рассмотрены метеорологические показатели и показатели численности экологически близких видов, обитающих совместно с полевой мышью и являющихся ее содоминантами.

В данной работе использовались такие метеорологические показатели, как среднемесячная температура воздуха в °С, месячное количество осадков за все месяцы года в мм, среднегодовая температура и годовая сумма осадков, среднесезонные показатели температуры и осадков за предшествующую зиму (декабрь предыдущего, январь и февраль данного года), весну (март, апрель, май), лето (июнь, июль, август) и осень (сентябрь, октябрь, ноябрь) и максимальная за сезон высота снежного покрова в см.

При статистической обработке материала был использован метод расчета среднего арифметического  $M$  и его ошибки  $m$ . Для обработки данных использовали методы одномерной и многомерной статистики: спектральный анализ Фурье в случае одного и пары временных рядов (Дженкинс, Ваттс, 1971), дисперсионный анализ (Афифи, Эйзен, 1982), анализ главных компонент (Лиэпа, 1980). Для проведения спектрального анализа пропущенные значения относительной численности зверьков (1998 – 2000 гг.) заменялись предсказанными значениями с учетом линейной регрессии. Ряды, имеющие тренды (плавно изменяющаяся, нециклическая компонента, описывающая чистое влияние долговременных факторов, эффект которых сказывается постепенно) (Тюрин, Макаров, 2003), приводили к стационарному состоянию с помощью метода простого разностного оператора первого порядка. В качестве критерия проверки корреляции численности полевой мыши и экзогенных факторов за период исследований в частотном диапазоне нами была использована выборочная коспектральная функция. Анализ данных выполнен в ПСП STATISTICA 6.0.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

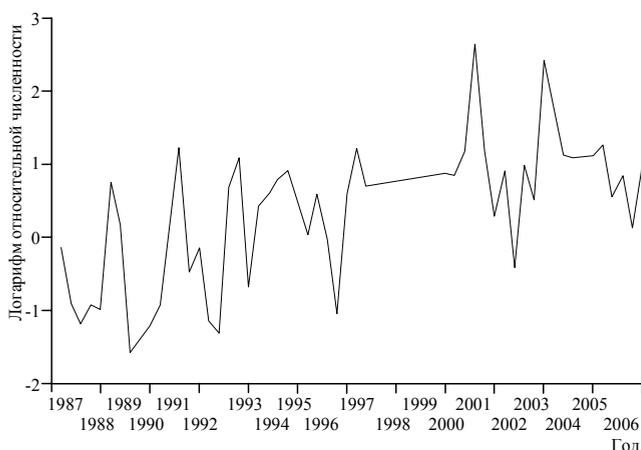
#### *Характеристика климата региона исследований*

Климат Липецкой области умеренно теплый и достаточно влажный. Среднегодовая температура воздуха за период исследований составляет  $5.68 \pm 0.83$ , а годовая сумма осадков –  $525.49 \pm 56.24$ . Во всех метеорологических показателях были выявлены определенные тренды. В течение периода наблюдений среднемесячные температуры марта – мая, июля – октября и декабря постепенно увеличиваются, февраля и июня – уменьшаются. В итоге среднегодовая температура возрастает,

поднявшись за 20 лет в среднем на 1.9°C. Все чаще наблюдается теплая зима с дождями и реже ранняя весна, а летнее тепло сдвигается в сторону первых осенних месяцев. Постепенно весна и зима становятся более влажными, а лето более засушливым. Имеет тенденцию снижения сумма осадков в июле, сентябре и декабре. В итоге уменьшается в среднем на 40.1 см (=средней месячной норме) и годовая сумма осадков за исследованный период.

### *Динамика численности и структуры популяции полевой мыши*

При рассмотрении динамики численности популяции полевой мыши (рис. 1) так же, как и у предыдущего вида, наблюдается определенная тенденция к повышению относительной численности во времени. Для обнаружения скрытых периодических составляющих



**Рис. 1.** Относительная численность полевой мыши весной, летом и осенью в 1987 – 2007 гг.

временного ряда численности нами был использован спектральный анализ Фурье, который показал, что в условиях Липецкой области наиболее существенны короткие (высокочастотные) циклы (рис. 2). Самая мощная гармоническая составляющая имеет период в 1 год, слабее – около 1.5 и 2 года.

Наличие нескольких явно выраженных гармонических составляющих указывает на то, что изменения численности популяции представляют собой многокомпонентные циклические колебания. Для оценки полученных компонент динамики численности популяции полевой мыши использован дисперсионный анализ (модель со случайными факторами, градации первого фактора – 18 лет, градации второго фактора – 3 сезона года). Максимальна по величине межгодовая (многолетняя) компонента дисперсии – 37.7% ( $F(16;48) = 4.61; p < 0.001$ ), внутригодовые (сезонные) колебания численности полевой мыши объясняют 37% полной дисперсии ( $F(3;48) = 4.15; p < 0.01$ ), остаточная дисперсия (25.3%) состоит из эффектов, неучтенных в модели факторов. Так как компоненты статистически значимы, то наблюдаемые изменения численности популяции полевой мыши представляют собой сложный процесс, состоящий из суммы нескольких колебаний (многолетние и сезонные) и случайной компоненты.

Для исследования внутренних механизмов динамики численности популяции полевой мыши и выявления «главных» и «некоррелирующих» демографических признаков использован анализ главных компонент. В табл. 1 приведены результа-

## К ПОПУЛЯЦИОННОМУ АНАЛИЗУ МЕХАНИЗМОВ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ

ты компонентного анализа: цифры в столбцах «нагрузки» являются коэффициентами корреляции между анализируемыми демографическими признаками и главными компонентами (ГК); в последнем столбце приведены доли (%) дисперсии признаков, объясняемые трехкомпонентной моделью.

Три первые ГК воспроизводят 89% суммарной дисперсии признаков (см. табл. 1). Первая ГК «объясняет» 46.95% суммарной дисперсии. Она имеет очень сильную отрицательную корреляцию с численностью и с возрастной и половой структурой популяции полевой мыши весной и летом, что, вероятнее всего, объясняется неустойчивостью популяции и резким подъемом уровня численности в последние годы. Вторая ГК (31.89% дисперсии) также обусловлена наличием сильной отрицательной корреляции с осенним состоянием популяции. Первые две ГК характеризуют состояние популяции как депрессивное (подавленное) на протяжении длительного интервала времени. Третья ГК (10.16% дисперсии) характеризуется наличием обратной зависимости между 2 – 5 месячными животными летом и осенью. Она связана с сезонными изменениями состава популяции полевой мыши.

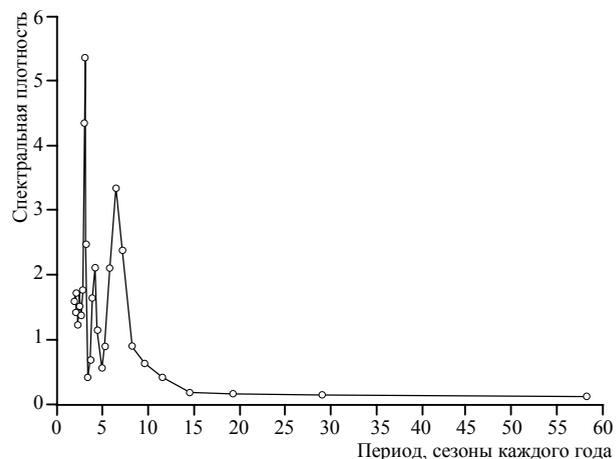


Рис. 2. Спектр временного ряда относительной численности полевой мыши в 1987 – 2007 гг.

Три первых собственных вектора корреляционной матрицы и объясняемые доли дисперсии демографических признаков популяции полевой мыши

Таблица 1

Демографический признак	Нагрузка признака на главную компоненту			Объясняемая доля дисперсии, %
	1	2	3	
Численность весной	-0.97	0.17	0.02	25.8
Численность летом	-0.97	0.14	-0.01	25.7
% размножающихся самок	-0.63	-0.24	-0.37	33.3
% нерамножающихся самцов	-0.97	-0.03	-0.01	26.1
% 1 – 1.5-месячных животных	-0.99	0.04	0.01	25.7
% 2 – 5-месячных животных	-0.62	0.23	0.63	31.5
Численность осенью	-0.06	-0.96	0.22	25.7
% размножающихся самок	-0.02	-0.94	0.14	26.4
% 1 – 1.5-месячных животных	-0.05	-0.96	0.24	25.8
% 2 – 5-месячных животных	-0.32	-0.56	-0.60	30.7
Собственное значение фактора, $V_i$	4.695	3.189	1.016	
$V_i$ , %	46.95	31.89	10.16	89

*Статистическая оценка экзогенных факторов,  
воздействующих на изменения численности вида по годам*

Во всех 37 рассмотренных случаях взаимодействия популяции полевой мыши и внешних факторов коспектр был отличен от нуля. В табл. 2 представлены только те факторы, выборочный коспектр которых имеет значение по модулю больше 50. Наиболее коррелированными с численностью популяции полевой мыши оказались показатели суммы осадков за разные интервалы времени. Также из таблицы видно, что размер периодов, в течение которых происходит воздействие внешних факторов на численность популяции полевой мыши, за редким исключением, составляет 2 – 3.6 года, что хорошо согласуется с данными спектрального анализа динамики численности полевой мыши и может дополнить объяснение результатов анализа главных компонент демографических показателей популяции.

**Таблица 2**

Результаты кросс-спектрального анализа численности популяции полевой мыши и экзогенных факторов

Фактор	Период	$ L12(f_k)  > 50$	Фактор	Период	$ L12(f_k)  > 50$
Сумма осадков годовая	2	-279.86	Осадки августа	2	-220.25
	2.25	-451.94		2.25	-232.06
	2.57	-413.74		2.57	-136.77
	3.6	151.55	сентября	2.25	-69.66
	4.5	70.63		2.57	-152.16
	6	64.60		3	-88.26
весны	2	-89.32	октября	2	-76.35
	2.25	-60.07		2.25	-113.73
	3	155.89		2.57	-78.74
	3.6	167.61	ноября	2.25	-54.87
	4.5	81.90		2.57	-73.27
лета	2	-124.65	февраля	2	55.22
	2.25	-208.46		2.25	72.40
	2.57	-229.08		2.57	61.52
	3	-141.17	апреля	2.25	-65.99
	3.6	-117.16		3	61.08
	6	72.00		3.6	67.94
осени	2	-84.65	мая	3	52.55
	2.25	-238.25		3.6	63.08
	2.57	-304.17	июля	2	83.82
	3	-55.78		2.57	-54.36
	3.6	59.68		3	-65.82
	6	-72.59		3.6	-57.80

Среди сезонных показателей суммы осадков и относительной численности полевой мыши наибольшая корреляция, причем отрицательная, прослеживается в летний вегетативный период.

Если рассматривать корреляцию между ежемесячными показателями осадков и численности популяции полевой мыши, то наибольшее по модулю значение коспектра приходится на август и сентябрь. Причем эта корреляция отрицательная. Полученный результат легко объясняется тем, что у зверьков в естественных

## К ПОПУЛЯЦИОННОМУ АНАЛИЗУ МЕХАНИЗМОВ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ

условиях конец лета – осенний период приходится на время запасаания провизии для снежного и бескормного отрезка года. Численность зверьков сильно зависит опосредованно через запасы пищи на зиму от количества осадков в летне-осенний период.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамика численности является универсальным показателем состояния популяции и представляет собой итог ее взаимодействия со средой. Вопрос о причинных предпосылках формирования популяционных процессов далек от окончательного решения, но по мере того, как растет количество долговременных наблюдений в разных географических уголках мира, увеличивается и вероятность приближения к познанию истины.

В условиях Липецкой области у популяции полевой мыши были обнаружены тренд и короткие циклы периодом в 1, 1.5 и 2 года. Наличие нескольких явно выраженных гармонических составляющих указывает на то, что изменения численности популяции представляют собой многокомпонентные циклические колебания.

При исследовании внутренних механизмов динамики были статистически установлены три главные компоненты, которые в сумме объясняют 89% общей дисперсии. По первым двум главным компонентам видно, что популяция полевой мыши, во-первых, неустойчива по уровню численности, во-вторых, находилась в состоянии пониженной численности.

Вклад экзогенных факторов в регулирование численности популяции полевой мыши достаточно велик. Среди наиболее значимых оказались такие метеорологические показатели, как годовая сумма осадков, сумма осадков весны, лета и осени, сумма осадков июля – августа, апреля – мая, сентября – ноября и февраля. Размер периодов, в течение которых происходит воздействие внешних погодных факторов на численность популяции полевой мыши, за редким исключением, составляет 2 – 3.6 года, что хорошо согласуется с циклами зверьков и может дополнить объяснение результатов анализа внутрипопуляционных механизмов. Наибольшая обратная зависимость была обнаружена между численностью популяции полевой мыши и летней суммой осадков, осадками августа – сентября соответственно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афифи А., Эйзен С.* Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. М.: Мир, 1982. 488 с.
- Башенина Н.В.* Пути адаптации мышевидных грызунов. М.: Наука, 1977. 355 с.
- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К.* Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2 т. М.: Мир, 1989. Т. 2. 477 с.
- Вересин М.М.* Прошлое, настоящее и будущее лесов Центрального Черноземья // Природа Липецкой области и ее охрана. Воронеж: Центр.-чернозем. кн. изд-во, 1970. Вып. 1. С. 49 – 113.
- Дженкинс Г., Ваттс Д.* Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971. Вып. 1. 316 с.; 1972. Вып. 2. 288 с.
- Дроздова В.Ф., Зубова Н.Ю., Зубчонок Н.В., Бондарев В.А.* Эпизоотология хантавирусной инфекции в Липецкой области // Региональные гигиенические проблемы сохранения

здоровья населения: Науч. тр. Федерального науч. центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. Липецк, 2007. Вып. 19. С. 386 – 391.

Зубова Н.Ю., Дроздова В.Ф., Зубчонок Н.В., Бондарев В.А., Ходякова И.А. Роль микробиологического мониторинга в эпидемиологическом надзоре за ГЛПС // Региональные гигиенические проблемы сохранения здоровья населения: Науч. тр. Федерального науч. центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. Липецк, 2007. Вып. 19. С. 401 – 407.

Карасева Е.В. Полевая мышь (*Apodemus agrarius* Pall.) // Медицинская териология. М.: Наука, 1979. С. 194 – 203.

Карасева Е.В., Тихонова Г.Н., Богомолов П.Л. Ареал полевой мыши (*Apodemus agrarius*) в СССР и особенности обитания вида в его разных частях // Зоол. журн. 1992. Т. 71, вып. 6. С. 106 – 115.

Лиена И.Я. Математические методы в биологических исследованиях. Факторный и компонентный анализы. Рига: Изд-во Латв. гос. ун-та им. П. Стучки, 1980. 104 с.

Максимов А.А., Ердаков Е.Л. Циклические процессы в сообществах животных (биоритмы, сукцессии). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. 236 с.

Межжерин В.А., Емельянов И.Г., Михалевич О.А. Комплексные подходы в изучении популяций мелких млекопитающих. Киев: Наук. думка, 1991. 204 с.

Методы изучения природных очагов болезней человека. М.: Медицина, 1961. 310 с.

Никитина Н.А. Особенности использования территории полевыми мышами (*Apodemus agrarius* Pall.) // Зоол. журн. 1958. Т. 37, вып. 9. С. 1397 – 1408.

Окулова Н.М., Бидашко Ф.Г., Гражданов А.К. Об изменениях сообществ млекопитающих Западного Казахстана в связи с многолетними изменениями абиотических условий // Поволж. экол. журн. 2005. № 3. С. 241 – 254.

Окулова Н.М., Сапельников С.Ф., Баскевич М.И., Власов А.А., Майорова А.Д., Опарин М.Л., Егоров С.В., Недосекин В.Ю., Ушаков М.В. Сравнительные данные по видовому составу, численности и размещению мелких млекопитающих лесостепи Центрального Черноземья // Тр. Воронеж. гос. заповедника. 2007. Вып. 25. С. 45 – 68.

Питтендрих К. Циркадианные системы: общая перспектива // Биологические ритмы: В 2 т. М.: Мир, 1984. Т. 1. С. 22 – 53.

Свириденко П.А. Экологические факторы, определяющие географическое распространение и эйритопность полевой мыши // Зоол. журн. 1943. Т. 22, вып. 5. С. 280 – 297.

Сиротина Е.П., Яцкова Г.Н., Дроздова В.Ф., Зубова Н.Ю. Энтомологический мониторинг в оценке риска распространения иксодового клещевого боррелиоза на территории области // Региональные гигиенические проблемы сохранения здоровья населения: Науч. тр. Федерального науч. центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. Липецк, Вып. 19. С. 456 – 459.

Тупикова Н.В., Хляп Л.А., Варшавский А.А. Грызуны полей Северо-Восточной Палеарктики // Зоол. журн. 2000. Т. 79, № 4. С. 480 – 498.

Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. 3-е изд., перераб., доп. / Под ред. В.Э. Фигурнова. М.: Изд-во «Инфра-М», 2003. 544 с.

Ушаков М.В. Особенности динамики численности мелких позвоночных в нагорной дубраве заповедника «Галичья гора» // Поволж. экол. журн. 2007. № 3. С. 278 – 284.

Boonstra R., Krebs C.J., Stenseth N.C. Population cycles in small mammals: the problem of explaining the low phase // Ecology. 1998. Vol. 79, № 5. P. 1479 – 1488.

Henttonen H. A story around cycles – a commentary // Ann. Zool. Fennici. 1998. Vol. 35. P. 129 – 130.

Marcström V., Höglung N., Krebs C.J. Periodic fluctuations in small mammals at Boda, Sweden from 1961 to 1988 // J. of Animal Ecology. 1990. Vol. 59. P. 753 – 761.

УДК [581.9+631.47]:910.27](470.45)

**СВЯЗЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ QUICKBIRD  
С РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ, ПОЧВАМИ И ИХ ЗАСОЛЕННОСТЬЮ  
(Северный Прикаспий, район Джаныбекского стационара РАН)**

**М.В. Конюшкова<sup>1</sup>, А.А. Вышивкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН  
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7

E-mail: mkon@inbox.ru

<sup>2</sup> Институт водных проблем РАН  
Россия, 119333, Москва, Губкина, 3

E-mail: lexavyshiv@mail.ru

Поступила в редакцию 07.08.08 г.

**Связь изображения на космических снимках Quickbird с растительностью, почвами и их засоленностью (Северный Прикаспий, район Джаныбекского стационара РАН).** – Конюшкова М.В., Вышивкин А.А. – На Джаныбекском стационаре института лесоведения РАН было проведено изучение возможностей снимка Quickbird с точки зрения получения информации о растительности, почвах и их засолении в целинных условиях. На основании данных по 78 точкам опробования показано, что наиболее информативными для разделения различных типов почв и растительных ассоциаций являются отражение в ближней инфракрасной зоне и расчетные индексы NDVI, а также предложенный нами индекс NDCI. Дискриминантный анализ показал, что автоматически с наибольшей точностью (около 80%) можно выделить незасоленные темноцветные почвы; остальные категории почв и засоления плохо разделяются между собой. С точностью около 70% можно отделить группу чернопопынной, прутняковой и солянковой ассоциаций от остальных групп растительности.

*Ключевые слова:* цифровое почвенное картографирование, анализ изображения, дискриминантный анализ.

**A correlation between Quickbird imagery characteristics and vegetation, soils and their salinity in the North Caspian region (Dzhanybek research station, RAS).** – Konyushkova M.V. and Vyshivkin A.A. – Quickbird imagery has been analyzed at the Dzhanybek research station (RAS) in terms of its utility for assessment of vegetation, soils and their salinity in virgin areas. On the basis of 78 sampling sites, near-IR reflectance and calculated NDVI and NDCI indices (the latter proposed by us) are shown to be the most informative parameters to discern between different types of soils and plant communities. Discriminant analysis has shown that nonsaline dark-colored soils can be automatically discriminated with a very high accuracy (~80%); other categories of soils and salinity can be distinguished with an insufficient accuracy. With an accuracy of ~70%, the group of *Artemisietum pauciflora*, *Kochietum prostratum*, and *Salsolietum larinica* communities can be separated from other vegetation groups.

*Key words:* digital soil mapping, image analysis, discriminant analysis.

## **ВВЕДЕНИЕ**

На рубеже XX и XXI вв. произошло кардинальное изменение материалов дистанционного зондирования и средств их обработки. Появились данные космической съемки с высоким пространственным (до 0.5 м) и радиометрическим разрешением (более 2000 оттенков). Резко выросшая доступность компьютеров и появ-

ление новых картографических программ определили широкое использование методов компьютерной обработки снимков и создания карт. За рубежом снимки активно используются для изучения почв, подверженных засолению (Csillag et al., 1993; Ben-Dor, Banin, 1995; Dwivedi, 1996; Metternicht, Zinck, 2003; Shao et al., 2003; Farifteh et al., 2006; Singh et al., 2006; Niell et al., 2007). Разработаны подходы к автоматическому дешифрированию засоленных почв (Singh, Dwivedi, 1989; Peng, 1998; Dwivedi et al., 2001; Metternicht, 2001; Indo-Dutch Network Project, 2002; Dehaan, Taylor, 2003; Eldiery et al., 2005; Huang et al., 2005; Fernández-Buces et al., 2006; Masoud, Koike, 2006; Shrestha, 2006; Darwish et al., 2007; Farifteh et al., 2007; Kienast-Brown, Boettinger, 2007; Rodriguez et al., 2007; Taylor, Odeh, 2007).

В работе Н. Фернандес-Бусез с соавторами (Fernandez-Buces et al., 2006) на основе результатов исследования в районе высохшего озера Текскоко (Мексика) была установлена статистически значимая экспоненциальная связь между засоленностью и расчетным индексом COSRI, основанным на отражении в разных зонах съемки. С. Хуан с соавторами (Huang et al., 2005) рассчитали регрессионные коэффициенты связи между коэффициентом поглощения (рассчитанным как логарифм числа, обратного отражению  $\log(1/R)$ ), отражением в голубой (0.45 – 0.51 мкм) и тепловой (2.295 – 2.365 мкм) зонах спектра для предсказания засоленности почв района оз. Эби-Нур (Китай). Также с использованием метода множественной регрессии были составлены уравнения, связывающие электропроводность почв (засоленность) с отражением в разных зонах спектра по снимкам Landsat ETM+ территории северо-восточного Таиланда (Shrestha, 2006). Наиболее информативной с точки зрения засоления оказалась ближняя инфракрасная (зона 4) зона съемки. Засоленные почвы аллювиальных Индо-Гангских равнин были автоматически разделены по степени засоления на основе установленной связи с альбедо и NDVI (в сезон раби) (Indo-Dutch Network Project, 2002). Анализ результатов использования методов частной регрессии и нейронных сетей для предсказания засоленности почв по данным дистанционного зондирования, проведенный в работе Дж. Фарифта с соавторами (Farifteh et al., 2007), свидетельствует о том, что оба метода обладают большим потенциалом для оценки и картирования засоления почв. С. Кеннаст-Браун и Дж. Бэтингер (Kienast-Brown, Boettinger, 2007) удалось добиться достаточно подробной автоматической классификации растительности прибрежной территории оз. Солт-Лейк при помощи метода нечетких множеств. При изучении засоления почв сельскохозяйственных территорий по данным спутника Ikonos была использована регрессионная модель, которая позволила автоматически составить карты засоления полей кукурузы в долине р. Арканзас в юго-восточном Колорадо (Eldiery et al., 2005). Самыми информативными оказались зеленая, ближняя ИК зоны съемки, а также расчетный индекс, представляющий собой отношение ближней ИК к красной зоне, которые и вошли в окончательный вариант регрессии.

Насколько можно судить по публикациям в отечественных журналах и монографиях, подобных работ в южных регионах России, где широко распространены засоленные почвы, практически не проводится.

В нашей работе мы попытались выявить связи (сопряженность) между изображением на снимке и растительностью, почвами и их засоленностью, а также

определить математические параметры установленной связи для автоматического разделения растительности и почв разной степени засоленности.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в районе Джаныбекского стационара РАН, расположенного в северной части Прикаспийской низменности, на границе Палласовского района Волгоградской области с Казахстаном в пределах  $49.35 - 49.43^\circ$  с.ш. и  $46.75 - 46.84^\circ$  в.д.

Почвенный покров стационара комплексный, в основном представлен солончаковыми и остаточными солонцами, светло-каштановыми и темноцветными черноземовидными почвами. Солончаковые солонцы приурочены к выположенным микроповышениям, остаточные солонцы и светло-каштановые почвы – к микросклонам и небольшим микропонижениям, темноцветные черноземовидные почвы приурочены к хорошо выраженным микропонижениям.

Территория относится к зоне южных (опустыненных) степей (Карта растительности СССР, 1990; Сафронова, 2002, 2005). Растительность района Джаныбекского стационара представлена трехчленным комплексом с преобладанием чернополынно-прутняковой ассоциации на солонцах, острецово- или житняково-ромашниковой, а также ромашниково-прутняковой ассоциаций на светло-каштановых почвах и злаково-разнотравной ассоциации на темноцветных черноземовидных почвах (Каменецкая, 1952; Ларин и др., 1954; Гордеева, Ларин, 1965). По данным современных геоботанических исследований (Новикова и др., 2004, 2005), на стационаре сохраняется комплексность, охарактеризованная в 1950-е гг., но при этом наблюдаются некоторые сдвиги в процентном соотношении компонентов ассоциаций: уменьшение роли черной полыни в составе прутняково-чернополынной ассоциации на солонцах, внедрение мезоксерофильных видов (преимущественно злаков) в состав растительных сообществ склонов и микроповышений и возрастание их роли в уже существовавших полидоминантных сообществах микропонижений (на темноцветных черноземовидных почвах).

На карте геохимического районирования Прикаспийской впадины и прилегающих районов территория наших исследований относится к геохимической области с преобладанием средне- и сильнозасоленных почвообразующих пород и широким распространением участков очень слабого (или слабого) засоления, типу засоления сульфатно-натриевого. Засоленность почв района Джаныбекского стационара сильно контрастна как по степени, так и по химизму и глубине засоления.

Солончаковые солонцы характеризуются наличием легкорастворимых солей уже в первом полуметре профиля, начиная с нижней части солонцового горизонта. Максимальное содержание солей наблюдается на глубине от 50 до 150 – 200 см, где оно достигает 1.5 – 2.5% от массы почвы (1.5 – 2.0% токсичных солей). Ниже содержание солей постепенно снижается до десятых долей процента. В составе солей абсолютно преобладает сульфат натрия, и только в нижней части зоны аэрации (на глубине около 5 м) в составе водной вытяжки начинает преобладать сульфат кальция (гипс). Остаточные солончаковатые солонцы (по Будиной, 1964), или остепняющиеся солонцы (по Роде, Польскому, 1961) характеризуются более глу-

боким залеганием солей, существенно меньшим содержанием солей в первом метре почвенного профиля и практически полным отсутствием хлоридов вплоть до 200 см. В первом метре содержание солей ниже 1%, они представлены главным образом сульфатом кальция. Содержание токсичных солей в этом слое не превышает 0.6%. Ниже содержание солей постепенно увеличивается до 1.5 – 2.5% (1.0 – 1.5% токсичных солей) в третьем – пятом метрах с преобладанием сульфата натрия и в меньшей степени сульфата кальция. Остаточные солонцы представляют собой бывшие солончаковые солонцы, находящиеся на первых стадиях выщелачивания. Светло-каштановые почвы существенно отличаются от солонцов по засоленности. Верхний метровый слой почв практически свободен от легкорастворимых солей и гипса, которые появляются лишь со второго метра в количестве 1.5 – 2.0% (1.0 – 1.3% токсичных солей) и представлены сульфатами натрия и кальция. Верхняя граница накопления солей менее резкая, чем в солонцах. Темноцветные черноземовидные почвы, развивающиеся в западинах (мелких понижениях) и падинах (крупных понижениях), в абсолютном большинстве случаев свободны от легкорастворимых солей по всей зоне аэрации.

На Джаныбекском стационаре и прилегающей к нему территории нами впервые была проведена крупномасштабная почвенно-солевая съемка с использованием материалов дистанционного зондирования на общей площади около 65 км<sup>2</sup>. Все исследованные разрезы были привязаны с помощью навигатора Garmin.

Общее количество точек опробования (разрезов и скважин) на целинной территории составило 78. На 53 точках опробования было проведено геоботаническое описание примерно в те же сроки, что и осуществлена космическая съемка (август 2006 г.). Все растительные ассоциации, описанные на точках опробования, были объединены в 6 групп (табл. 1), но так как ромашниковая, житняковая+острецовая и полычковая ассоциации были отмечены лишь в редких случаях (по 2 – 3 случая), что является крайне недостаточным для проведения статистического анализа, то они были исключены из дальнейшего анализа. Таким образом, общее количество геоботанических описаний, включенных в анализ, составило 46.

**Таблица 1**

Группы почв и растительности и их сокращенные названия, используемые в статье

Название растительной ассоциации	Сокращенное название	Название почвы	Сокращенное название
Чернополынная, прутняковая, солянковая	ЧРП	Темноцветная черноземовидная	ТЦ
Ромашниковая	РМШ	Светло-каштановая	К <sub>1</sub>
Житняковая, острецовая	ЖТН	Солонец остепняющийся	СНост
Типчакковая	ТПЧ	Солонец солончаковый	СНск
Ковыльная, разнотравная	КВЛ		
Полычковая	ПЛН		

Все 78 точек опробования охарактеризованы по засолению в верхнем метровом слое. Засоленность почв оценивалась на основании анализа водной вытяжки 1:5 (полный или сокращенный анализ по Na<sup>+</sup>). Степень засоленности оценивалась согласно градам, предложенным в монографии «Засоленные почвы России» (2006)

## СВЯЗЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ QUICKBIRD

(табл. 2). Очень сильная степень засоления отмечена только в одном разрезе, поэтому данная категория также была исключена из дальнейшего анализа.

**Таблица 2**

Группы по степени засоления		
Степень засоления	Средневзвешенное содержание токсичных солей в слое 0 – 100 см, %	Запасы токсичных солей в слое 0 – 100 см, кг/м <sup>2</sup>
Засоление отсутствует	< 0.1	< 1
Слабая	0.1–0.3	1–5
Средняя	0.3–0.6	5–10
Сильная	0.6–1.5	10–20
Очень сильная	> 1.5	> 20

Космический снимок Quickbird (дата съемки 13 сентября 2006 г.) характеризуется высоким радиометрическим (более 2000 оттенков) и пространственным разрешением (2.4 м). Съемка выполняется в 4 зонах спектра: голубой (450 – 520 нм), зеленой (520 – 600 нм), красной (630 – 690 нм) и ближней инфракрасной (760 – 900 нм). Помимо анализа отражения в указанных зонах спектра анализировались расчетные параметры NDVI и предложенный нами NDCI.

NDVI (normalized difference vegetation index) – вегетационный индекс – рассчитывается как разность значений отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, деленная на их сумму:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red),$$

где NIR, Red – отражение в ближней инфракрасной и красной зонах спектра соответственно.

NDVI является отличным показателем для оценки состояния растительности и является одним из самых распространенных и используемых индексов для решения задач по количественной оценке растительного покрова. Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0.6 – 0.7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0.7 – 1.0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений, как различия в освещенности снимка, облачность, дымка, поглощение радиации атмосферой и прочие (NDVI – [теория] и практика, 2008).

По аналогии с индексом NDVI мы рассчитали индекс NDCI (normalized difference canopy index), учитывающий различия в отражении в инфракрасной и зеленой областях спектра:

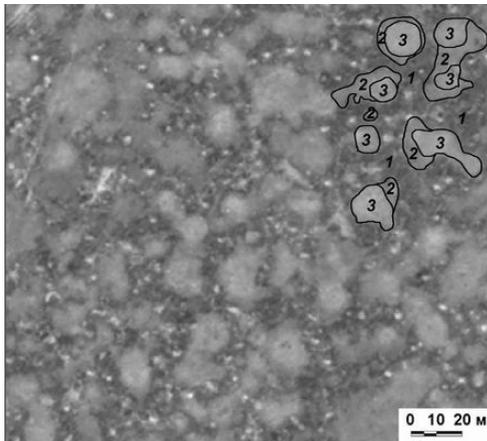
$$NDCI = (NIR - Green) / (NIR + Green),$$

где NIR, Green – отражение в ближней инфракрасной и зеленой зонах спектра соответственно.

Данный индекс был предложен нами в связи с тем, что визуальный анализ снимка показал, что именно различия отражения в инфракрасной и зеленой зонах спектра определяют контрастность изображения (наиболее адекватно отражают комплексность растительного и почвенного покрова) и хорошо согласуются с полевыми наблюдениями. Для выяснения физического смысла этого индекса необходимы дополнительные исследования. Статистический анализ проводился в программе STATISTICA 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На снимке Quickbird раннеосеннего срока съемки (синтез 4-2-1) визуально очень четко можно разделить почвы солонцового комплекса: темноцветные почвы, незасоленные до глубины ГВ, характеризуются розоватым цветом; светло-



**Рис. 1.** Фрагмент снимка Quickbird в черно-белом варианте: темно-серый тон (1) – солонцы солончаковые; серый тон (2) – солонцы остепняющиеся и светло-каштановые почвы; светло-серый тон (3) – темноцветные почвы. Белые точки на темно-сером фоне – сусликовины

каштановым почвам и реже к слабозасоленным светло-каштановым почвам и остепняющимся солонцам; ковыльня и разнотравная ассоциации развиваются только на незасоленных почвах (незасоленных в верхнем метре темноцветных и светло-каштановых почвах).

*Связь между изображением на снимке и растительностью.* Согласно рис. 2, а отражение изученных растительных ассоциаций в красной, зеленой и голубой зонах спектра мало различается. Растительность разделяется только на снимках в ближней инфракрасной зоне спектра, при этом максимальное отражение характер-

каштановые почвы, засоленные в нижней части первого и преимущественно во втором метре профиля, отражены на снимке зеленоватым цветом, и солонцы, засоленные уже в верхнем полуметре профиля, имеют темно-фиолетовый цвет. Рис. 1, приведенный в черно-белом варианте, хотя и не так ярко, как цветной, тоже позволяет проиллюстрировать все компоненты солонцового комплекса.

*Связь между растительностью, почвами и их засоленностью.* Как показывает анализ таблиц сопряженности, растительность, почвы и их засоленность тесно увязаны (табл. 3). Чернопыльняная, прутняковая и солянковая ассоциации в подавляющем большинстве случаев приурочены к сильнозасоленным солончаковым солонцам; типчаковая – к незасоленным (в верхнем метре) темноцветным и светло-

## СВЯЗЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ QUICKBIRD

но для ковыльной и разнотравной ассоциаций, чуть меньше – для типчаковой и существенно меньше – для чернопопынной, прутняковой и солянковой ассоциаций. Индексы NDVI/NDCI достаточно чувствительно реагируют на изменение видового состава растительности, четко увеличиваясь от чернопопынной к ковыльной ассоциациям.

**Таблица 3**

Сопряженности между растительностью, почвами и их засоленностью

	Почвы					Запасы токсичных солей, кг/м <sup>2</sup>					
		ТЦ	К <sub>1</sub>	СНост	СНск	Сумма	< 1	1–5	5–10	10–20	Сумма
Растительность	ЧРП	0	1	1	15	17	0	0	1	15	16
	ТПЧ	7	6	4	1	18	14	4	1	0	19
	КВЛ	6	4	0	0	10	10	0	0	0	10
	Сумма	13	11	5	16	45	24	4	2	15	45
Запасы токсичных солей, кг/м <sup>2</sup>	< 1	22	12	3	0	37					
	1–5	0	4	1	1	6					
	5–10	0	2	2	3	7					
	10–20	0	2	2	20	24					
	Сумма	22	20	8	24	74					

*Примечание.* Условные обозначения см. в табл. 1.

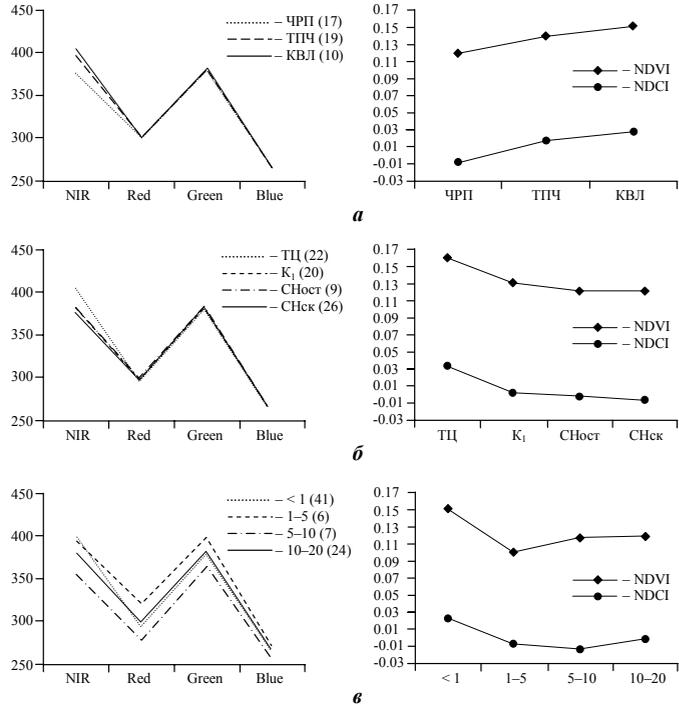
*Связь между изображением на снимке и почвами.* Спектральное отражение в зависимости от почвы также слабо различается, за исключением отражения в инфракрасной зоне, где резко выделяются темноцветные почвы (рис. 2, б). Значения расчетных индексов закономерно уменьшаются от темноцветных почв к солончакowym солонцам, при этом особенно выделяются высокие значения темноцветных почв.

*Связь между изображением на снимке и степенью засоления.* Спектры, составленные на основе данных о запасах токсичных солей в метровом слое, существенно различаются в зависимости от степени засоления, но эти различия носят необъяснимый характер. Минимальными значениями отражения во всех зонах спектра характеризуются средnezасоленные почвы, а максимальными – слабозасоленные (рис. 2, в). Незасоленные и сильнозасоленные почвы в красной, зеленой и голубой зонах спектра занимают промежуточное положение между слабо- и средnezасоленными почвами, в ближней инфракрасной зоне отражение незасоленных почв резко возрастает по сравнению с сильнозасоленными и достигает значений слабозасоленных почв. Расчетные индексы также ведут себя не вполне закономерно, сначала уменьшаясь, а потом увеличиваясь по мере возрастания степени засоленности. Тем не менее у незасоленных почв фиксируются существенно более высокие по сравнению с остальными почвами значения индексов NDVI/NDCI.

*Расчет математических параметров для автоматического разделения почв и растительности на снимке (дискриминантный анализ).* Анализ спектров позволил выделить три информативных показателя: отражение в ближней ИК зоне и расчетные индексы NDVI и NDCI, которые и были включены в дальнейший дискриминантный анализ. Дискриминантный анализ – один из методов классификации с обучением, применяемый, в частности, для проведения классификации изо-

бражения. Классификация осуществляется на основе эталонов классов, вычисленных на основе обучающей выборки. В нашем случае в обучающую выборку было включено 68 точек опробования для почв и засоления и 37 точек для растительности (остальные точки были исключены из анализа из-за неточности привязки к изображению на снимке).

В программе STATISTICA были рассчитаны коэффициенты дискриминантных функций (табл. 4). Эти функции могут применяться для автоматического разделения различных растительных ассоциаций, типов почв и их засоленности. Новое наблюдение будет отнесено к тому классу, для которого у него по полученным уравнениям будет вычислен наибольший классификационный вес (Мешалкина, Самсонова, 2008). Оценивая точность классификации (дискриминации) по таблице ошибок (табл. 5), можно заключить следующее. Использование дискриминантных функций позволяет очень хорошо отделить (с точностью 100%) группу растительных ассоциаций ЧРП (чернополынная, пруняковая и солянковая) от всех остальных групп. Типчакковая и ковыльняная-разнотравная ассоциации разделяются между собой плохо, также они частично отнесены дискриминантной функцией к ассоциациям ЧРП. Очень хорошо дискриминируются темноцветные почвы (с точностью классификации 77%). Несмотря на то, что точность классификации солончаковых солонцов высокая (68%), дискриминируются эти почвы не так хорошо, поскольку дискриминантный анализ отнес к этой же группе почв почти половину остаточных солонцов и четверть светлокаштановых почв. Таким образом, все почвы за исключением темноцветных разделяются между собой с недостаточной точностью. Подобная картина наблюдает-



**Рис. 2.** Кривые усредненного спектрального отражения и значений расчетных индексов (NDVI, NDCI) для растительности (а), почв (б) и засоленности (в). В скобках указано количество случаев. NIR, Red, Green, Blue – отражение в ближней инфракрасной, красной, зеленой и голубой зонах съемки соответственно. Сокращения см. в табл. 1

## СВЯЗЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ QUICKBIRD

ся и при классификации почв по засоленности. Очень хорошо (точность 75%) отделяются незасоленные почвы, остальные категории между собой разделяются плохо.

**Таблица 4**

Коэффициенты дискриминантных функций				
Классы почв, растительности и степени засоления	Переменная			
	NIR	NDVI	NDCI	Константа
Ассоциации				
Чернопыльная, прутняковая, солянковая	2.09	3033.88	-3934.44	-579.83
Типчакковая	2.17	3125.03	-3983.35	-622.07
Ковыльная, разнотравная	2.16	3099.85	-3941.25	-615.39
Почва				
Темноцветная черноземовидная	2.21	3206.06	-4447.78	-634.32
Светло-каштановая	2.19	3139.15	-4483.63	-616.89
Солонец остепняющийся	2.21	3157.99	-4525.36	-624.81
Солонец солончаковый	2.17	3110.20	-4482.28	-605.50
Степень засоления				
< 1	1.90	2967.27	-4078.97	-556.44
1 – 5	1.89	2819.68	-4018.05	-530.40
5 – 10	1.90	2939.18	-4139.84	-549.15
10 – 20	1.89	2907.83	-4106.84	-540.82

**Таблица 5**

Оценка качества классификации по дискриминантным функциям

Реально наблюдаемый класс	Классы почв, растительности и степени засоления	Предсказанный класс				Точность классификации, %
	Растительные ассоциации	ЧРП	ТПЧ	КВЛ		
	ЧРП	11	0	0		100
	ТПЧ	4	8	4		50
	КВЛ	2	3	5		50
	Сумма	17	11	9		65
	Почвы	ТЦ	К <sub>1</sub>	СНост	СНск	
	ТЦ	17	3	1	1	77
	К <sub>1</sub>	3	5	7	5	25
	СНост	1	1	2	3	29
	СНск	0	3	3	13	68
	Сумма	21	12	13	22	54
	Засоленность почв	<1	1–5	5–10	10–20	
	<1	30	3	5	2	75
	1–5	0	3	0	1	75
	5–10	1	2	2	1	33
	10–0	1	6	9	4	20
	Сумма	32	14	16	8	56

*Примечание.* Сокращения см. в табл. 1.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На космическом снимке Quickbird (разрешение 2.4 м) визуально очень хорошо можно разделить основные компоненты растительного и почвенного комплек-

са. Анализ спектров показал, что отражение в ближней инфракрасной зоне и индексы NDVI и NDCI закономерно реагируют на изменение растительности и почв. Значения этих показателей увеличиваются от группы ассоциаций чернополынная, прутняковая и солянковая через типчаковую к ковыльной и разнотравной ассоциациям. Индекс NDCI закономерно увеличивается в ряду почв солонец солончаковый – солонец остепняющийся – светло-каштановая почва – темноцветная почва. Темноцветные почвы резко выделяются по высоким значениям отражения в ближней инфракрасной зоне. Однако вариабельность этих показателей не позволила автоматически разделить все группы растительности и почв. Автоматически с высокой степенью надежности можно отделить только незасоленные темноцветные почвы (с точностью около 80%) и группу растительных ассоциаций, присущую солончаковым солонцам – чернополынную, прутняковую и солянковую (с точностью около 70%).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-04-00136а).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Будина Л.П.* Типы солонцовых комплексов // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика. М.: Наука, 1964. С. 196 – 258.

*Гордеева Т.К., Ларин И.В.* Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства (на примере Джаныбекского стационара). М.: Наука, 1965. 160 с.

*Засоленные почвы России.* М.: Академкнига, 2006. 854 с.

*Каменецакая И.В.* Естественная растительность Джаныбекского стационара // Тр. комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 2, вып. 3. Исследования Джаныбекского стационара. С. 101 – 162.

Карта растительности СССР (для высших учебных заведений). М 1:4 000 000. М., 1990. 1 л.

*Ларин И.В., Шифферс Е.В., Левина Ф.Я., Замятнин Б.Н., Иванина Л.И., Варивцева Е.А., Непли Г.Н., Сырокомская И.В.* Основные закономерности распределения растительности и геоботаническое районирование северного Прикаспия в пределах междуречья Волга – Урал // Вопросы улучшения кормовой базы в степной, полупустынной и пустынной зонах СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 9 – 30.

*Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П.* Математическая статистика в почвоведении. М: МАКС Пресс, 2008. 84 с.

*Новикова Н.М., Волкова Н.А., Хитров Н.Б.* Растительность солонцового комплекса заповедного степного участка в Северном Прикаспии // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10, № 22 – 23. С. 9 – 18.

*Новикова Н.М., Волкова Н.А., Хитров Н.Б.* Изменение ботанического разнообразия компонентов солонцового комплекса на Джаныбекском стационаре по данным наблюдений 1950-х и 2000-х гг. // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее: Материалы Междунар. совещ. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005 г. С. 91 – 93.

*Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Т. 56. Почвы полупустыни Северо-Западного Прикаспия и их мелиорация (по работам Джаныбекского стационара). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 3 – 214.

*Сафронова И.Н.* Фитоэкологическое картографирование Северного Прикаспия // Геоботаническое картографирование 2001 – 2002 / Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова РАН. СПб., 2002. С. 44 – 65.

## СВЯЗЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ QUICKBIRD

- Сафронова И.Н.* Об опустыненных степях Нижнего Поволжья // Поволж. экол. журн. 2005. № 3. С. 261 – 267.
- Ben-Dor E., Banin A.* Near-infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties // Soil Science Society of Amer. J. 1995. Vol. 59, № 2. P. 364 – 372.
- Csillag F., Pasztor L., Biehl L.L.* Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils // Remote Sensing of Environments. 1993. Vol. 43, № 3. P. 231 – 242.
- Darwish Kh.M., Kotb M.M., Ali R.* Mapping soil salinity using collocated cokriging in Bahariya Oasis, Egypt // Spatial Data Quality: Proc. of the 5<sup>th</sup> Intern. Symp., 13 June – 15 June 2007 / Intern. Institute for geo-Information Science and Earth Observation. [Electronic resource]. Enschede, 2007. Mode of access: <http://www.itc.nl/issdq2007>.
- Dehaan R., Taylor G.R.* Image-derived spectral endmembers as indicators of salinisation // Intern. J. of Remote Sensing. 2003. Vol. 24, № 4. P. 775 – 794.
- Dwivedi R.S.* Monitoring of salt-affected soils of the Indo-Gangetic alluvial plains using principal component analysis // Intern. J. of Remote Sensing. 1996. Vol. 17, № 10. P. 1907 – 1914.
- Dwivedi R.S., Ramana K.V., Thammappa S.S., Singh A.N.* The utility of IRS-1C LISS-III and PAN-merged data for mapping salt-affected soils // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 2001. Vol. 67, № 10. P. 1167 – 1175.
- Eldiery A., Garcia L.A., Reich R.* Estimating soil salinity from remote sensing data in corn fields // Conference Proc. of AGU Hydrology Days / Colorado State University. Colorado, 2005. P. 31 – 42.
- Farifteh J., Farshada A., George R.J.* Assessing salt-affected soils using remote sensing, soil modelling, and geophysics // Geoderma. 2006. Vol. 130, № 3 – 4. P. 191 – 206.
- Farifteh J., Van der Meer F., Atzberger C., Carranza E.J.M.* Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN) // Remote Sensing of Environment. 2007. Vol. 110, № 1. P. 59 – 78.
- Fernández-Buces N., Siebe C., Cram S., Palacio J.L.* Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico // J. of Arid Environments. 2006. Vol. 65, № 4. P. 644 – 667.
- Huang S., Liu Q., Li X., Liu Q.* Spectral model of soil salinity in Xinjiang of China // Intern. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS): Proc. / Institute of Electrical and Electronics Engineers. Piscataway, 2005. Vol. 6. P. 4458 – 4460.
- Indo-Dutch Network Project (IDNP). Result 1. A Methodology for Identification of Waterlogging and Soil Salinity Conditions Using Remote Sensing / Central Soil Salinity Research Institute, Karnal (India) and International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen (The Netherlands). Karnal: Ankush Chambers, 2002. 78 p.
- Kienast-Brown S., Boettinger J.L.* Land-cover classification from Landsat imagery for mapping dynamic wet and saline soils // Developments in Soil Science. 2007. Vol. 31. P. 235 – 244.
- Masoud A.A., Koike K.* Arid land salinization detected by remotely-sensed landcover changes: A case study in the Siwa region, NW Egypt // J. of Arid Environments. 2006. Vol. 66, № 1. P. 151 – 167.
- Metternicht G.* Assessing temporal and spatial changes of salinity using fuzzy logic, remote sensing and GIS. Foundations of an expert system // Ecological Modelling. 2001. Vol. 144, № 2 – 3. P. 163 – 179.
- Metternicht G.I., Zinck J.A.* Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints // Remote Sensing of Environment. 2003. Vol. 85, № 1. P. 1 – 20.
- NDVI – [теория] и практика // GIS-Lab: Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электрон. ресурс]. 2008. Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
- Nield S.J., Boettinger J.L., Ramsey R.D.* Digitally mapping gypsic and natric soil areas using Landsat ETM data // Soil Science Society of Amer. J. 2007. Vol. 71, № 1. P. 245 – 252.

*Peng W.* Synthetic analysis for extracting information on soil salinity using remote sensing and GIS: a case study of Yanggao Basin in China // *Environmental Management*. 1998. Vol. 22, № 1. P. 153 – 159.

*Rodríguez P.G., González M.E.P., Zaballos A.G.* Mapping of salt-affected soils using TM images // *Intern. J. of Remote Sensing*. 2007. Vol. 28, № 12. P. 2713 – 2722.

*Shao Y., Hu Q., Guo H., Lu Y., Dong Q., Han C.* Effect of dielectric properties of moist salinized soils on backscattering coefficients extracted from RADARSAT image // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2003. Vol. 41, № 8. P. 1879 – 1888.

*Shrestha R.P.* Relating soil electrical conductivity to remote sensing and other soil properties for assessing soil salinity in northeast Thailand // *Land Degradation and Development*. 2006. Vol. 17, № 6. P. 677 – 689.

*Singh A.N., Dwivedi R.S.* Delineation of salt-affected soils through digital analysis of Landsat MSS data // *Intern. J. of Remote Sensing*. 1989. Vol. 10, № 1. P. 83 – 92.

*Singh J., Kothari M., Jain S.K., Kumar V.* Delineation of salt affected areas of Muksar district, south-west Punjab using Landsat-TM and IRS-ID LISS-III data // *Annals of Biology*. 2006. Vol. 22, № 1. P. 13 – 17.

*Taylor J.A., Odeh I.O.A.* Comparing discriminant analysis with binomial logistic regression, regression kriging and multi-indicator kriging for mapping salinity risk in northwest New South Wales, Australia // *Developments in Soil Science*. 2007. Vol. 31. P. 455 – 464.

УДК 574.583(282.2):591

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

**А.В. Крылов, А.И. Цветков, М.И. Малин**

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
Россия, 152742, пос. Борок, Некоузский район, Ярославская обл.  
E-mail: krylov@ibiw.yaroslavl.ru*

Поступила в редакцию 02.10.08 г.

**Вертикальное распределение зоопланктона малой реки. – Крылов А.В., Цветков А.И., Малин М.И.** – Показано, что в глубоководном участке зоны свободного течения реки и во фронтальной области зоны выклинивания подпора ее вод наблюдается вертикальное расслоение водных масс и неравномерное распределение сообществ зоопланктона. Наиболее плотные скопления зафиксированы в придонном слое, где отмечено снижение температуры воды, содержания растворенного кислорода и увеличение электропроводности воды. Среди возможных причин такого распределения названо проявление «эффекта второго дна», создаваемого водой большей плотности.

*Ключевые слова:* зоопланктон, малая река, численность, биомасса, вертикальное распределение.

**Vertical distribution of the zooplankton of a small river. – Krylov A.V., Tsvetkov A.I., and Malin M.I.** – A vertical stratification of water mass and a non-uniform distribution of zooplankton communities were observed at a deep-water site of the free watercourse zone and in the frontal area of the backup water pinch zone. The most density of zooplankton accumulation has been fixed in the near-bottom layer, where decreases of the water temperature and the content of dissolved oxygen, and an increase of the electroconductivity of water are noted. Among probable causes of such a distribution the «second-bottom effect» created by higher-density water is proposed.

*Key words:* zooplankton, small river, number, biomass, vertical distribution.

### ВВЕДЕНИЕ

Существуют полярные взгляды по вопросу существования зоопланктона малых рек как полноценного сообщества. Часть ведущих гидробиологов считали, что малые реки – это экосистемы, которые характеризуются прозрачностью воды до дна, отсутствием истинного планктона и взрослых особей рыб (Лебедев, 2001). Однако то, что однозначно справедливо для горных и предгорных рек, нельзя механически относить к равнинным водотокам. Показано, что равнинные малые реки – системы, отличающиеся богатым разнообразием биотопов (Крылов, 2005; Экосистема малой реки..., 2007). Зоопланктон равнинных малых водотоков, скорость течения воды в которых не превышает 0.25 м/с, представляет собой устойчивые сообщества, существование которых поддерживается за счет субституционного и флуктуационного типов организации.

Исследования пространственной организации зоопланктона в малых реках, как правило, ограничивались изучением распределения сообществ по продольному профилю водотоков (Крылов, Завьялов, 2004; Крылов, 2005). Изучение аспектов го-

горизонтального распределения вполне оправданно, так как на большинстве участков течения малых рек глубины редко превышают 0.5 – 1.0 м. Однако на многих нарушенных водотоках существуют участки, характеризующиеся весьма значительными глубинами. Их происхождение и/или поддержание чаще всего связано с хозяйственной деятельностью человека. Кроме того, в устьевых областях малых притоков водохранилищ образуются зоны выклинивания подпора речных вод, в отдельных местах переходных (градиентных) участков которых наблюдается довольно четкое расслоение речных и водохранилищных вод по вертикали (Рохмистров, 1973; Цветков и др., 2008). Данные места мы определяем как фронтальные области.

Цель работы — изучить вертикальное распределение зоопланктона глубоководного участка в зоне свободного течения р. Ильдь и во фронтальной области зоны выклинивания подпора ее вод.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в мае, июле и сентябре 2008 г. на р. Ильдь – притоке 2-го порядка Волжского плеса Рыбинского водохранилища. В зоне свободного течения водотока участок глубиной до 6 м приурочен к мельничной запруде, действовавшей в первой половине прошлого века. Фронтальная область располагалась в верхней части градиентного участка зоны выклинивания подпора р. Ильдь. Пробы зоопланктона собирали с помощью планктобатов объемом 2.5 и 5 л. С каждого горизонта (от поверхности до дна через 1 м) процеживали 10 л воды через газ с размером ячеек 64 мкм, фиксировали 4%-ным формалином. Камеральную обработку проводили по стандартной методике (Методика изучения..., 1975). Зоопланктон оценивали по числу видов, численности, биомассе, обилию таксономических групп. С помощью портативного зонда «YSI-85» измеряли температуру, содержание растворенного кислорода и электропроводность воды.

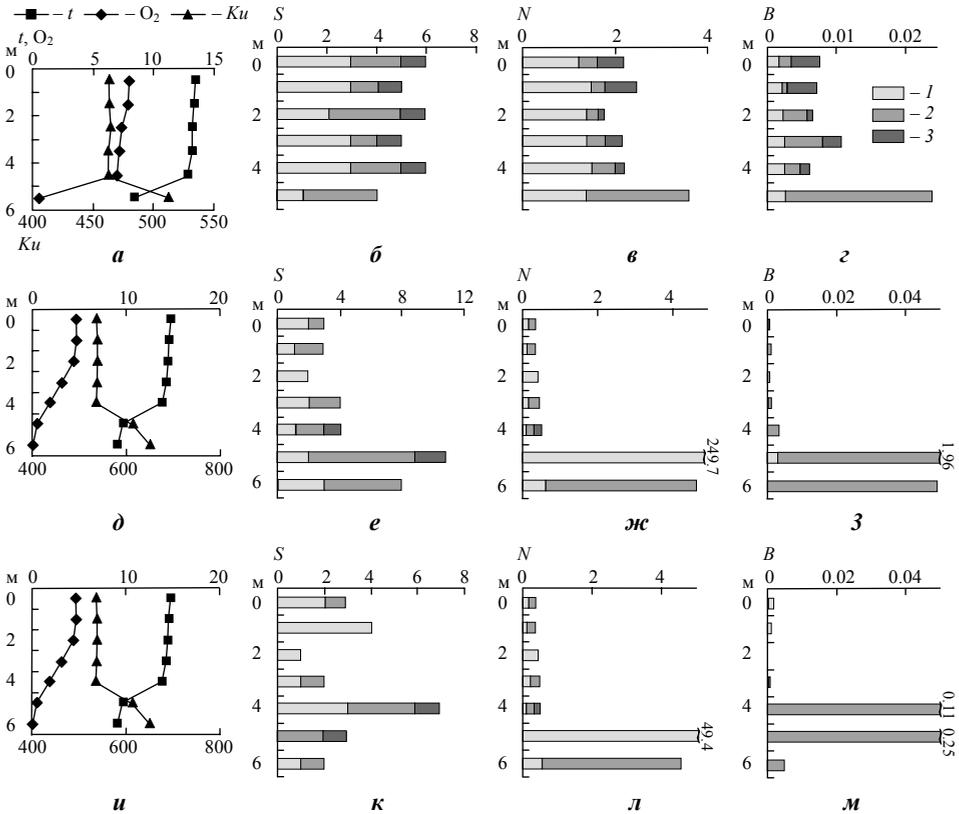
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Вертикальное распределение зоопланктона глубоководного участка в зоне свободного течения реки.* Во все сроки исследований на глубине 5 м происходило снижение температуры, содержания растворенного кислорода и увеличение электропроводности воды (рис. 1, а, д, и). Наиболее яркие изменения электропроводности воды в придонном слое наблюдались летом и осенью. Скорость течения составляла 0.005 – 0.01 м/с, причем только в слое 0 – 2 м.

В мае в зоопланктоне обнаружено 10 видов беспозвоночных (7 коловраток, 3 ракообразных – 2 веслоногих и 1 ветвистоусый). Какого-либо значительного изменения видового состава на разных горизонтах не выявлено (рис. 1, б). Максимальные величины численности и биомассы живых организмов отмечены на глубине 5 м (рис. 1, в, з). Основу численности на всех горизонтах составляли коловратки, среди которых лидирующее положение занимали *Euchlanis dilatata* Ehrenberg и *Keratella quadrata* (Müller). На глубине 5 м из состава зоопланктона исчезала *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), а лидирующее положение занимали веслоногие ракообразные за счет доминирования ювенильных и взрослых особей *Thermocyclops oithonoides*

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

(Sars). Основу биомассы на поверхности и на глубине 1 м составляли ветвистоусые рачки за счет развития *Bosmina longirostris*, на глубинах 2 – 5 м – веслоногие ракообразные при массовом развитии науплиусов и копеподитов циклопов (2 – 4 м), а также взрослых особей *Thermocyclops oithonoides* (5 м).



**Рис. 1.** Изменение температуры ( $t$ , °C), содержания растворенного кислорода ( $O_2$ , мг/л), электропроводности ( $Ku$ , мкСм/см), числа видов ( $S$ ), численности ( $N$ , тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомассы ( $B$ , г/м<sup>3</sup>) зоопланктона в столбе воды глубоководного участка р. Ильдь в мае ( $a - z$ ), июле ( $d - z$ ) и сентябре ( $u - m$ ): 1 – Rotatoria, 2 – Copepoda, 3 – Cladocera

В июле в составе зоопланктона зарегистрировано 18 видов беспозвоночных (7 коловраток, 8 веслоногих и 3 ветвистоусых ракообразных). Представители трех таксономических групп зоопланктеров отмечены на глубинах 4 и 5 м, на остальных горизонтах – только коловратки и веслоногие ракообразные (рис. 1,  $e$ ). Наибольшее число видов, численность и биомасса зоопланктеров зафиксированы на 5 и 6 м (рис. 1,  $d - z$ ). Основу численности составляли веслоногие ракообразные, причем на глубинах 0 – 4 м за счет доминирования науплиусов и копеподитов, на глубинах 5 и 6 м – *Thermocyclops crassus* (Fischer). Аналогичная картина наблюда-

лась и в распределении биомассы зоопланктеров, а среди доминантов на 5 и 6 м отмечены *Th. crassus* и *Macrocyclus albidus* (Jurine).

В сентябре в зоопланктоне обнаружено 14 видов беспозвоночных: 9 видов коловраток, 4 веслоногих и 1 ветвистоусых ракообразных. Основу видового разнообразия от поверхности до 3-х м составляли коловратки, лишь на глубине 4 и 5 м ведущее положение занимали ракообразные при максимальном числе видов на 4 м (рис. 1, к). Наибольшие численности и биомассы зарегистрированы также на 5 и 4 м, на остальных глубинах величины этих показателей были меньше в 32 – 123 и 20 – 2 590 раз соответственно (рис. 1, л, м). Основу численности в слое 0 – 3 м составляли коловратки за счет доминирования *Euchlanis dilatata*, *Conochilus unicornis* Rousselet, *Trichocerca tenuior* (Gosse), *Colurella uncinata* (Müller), в слое 4 – 6 м – веслоногие ракообразные при массовом развитии ювенильных особей циклопов. По биомассе коловратки господствовали в слое 0 – 2 м, в нижних слоях преобладали Copepoda, доминировали копепоиды и взрослые особи *Cyclops vicinus* Uljanin, *C. insignis* Claus, *Eudiaptomus gracilis* (Sars).

*Вертикальное распределение зоопланктона во фронтальной области переходного участка зоны выклинивания подпора вод притока водохранилища.* В конце гидрологической весны (май) от поверхности до дна происходило незначительное уменьшение температуры, в придонном слое – снижение содержания растворенного кислорода и увеличение электропроводности воды (рис. 2, а).

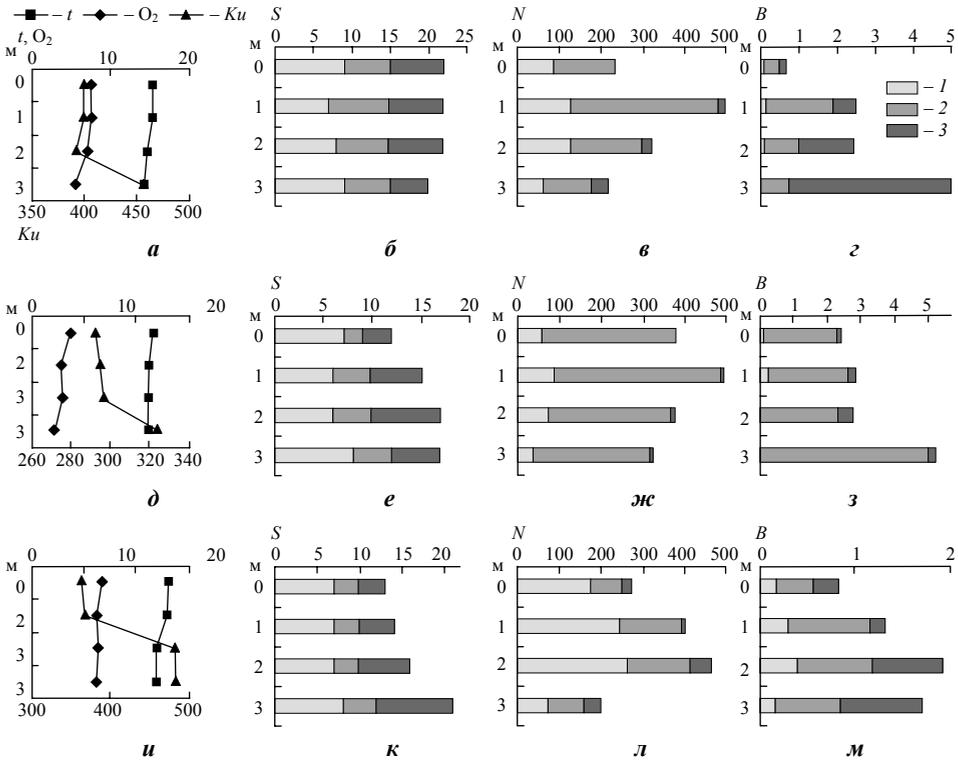
В зоопланктоне обнаружено 34 вида беспозвоночных: 14 видов коловраток, 12 веслоногих и 8 ветвистоусых ракообразных. Выраженных вариаций числа видов на разных горизонтах не выявлено (рис. 2, б). Максимальной численностью отличался зоопланктон на глубине 1 м. Основу численности на всех глубинах составляли веслоногие ракообразные за счет массового развития науплиусов и копепоидов Cyclopoida (рис. 2, в). Однако на горизонте 2 м происходило сокращение доли коловраток и увеличение доли ветвистоусых рачков, а наиболее ярко эти изменения проявились на глубине 3 м, где среди доминантов наряду с ювенильными особями циклопов отмечена *Daphnia galeata* G.O. Sars. Максимальная биомасса зарегистрирована в придонном слое воды (рис. 2, г). Основу биомассы на поверхности и глубине 1 м составляли веслоногие ракообразные, на глубине 2 и 3 м наблюдалось сокращение доли коловраток в общей биомассе на фоне увеличения доли кладоцер, среди которых доминировали *D. galeata* и *D. cristata* G. Sars.

В период летней межени (июль) от поверхности до дна снижалась температура воды и содержание растворенного кислорода, минимальные величины этих показателей зарегистрированы в придонном слое (рис. 2, д). Кроме того, на глубине 3 м происходило увеличение электропроводности воды.

В зоопланктоне обнаружено 30 видов зоопланктеров: 14 видов коловраток, 6 – веслоногих и 10 – ветвистоусых ракообразных. От поверхности к придонному слою число видов незначительно возрастало, причем на глубине 1 и 2 м за счет ветвистоусых ракообразных, на глубине 3 м – коловраток (рис. 2, е). Наибольшая численность зарегистрирована на глубине 1 м, наименьшая – на глубине 3 м (рис. 2, ж). Основу численности на всех горизонтах составляли веслоногие ракообразные при доминировании науплиусов и копепоидов Cyclopoida, *Thermocyclops crassus* (Fischer) (2 и 3 м), *Mesocyclops leuckarti* (Claus) (3 м). По биомассе первен-

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

ствовал зоопланктон придонного слоя, на остальных горизонтах ее величина была меньше в 1.8 – 2.2 раза (рис. 2, з). Основную долю в общей биомассе зоопланкто-ров составляли веслоногие ракообразные за счет массового развития копеподитов циклопов, *Thermocyclops crassus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops vicinus*, а на глуби-не 2 м еще и *Diaphanosoma brachyurum* Lievin.



**Рис. 2.** Изменение физико-химических параметров воды и показателей развития зоопланктона в столбе воды фронтальной области зоны выклинивания подпора вод р. Ильдь. Условные обозначения см. на рис. 1

В сентябре в придонном слое зафиксировано снижение температуры воды и увеличение ее электропроводности (рис. 2, з).

В составе зоопланктона отмечено 26 видов беспозвоночных: 13 видов коловраток, 3 веслоногих и 10 ветвистоусых ракообразных. Максимальное разнообразие зафиксировано в придонном слое, где ведущее положение занимали ветвистоусые ракообразные, в то время как на других горизонтах – коловратки (рис. 2, к). Максимальные величины численности и биомассы отмечены на глубине 2 м (рис. 2, л, м). Основу численности в слое воды 0 – 2 м составляли коловратки при доминировании *Keratella cochlearis* (Gosse), *Polyarthra vulgaris* Carlin, *Synchaeta pectinata*

Ehrenberg. На глубине 3 м доля *Rotatoria* сокращалась (с 56.5 – 65 до 30%), возрастало относительное обилие *Copepoda* (с 26.5 – 36.2 до 42%) и *Cladocera* (с 2.3 – 11.2 до 20%), а среди доминантов отмечены ювенильные особи циклопов, *Thermocyclops crassus*, *Bosmina longirostris*. Основу биомассы в слое воды 0 – 2 м составляли веслоногие рачки при доминировании ювенильных особей циклопов и *Thermocyclops crassus*, на глубине 3 м заметно сокращалась доля коловраток, возрастало относительное обилие *Cladocera*, а среди доминантов отмечены, *Bosmina longirostris*, *Daphnia cristata*, а также *Thermocyclops crassus* и ювенильные особи циклопов.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как свидетельствуют полученные результаты, на обоих участках реки наблюдалось выраженное расслоение водных масс. Придонные слои отличались низкими температурами, снижением содержания растворенного кислорода, увеличением электропроводности воды. Причем наиболее ярко это проявлялось в глубоководном участке зоны свободного течения р. Ильдь, что обуславливалось мощным влиянием грунтовых вод, особенно в период летней межени. Во фронтальной области переходного участка зоны выклинивания подпора речных вод эти изменения были сглажены, как нам представляется, по нескольким причинам. Во-первых, из-за меньшей глубины исследуемого участка и большего перемешивания (смешивания) водных масс. Во-вторых, расположением в придонных слоях этого участка вод реки, которые по сравнению с грунтовыми водами более прогреты, насыщены кислородом и имеют меньшую величину электропроводности, но большую по сравнению с водами водохранилища, расположенными на горизонте 0 – 1 (или 0 – 2 м).

В слое грунтовых вод глубоководного участка зоны свободного течения реки наблюдалось возрастание численности и биомассы зоопланктонов за счет увеличения доли ракообразных, в отдельные даты происходило повышение разнообразия видов. Наиболее ярко эти изменения проявлялись в период летней межени. В июле численность организмов здесь по сравнению с расположенными выше слоями была больше в ~500 – 620 раз, биомасса – в ~1 800 – 6 500 раз, в то время как в мае – в 1.5 – 2.0 и 2 – 4 раза, в сентябре в ~2 – 12 и ~2 – 2 500 раз соответственно. Во фронтальной области зоны подпора в слое речных вод регистрировалось незначительное повышение биомассы (в 2 – 8 раз в мае, в 2 раза в июле и в 1.5 – 2.4 раза в сентябре), повышение доли ветвистоусых и/или веслоногих ракообразных.

Причин такого распределения зоопланктона на изучаемых участках реки может быть несколько. Низкое обилие зоопланктона в поверхностных слоях глубоководного участка могло определяться их проточностью. Однако в июле и сентябре сколько-нибудь выраженное течение отсутствовало, но различия при этом были максимальными, несмотря на низкие температуры воды и содержание растворенного кислорода. Аналогичное скопление организмов в придонном слое наблюдалось и во фронтальной области переходного участка зоны выклинивания подпора, где в период изучения отсутствовали яркие различия по температуре и содержанию кислорода.

Как известно, повышение электропроводности происходит при увеличении минерализации воды, что, наряду с меньшими температурами, способствует возрастанию плотности воды (Эдельштейн, 1989, 1991; Бочаров, Овчинникова, 2008).

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

И распределение зоопланктона могло быть обусловлено увеличением плотности водных масс в придонном слое, что определялось выходом грунтовых вод в глубоководном участке или наличием слоя речных вод во фронтальной области зоны подпора. То есть возникал «эффект второго дна», на котором, возможно, осаждаются основная часть седимента и формируется богатая кормовая база, привлекающая зоопланктеров. Аналогичные наблюдения неоднократно описаны для планктонных сообществ озерных экосистем (Киселев, 1980). Однако для окончательного выяснения данного вопроса требуется продолжение исследований, включая изучение закономерностей вертикального распределения лабильного органического вещества, бактерий, водорослей и простейших.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на глубоководном участке и во фронтальной области зоны выклинивания подпора вод малого притока водохранилища наблюдается расслоение водных масс и неоднородное вертикальное распределение зоопланктона. Наибольшего количественного обилия зоопланктон достигает в придонном слое, характеризующимся снижением температуры и кислорода, увеличением электропроводности. Наиболее ярко это проявляется в период летней межени. Возможные причины такого распределения – проявление «эффекта второго дна», на котором могут создаваться благоприятные условия для формирования богатой кормовой базы зоопланктеров.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов» (подпрограмма «Биоразнообразие») и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-05-00470).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бочаров О.Б., Овчинникова Т.Э. Численное моделирование плотностных течений в глубоком озере в зоне притока // Исследовано в России [Электрон. ресурс]. 2008. Т. 11. С. 673 – 684. Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/061.pdf>
- Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 2. Распределение, сезонная динамика, питание и значение. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 440 с.
- Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
- Крылов А.В., Завьялов Н.А. Распределение зоопланктона в малых реках в зависимости от строительной деятельности бобров // Биология внутренних вод. 2004. №1. С. 48 – 51.
- Лебедев Ю.М. Что такое малая река? // Малые реки. Современное экологическое состояние, актуальные проблемы / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 2001. С. 154.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
- Рохмистров В.Л. Гидрологическая характеристика р. Солоницы в зоне подпора // Биология внутренних вод: Информ. бюл. 1973. № 23. С. 57 – 59.
- Цветков А.И., Цветкова М.В., Поддубный С.А. Гидроэкологическая характеристика устьевой области малой реки под влиянием подпора Рыбинского водохранилища // Экологические проблемы Севера: Материалы молодежной науч. конф. / Архангельский гос. техн. ун-т. Архангельск, 2008. С. 92 – 94.
- Эдельштейн К.К. Лимнологическая практика: Метод. указания. М.: Изд-во МГУ, 1989. 95 с.
- Эдельштейн К.К. Водные массы долинных водохранилищ. М.: Изд-во МГУ, 1991. 139 с.
- Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2007. 372 с.

УДК 582.998:581.192

**ЗАВИСИМОСТЬ СОСТАВА ФЛАВАНОИДНОГО КОМПЛЕКСА  
*HELICHRYSUM ARENARIUM* (L.) Moench  
ОТ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Н.В. Машурчак<sup>1</sup>, А.С. Кашин<sup>1</sup>, В.В. Игнатов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83*

*E-mail: kashinas@sgu.ru*

<sup>2</sup> *Институт биохимии, физиологии растений и микроорганизмов РАН  
Россия, 410049, Саратов, просп. Энтузиастов, 13*

Поступила в редакцию 10.10.08 г.

**Зависимость состава флаваноидного комплекса *Helichrysum arenarium* (L.) Moench от условий произрастания в Саратовской области.** – Машурчак Н.В., Кашин А.С., Игнатов В.В. – Изучен качественный и количественный состав флаваноидного комплекса у растений 28 естественных популяций *Helichrysum arenarium* (L.) Moench из 17 районов Саратовской области. Показано, что при отсутствии различий в качественном составе основных компонентов флаваноидного комплекса в растениях из различных районов области наблюдаются различия по числу флавоноидов, присутствующих в следовых количествах. Однако строгой зональной приуроченности этой изменчивости не обнаружено. Максимальная концентрация нарингенина наблюдалась в популяциях из центральных и западных районов Правобережья. В северном и южном направлении в Правобережье концентрация нарингенина снижалась. Но особенно низкая концентрация нарингенина была у растений в Левобережье, достигая минимума на крайнем востоке области. В пределах области в направлении с севера на юг содержание нарингенина в растениях, обитающих в степном биотопе, возрастало с большей интенсивностью, чем у растений биотопа остепнённого соснового бора.

*Ключевые слова:* *Helichrysum arenarium*, флавоноиды, популяция, изменчивость, Саратовская область.

**Dependence of the composition of the flavonoid complex *Helichrysum arenarium* (L.) Moench on the vegetation conditions in the Saratov region.** – Mashurchak N.V., Kashin A.S., and Ignatov V.V. – The qualitative and quantitative composition of the flavonoid complex in plants of 28 natural populations of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench from 17 districts of the Saratov region was studied. Distinctions in the number of flavonoids presented in trace quantities are observed in plants from various districts of the region in the absence of distinctions in the qualitative composition of the basic components of the flavonoid complex. However, no strict zonal distribution of this variability has been revealed. The maximum concentration of naringenin was observed in the populations from the central and western districts of the right-Volga-bank region. In the northern and southern directions in the right-Volga-bank region the concentration of naringenin was reduced. But an especially low concentration of naringenin was detected in plants from the Trans-Volga region, reaching a minimum in the extreme east. Within the region in the direction from north to south the content of naringenin in plants from the steppe biotop increased with a higher intensity than in plants from the biotop of a steppe pine forest.

*Key words:* *Helichrysum arenarium*, flavonoids, population, variability, Saratov region.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в медицинской практике, прежде всего, из-за роста токсико-аллергических заболеваний и лекарственной резистентности вследствие применения синтетических препаратов всё более популярными становятся лекарственные

## ЗАВИСИМОСТЬ СОСТАВА ФЛАВАНОИДНОГО КОМПЛЕКСА

средства растительного происхождения. Среди действующих веществ растительного происхождения выделяются флавоноиды – биологически активные вещества, обладающие широким спектром фармакологического (желчегонного и гепатопротекторного) действия, (Запрометов, 1974). Одним из перспективных источников флавоноидов является лекарственное растительное средство – цветки бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench) из семейства Asteraceae. Основные из них – нарингенин, его 5-О-глюкозид (салипурпозид) и 7-О-глюкозид (прунин). Среди доминирующих флавоноидов этого растения известен ещё и халкон изосалипурпозид. В растениях *H. arenarium* содержится также ряд сопутствующих веществ, включая полисахариды, кумарины, коричные кислоты и др. (Куркина, 2007).

*H. arenarium* – многолетнее травянистое растение, широко распространенное в степных районах европейской части России и стран СНГ, хотя Саратовская область считается находящейся вне его ценоареала (районов массового распространения). Однако основные запасы сырья данного вида растений после распада СССР остались за пределами России: Украина и Белоруссия (Атлас..., 1983). В связи с недостатком сырья этого растения возникла острая необходимость поиска новых районов, пригодных для организации его заготовок, и отбора растений, наиболее продуктивных в отношении количества и качества действующих веществ, для введения в культуру. Вообще в ассортименте лекарственных средств гепатопротекторного, желчегонного, антиоксидантного, антирадиационного, иммуномодулирующего и адаптогенного спектров действия, представленных на фармацевтическом рынке Российской Федерации, сложилась неблагоприятная ситуация, заключающаяся в доминировании зарубежных препаратов. В связи с этим представляется целесообразным расширение ассортимента отечественных препаратов указанного спектра действия (Куркина, 2007), что делает необходимыми систематизацию и углубленное изучение химического состава лекарственного растительного сырья. Кроме того, необходимо развивать концепцию определения ведущей группы биологически активных соединений в отношении соединений флавоноидной природы для решения на современном уровне проблем разработки технологических способов выделения целевых групп веществ и методов объективного контроля качества сырья и препаратов.

Целью данной работы является выявление закономерностей изменчивости качественного и количественного состава флавоноидного комплекса *H. arenarium* от условий произрастания на территории Саратовской области.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для исследования использовали растения *H. arenarium*, взятые из 28 естественных популяций 17 районов Саратовской области (таблица). Сбор растений проводили в период массового цветения данного вида с 23 июня по 1 августа 2008 года. В каждой популяции случайным образом производили выборку 30 растений зрелого возрастного состояния ( $G_2$ ). Растения разделяли на 3 фракции: соцветия, листостебельный побег и корни. Каждую фракцию измельчали и помещали в 95%-ный этиловый спирт.

Общее число флавоноидов в исследуемых экстрактах *Helichrysum arenarium*

Район исследования	Популяция	Количество зон адсорбции		
		соцветия	побег	корни
Саратовское Правобережье				
Аткарский	Сосновый бор	13	8	6
	Степной биотоп	13	11	5
Балашовский	Сосновый бор	13	6	4
Базарно-Карабулакский	То же	12	7	3
	Степной биотоп	12	8	3
Воскресенский	Сосновый бор	10	7	3
Калининский	Степной биотоп	10	7	5
	Сосновый бор	10	7	5
Красноармейский	Степной биотоп	10	7	3
Лысогорский	То же	10	7	3
	Сосновый бор	10	8	3
Петровский	То же	10	7	5
	Степной биотоп	10	7	5
Ртищевский	То же	14	8	6
Саратовский	«	10	7	3
Татищевский	«	13	8	4
Хвалынский	«	10	7	5
	«	10	7	5
	«	10	7	5
	«	10	8	5
Саратовское Заволжье				
Балаковский	Сосновый бор	12	7	3
Краснокутский	То же	10	7	5
	Степной биотоп	13	7	5
Марковский	То же	13	10	5
	Сосновый бор	10	7	5
	Степной биотоп	10	7	5
Озинский	То же	13	8	6
Энгельский	Сосновый бор	11	7	4

Экстракты для исследования готовили по следующей методике (Запрометов, 1974; Ладыгина, 1983): 10 г сырья заливали 25 мл 95%-ного этилового спирта. Кипятили на водяной бане 10 мин. После кипячения спирт сливали, а остаток растительного материала растирали в ступке, многократно промывали 95% этиловым спиртом и фильтровали. Полученный в результате экстракт доводили до объема 100 мл. После чего спирт выпаривали насухо на водяной бане. Для предотвращения окисления флавоноидов в процессе упаривания к спиртовому экстрактам добавляли 0.01 г аскорбиновой кислоты. Сухой остаток заливали 10 мл горячей воды. К полученному охлажденному экстракту добавляли 5 мл хлороформа, энергично встряхивали и оставляли в плотно закупоренной посуде на 5 – 10 ч (для удаления хлорофилла, эфирных масел и дубильных веществ). После удаления хлороформного слоя операцию повторяли. Далее все манипуляции проводили с водным экстрактом. Для анализа экстрактов использовали метод ТСХ (Запрометов, 1974; Кирхнер, 1981; Шилина, 2004) и УФ-спектрофотометрию (Запрометов, 1974; Копнин, 2007). Хроматографию в тонком слое сорбента проводили на пластинах

## ЗАВИСИМОСТЬ СОСТАВА ФЛАВАНОИДНОГО КОМПЛЕКСА

«Sorbfil» ПТСХ-АФ-В-УФ. В качестве подвижной фазы использовали следующие системы растворителей: а) для выделения нарингенина и последующего спектрофотометрического анализа – бутанол : уксусная кислота (2 : 3) (элюент подобран экспериментальным путем); б) для определения качественного состава флаваноидного комплекса – этилацетат : уксусная кислота : вода (5 : 1 : 1) (Шилина, 2004). УФ-спектрофотометрию проводили на спектрофотометре «Specord-40».

Детектирование зон адсорбции осуществляли в видимом свете, УФ-свете при длине волны 254 нм, а также с использованием качественных реакций на флавоноиды: взаимодействие с парами аммиака и взаимодействие с гидроксидом натрия (Запрометов, 1974; Ладыгина, 1983). Для определения концентрации нарингенина по калибровочной кривой измеряли его оптическую плотность при длине волны 292 нм.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях с использованием в качестве подвижной фазы раствора этилацетат : уксусная кислота : вода – 5 : 1 : 1 в соцветиях обнаружено от 10 до 14 зон адсорбции, в побегах – от 7 до 11 зон адсорбции, а в корнях – от 3 до 6 зон (см. таблицу). Однако существенных различий в качественном составе основных компонентов флаваноидного комплекса в растениях из различных районов области не выявлено. Выявленные качественные различия обусловлены исключительно наличием или отсутствием в исследуемых экстрактах флавоноидов, обнаруженных в следовых количествах.

При этом наибольшее число флавоноидов обнаружено в экстракте из соцветий растений популяции степного участка из Ртищевского района (14 зон адсорбции). Также достаточно высоким был этот показатель у растений популяций степного участка из Татищевского и Аткарского районов и популяций соснового бора из Аткарского и Балашовского районов (13 зон адсорбции), т. е. из районов с умеренным климатом (западная и центральная часть Правобережья Саратовской области). Однако такое же количество зон адсорбции обнаружено и в экстрактах соцветий растений из популяций более аридных левобережных районов (степные участки Краснокутского, Озинского и Марковского районов).

В результате ТСХ анализа с использованием элюента бутанол : уксусная кислота (2 : 3) обнаружено: в соцветиях и побегах по 6 зон адсорбции, а в корнях – 2 зоны адсорбции. Идентификация нарингенина осуществлена по стандарту. По данным, полученным в ходе спектрофотометрического анализа, спектр поглощения нарин-

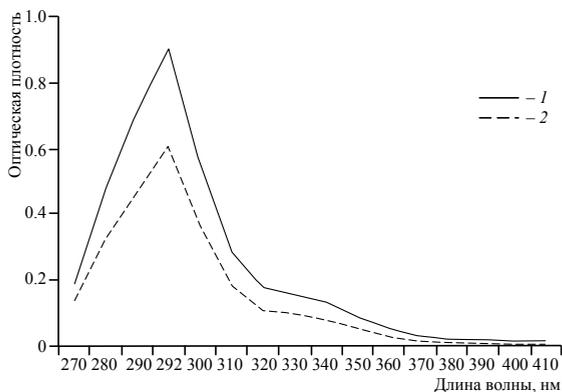
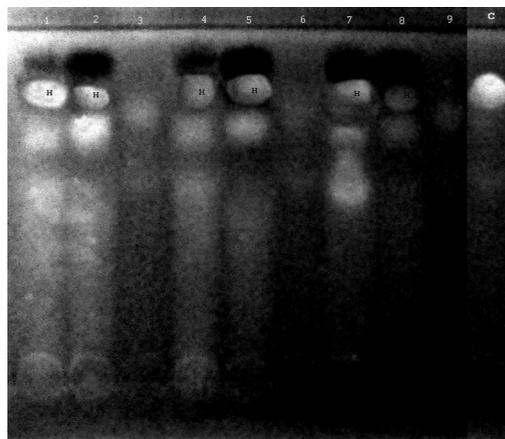


Рис. 2. Спектр поглощения стандарта нарингенина (1), извлечения из цветков цмина (2)

генина из экспериментальных экстрактов совпадал с таковым у стандартного образца (рис. 2, 3). Кроме того, по данным о величине Rf и цвету зон адсорбции при аналогичных условиях ТСХ анализа (Даргаева, 1994; Шилина, 2004; Куркина,



**Рис. 3.** Хроматограмма (в системе растворителей бутанол : ледяная уксусная кислота 2:3) экстрактов растений популяций степного участка Калининского района (1 – 3), остепненного соснового бора Калининского района (4 – 6), степного участка Лысогорского района (7 – 9). Фракции: 1, 4, 7 – соцветия; 2, 5, 8 – побег; 3, 6, 9 – корни. С – хроматограмма стандарта нарингенина. Н – зона адсорбции нарингенина

ценопопуляций степного биотопа Калининского района ( $45.57 \pm 4.22$  мг/10 мл), биотопа остепнённого соснового бора Балашовского района ( $44.80 \pm 0.26$  мг/10 мл), степного биотопа Татищевского района ( $43.78 \pm 1.66$  мг/10 мл) и биотопа остепнённого соснового бора Лысогорского района ( $41.09 \pm 0.26$  мг/10 мл). Средняя по величине, но близкая к вышеперечисленным концентрация нарингенина наблюдалась в экстрактах растений степного биотопа Аткарского района ( $38.78 \pm 0.68$  мг/10 мл) и биотопа остепнённого соснового бора Калининского района ( $35.84 \pm 3.20$  мг/10 мл). Все вышеперечисленные районы расположены в центральной и западной части саратовского Правобережья (см. рис. 1).

Вторую группу ценопопуляций со средним уровнем концентрации нарингенина в растительных экстрактах составили ценопопуляции обоих типов биотопов Базарно-Карабулакского ( $30.21 - 31.25$  мг/10 мл) и Петровского ( $30.08 - 28.67$  мг/10 мл), ценопопуляции биотопа остепнённого соснового бора Аткарского ( $31.36 \pm 3.46$  мг/10 мл), Воскресенского ( $31.36 \pm 0.03$  мг/10 мл), Балаковского ( $29.18 \pm 1.66$  мг/10 мл) районов, а также трёх из четырёх исследованных ценопопуляций степного биотопа Хвалынского района ( $29.70 - 31.25$  мг/10 мл) и ценопопуляция степного биотопа Краснокутского района ( $29.18 \pm 0.68$  мг/10 мл). Все указанные в данной группе районы, в которых находятся исследованные ценопопуляции, расположены в север-

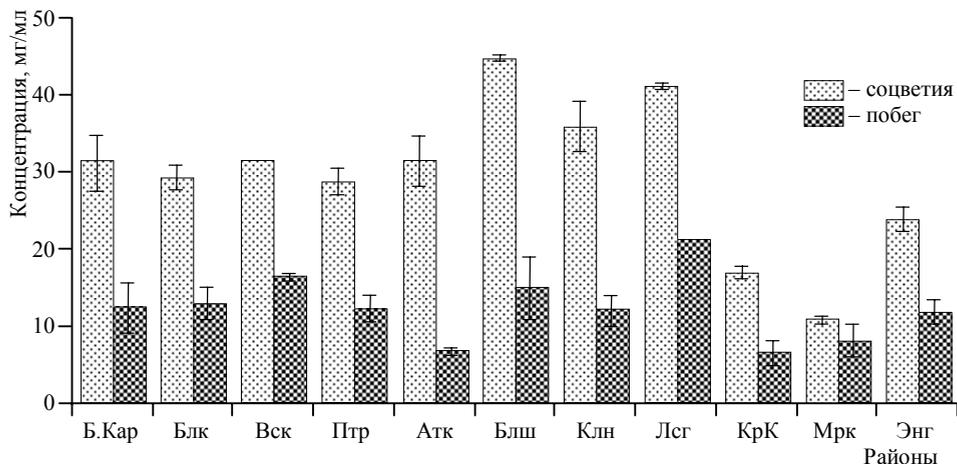
2007) идентифицированы рутин (Rf = 0.29), гиперозид (Rf = 0.39), лютеолин-7-гликозид (Rf = 0.42) и нарингенин-5-гликозид (Rf = 0.53).

Как следует из рис. 4, 5, максимальной концентрации нарингенин достигал в соцветиях (от  $6.02 \pm 0.51$  до  $55.42 \pm 1.66$  мг/ 10 мл экстракта). В побегах концентрация нарингенина была в среднем в два раза ниже, чем в соцветиях (от  $2.94 \pm 0.51$  до  $27.78 \pm 0.26$  мг/ 10 мл экстракта). Минимальная концентрация нарингенина наблюдалась в корнях (до  $0.0001$  мг/ 10 мл экстракта), а в большинстве экстрактов из корней растений нарингенин отсутствовал.

Максимальная достоверно отличная от всех концентрация нарингенина наблюдалась в экстрактах растений ценопопуляции степного биотопа Лысогорского района ( $55.42 \pm 1.66$  мг/10 мл), несколько ниже она была в экстрактах растений

## ЗАВИСИМОСТЬ СОСТАВА ФЛАВАНОИДНОГО КОМПЛЕКСА

ной и северо-западной частях Приволжской возвышенности (Правобережье области). Исключения составляют лишь ценопопуляции Балаковского и Краснокутского районов, расположенные на северо-западе и юго-западе Левобережья.



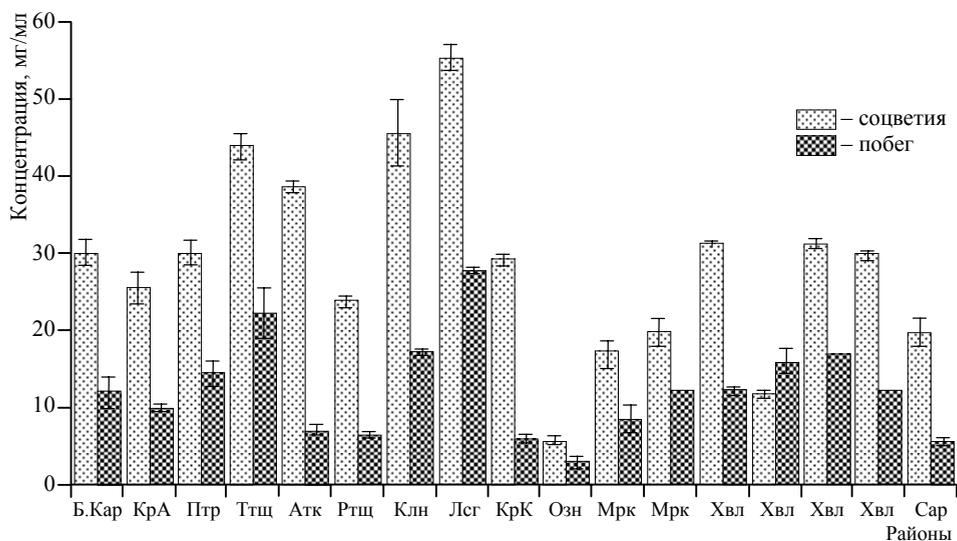
**Рис. 4.** Концентрация нарингенина в экстрактах растений *Helichrysum arenarium* из ценопопуляций биотопа остепненного соснового бора. Районы: Б.Кар – Базарно-Карабулакский, Блк – Балаковский, Вск – Воскресенский, Птр – Петровский, Атк – Аткарский, Блш – Балашовский, Клн – Калининский, Лсг – Лысогорский, КрК – Краснокутский, Мрк – Марковский, Энг – Энгельский

Третью группу ценопопуляций с концентрацией нарингенина в экстрактах растений на уровне 15.00 – 25.00 мг/10 мл составляют ценопопуляции биотопа остепнённого соснового бора Энгельского ( $23.68 \pm 1.66$  мг/10 мл) и Краснокутского ( $16.90 \pm 0.68$  мг/10 мл) районов, степных биотопов Красноармейского ( $25.60 \pm 2.05$  мг/10 мл), Ртищевского ( $23.81 \pm 0.93$  мг/10 мл), Саратовского ( $19.84 \pm 1.66$  мг/10 мл), Марковского ( $16.90 - 19.84$  мг/10 мл) районов. Все эти районы расположены на крайнем северо-западе, крайнем юге и востоке Правобережья Саратовской области, либо на крайнем западе и юго-западе Левобережья.

Четвёртую группу ценопопуляций с низкой концентрацией нарингенина в экстрактах растений составляют ценопопуляции биотопа остепнённого соснового бора Марковского ( $10.75 \pm 0.42$  мг/10 мл) района, одного из степных биотопов Хвалынского района ( $11.78 \pm 0.42$  мг/10 мл). Особенно низкая концентрация нарингенина отмечена в ценопопуляции степного биотопа Озинского района ( $6.02 \pm 0.51$  мг/10 мл). Указанные районы находятся на северо-западе Правобережья, а также на юго-западе и крайнем востоке Левобережья области.

Из вышеизложенного очевидно, что максимальная концентрация нарингенина наблюдалась в популяциях из центральных и западных районов Саратовского Правобережья, последовательно понижаясь в северном, южном и восточном направлении, достигая минимума на крайнем востоке Левобережья.

При сравнении ценопопуляций различных типов биотопов, расположенных в одном районе, обращает на себя внимание тот факт, что в центральных районах Правобережья (Калининский, Лысогорский, Аткарский) более высокая концентрация нарингенина наблюдалась в экстрактах растений, обитающих в степных биотопах (38.78 – 55.42 мг/10 мл против 31.36 – 41.09 мг/10 мл соответственно), в то время как на севере Правобережья (Петровский, Базарно-Карабулакский районы) имела место достоверно неразличимая концентрация нарингенина в экстрактах растений, обитающих в обоих типах биотопов (30.08 – 30.21 мг/10 мл и 28.67 – 31.25 мг/10 мл соответственно), а в Левобережье (Марковский и Краснокутский районы) концентрация нарингенина в экстрактах растений, обитающих в степном биотопе, была выше, чем у растений, обитающих в биотопе остепнённого соснового бора (16.90 – 29.18 мг/10 мл и 10.75 – 16.90 мг/10 мл соответственно). Следовательно, в пределах области в направлении с севера на юг содержание нарингенина в растениях, обитающих в степном биотопе, возрастало с большей интенсивностью, чем у растений биотопа остепнённого соснового бора.



**Рис. 5.** Концентрация нарингенина в экстрактах растений *Helichrysum arenarium* из ценопопуляций степного биотопа. Районы: Б.Кар – Базарно-Карабулакский, КрА – Красноармейский, Птр – Петровский, Ттц – Татищевский, Атк – Аткарский, Ртц – Ртищевский, Клн – Калининский, Лсг – Лысогорский, КрК – Краснокутский, Озн – Озинский, Мрк – Марковский, Хвл – Хвалынский, Сар – Саратовский

Традиционно сырьем для получения флавоноидов из цмина песчаного служат соцветия (Ареал..., 1983). Однако концентрация нарингенина как основного действующего вещества флавоноидного комплекса *H. arenarium* в стеблях растений из ценопопуляций многих районов Правобережья Саратовской области оказывается достаточно высокой (15.00 – 30.00 мг/10 мл), для того чтобы использовать и их в качестве сырья для выделения нарингенина в промышленных масштабах. Это

## ЗАВИСИМОСТЬ СОСТАВА ФЛАВАНОИДНОГО КОМПЛЕКСА

может позволить существенно увеличить объёмы извлечения нарингенина за счёт использования всей надземной массы растения на стадии цветения (в том числе и за счёт того, что масса листостебельной части растения *H. arenarium* значительно превосходит массу соцветий).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При отсутствии различий в качественном составе основных компонентов флаваноидного комплекса в растениях из различных районов области наблюдались различия по числу флавоноидов, присутствующих в следовых количествах. Однако строгой зональной приуроченности этой изменчивости не обнаружено.

Максимальная концентрация нарингенина наблюдалась в популяциях из центральных районов саратовского Правобережья. В западных, северных и южных районах саратовского Правобережья концентрация нарингенина снижалась. Но особенно низкая его концентрация была у растений из районов саратовского Левобережья, достигая минимума на крайнем востоке области.

В пределах области в направлении с севера на юг содержание нарингенина в растениях, обитающих в степном биотопе, возрастает с большей интенсивностью, чем у растений биотопа остепнённого соснового бора.

В ряде районов Правобережья Саратовской области в силу высокой концентрации нарингенина как основного действующего вещества флаваноидного комплекса в стеблях растений *H. arenarium* в качестве сырья для выделения его в промышленных масштабах можно использовать всю надземную массу растения на стадии цветения, что позволит существенно увеличить объёмы извлечения действующего вещества.

*Работа выполнена при финансовой поддержке аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006 – 2008 годы)» (проект № РНП.2.2.3.1.2435).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М.: Картография, 1983. 340 с.
- Даргаева Т.Г.* Теоретическое и экспериментальное обоснование технологии и стандартизации многокомпонентных растительных препаратов, применяемых при заболеваниях пищеварительной системы: Дис. ... д-ра фарм. наук. М., 1994. 145 с.
- Запрометов М.Н.* Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высш. шк., 1974. 213 с.
- Кирхнер Ю.* Тонкослойная хроматография: В 2 т. М.: Мир, 1981. Т. 1. 616 с.
- Копнин А.А.* Стандартизация коровяка (*Verbascum*) и настоек гомеопатических матричных, получаемых на его основе: Автореф. дис. ... канд. фарм. наук. М., 2007. 23 с.
- Куркина А.В.* Разработка новых подходов к стандартизации сырья и препаратов бесмертника песчаного // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Материалы III Всерос. конф.: В 3 кн. / Под ред. Н.Г. Базарновой, В.И. Маркина. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007. Кн. 2. С. 250 – 253.
- Ладыгина Е.Я., Сафронич Л.Н., Отрященко В.Э., Баландина И.А., Гринкевич Н.И., Сорокина А.А., Сокольский И.Н., Глызин В.И., Молодожижикова Л.М., Митин Ю.С., Самылина И.А., Ермакова В.А.* Химический анализ лекарственных растений. М.: Высш. шк., 1983. 176 с.
- Шилина Т.С., Ермакова В.А., Самылина И.А., Бардаков А.И.* Разработка технологии получения сухого экстракта из грудного сбора №3 и исследование его фенольного комплекса // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Химия, биология, фармация. 2004. №2. С. 282 – 287.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 581.9 (470.44)

### ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ПАПОРОТНИКОВИДНЫХ В АНТРОПОГЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ НА СЕВЕРЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

М.А. Березуцкий, А.М. Павловский

*Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: berezutsky61@mail.ru*

Поступила в редакцию 04.09.08 г.

**Особенности распространения и некоторые аспекты экологии папоротниковидных в антропогенных местообитаниях на севере Нижнего Поволжья.** – Березуцкий М.А., Павловский А.М. – Сообщается о находках на различных типах антропогенных местообитаний на севере Нижнего Поволжья в пределах Саратовской области (искусственных лесных насаждениях, железнодорожных насыпях, прудах) шести видов отдела папоротниковидных (Polypodiophyta). В искусственных лесных насаждениях выявлены местонахождения трех видов папоротников, занесенных в Красную книгу Саратовской области. Особый интерес представляет находка в искусственных лесных насаждениях исключительно редко в естественных местообитаниях вида – *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm.

*Ключевые слова:* папоротниковидные, антропогенные местообитания, охраняемое растение, Саратовская область.

**Distribution pattern and some aspects of fern ecology at anthropogenous habitats in the northern Lower-Volga region.** – Berezutsky M.A. and Pavlovsky A.M. – Findings of six fern species (Polypodiophyta) in different types of anthropogenous habitats in the northern Lower-Volga region within the Saratov region (forest plantations, railway embankments, and ponds) are reported. Sites of three fern species included in the Red Book of the Saratov region were revealed in forest plantations. Of special interest is the finding of *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm in forest plantations, because it is an exclusively rare species even in natural habitats.

*Key words:* ferns, anthropogenous habitats, protected species, Saratov region.

Папоротниковидные (Polypodiophyta) – один из древнейших отделов высших растений, представители которого появились уже в девонском периоде. На территории севера Нижнего Поволжья в пределах Саратовской области в настоящее время отмечено 14 папоротников. Многие из этих видов находятся на границе своего географического распространения, в напряженных экологических условиях существования. Большинство (10 из 14 видов) папоротников Саратовской области занесены во второе издание «Красной книги Саратовской области» (2006). В связи с этим изучение экологии данной группы, особенно аспектов адаптации папоротников к антропогенному воздействию, является в настоящее время актуальным.

Видовой состав и биотопическая приуроченность папоротниковидных к различным типам антропогенных местообитаний основана на данных полевых исследо-

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ

ваний, проведенных на севере Нижнего Поволжья в пределах Саратовской области в 2000 – 2008 гг. Номенклатура видов дается по сводке С.К. Черепанова (1995).

Орляк обыкновенный – *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. Саратовский район, окрестности станции «Буркино», железнодорожная насыпь (несколько побегов); Вольский район, окрестности с. Куликовка, искусственные сосновые насаждения (несколько десятков побегов).

Голокучник обыкновенный – *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman. Новобурасский район, окрестности с. Алексеевка, искусственные сосновые насаждения (единично) (рисунок). Вид занесен в «Красную книгу Саратовской области» со статусом «Вид, находящийся под угрозой исчезновения» (Черепанова, 2006 а) и список охраняемых растений Самарской области со статусом «Весьма редкий вид» (Устинова и др., 2007). Все известные до настоящего момента популяции данного вида папоротника в Саратовской области были приурочены к глубоким тенистым лесным оврагам с родниковыми ручьями. Выявленная нами популяция находится в совершенно других экологических условиях: на плакоре, вдали от ручьев, на освещенной прогалине в лесопосадках.



Голокучник обыкновенный. 07.08.2008 г. Саратовская область, Новобурасский район, окрестности с. Алексеевка

Цистоптерис ломкий – *Cystopteris fragilis* (L.) Vernh. Новобурасский район, окрестности сёл Алексеевка и Старые Бурасы, искусственные сосновые насаждения (несколько десятков особей). В этом и некоторых других районах саратовского Правобережья данный вид папоротника массово встречается по обочинам лесных дорог, особенно на эродированных обрывах и осыпях, образовавшихся при прокладке дороги.

Щитовник мужской – *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott. Новобурасский район, окрестности с. Алексеевка, искусственные сосновые насаждения (несколько особей). Занесен в «Красную книгу Саратовской области» со статусом «Уязвимый вид» (Болдырев, Трунова, 2006).

Щитовник Картузиуса (игольчатый) – *D. carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs. Саратовский район, окрестности с. Поповка, Аткарский район, окрестности с. Песчанка, Петровский район окрестности г. Петровска – во всех пунктах обнаружен в искусственных сосновых насаждениях (везде единично); Хвалынский район, окрестности г. Хвалынска, заброшенный пионерский лагерь, под крыльцом полуразрушенного деревянного дома (единично). Занесен в «Красную книгу Саратовской области» со статусом «Уязвимый вид» (Черепанова, 2006 б). Г.Ю. Клинкава во «Флоре Нижнего Поволжья» (2006) отмечает, что в этом регионе вид приурочен исключительно к сырым ольшаникам в притеррасных участках пойм и по берегам родниковых речек. По нашим данным, на территории Саратовской области этот

вид папоротника, помимо ольшаников, встречается в тенистых лесных оврагах и балках с различным составом древесных лиственных пород.

Сальвиния плавающая – *Salvinia natans* (L.) All. Саратовский район, г. Саратов, пруд (несколько десятков особей).

Таким образом, на антропогенных местообитаниях на севере Нижнего Поволжья в пределах Саратовской области к настоящему времени выявлены популяции шести видов папоротниковидных (включая три вида, занесенных в «Красную книгу Саратовской области»), что говорит о наличии определенного адаптационного потенциала у растений данного отдела по отношению к антропогенным местообитаниям в условиях степной зоны. Возможно, одной из причин этого является снижение конкурентного давления со стороны других растений на виды отдела Polypodiophyta на антропогенных местообитаниях. Однако следует констатировать, что в большинстве случаев популяции папоротников на антропогенных местообитаниях представлены единичными или немногочисленными особями. Среди различных типов антропогенных биотопов наибольшее количество местонахождений папоротников связано с искусственными сосновыми насаждениями. Дальнейшее изучение антропогенных местообитаний, в первую очередь искусственных лесных насаждений, очевидно, позволит расширить наши представления о видовом составе и распространении представителей папоротниковидных Саратовской области на биотопах, созданных или преобразованных человеком.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Болдырев В.А., Трунова Т.А.* Щитовник мужской // Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Изд-во Торгово-промышл. палаты Саратов. области, 2006. С. 48 – 49.

*Клинова Г.Ю.* Отдел Polypodiophyta – Папоротникообразные // Флора Нижнего Поволжья: В 3 т. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. Т. 1. С. 50 – 62.

Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные / Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратов. обл. Саратов, 2006. 528 с.

*Устинова А.А., Ильина Н.С., Митрошенкова А.Е., Матвеев В.И., Задульская О.А., Соловьева В.В., Симонова Н.И., Родионова Г.Н., Шишова Т.К., Ильина В.Н.* Сосудистые растения Самарской области. Самара: ИПК «Содружество», 2007. 400 с.

*Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.

*Черепанова Л.А.* Голокучник обыкновенный // Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Изд-во Торгово-промышл. палаты, 2006 а. С. 47 – 48.

*Черепанова Л.А.* Щитовник Картузиуса (игольчатый) // Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Изд-во Торгово-промышл. палаты, 2006 б. С. 45 – 46.

УДК 595.771:574

## ИМАГОУЛОВИТЕЛЬ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА ВЫЛЕТА ГЕТЕРОТОПНЫХ НАСЕКОМЫХ НА ГРАНИЦЕ «ВОДА – ВОЗДУХ» В СТОЯЧИХ ВОДОЕМАХ

И.В. Демина, М.В. Ермохин, А.Г. Демин

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: marka26@yandex.ru*

Поступила в редакцию 05.09.08 г.

**Имагоуловитель для количественного учета вылета гетеротопных насекомых на границе «вода – воздух» в стоячих водоемах.** – Демина И.В., Ермохин М.В., Демин А.Г. – Описано устройство имагоуловителя погруженного типа, применимого для количественного измерения вылета имаго гетеротопных насекомых, проходящих метаморфоз на границе «вода – воздух».

*Ключевые слова:* имагоуловитель, Chironomidae, гетеротопные насекомые, вылет.

**A submerged trap for quantitative measuring of heterotopic insect imago emergence on the water-air boundary in lentic waterbodies.** – Dyomina I.V., Yermokhin M.V., and Dyomin A.G. – A new design of the submerged funnel trap is described. This trap is applicable for quantitative measuring of heterotopic insect emergence through the water surface.

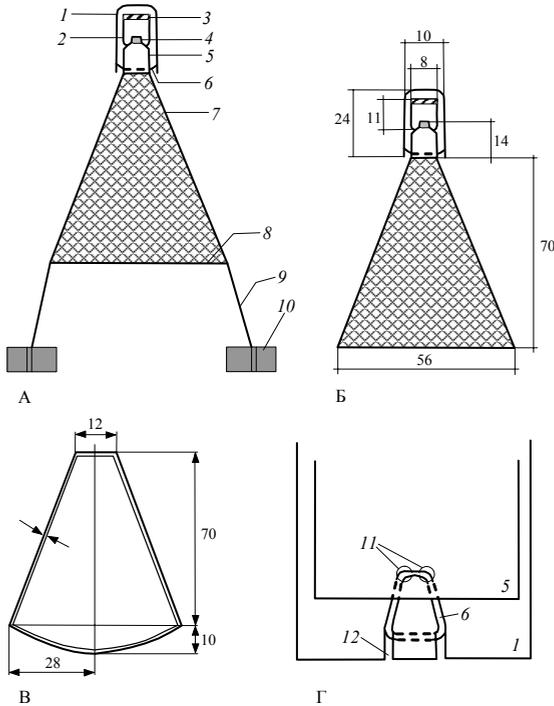
*Key words:* submerged funnel trap, Chironomidae, heterotopic insects, emergence.

Для проведения количественного учета имаго водных насекомых, вылетающих с поверхности водоема, применимы многие конструкции имагоуловителей (Богатов, 1994; Johnson, Munger, 1930; Langford, Daffern, 1975; Rosenberg et al., 1980; Cushman, 1983; Davies, 1984; Daniel et al., 1985; Singh, Smith, 1985; Colerl, Kondratief, 1989; Poepperl, 2000; Ryan, Kay, 2000; MacKenzie, Kaster, 2004; MacKenzie et al., 2004;). В большинстве исследований используются имагоуловители плавающего типа, рабочая часть которых целиком располагается над поверхностью воды (Johnson, Munger, 1930; Langford, Daffern, 1975; Cushman, 1983; Singh, Smith, 1985; Colerl, Kondratief, 1989; Ryan, Kay, 2000). Однако при изучении водоемов в окрестностях или в черте населенных пунктов такие ловушки мало применимы, поскольку существует значительный риск их потери или повреждения. Поэтому нередко приходится уделять особое внимание противовандальным свойствам этих устройств (Rosenberg et al., 1980; Daniel et al., 1985; Poepperl, 2000; MacKenzie, Kaster, 2004; MacKenzie et al., 2004). В наших исследованиях на озерах старичного типа в долине р. Волги количественное измерение вылета имаго комаров-звонцов проводили имагоуловителями, изготовленными по принципам, описанным в работе Д.М. Розенберга с соавторами (Rosenberg et al., 1980). В данной работе приводится описание оригинальной модификации этого устройства. Полевые испытания имагоуловителя были проведены в течение мая – сентября 2008 г. на оз. Холодном (Саратовская область). Устройство использовалось на глубинах до 2 м в полупогруженном состоянии. Однако конструкция может быть использо-

вана при глубине водоема до 5 м (большие глубины не характерны для озер пойменного типа).

Данная конструкция имагоуловителя позволяет количественно измерять потоки вещества и энергии при вылете имаго большинства групп гетеротопных насекомых стоячих водоемов, проходящих метаморфоз на границе вода – воздух (хируномиды, ручейники, поденки).

*Описание.* Подводная часть имагоуловителя представляет конус 7 из капроновой сети в нашем исполнении с размером ячейки 1 мм. Для изготовления имагоуловителя использованы 2 пластиковые бутылки (по одной емкостью 2 и 1 л), капроновая сеть (например, мельничный газ) размером 180×70 см, жесткая стальная оцинкованная проволока (диаметр 4 мм, длина 1.8 м), рыболовная резинка (диаметр 3 мм). Устройство имагоуловителя и размеры его частей показаны на рисунке. Нижняя часть сетчатого конуса пришивается капроновыми нитками на обруч 8 диаметром 56 см, изготовленный из стальной проволоки, а верхняя часть – к воронке резервуара-накопителя 5, изготовленной из верхней части пластиковой бутылки емкостью 1 л. Площадь захвата имагоуловителя определяется площадью нижнего отверстия капроновой сети и в нашей конструкции составила 0.25 м<sup>2</sup>.



Устройство имагоуловителя (А), размеры его частей (см) (Б), половинная выкройка стенки ловчего конуса (В) и схема крепления резервуара-накопителя к поплавку (Г): 1 – поплавок; 2 – резервуар-накопитель для сбора насекомых; 3 – крышка резервуара-накопителя; 4 – резьба воронки резервуара-накопителя; 5 – воронка резервуара-накопителя; 6, 9 – эластичные резинки; 7 – сетчатый ловчий конус; 8 – стальной обруч; 10 – груз; 11 – отверстия в воронке резервуара-накопителя для прикрепления поплавка; 12 – прорезы в поплавке для прикрепления к воронке резервуара-накопителя

Нижнюю часть воронки 5, к которой крепится сеть 7, можно усилить вставкой жесткого обруча (металл, прочный пластик) соответствующего диаметра. На резьбу воронки 4 сверху плотно навинчивается резервуар-накопитель 2 для сбора вылетающих насекомых. Он сделан из нижней части той же пластиковой бутылки, в дне которой вырезано отверстие соответствующего диаметра. Верхняя часть резервуара-

## ИМАГОУЛОВИТЕЛЬ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА

накопителя закрывается полиэтиленом или капроновой сетью 3, плотно прижатой к стенкам резервуара эластичной резинкой (жесткости пластикового резервуара вполне достаточно для плотного прикрепления полиэтилена, деформации резервуара при этом не наблюдается).

Сверху на конструкцию одевается нижняя часть пластиковой бутылки объемом 2 л, которая сохраняет некоторый объем воздуха при установке ловушки в воду и выполняет функцию поплавка 1, удерживающего всю конструкцию на поверхности воды. Поплавок крепится к воронке по периметру четырьмя эластичными резинками 6.

К металлическому обручу в двух – трех местах через равные расстояния прикрепляются проволочные петли для присоединения грузов. Установка и закоривание ловушки производится при помощи 2 – 3 грузов 10 весом до 0.5 – 0.8 кг, привязанных к этим проволочным петлям эластичными резинками равной длины 9. В качестве грузов могут быть использованы подручные материалы соответствующего веса (камни, обломки кирпича и т.п.).

*Эксплуатация.* При транспортировке к водоему имагоуловитель легко и компактно складывается. Данное устройство может быть установлено как в полупогруженном, так и в погруженном состоянии. В первом случае оно погружается в воду таким образом, что над поверхностью воды частично остается только пластиковая банка, в которой концентрируются вылетевшие насекомые. Такой способ предпочтителен, поскольку при длительной экспозиции не происходит обрастания поплавка и не снижается способность ловушки к пропусканию света. Путем регулирования длины эластичных резинок 9 вся конструкция может быть полностью погружена на 0.1 – 0.2 м ниже уровня воды. Это позволяет сделать ее менее заметной в условиях пригородных водоемов, что обеспечивает хороший уровень противовандальной защиты. Для предотвращения обрастания сетчатый конус ловушки нуждается в регулярной очистке. Местоположение каждой ловушки на водоеме отмечается постоянным плавающим буйком, который закоривается независимо, рядом с ней. Такой способ постановки буйка облегчает поиск станции и возвращение устройства на прежнее место после выборки насекомых.

Имагоуловители снимают, не выходя из лодки, предварительно перетянув сетчатый конус веревкой ниже места его прикрепления к воронке и только затем вынимая его из воды. Такой порядок работы позволяет избежать потерь тех особей имаго, которые еще не попадали в верхний резервуар-накопитель. Кроме того, оказывается возможным сбор значительной части куколочных, а нередко и личиночных экзубиев, плавающих на поверхности воды в пределах пластикового конуса.

Обычно извлеченные из воды ловушки транспортировали на берег, но при отсутствии волнения допустимо проведение всех манипуляций непосредственно в лодке. После снятия с ловушки поплавок вместо воронки к резервуару для сбора насекомых прикручивался флакон с ватой, смоченной этиловым эфиром. В том случае, если резервуар был закрыт капроновой сетью, при усыплении насекомых для обеспечения герметичности следует повернуть ее закрепить резинкой кусок полиэтилена соответствующего размера (15×15 см). Имаго насекомых усыпляли в течение 3 – 5 мин, а затем открывали крышку резервуара и перекладывали насекомых в фиксатор (70% спирт, раствор Удеманса).

*Преимущества устройства.* Изготовление конуса из капроновой сети очень слабо изменяет освещенность, поэтому не влияет на поведение куколок, что особенно важно для количественных исследований. Эластичное крепление ловушки к грузам имеет два основных преимущества. Крепежные резинки находятся в постоянно упруго натянутом состоянии и поддерживают сетчатый подводный конус в расправленном виде. При волнении или небольших сезонных колебаниях уровня воды резинки изменяют длину за счет своей упругости и постоянно поддерживают горизонтальное положение металлического кольца относительно поверхности воды даже при наличии неровностей дна. Кроме того, при использовании имагоуловителя в полупогруженном состоянии эластичное крепление грузов не позволяет конструкции притапливаться в условиях сильного ветра.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богатов В.В.* Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1994. 210 с.
- Colerl B.G., Kondratief B.C.* Emergence of Chironomidae (Diptera) from a delta-swamp receiving thermal effluent // *Hydrobiologia*. 1989. Vol. 174, №1. P. 67 – 77.
- Cushman R.M.* An inexpensive, floating insect-emergence trap // *Bul. Environ. Contam. Toxicol.* 1983. Vol. 31, №5. P. 547 – 550.
- Daniel P.M., Kenneth L., Boesel M.W.* A comparison of clear and opaque funnel traps for emerging insects in a southwestern Ohio pond // *Ohio J. of Science*. 1985. Vol. 85, №4. P. 199 – 202.
- Davies I.J.* Sampling Aquatic Insect Emergence // *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters* / Eds. J.A. Downing and F.H. Rigler. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1984. P. 161 – 227.
- Johnson M.S., Munger F.* Observations on excessive abundance of the midge *Chironomus plumosus* at Lake Pepin // *Ecology*. 1930. Vol. 11, №1. P. 110 – 126.
- Langford T.E., Daffern J.R.* The emergence of insects from a british river warmed by power station cooling-water // *Hydrobiologia*. 1975. Vol. 46, №1. P. 71–114.
- MacKenzie R.A., Kaster J.L., Klump J.V.* The ecological patterns of benthic invertebrates in a Great Lakes coastal wetland // *J. Great Lakes Res.* 2004. Vol. 30, №1. P. 58 – 69.
- MacKenzie R.A., Kaster J.L.* Temporal and spatial patterns of insect emergence from a lake Michigan coastal wetland // *Wetlands*. 2004. Vol. 24, №3. P. 688 – 700.
- Poepperl R.* Benthic secondary production and biomass of insects emerging from a northern German temperate stream // *Freshwater Biol.* 2000. Vol. 44, №2. P. 199 – 211.
- Rosenberg D.M., Wiens A.P., Bilyj B.* Sampling emerging Chironomidae (Diptera) with submerged funnel traps in a new northern canadian reservoir, Southern Indian Lake, Manitoba // *Can. J. of Fish. and Aq. Sci.* 1980. Vol 37, №6. P. 927 – 936.
- Ryan P.A., Kay B.H.* Emergence trapping of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in brackish forest habitats in Maroochy Shire, south-east Queensland, Australia, and a management option for *Verrallina funerea* (Theobald) and *Aedes procax* (Skuse) // *Australian J. of Entomol.* 2000. Vol. 39, №3. P. 212 – 218.
- Singh M.P., Smith S.M.* Emergence of blackflies (Diptera: Simuliidae) from a small forested stream in Ontario // *Hydrobiologia*. 1985. Vol. 122, №2. P. 129 – 135.

УДК [598.235.4:574.91](470.44/47)

**ДИНАМИКА И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ РАССЕЛЕНИЯ  
МАЛОГО БАКЛАНА (*PHALACROCORAX PYGMAEUS*, PELECANIFORMES)  
НА СЕВЕРЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**Е.В. Завьялов<sup>1</sup>, В.Г. Табачишин<sup>2</sup>, Н.Н. Якушев<sup>1</sup>,  
С.П. Харитонов<sup>2</sup>, Е.Ю. Мосолова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: zavialov@info.sgu.ru

<sup>2</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33

Поступила в редакцию 28.09.08 г.

**Динамика и возможные причины расселения малого баклана (*Phalacrocorax pygmaeus*, Pelecaniformes) на севере Нижнего Поволжья и сопредельных территориях.** – Завьялов Е.В., Табачишин В.Г., Якушев Н.Н., Харитонов С.П., Мосолова Е.Ю. – Представлены данные регистрации малого баклана на территории Саратовской области. Возрастающее число встреч этих птиц за пределами гнездового ареала в миграционный период, очевидно, обусловлено увеличением численности вида на местах гнездования. Дальнейшая динамика распространения малого баклана в Нижнем Поволжье и сопредельных регионах требует тщательного изучения.

*Ключевые слова:* *Phalacrocorax pygmaeus*, динамика распространения, Саратовская область.

**Dynamics and possible causes of Pygmy Cormorant (*Phalacrocorax pygmaeus*, Pelecaniformes) expansion in the northern Lower-Volga region and adjacent territories.** – Zavialov E.V., Tabachishin V.G., Yakushev N.N., Kharitonov S.P., and Mosolova E.Yu. – Data of registration of *Phalacrocorax pygmaeus* in the Saratov region are reported. The growing number of observations of these birds outside their nesting habitat in the migration period is obviously caused by the abundance increase of the species on its nesting places. Further dynamics of *Ph. pygmaeus* distribution in the Lower-Volga region and adjacent regions requires a careful study.

*Key words:* *Phalacrocorax pygmaeus*, distribution dynamics, Saratov region.

Малый баклан (*Phalacrocorax pygmaeus*) – малочисленный гнездящийся вид России, занесенный в Красную книгу федерального ранга (Литвинова, 2000), а также международные природоохранные акты и соглашения (Collar et al., 1994). В начале XX в. гнезился в приморской части дельты р. Волги (Хлебников, 1928; Луговой, 1963). Однако приблизительно с 1920-х гг. началось снижение численности вида и уже в 1926 – 1931 гг. в Астраханском заповеднике малый баклан не встречался (Воробьев, 1936). Столь стремительная дестабилизация российских популяций этих птиц связывалась с серьезным ухудшением кормовой базы вида из-за загрязнения и эвтрофикации водоемов, а также с сокращением площадей гнездопригодных местообитаний (Литвинова, 2000). На международном уровне к основным лимитирующим факторам была отнесена негативная динамика гидрологических условий водоемов в местах размножения и зимовки бакланов (Globally threatened birds..., 1996).

Однако причины указанного явления до конца не выяснены. Возможно, что дестабилизация каспийской популяции была обусловлена прямой элиминацией бакланов. Например, в результате ежегодного отстрела в 1960 – 1970-х гг. в Прикаспии погибало 72% молодых птиц первого года жизни и 40% птиц старших возрастов. Кроме того, негативно сказывалась на численности бакланов относительно высокая ювенильная смертность, а также гибель этих птиц в сетях и вершах рыбаков (Гринченко, 2004).

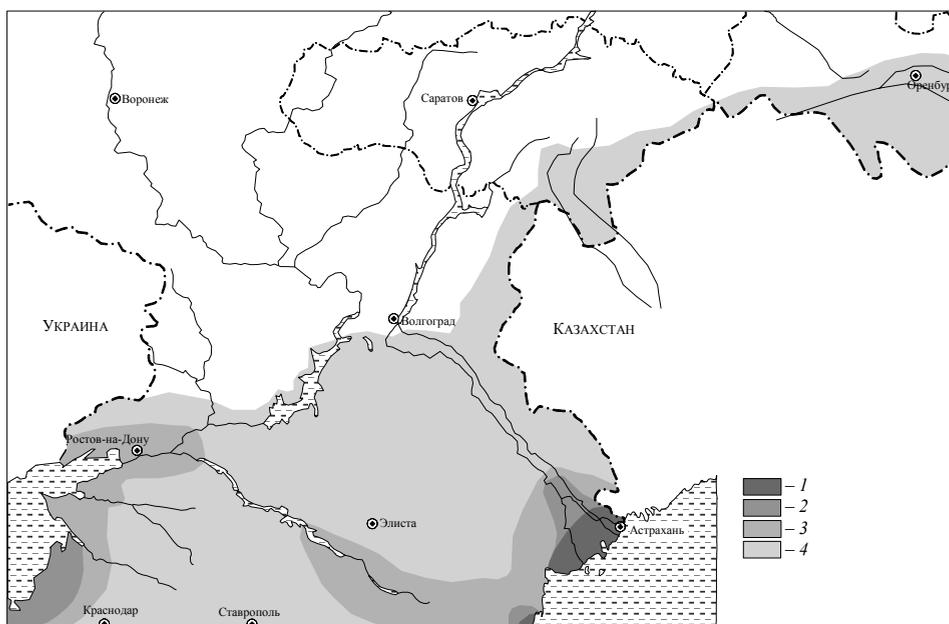
Несмотря на высокий пресс со стороны человека, с начала 1970-х гг. количество регистраций вида в Причерноморье и на Каспии начало возрастать (Бондарев, 1975; Гринченко, 2004). Начало заселения видом Восточного Приазовья на границе Ростовской области и Краснодарского края связывается с 1992 г. (Белик, 1994), а на Нижнем Дону несколько бакланов было отмечено впервые в 1998 г. (Сиденко, 2003). В 2002 – 2004 гг. стабильные поселения бакланов были изучены на оз. Монастырском в пойме Нижнего Дона вблизи г. Аксай (Белик, 2006). К этому моменту уже были четко очерчены границы распространения новой кубанской группировки вида (Хохлов и др., 2004 и др.). Со второй половины прошлого века эти птицы вновь стали гнездиться в дельте р. Волги в составе поливидовых колоний (Русанов, 1999). Несколько позднее размножение было подтверждено для низменной части Дагестана (Литвинова, 2000), эти птицы отмечены в период 1990 – 2002 гг. в западном ильменно-бугровом районе Астраханской области (Архипов и др., 2003).

Таким образом, начало значительного роста численности малого баклана на юге России отмечалось во второй половине 1990-х гг. и особенно наглядно данная тенденция проявилась на рубеже столетий (Белик, 2000; Джамирзоев и др., 2000; Гаврилов, 2002). Приблизительно в это же время возросла встречаемость этих птиц на зимовках (Динкевич и др., 2003; Тильба, 2007). В первом десятилетии XXI в. отнесен к группе видов с достоверным гнездованием в Ростовской и Астраханской областях, Краснодарском и Ставропольском краях. Возможно (при летней регистрации птиц на постоянных гнездопригодных участках), уже размножается в этот период на территории Калмыкии (Белик и др., 2003); в Волгоградской и Оренбургской областях регистрируются регулярные поисковые залеты бакланов (Коршиков, 2000; Барабашин и др., 2003).

Направление расселения на юге страны определялось как «...с запада и юго-востока», когда в целом в Южном федеральном округе РФ с 1990 по 2002 г. наблюдалось увеличение численности вида на 50% и более. Данная тенденция наиболее проявилась в отношении Волгоградской и Астраханской областей, а также Краснодарского края (Белик и др., 2003). За два года численность вида увеличилась здесь в несколько раз (Белик, Динкевич, 2004). Общий размер гнездовой популяции малого баклана на юге России по состоянию на 2004 г. оценивался В.П. Беликом (2006) в 2 – 3 тыс. гнездящихся пар с тенденцией прогрессирующего увеличения количественных показателей и расселения на северо-восток (для азово-черноморской популяции) и на север (для прикаспийской). При этом в дельте р. Волги предполагалось ежегодное размножение уже 500 – 1650 пар (Гаврилов и др., 2003), а в Восточном Приазовье – не менее 500 – 1000 (Хохлов и др., 2004).

## ДИНАМИКА И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ РАССЕЛЕНИЯ МАЛОГО БАКЛАНА

На современном этапе тенденция роста встречаемости малого баклана за пределами гнездового ареала сохраняется. Так, зимний залет баклана на территорию Южного Урала (Оренбургская область) был зарегистрирован в 1999 г., когда три особи наблюдались на незамерзающей полынье р. Сакмары у с. Пречистинки в Саракташском районе (Коршиков, 2000). Залет приурочен именно к периоду существенного роста численности вида в последнем десятилетии прошлого века в дельте р. Волги (Русанов, 1999). Этому способствовали и несколько аномально теплых зим, наблюдавшихся во второй половине 1990-х гг. на территории степной полосы Южного Урала, включая зимний сезон 1999/2000 гг. (Давыгора, 2004).



Распространение малого баклана (по: Литвинова, 2000; Белик, 2006; Завьялов и др., 2008): 1 – распространение до начала 1990-х гг., 2 – в 1990-х – 2000-х гг., 3 – в 2002 – 2004 гг., 4 – территория возможного размножения и регулярных залетов

В Саратовской области стая около 50 малых бакланов отмечена 07.09.2008 г. на р. Малый Узень между селами Алексашкино и Козловка (50°55' с.ш., 47°36' в.д.) на границе Федоровского и Питерского административных районов. Птицы прилетели на водоем с северо-востока, сделали несколько кругов, а затем улетели обратно (рисунок). За это время удалось получить фото- и видеозображение бакланов, что является надежным подтверждением их пребывания в регионе. Это первая достоверная регистрация вида на севере Нижнего Поволжья. В Оренбуржье малый баклан рекомендован для включения в региональную Красную книгу (Русakov и др., 2001), аналогичная процедура должна быть реализована и в Саратовской области (Шляхтин и др., 2006).

Возрастающее число встреч этих птиц за пределами гнездового ареала в миграционный период, очевидно, обусловлено увеличением численности вида на местах гнездования. Основной причиной увеличения численности и расширения ареала малого баклана может быть связано с изменением поведения этих птиц в условиях охотничьего пресса, а также увеличением успеха зимовки в условиях общего потепления климата (Гринченко, 2004). За последние 20 лет на Каспии ни разу не было отмечено катастрофически холодных зимних периодов, тогда как в первой половине прошлого столетия аномально суровые зимы регистрировались здесь чаще, чем раз в десять лет. В условиях продолжающегося потепления прогнозируется появление малых бакланов на гнездовании на Западном Маныче (на Усть-Манычском и Веселовском водохранилищах), а также вдоль побережья Дноно-Цимлянских песков на Цимлянском водохранилище (Белик, 2006). Современные примеры проникновения вида на север Нижнего Поволжья свидетельствуют в пользу высокой достоверности подобных прогнозов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архипов В.Ю., Русанов Г.М., ван Стейнис М. К авифауне Северо-Западного Прикаспия: новые находки и уточнения статуса видов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2003. Т. 108, № 2. С. 17 – 24.
- Барабашин Т.О., Чернобай В.Ф., Иванов А.П., Касаткина Ю.Н. Озеро Эльтон // Ключевые орнитологические территории России: Информ. бюл. 2003. № 1. С. 3 – 5.
- Белик В.П. Новые авифаунистические находки в Ростовской области // Кавказ. орнитол. вестн. Ставрополь: Изд-во Ставроп. гос. пед. ин-та, 1994. Вып. 6. С. 30 – 32.
- Белик В.П. Птицы степного Придонья: Формирование фауны, ее антропогенная трансформация и вопросы охраны. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. пед. ун-та, 2000. 376 с.
- Белик В.П. К расселению малого баклана (*Phalacrocorax pygmeus*, Pelecaniformes) на юге России // Зоол. журн. 2006. Т. 85, № 7. С. 859 – 864.
- Белик В.П., Динкевич М.А. Колониальные веслоногие и голенастые птицы Восточного Приазовья // Бранта: Сб. науч. тр. Азово-Черноморск. орнитол. станции. Мелитополь; Симферополь: Изд-во «Сонат», 2004. Вып. 7. С. 131 – 157.
- Белик В.П., Поливанов В.М., Тильба П.А., Джамирзоев Г.С., Музаев В.М., Букреева О.М., Русанов Г.М., Реуцкий Н.Д., Мосейкин В.Н., Чернобай В.Ф., Хохлов А.Н., Ильях М.П., Мнацеканов Р.А., Комаров Ю.Е. Современные популяционные тренды гнездящихся птиц Южной России // Стрепет: Фауна, экология и охрана птиц Южной Палеарктики. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. пед. ун-та, 2003. Вып. 1. С. 10 – 30.
- Бондарев Д.В. О гнездовании малого баклана в дельте Волги // Гнездовая жизнь птиц. Пермь: Изд-во Перм. гос. пед. ин-та, 1975. С. 89 – 92.
- Воробьев К.А. Материалы к орнитологической фауне дельты Волги и прилегающих степей // Тр. Астрахан. заповедника. М., 1936. Вып. 1. С. 1 – 60.
- Гаврилов Н.Н. Динамика численности колониальных околородных птиц дельты Волги // Птицы Южной России: Материалы Междунар. орнитол. конф. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. пед. ун-та, 2002. С. 61 – 66.
- Гаврилов Н.Н., Русанов Г.М., Бондарев Д.В. Состояние колониальных гнездовых птиц в дельте Волги, Западном ильменно-бугровом районе и на острове Малый Жемчужный (1999 – 2001) // Ключевые орнитологические территории России: Информ. бюл. 2003. № 2. С. 30 – 42.
- Гринченко А.Б. Размещение, численность и экология малого баклана (*Phalacrocorax pygmeus*) на юге Украины // Бранта: Сб. науч. тр. Азово-Черноморск. орнитол. станции. Мелитополь; Симферополь: Изд-во «Сонат», 2004. № 7. С. 167 – 171.

## ДИНАМИКА И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ РАССЕЛЕНИЯ МАЛОГО БАКЛАНА

*Давыгора А.В.* Вековая динамика авифауны степей Южного Урала. 1. Изменения видового состава // Стрепет: Фауна, экология и охрана птиц Южной Палеарктики. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. пед. ун-та, 2004. Т. 2, вып. 1. С. 41 – 67.

*Джамирзоев Г.С., Хохлов А.Н., Ильях М.П.* Редкие и исчезающие птицы Дагестана и их охрана. Ставрополь: Изд-во Ставропол. гос. ун-та, 2000. 146 с.

*Динкевич М.А., Ластовецкий В.Е., Короткий Т.В., Мнацеканов Р.А.* Новые виды птиц в зимней авифауне центральной части Краснодарского края // Стрепет: Фауна, экология и охрана птиц Южной Палеарктики. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. пед. ун-та, 2003. Вып. 2. С. 86 – 89.

*Завьялов Е.В., Якушев Н.Н., Табачишин В.Г., Мосолова Е.Ю.* Малый баклан *Phalacrocorax rугаеи* – новый вид орнитофауны Саратовской области // Рус. орнитол. журн. 2008. Т. 17, экспресс-выпуск № 439. С. 1351 – 1354.

*Коршиков Л.В.* Залет малого баклана в Оренбуржье // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2000. С. 118.

*Литвинова Н.А.* Малый баклан // Красная книга Российской Федерации: Животные. М.: Астрель, 2000. С. 376 – 377.

*Луговой А.Е.* Птицы дельты реки Волги // Фауна и экология птиц дельты реки Волги и побережий Каспия: Тр. Астрахан. заповедника. 1963. Вып. 8. С. 9 – 185.

*Русаков А.В., Давыгора А.В., Гавлюк Э.В.* О дополнении списков животных к Красной книге Оренбургской области // Интеллектуальный потенциал высшего педагогического образования: Материалы 23-й преподавательской и 41-й студенческой науч.-практ. конф. Оренбург: Изд-во Оренбург. гос. пед. ун-та, 2001. Ч. 1. С. 183 – 184.

*Русанов Г.М.* Малый баклан осваивает дельту Волги // Новости в мире птиц: Информ. материалы Союза охраны птиц России. 1999. № 3 (13). С. 16.

*Сиденко М.В.* Редкие птицы г. Ростова-на-Дону // Стрепет: Фауна, экология и охрана птиц Южной Палеарктики. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. пед. ун-та, 2003. Вып. 1. С. 120 – 122.

*Тильба П.А.* О некоторых редких и малоизученных видах птиц юго-восточной части Краснодарского края // Стрепет: Фауна, экология и охрана птиц Южной Палеарктики. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. пед. ун-та, 2007. Т. 5, вып. 1–2. С. 5–18.

*Хлебников В.А.* Список птиц Астраханского края с распределением их по характеру пребывания в крае // Материалы к познанию природы Астраханского края. 1928. Т. 1, вып. 3. 40 с.

*Хохлов А.Н., Есипенко Л.П., Ильях М.П., Заболотный Н.Л., Хохлов Н.А.* Малый баклан – новый зимующий вид России // Современное состояние и проблемы охраны редких и исчезающих видов позвоночных животных Южного федерального округа Российской Федерации: Материалы межрегион. науч.-практ. конф. Ставрополь: Изд-во Ставропол. гос. ун-та, 2004. С. 91 – 92.

*Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Березуцкий М.А.* Теоретическое обоснование и основные подходы в подготовке второго издания Красной книги Саратовской области // Поволж. экол. журн. 2006. Вып. Спец. С. 5 – 17.

*Collar N.J., Crosby M.J., Stattersfield A.J.* Birds to watch – 2: The World list of threatened birds. Cambridge, U.K.: BirdLife International, 1994. 407 p.

Globally threatened birds in Europe: action plans / Eds. B. Heredia, L. Rose, M. Painter. Strasbourg, France: Council of Europe and BirdLife International, 1996. 408 p.

## РЕЦЕНЗИИ

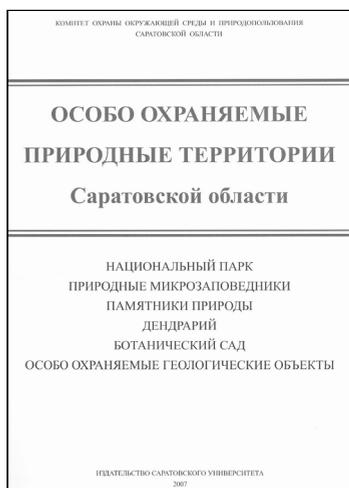
Особо охраняемые природные территории Саратовской области: национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2008. 308 с. Тираж 2500 экз.

Из всех граничащих с Самарской областью регионов Саратовская область, как никакая другая, имеет много общего в сочетании природных условий: положение на обоих берегах реки Волги в пределах лесостепной и степной зон, наличие своеобразных символов природного наследия – Жигулевских и Хвалыньских гор, которые фактически представляют собой единый горный массив, и еще целый ряд примеров, где черты сходства весьма очевидны. Поэтому выход столь актуального, долгожданного издания является поводом для того, чтобы поздравить и порадоваться.

Данное издание объединило все имеющиеся сведения о 80 территориях и объектах, включенных в список особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Саратовской области и является, с одной стороны, своеобразным итогом более чем вековой природоохранной деятельности на территории области, с другой – новой точкой отсчета, позволяющей оценить уже имеющиеся достижения и определить пути дальнейшего развития.

Содержащиеся в водной части материалы о природных особенностях и ландшафтной структуре региона (с. 8 – 18), истории формирования и современной структуре сети особо охраняемых территорий Саратовской области (с. 19 – 26) являются прекрасным решением авторского коллектива, поскольку они позволяют читателю не только ознакомиться с своеобразием природных условий и ландшафтной структурой региона, но также рассмотреть сложившуюся сеть ООПТ с точек зрения природно-ландшафтной, культурно-исторической, социально-экономической и природоохранной.

Обзор особо охраняемых природных территорий Саратовской области начинается с самого значительного объекта – национального парка «Хвалынский» (с. 40 – 47), являющегося одним из самых молодых (основан в 1994 г.) национальных парков России и единственным природным комплексом подобного рода в Нижнем Поволжье. Описание остальных охраняемых территорий – природных микрозаповедников, памятников природы, ботанического сада Саратовского государственного университета, дендрария Научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока и особо охраняемых геологических объектов дано в разрезе



административных районов (с. 48 – 261). В заключительной части приведены основные законодательные и нормативно-правовые акты в сфере особоохраняемых природных территорий (с. 274 – 278), список использованных источников (с. 279 – 283), словарь геологических и геоботанических терминов (с. 284 – 292), список авторов (с. 293 – 295) и алфавитный указатель ООПТ Саратовской области (с. 296).

Каждый административный район открывается изображением герба, картой, на которой обозначено местоположение охраняемых природных территорий, а также краткой физико-географической характеристикой. Для рассматриваемых объектов внутри административных районов приводятся природоохранный статус, профиль, местонахождение и занимаемая площадь. Очерки сопровождаются кратким описанием ООПТ, перечислением особо охраняемых объектов в их границах, режимом охраны, а также ссылкой на источники информации.

Превосходный стиль изложения сопровождается богатым иллюстративным материалом, представленным космофотокартами ООПТ и авторскими фотографиями. Содержание и внешний вид издания привлекает внимание не только специалистов в сфере природопользования, педагогов и научных сотрудников, но также школьников и студентов, являясь стимулом к изучению природы родного края, бережного отношения к ней, формируя высокую экологическую и патриотическую культуру. Книга оставляет самые благоприятные впечатления.

Замечательной находкой редакторов явилось помещение фотографий практиков-лесоводов: В.Г. Дубова, А.Н. Сорокина, Н.К. Генко (здесь допущена опечатка – не Н.Г., как указывается, а Нестор Карлович), сделавших чрезвычайно много для сохранения и восстановления лесных ландшафтов.

Досадной технической ошибкой можно считать несоответствие подписей к иллюстрациям на с. 105 – 107. Подпись к фотографии на с. 65 «ковыль Иоанна» – это устаревшее название ковыля перистого. Также можно поспорить с авторами по поводу самой высокой точки Приволжской возвышенности – г. Беленькой высотой 370 м. В литературе, посвященной описанию природы Самарского края, указывается другая точка – г. Стрельная, расположенная в Жигулях, относительная высота которой составляет, по разным оценкам, от 372 до 376 м над уровнем моря. Тем не менее, различные точки зрения являются вполне оправданными и лишний раз подчеркивают некую «родственность» Самарской и Саратовской областей.

*С.А. Сенатор, С.В. Саксонов*

Институт экологии Волжского бассейна РАН  
Россия, 445003, Тольятти, ул. Комзина, 10  
E-mail: saxonoff@pochta.ru

## ХРОНИКА

### О I МЕЖДУНАРОДНОЙ ШКОЛЕ-КОНФЕРЕНЦИИ «ДРЕЙССЕНИДЫ: ЭВОЛЮЦИЯ, СИСТЕМАТИКА, ЭКОЛОГИЯ»

С 28 октября по 1 ноября 2008 г. в пос. Борок на базе учреждения Российской академии наук Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН прошла I Международная школа-конференция «Дрейссениды: эволюция, систематика, экология», поддержанная РАН, Гидробиологическим обществом при РАН и РФФИ (проект №08-04-06118-г).



Среди основных задач конференции были определены следующие: 1 – систематика, филогения, эволюция; 2 – распространение и расселение (инвазионные процессы); 3 – популяционная биология (популяции, динамика численности, изменчивость); 4 – экология (сообщества с доминированием дрейссены, роль в сообществе, биоценотические связи, межвидовые взаимодействия); 5 – дрейссена в технической и санитарной гидробиологии.

В подготовке и проведении школы-конференции участвовали представители трех стран – России, Беларуси, Украины. В ходе подготовки к конференции был выпущен сборник лекций и материалов докладов («Дрейссениды: эволюция, систематика, экология»: Лекции и материалы докладов I Международной школы-конференции / Ин-

ститут биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. Ярославль: Ярославский печатный двор, 2008. 164 с.), в который вошли результаты работ очных и заочных участников.

Во время работы школы-конференции прозвучали 4 лекции, 29 устных докладов участников, были проведены практические занятия со специалистами и сессия стендовых сообщений. Наибольший интерес у слушателей вызвали лекции, в которых были рассмотрены актуальные вопросы, связанные с изучением динамики популяций дрейссенид (Протасов А.А. (*Институт гидробиологии НАН Украины*) «Из опыта исследований популяций и сообществ дрейссены»), их места и роли в сообществах и экосистемах внутренних водоемов (А.А. Львова (*МГУ*) «К экологии дрейссенид Учинского водохранилища»; Г.Х. Щербина (*ИБВВ РАН*) «Современное распространение, структура и средообразующая роль дрейссенид в водоемах северо-запада России и значение моллюсков в питании рыб-бентофагов»; В.И. Юришинец (*Институт гидробиологии НАН Украины*) «Симбионты моллюсков рода *Dreissena*»).

В докладах участников школы-конференции, материалы которых опубликованы в сборнике, прозвучали данные о распространении дрейссенид во внутренних водоемах, их роли в сообществах гидробионтов, о фенетике и морфологии дрейссенид, были подняты вопросы о северной границе ареала распространения представителей рода, возможностях гибридизации *Dreissena polymorpha* и *D. bugensis*, доложены результаты исследований планктонной личинки дрейссенид, демонстрирующие ее сезонную и многолетнюю динамику в водоемах разного типа, а также значение в планктонных сообществах.

В ходе конференции особое место было уделено методическим и методологическим вопросам. Наибольший интерес вызвали сообщения о методах сбора и хранения проб, их обработки, ведения документации, научных основах мониторинга дрейссенид в водоемах и на технических объектах. Было обращено внимание на необходимость стандартизации методов исследований на всех этапах их проведения. Всеми участниками был отмечен широкий спектр тематики проводимых исследований и факт вовлечения в работы по изучению моллюсков большого количества молодых ученых.

Заслушав и обсудив теоретические и практические вопросы, связанные с изучением дрейссенид, участники конференции постановили:

1. Считать, что школа-конференция прошла успешно и внесла ощутимый вклад в развитие российской науки и международного сотрудничества в области изучения дрейссенид.

2. Рекомендовать руководству Отделения общей биологии РАН, Комиссии РАН по сохранению биоразнообразия, Научному совету по гидробиологии и ихтиологии, Научному совету по биоповреждениям обратить особое внимание на проблемы, связанные с изучением дрейссенид и способствовать их решению.

3. Рекомендовать руководству ИБВВ РАН создать Международный центр по изучению дрейссенид и возложить на этот центр координацию международных действий по изучению дрейссенид.

4. Поручить М.О. Сону (*Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины*) осуществлять общий сбор информации по вопросам географического распространения дрейссенид; А.А. Протасову (*Институт гидробиологии НАН Украины*) – по методологии исследований, методам изучения дрейссенид, а также прикладным аспектам – обрастания и борьба с ними; Е.Г. Пряничниковой, Г.Х. Щербине (*ИБВВ РАН*) – по фильтрационной активности и питанию; А.А. Львовой (*МГУ*) – по размножению и жизненному циклу дрейссенид; В.В. Павловой (*ИБВВ РАН*), А.А. Протасову (*Институт гидробиологии НАН Украины*) – по изменчивости дрейссенид; В.И. Юришину (*Институт гидробиологии НАН Украины*), А.В. Тютину (*ИБВВ РАН*) – по вопросам симбиотических отношений дрейссенид и их роли в развитии и распространении паразитов гидробионтов, наземных позвоночных и человека; А.В. Кожаре, Д.Д. Павлову, В.И. Мартемьянову (*ИБВВ РАН*) – по отношению дрейссенид к основным экологическим факторам; А.В. Крылову (*ИБВВ РАН*) – по планктонной стадии развития дрейссенид; Г.Х. Щербине (*ИБВВ РАН*) – по структуре и средообразующей роли дрейссенид, их значению в питании рыб-бентофагов, а также, совместно с А.А. Протасовым, осуществлять

общую координацию исследовательских работ и мероприятий по подготовке монографии.

5. Считать целесообразным проведение школ-конференций по изучению дрейссенид раз в три года.

6. Обратиться в молодежные секции ГБО, РАН, ГБО Украины, Белоруссии с просьбой оказывать содействие в выполнении работ по данной тематике.

7. Рекомендовать издание новой монографии «Дрейссениды: эволюция, систематика, экология» вследствие того, что к настоящему моменту накопилось много нового материала, появились оригинальные методы изучения дрейссенид, которые требуют обобщения и публикации.

8. Обратит внимание на изучение проблем обрастания и разработку методов борьбы с ним.

9. Осветить роль дрейссенид в биогеохимических циклах, процессах самоочищения, олиготрофизации (деэвтрофирования, бентификации) водоемов, особенностям развития в разнотипных водных экосистемах.

10. Выразить благодарность руководству Отделения общей биологии РАН, Российскому фонду фундаментальных исследований и администрации ИБВВ РАН за всестороннюю поддержку в подготовке и проведении школы-конференции.

*Г.Х. Щербина, Е.Г. Пряничникова, А.А. Протасов, А.В. Крылов*

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
Россия, 152742, пос. Борок, Некоузский район, Ярославская обл.  
E-mail: krylov@ibiw.yaroslavl.ru