



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Березуцкий М. А.</b> Тенденции антропогенной трансформации таксономической структуры аборигенной флоры южной части Приволжской возвышенности .....	295
<b>Болотов С. Э., Романенко А. В., Цветков А. И., Крылов А. В.</b> Нарушение вертикального распределения планктона в устьевой области притока равнинного водохранилища летом жаркого года .....	304
<b>Генкал С. И., Охупкин А. Г.</b> Материалы к флоре диатомовых водорослей (Centrophyceae) карстового озера Святое Дедовское (Нижегородская область) .....	311
<b>Голуб В. Б., Паутова В. Н., Гречушкина Н. А., Номоконова В. И.</b> Опыт анализа динамики фитопланктона с использованием статистических критериев .....	320
<b>Дмитриев А. И., Дмитриев Г. А., Заморева Ж. А., Трушкова М. А., Кривоногов Д. М.</b> Экологическая структура позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей .....	329
<b>Ермохин М. В., Табачинин В. Г., Иванов Г. А.</b> Фенология нерестовых миграций чесночницы обыкновенной – <i>Pelobates fuscus</i> (Pelobatidae, Amphibia) в долине р. Медведица (Саратовская область) .....	342
<b>Клименко Д. Е., Елончинцева Д. Н.</b> Экспериментальные гидрологические исследования процессов разрушения бобровых плотин и осушения прудов .....	351
<b>Кульбачко Ю. Л., Дидур О. А., Лоза И. М., Пахомов А. Е., Безроднова О. В.</b> Экологические аспекты влияния трофо-метаболической деятельности дождевых червей (Lumbricidae, Oligochaeta) на pH-буферную способность рекультивизмов в условиях степной зоны Украины .....	364
<b>Матюхин А. В., Матросов А. Н., Князева Т. В.</b> Блохи (Siphonaptera, Insecta) птиц Москвы и Московской области .....	373
<b>Опарин М. Л., Конюшкова М. В., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Шадрина М. Б., Рубан О. А.</b> Структура гнездового населения жаворонков (Alaudidae, Aves) в типичных местообитаниях полупустыни Прикаспийской низменности .....	379
<b>Плешакова Е. В., Беляков А. Ю.</b> Оценка токсичности почвы, загрязненной буровыми растворами и их компонентами, с использованием дождевых червей породы «Старатель» .....	393
<b>Хапугин А. А., Семчук А. А., Силаева Т. Б., Чугунов Г. Г.</b> Сравнительная характеристика ценопопуляций <i>Cyripedium calceolus</i> L. (Orchidaceae, Monocotyledones) в Республике Мордовия .....	403
<b>Хляп Л. А., Окулова Н. М., Бидашко Ф. Г., Варшавский А. А., Гражданов А. К., Неронов В. В.</b> Фауна и география населения грызунов (Rodentia, Mammalia) Западно-Казахстанской области Республики Казахстан .....	411

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<b>Шурганова Г. В., Черепеников В. В., Кудрин И. А., Ильин М. Ю.</b> Характеристика современного состояния видовой структуры и пространственного размещения сообществ зоопланктона Чебоксарского водохранилища .....	417
--	-----



## CONTENTS

<b>Berezutsky M. A.</b> Anthropogenic transformation trends of the taxonomic structure of the native flora in the southern Volga Uplands .....	295
<b>Bolotov S. E., Romanenko A. V., Tsvetkov A. I., and Krylov A. V.</b> Violation of the vertical plankton distribution in the outfall area of a lowland water reservoir's inflow in the summer period of a hot year .....	304
<b>Genkal S. I. and Okhapkin A. G.</b> Data on the diatom algae (Centrophyceae) flora in the karstic lake Svyatoye Dedovskoye (Nizhny Novgorod region) .....	311
<b>Golub V. B., Pautova V. N., Grechushkina N. A., and Nomokonova V. I.</b> An attempt of the phytoplankton dynamics analysis with statistical criteria .....	320
<b>Dmitriev A. I., Dmitriev G. A., Zamoreva Z. A., Troushkova M. A., and Krivonogov D. M.</b> Ecological structure of vertebrate animals in the road-effect zone on some federal highways .....	329
<b>Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., and Ivanov G. A.</b> Spawning migration phenology of spadefoot toad – <i>Pelobates fuscus</i> (Pelobatidae, Amphibia) in Medveditsa river valley (Saratov region) .....	342
<b>Klimenko D. E. and Eponchintseva D. N.</b> Experimental hydrological studies of destruction of beaver's dams and draining ponds .....	351
<b>Kulbachko Y. L., Didur O. A., Loza I. M., Pakhomov A. E., and Bezrodnova O. V.</b> Environmental aspects of the earthworm (Lumbricidae, Oligochaeta) tropho-metabolic activity on the pH buffering capacity of remediated soils in the Ukrainian steppe zone .....	364
<b>Matyukhin A. V., Matrosov A. N., and Knyazeva T. V.</b> Fleas (Siphonaptera, Insecta) of the Birds in Moscow and the Moscow region .....	373
<b>Oparin M. L., Konyushkova M. V., Oparina O. S., Mamayev A. B., Shadrina M. B., and Ruban O. A.</b> Structure of a lark (Alaudidae, Aves) breeding population in typical semi-desert habitats of the Caspian lowland .....	379
<b>Pleshakova E. V. and Belyakov A. Yu.</b> Evaluation of the toxicity of soils contaminated with drilling fluids and their components using the Staratel™ earthworms .....	393
<b>Khapugin A. A., Semchuk A. A., Silaeva T. B., and Chugunov G. G.</b> A comparative characteristics of <i>Cypripedium calceolus</i> L. (Orchidaceae, Monocotyledones) coenopopulations in the Republic of Mordovia .....	403
<b>Khlyap L. A., Okulova N. M., Bidashko F. G., Warshavsky A. A., Grazhdanov A. K., and Neronov V. V.</b> Fauna and geography of the rodent communities (Rodentia, Mammalia) in the Western Kazakhstan Region .....	411

## SHORT COMMUNICATIONS

<b>Shurganova G. V., Cherepennikov V. V., Kudrin I. A., and Ilin M. Y.</b> Characterization of the present status of the species structure and spatial distribution of zooplankton communities in the Cheboksary reservoir .....	417
--	-----

УДК 581.9(470.44)

## ТЕНДЕНЦИИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АБОРИГЕННОЙ ФЛОРЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

М. А. Березуцкий

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

Поступила в редакцию 25.12.13 г.

**Тенденции антропогенной трансформации таксономической структуры аборигенной флоры южной части Приволжской возвышенности.** – Березуцкий М. А. – Анализируются тенденции антропогенной трансформации таксономической структуры аборигенной флоры южной части Приволжской возвышенности (в границах Саратовской области). Изучена временная динамика данной структуры в трёх локальных флорах за прошедшие 100 лет. Показана степень толерантности таксонов цветковых растений исследованной флоры ко всему комплексу антропогенных местообитаний и к отдельным их типам. В каждом таксоне выявлена доля видов, для которых характерны антропогенные географические миграции. Предлагается использовать процентное соотношение видов в классах Magnoliophyta в качестве индикатора степени и стадий антропогенной трансформации флоры.

*Ключевые слова:* флора, таксономическая структура, антропогенная трансформация, Саратовская область.

**Anthropogenic transformation trends of the taxonomic structure of the native flora in the southern Volga Uplands.** – Berezutsky M. A. – Trends in the anthropogenic transformation of the taxonomic structure of the native flora in the southern Volga Uplands (within the Saratov region) are analyzed. The temporal dynamics of this structure in three local floras was studied for the past 100 years. The degree of tolerance of the flowering plant taxa in the flora studied to a full range of anthropogenic habitats and to their individual types is shown. The proportion of species characterized by anthropogenic geographical migrations was estimated for each taxon. The percentage species ratio in the Magnoliophyta classes is proposed to be used as an indicator of the degree and stage of anthropogenic transformation of the flora.

*Key words:* flora, taxonomic structure, anthropogenic transformation, Saratov region.

### ВВЕДЕНИЕ

Антропогенное воздействие на биосферу в настоящее время достигло такого уровня, при котором начинаются быстрые и необратимые процессы в глобальной экосистеме (Barnosky et al., 2012). В этих условиях особенно важно понять, как автотрофные организмы реагируют на эти процессы и какие системы и организмы являются наиболее уязвимыми по отношению к антропогенному воздействию (Weller et al., 2013). Флора как сложнейшая многокомпонентная биологическая система, состоящая из многих сотен и тысяч отдельных элементов с различной чувствительностью к тем или иным видам антропогенного воздействия, возможно, является одним из наиболее чувствительных индикаторов из всех надорганизменных уровней организации автотрофных объектов по отношению к антропогенному

фактору. Таксономическая структура флоры является главной и наиболее специфичной структурой (Юрцев, Камелин, 1991), присущей только данному уровню организации автотрофных объектов. Представители отечественной флористической школы сделали исключительно много для изучения принципов формирования и функционирования таксономической структуры в естественных условиях (Шмидт, 1962, 1970, 1980; Толмачев, 1970, 1974; Малышев, 1972; Камелин, 1973, 1990; Малышев и др., 1998 и многие другие). К сожалению, изучению антропогенной трансформации таксономической структуры аборигенной флоры, особенно в ранге крупных таксонов, в настоящее время уделяется еще недостаточно внимания. Остается неясным, сходны или различны тенденции этих процессов в разных зонах растительности и флористических областях, как соотносятся эти тенденции в разных типах трансформированных флор одной и той же территории, к каким факторам антропогенного воздействия эта структура является наиболее восприимчивой.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для изучения тенденций трансформации таксономической структуры аборигенной флоры нами была выбрана территория южной части Приволжской возвышенности (в границах Саратовской области), так как природа севера Нижнего Поволжья за последнее столетие претерпела глубокие изменения под влиянием антропогенных факторов (Завьялов и др., 2004). Исследования проводились в период с 1984 по 2013 г.; при этом нами было использовано три подхода.

Во-первых, изучалась временная динамика таксономической структуры трех локальных флор (окрестности пос. Октябрьского, с. Чемизовки и г. Саратова) за период с конца XIX – начала XX в. Полные флористические списки двух локальных флор – окрестностей пос. Октябрьский (Татищевский район) и окрестностей с. Чемизовка (Аткарский район) – содержатся в работах Н. Ф. Смирнова (1885) и А. Я. Тугаринова (1901). Список видов флоры окрестностей г. Саратова был взят из работы «Флора окрестностей Саратова» (Иванова и др., 1976, 1983, 1984). Нами было проведено повторное изучение этих локальных флор с последующим сравнением списков и выявлением процента исчезнувших аборигенных видов в том или ином таксоне.

Во-вторых, изучалась адаптация аборигенной флоры к антропогенным местообитаниям исследуемого региона. Для этого было проведено детальное изучение аборигенной флоры всех основных типов местообитаний, созданных в результате антропогенной деятельности: урбанизированных территорий, техногенных участков, искусственных лесных насаждений, агрофитоценозов. Полученные данные сравнивались с общим списком сосудистых растений флоры южной части Приволжской возвышенности (Конспект флоры..., 1977 – 1983; Еленевский и др., 2008) и выяснялось, какая доля видов того или иного таксона исследуемой флоры обнаружена на всем комплексе антропогенных местообитаний и на отдельных их типах.

Кроме того, в каждом таксоне аборигенной флоры южной части Приволжской возвышенности нами были выявлены виды, для которых по литературным данным

## ТЕНДЕНЦИИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

известны антропогенные географические миграции, антропогенное расширение ареала, занос в результате деятельности человека за пределы естественного географического распространения. То есть было проведено выявление антропохорофильного элемента аборигенной фракции флоры. Для этого были тщательно проанализированы все доступные отечественные и зарубежные источники по адвентивным фракциям флор различных территорий. Наиболее близка к исследованиям в данном направлении работа Е. Jager (1988), в которой обосновывается необходимость определения состава аборигенных видов сем. Asteraceae флоры Северной Америки, обладающих потенциальной возможностью к антропохории и способных со временем появиться на территории Европы в качестве адвентивиков. Однако, судя по литературным данным, ни одна из флор так и не была проанализирована на наличие в ней антропохорофильного элемента. Нами подобная работа проведена впервые.

Объем таксонов принимался нами в соответствии со сводкой С. К. Черепанова (1995). В связи с тем, что другими авторами объемы таксонов Magnoliophyta понимаются по-иному, а также из-за того, что процессы, исследуемые нами, еще очень далеки от завершения, в данной статье мы можем говорить лишь о тенденциях антропогенной трансформации таксономической структуры.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение динамики таксономической структуры в трех локальных флорах южной части Приволжской возвышенности за последние 100 лет показало, что во всех случаях однодольные потеряли больший процент видов (пос. Октябрьский – 14.68%; с. Чемизовка – 6.01%; г. Саратов 6.21%), чем двудольные (6.82%; 2.50%; 5.36% соответственно). Переходя к сравнению доли исчезнувших видов среди крупнейших семейств исследуемых локальных флор, можно сделать вывод о наличии определенных тенденций. Во всех трех флорах среди семейств, пострадавших сильнее всего, преобладают таксоны, характерные для влажных и отчасти холодных регионов – Ranunculaceae и Surraceae, а также Caryophyllaceae. Группа семейств, пострадавших слабее всего, представлена семействами, наиболее характерными для флористических областей с аридным климатом – Polygonaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Boraginaceae. Исключительно высокая устойчивость отмечена у семейства Rosaceae. Приведенные выше данные позволяют говорить о наличии тенденции сдвига таксономической структуры исследуемых локальных флор за последние 100 лет под воздействием антропогенных факторов в направлении от бореальных флор к аридным. Но говорить можно лишь о тенденции, так как уязвимость каждого отдельного семейства в различных флорах различается. Сравнение списка наиболее сильно пострадавших крупных родов показывает, что в различных локальных флорах пострадали сильнее других различные роды: во флоре окрестностей пос. Октябрьского – *Helictotrichon*, *Ranunculus*, *Rorippa*; во флоре окрестностей с. Чемизовка – *Carex*; во флоре окрестностей г. Саратова – *Silene*, *Stipa*. Сравнение списка исчезнувших видов исследуемых локальных флор показывает, что они резко отличаются друг от друга. Несмотря на значительное сходство и самих флор и факторов антропогенного воздействия на

них, общими из исчезнувших для всех трех локальных флор являются лишь *Agrostemma githago* L. и *Antennaria dioica* (L.) Gaertn.

Обобщая изложенные выше данные, можно отметить интересную закономерность: чем выше ранг таксона, тем больше сходства наблюдается в тенденциях антропогенной трансформации отдельных локальных флор. Другими словами, чем выше ранг таксона, тем более четко, определено проявляется степень его уязвимости по отношению ко всей совокупности антропогенных факторов на данной территории за прошедший момент времени. На видовом и родовом уровне такое сходство практически отсутствует, на уровне семейств оно проявляется в виде тенденции, а на уровне классов во всех трех флорах были получены одинаковые результаты. Не исключено, что в основе данной особенности лежит явление, которое было отмечено А. И. Толмачевым (1970, 1974) при сравнении таксономической структуры отдельных флор в рамках одной природной зоны. А. И. Толмачев показал, что чем более экстремальные условия характерны для природной зоны, тем более сходными оказываются соотношения между крупными таксонами в отдельных флорах, нежели непосредственно их видовой и родовой составы, так как возможность приспособления к экстремальным условиям присуща более или менее ограниченному кругу семейств. Несомненно, что антропогенное воздействие на флору – это экстремальный фактор и, возможно, что особенности антропогенной трансформации таксономической структуры, выявленные при нашем исследовании, и закономерности, описанные А. И. Толмачевым, являются двумя сторонами одного и того же явления.

Изучение адаптации аборигенной флоры к антропогенным местообитаниям исследуемого региона показало, что из двух классов цветковых растений класс Magnoliopsida на антропогенных местообитаниях в целом представлен лучше (69.76% от всех видов этого таксона во флоре южной части Приволжской возвышенности), чем класс Liliopsida (54.88%). На каждом отдельном типе антропогенных местообитаний наблюдается такая же картина, но в агроценозах и искусственных лесных насаждениях разрыв в показателях у этих классов становится особенно большим (36.21 – 18.18% и 48.91 – 26.60% соответственно). При анализе доли видов, обнаруженных на антропогенных местообитаниях, среди крупнейших по числу видов семейств цветковых растений выявляется та же тенденция, что и при изучении временной динамики таксономической структуры за последние 100 лет (табл. 1): лучшую толерантность по отношению к антропогенным местообитаниям в целом имеют таксоны, характерные для аридных территорий – Chenopodiaceae, Lamiaceae, Polygonaceae, а также семейства Poaceae, Brassicaceae, Asteraceae. Высок процент проникновения на антропогенные местообитания в целом и у семейства Caryophyllaceae и Apiaceae. Напротив, худшую адаптационную активность показывает характерное для бореальных флор семейство Sauraceae и семейство Orchidaceae. Однако следует подчеркнуть, что у отдельных охраняемых в Саратовской области видов последнего таксона плотность и численность особей на антропогенных местообитаниях превышает таковые на естественных (Березуцкий и др., 2012). У охраняемых видов семейства Sauraceae такого явления не наблюдается (Решетникова, Березуцкий, 2013), что свидетельствует о правильно

## ТЕНДЕНЦИИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

выбранных подходах к формированию списка видов осоковых для второго издания «Красной книги Саратовской области» (Шляхтин и др., 2006).

**Таблица 1**

Количество видов, произрастающих на антропогенных местообитаниях, и антропохорофильных видов в крупнейших семействах Magnoliophyta исследуемой флоры

Семейство	Количество видов во флоре южной части Приволжской возвышенности	Количество видов на антропогенных местообитаниях южной части Приволжской возвышенности		Количество антропохорофильных видов	
		Абс.	%	Абс.	%
Asteraceae	191	134	70.16	92	48.17
Poaceae	122	89	72.95	81	66.39
Fabaceae	86	59	68.60	49	56.97
Brassicaceae	80	58	72.50	42	52.50
Caryophyllaceae	65	48	73.85	32	49.23
Lamiaceae	57	46	80.70	31	54.38
Cyperaceae	57	27	47.37	18	31.58
Rosaceae	54	35	64.81	41	75.92
Ariaceae	51	37	72.55	27	52.94
Scrophulariaceae	44	30	68.18	33	75.0
Chenopodiaceae	43	36	83.72	27	62.79
Boraginaceae	36	25	69.44	19	52.78
Ranunculaceae	34	23	67.65	15	44.12
Polygonaceae	29	22	75.86	23	79.31
Orchidaceae	17	6	35.29	3	17.65

Переходя к сравнению адаптационной активности каждого крупного семейства на отдельных типах антропогенных местообитаний, можно отметить, что для всех семейств, за исключением Caryophyllaceae, наиболее неблагоприятными оказались агроценозы. Для Caryophyllaceae самым неблагоприятным типом антропогенных местообитаний являются урбанизированные территории. Напротив, для многих других семейств (Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Polygonaceae) городская среда оказалась наиболее оптимальной из всех типов местообитаний, созданных человеком. Это хорошо соотносится с данными, полученными при изучении урбанофлор многих других территорий (Березуцкий, Панин, 2007). Искусственные лесные насаждения оказались наиболее благоприятными и для семейств Caryophyllaceae, Ariaceae, Scrophulariaceae, Boraginaceae, Orchidaceae. Техногенные местообитания являются наиболее предпочтительными для семейств Lamiaceae и Chenopodiaceae. На железнодорожных насыпях повышен также процент видов семейства Rosaceae, что является типичным явлением для данного типа техногенных местообитаний (Скворцова, Березуцкий, 2008). Из крупных семейств лишь два (Cyperaceae и Orchidaceae) в каждом из четырех типов антропогенных местообитаний представлены меньшим процентом, чем виды флоры в целом.

Среди крупнейших родов исследуемой флоры большей долей на антропогенных местообитаниях в целом представлены *Galium*, *Vicia*, *Veronica*, *Salix*, *Rumex*,

*Silene*, *Centaurea* (табл. 2). Худшую адаптационную активность имеют *Carex*, *Astragalus* (обращает на себя внимание, что это – два самых крупных рода флоры), *Allium*, *Potentilla*, *Euphorbia*, *Artemisia*.

**Таблица 2**

Количество видов, произрастающих на антропогенных местообитаниях, и антропохорофильных видов в крупнейших родах Magnoliophyta исследуемой флоры

Род	Количество видов во флоре южной части Приволжской возвышенности	Количество видов на антропогенных местообитаниях южной части Приволжской возвышенности		Количество антропохорофильных видов	
		Абс.	%	Абс.	%
<i>Carex</i>	39	13	33.33	13	33.33
<i>Astragalus</i>	21	11	52.38	6	28.37
<i>Artemisia</i>	19	11	57.89	11	57.89
<i>Centaurea</i>	18	13	72.22	10	55.55
<i>Potentilla</i>	18	10	55.55	15	83.33
<i>Euphorbia</i>	16	9	56.25	5	31.25
<i>Allium</i>	15	8	53.33	4	26.27
<i>Silene</i>	15	11	73.33	6	40.0
<i>Veronica</i>	15	12	80.0	14	93.33
<i>Galium</i>	14	13	92.86	11	78.57
<i>Salix</i>	14	11	78.57	6	42.86
<i>Rumex</i>	13	10	76.92	13	100.0
<i>Dianthus</i>	12	8	66.67	4	33.33
<i>Potamogeton</i>	12	8	66.67	1	8.33
<i>Vicia</i>	12	10	83.33	9	75.0

Многие из видов, обнаруженных на антропогенных местообитаниях, встречаются там очень редко и, возможно, сохранились с момента существования естественных местообитаний. Лишь около 450 видов имеют многочисленные популяции с большим числом особей на одном типе антропогенных сообществ или стабильно встречаются и являются нередкими сразу в нескольких типах антропогенных местообитаний. Распределение этих антропотолерантных видов по элементам таксономической структуры показывает, что процентное соотношение между классами однодольных (около 22%) и двудольных (около 78%) оказывается очень близким к таковому в современной аборигенной флоре южной части Приволжской возвышенности. Распределение антропотолерантных аборигенных видов по семействам также позволяет констатировать, что по сравнению с общей флорой исследованного региона картина принципиально не меняется. Напротив, распределение антропотолерантных аборигенных видов по родам показывает коренное отличие от родового спектра современной флоры. Возможно, это сходство в соотношениях таксонов крупного ранга не является случайностью. Ранее В. Н. Голубев и Н. В. Голубева (1989) на примере флоры Крыма показали, что эколого-биологическая структура сформировавшейся адвентивной фракции более или менее точно соответствует аналогичной структуре аборигенной фракции флоры той же терри-

## ТЕНДЕНЦИИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

тории. Сравнивая эти данные, можно предположить наличие у структуры флоры буферных свойств, которые обеспечивают сохранение основных соотношений ее элементов в условиях сильного антропогенного воздействия. Причем, на наш взгляд, главным фактором, который обеспечивает устойчивость этих соотношений, как и при естественном флорогенезе, является макроклимат. Кроме того, мы и здесь наблюдаем повышение сходства процентных соотношений с повышением ранга таксона.

Выявление антропохорофильного элемента исследуемой флоры показало, что из двух классов цветковых растений класс Magnoliopsida содержит больший процент аборигенных видов (59.36%), для которых характерно антропогенное расширение ареала, чем класс Liliopsida (50.18%). Среди крупнейших семейств Magnoliophyta наиболее высокий процент антропохорофильных видов характерен для Polygonaceae, Rosaceae и Scrophulariaceae (см. табл. 1). Данные по последнему таксону являются довольно неожиданными, так как в семействе норичниковых имеется много симбиотически связанных видов (паразитов и, особенно, полупаразитов). Высок процент антропохорофильных видов и у наиболее космополитического семейства цветковых растений – Rosaceae, которое одинаково богато представлено видами как в тропической, так и в умеренной зоне. Напротив, наименьший процент видов, для которых известно антропогенное расширение ареала, содержат семейства Orchidaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae и Asteraceae. Данные по трем первым семействам хорошо вписываются в общую картину снижения этих таксонов в адвентивных флорах (Бочкин, 1989; Игнатов, Чичев, 1989 и др.). Семейство Asteraceae, напротив, считается основным «поставщиком» адвентивных видов во флоре умеренной зоны (Jager, 1988). Но это, возможно, связано не с большей долей видов, склонных к антропогенному расширению ареала, в составе данного семейства, а с большим объемом самого таксона. В частности, в изучаемой нами флоре именно сложноцветные содержат наибольшее абсолютное число антропохорофильных видов.

Данные по крупнейшим родам аборигенной фракции исследуемой флоры свидетельствуют (см. табл. 2), что наибольший процент видов, для которых характерно антропогенное расширение ареала, отмечен у родов *Rumex*, *Veronica*, *Potentilla*, *Galium*, *Vicia*, а наименьший – у родов *Potamogeton*, *Allium*, *Astragalus*, *Euphorbia*, *Carex*, *Dianthus*.

Обобщая изложенные выше данные, можно отметить, что наблюдается сходство тенденций трансформации таксономической структуры исследуемой флоры в процессе временной динамики и в процессе рецентных ценологических миграций аборигенных видов на антропогенные местообитания. Наиболее полно это сходство проявляется на уровне классов цветковых растений. По этой причине соотношение между классами Magnoliophyta, на наш взгляд, можно использовать для количественной и качественной (стадии) индикации процесса антропогенной трансформации флоры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для более четкого и глубокого отслеживания процессов, происходящих в биосфере под влиянием антропогенных факторов и изменения климата, необходи-

мо создание в ближайшей перспективе системы глобального флористического мониторинга на основе локальных флор пограничных территорий (находящихся на стыке различных природных и ландшафтных зон, флористических областей, провинций и т.д.), так как из всех региональных типов флор именно пограничные флоры являются наиболее чувствительными по отношению к антропогенному влиянию. Причем, в первую очередь, отслеживаться в этих флорах должны те показатели, которые являются наиболее специфическими для флористических систем, в частности, изменение таксономической структуры флор, в том числе и в ранге крупных таксонов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Березуцкий М. А., Панин А. В.* Флора городов : структура и тенденции антропогенной динамики // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 10. С. 1481 – 1489.
- Березуцкий М. А., Решетникова Т. Б., Серова Л. А., Кашин А. С.* Экологическая деспециализация видов семейства Orchidaceae Juss. на территории севера Нижнего Поволжья // Поволж. экол. журн. 2012. № 4. С. 455 – 458.
- Бочкин В. Д.* Адвентивные растения Московского участка Курской железной дороги // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР. М. : Наука, 1989. С. 36 – 38.
- Голубев В. Н., Голубева Н. В.* Эколого-биологическая структура адвентивной флоры Крыма // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР. М. : Наука, 1989. С. 72 – 74.
- Еленевский А. Г., Буланый Ю. И., Радыгина В. И.* Конспект флоры Саратовской области. Саратов : Изд. центр «Наука», 2008. 232 с.
- Завьялов Е. В., Шляхтин Г. В., Табачишин В. Г., Якушев Н. Н., Березуцкий М. А., Мосолова Е. Ю.* Генезис природных условий и основные направления современной динамики ареалов животных на севере Нижнего Поволжья. Сообщение 7. Динамика распространения птиц под действием антропогенных факторов // Поволж. экол. журн. 2004. № 2. С. 144 – 172.
- Иванова Р. Д., Колоскова И. Г., Рябова Т. П., Чигурьева А. А.* Флора окрестностей Саратова // Вопросы ботаники Юго-Востока. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1976. Вып. 2. С. 60 – 69.
- Иванова Р. Д., Колоскова И. Г., Рябова Т. П., Чигурьева А. А.* Флора окрестностей Саратова // Вопросы ботаники Юго-Востока. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1983. Вып. 3. С. 48 – 62.
- Иванова Р. Д., Колоскова И. Г., Рябова Т. П., Чигурьева А. А.* Флора окрестностей Саратова // Вопросы ботаники Юго-Востока. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1984. Вып. 4. С. 29 – 49.
- Игнатов М. С., Чичев А. В.* Краткий анализ адвентивной флоры Московской области // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР. М. : Наука, 1989. С. 30 – 31.
- Камелин Р. В.* Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1973. 356 с.
- Камелин Р. В.* Флора Сырдарьинского Каратау : Материалы к флористическому районированию Средней Азии. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. 146 с.
- Конспект флоры Саратовской области : в 4 ч. / ред. А. А. Чигурьева. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1977 – 1983. Ч. 1. 80 с.; Ч. 2. 88 с.; Ч. 3. 108 с.; Ч. 4. 64 с.
- Мальшев Л. И.* Флористические спектры Советского Союза // История флоры и растительности Евразии. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1972. С. 17 – 40.
- Мальшев Л. И., Байкова К. С., Доронькин В. М.* Таксономические спектры флоры Сибири на уровне семейств // Бот. журн. 1998. Т. 83, № 10. С. 3 – 17.
- Решетникова Т. Б., Березуцкий М. А.* Видовой состав и распространение представителей семейства Осоковые на антропогенных местообитаниях южной части Приволжской возвышенности // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13, вып. 4. С. 86 – 89.

## ТЕНДЕНЦИИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

- Скворцова И. В., Березуцкий М. А.* Флора железнодорожных насыпей южной части Приволжской возвышенности // Поволж. экол. журн. 2008. № 1. С. 55 – 64.
- Смирнов Н. Ф.* Явнобрачные растения окрестностей с. Николаевского Саратовского уезда // Тр. о-ва естествоиспытателей при Император. Казанском ун-те. 1885. Т. 14, вып. 3. С. 1 – 48.
- Толмачев А. И.* О некоторых количественных соотношениях во флорах земного шара // Вестн. ЛГУ. Сер. 3. 1970. № 15. С. 62 – 74.
- Толмачев А. И.* Введение в географию растений. Л. : Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
- Тугаринов А. Я.* Материалы к флоре Аткарского уезда Саратовской губернии // Тр. Саратов. о-ва естествоиспытателей и любителей естествознания. 1901. Т. 3, вып. 1. С. 1 – 49.
- Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. : Мир и семья, 1995. 992 с.
- 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.
- Шмидт В. М.* О методе таксономического анализа Смирнова Е. С. и некоторых возможностях его применения в ботанике // Бот. журн. 1962. Т. 47, № 10. С. 1748 – 1854.
- Шмидт В. М.* О двух методах таксономического анализа // Бот. журн. 1970. Т. 53, № 3. С. 390 – 396.
- Шмидт В. М.* Статистические методы в сравнительной флористике. Л. : Изд-во ЛГУ. 1980. 176 с.
- Юрцев Ю. А., Камелин П. В.* Основные понятия и термины флористики. Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 1991. 80 с.
- Barnosky A. D., Hadly E. A., Bascompte J., Berlow E. L., Brown J. H., Fortelius M., Getz W. M.* Approaching a state shift in Earth's biosphere // Nature. 2012. Vol. 486, № 7401. P. 52 – 58.
- Jäger E.* Möglichkeiten der Prognose synanthroper Pflanzen ausbreitungen // Flora. 1988. Bd. 180, hf. 1 – 2. S. 101 – 131.
- Weller S. G., Suding K., Sakai A. K.* Botany and a changing world : Introduction to the Special Issue on Global Biological Change // Amer. J. of Botany. 2013. Vol. 100, № 7. P. 1229 – 1233.

УДК 574.583:551.526.84

## НАРУШЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОНА В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ПРИТОКА РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЛЕТОМ ЖАРКОГО ГОДА

С. Э. Болотов, А. В. Романенко, А. И. Цветков, А. В. Крылов

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН  
Россия, 1525742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок  
E-mail: alhimikhmu@yandex.ru*

Поступила в редакцию 17.01.13 г.

**Нарушение вертикального распределения планктона в устьевой области притока равнинного водохранилища летом жаркого года.** – Болотов С. Э., Романенко А. В., Цветков А. И., Крылов А. В. – По электропроводности воды во фронтальной зоне устьевой области притока равнинного водохранилища определен участок стратификации. Показано, что на нижнем более плотном слое речных вод наблюдается эффект «второго дна», где развивается зоопланктон, структурно-функциональные показатели которого отличаются от таковых в выше- и нижележащих слоях воды. Развитие бактериопланктона контролируется зоопланктоном. Нарушение эффекта «второго дна» происходит в условиях дефицита содержания кислорода в воде, вызванного аномально высокими температурами в воды.

*Ключевые слова:* водохранилище, река, устьевая область, бактериопланктон, зоопланктон, вертикальное распределение.

**Violation of the vertical plankton distribution in the outfall area of a lowland water reservoir's inflow in the summer period of a hot year.** – Bolotov S. E., Romanenko A. V., Tsvetkov A. I., and Krylov A. V. – A stratification site was revealed by the water conductivity in the frontal zone of the outfall area of a lowland water reservoir's inflow. The «second bottom» effect is shown to occur on the lower, denser layer of the river waters, where the zooplankton develops, whose structural and functional indicators differ from those in the overlying and underlying water layers. The bacterial plankton development is controlled by the zooplankton. The «second bottom» effect is violated under oxygen deficiency caused by abnormally high water temperatures.

*Key words:* river, water reservoir, outfall area, bacterial plankton, zooplankton, vertical distribution.

### ВВЕДЕНИЕ

Устьевые области малых и средних притоков равнинных водохранилищ – протяженные (от 2 до > 50 км (Рыбинское водохранилище, 1972)) участки, которые по продольному профилю характеризуются неоднородностью водных масс (Рохмистров, 1973; Крылов и др., 2010). По аналогии с районированием устьев притоков морей и крупных озер (Михайлов, 1997) в них выделено 3 зоны: переходная притока, фронтальная и переходная приёмника (Болотов и др., 2012). Исследования, проведенные в устье притока Горьковского водохранилища, выявили и вертикальную неоднородность вод (Рохмистров, 1973). Аналогичная картина распределения отмечена в меженный период и в устье притока Рыбинского водохранилища, где также обнаружено, что наибольшее количество зоопланктона концентрируется на верхней границе трансформированных речных вод (Крылов и др., 2009).

## НАРУШЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОНА

Метеорологические условия летних сезонов последних лет аномальны. В России 2011 г. вошел в пять самых теплых лет за период инструментальных наблюдений (Доклад..., 2011). В нем выделяются экстремально теплые весна (+2.56°C) и лето (+1.40°C). Весна оказалась второй после 1990 г. (+3.12°C), а лето – третьим. В среднем по территории России сезонная аномалия температуры составила +1.40°C (ранг 3, после 2010 и 1998 гг.). Очевидно, что высокие температуры воздуха способствуют более сильному прогреванию водных масс, что влечет изменение абioticеских параметров воды, которые могут определять развитие и распределение гидробионтов.

Цель работы – изучение вертикального распределения бактерио- и зоопланктона участка стратификации во фронтальной зоне устьевой области притока Рыбинского водохранилища в конце августа жаркого лета.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В летние сезоны 2006 – 2011 гг. в устьевой области р. Ильдь – притоке Волжского плёса Рыбинского водохранилища – портативным зондом «YSI-85» измеряли электропроводность, температуру воды и содержание растворенного кислорода, были рассчитаны величины условной плотности пресной воды (Эдельштейн, 1991).

Во фронтальной зоне устья реки по электропроводности выделено два слоя вод: трансформированных более минерализованных речных и более опресненных водохранилищных (табл. 1).

**Таблица 1**

Абиотические показатели разных зон устьевой области притока  
(средние величины в августе 2006 – 2012 гг.)

Глубина, м	Зоны устьевой области											
	Переходная притока				Фронтальная				Переходная приемника			
	$EC_{18}$	$T$	$O_2$	$\rho$	$EC_{18}$	$T$	$O_2$	$\rho$	$EC_{18}$	$T$	$O_2$	$\rho$
0	422.4	19.5	6.4	998.33	293.4	20.9	7.1	998.04	260.4	21.6	6.7	997.90
1	453.0	17.8	5.8	998.66	304.2	20.1	5.6	998.22	260.3	21.1	5.6	997.99
2	481.5	18.5	5.2	998.54	351.0	19.5	4.3	998.34	260.2	20.7	5.0	998.07
3	–	–	–	–	423.4	18.9	3.1	998.44	256.0	20.3	4.1	998.16
4	–	–	–	–	–	–	–	–	258.9	20.5	3.7	998.13
5	–	–	–	–	–	–	–	–	247.9	20.4	3.8	998.14
6	–	–	–	–	–	–	–	–	239.3	20.4	3.8	998.15
7	–	–	–	–	–	–	–	–	238.7	20.3	3.6	998.17
8	–	–	–	–	–	–	–	–	231.4	21.2	3.0	997.98
9	–	–	–	–	–	–	–	–	240.7	20.3	2.6	998.17
10	–	–	–	–	–	–	–	–	245.2	20.3	2.1	998.18

*Примечание.*  $EC_{18}$  – электропроводность, приведенная к 18°C;  $T$  – температура, °C;  $O_2$  – содержание кислорода, мг/л;  $\rho$  – условная плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Эту область контакта разнотипных вод мы определяем как участок стратификации. Для него характерна значительная вертикальная неоднородность по гидрофизическим характеристикам водной среды – расслоение отмечается по электро-

проводности, температуре, кислороду, плотности. Вертикальный градиент электропроводности может достигать величин 100 – 150 мкСм/см на 1 м на горизонтах 2 – 3 м. Пространственное положение участка устойчивой стратификации во время вегетационного периода стабильно, его протяженность составляет ~ 700 м.

На участке стратификации 20 августа 2009 г. и 25 августа 2011 г. планктобатором объемом 5 л послойно (через 1 м) проводили отбор проб бактерио- и зоопланктона. Воду процеживали через газ с размером ячеек 64 мкм. Пробы фиксировали 4%-ным формалином, камеральную обработку проводили по стандартной методике (Методика изучения..., 1975). Количественные и структурные характеристики бактериопланктона были получены методом эпифлюоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома ДАФИ (Porter, Feig, 1980).

Параллельно с отбором проб измеряли электропроводность и температуру воды, содержание растворенного кислорода.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В 2009 г. при глубине участка стратификации 3.5 м горизонт 0 – 1 м представлял собой слой смешанных вод реки (электропроводность вод на участке свободного течения реки 525 мкСм/см) и водохранилища (электропроводность вод водохранилища 175 мкСм/см) (табл. 2).

**Таблица 2**

Вертикальное распределение показателей воды на участке стратификации устьевой области р. Ильд в 2009 и 2011 гг.

Глубина, м	2009				2011			
	$Eh_{18}$ , мкСм/см	$T$ , °С	$O_2$ , мг/л	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$Eh_{18}$ , мкСм/см	$T$ , °С	$O_2$ , мг/л	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
0	314.9	17.9	7.6	998.91	214.1	26.6	10.5	996.83
1	319.6	16.4	6.2	999.12	220.4	24.5	6.9	997.38
2	418.2	16.1	5.0	999.32	225.7	24.0	4.1	997.51
3	475.8	16.1	4.1	999.38	389.0	22.8	1.0	997.95

С увеличением глубины наблюдалось уменьшение температуры воды (разница между поверхностным и придонным слоями составляла 1.8°С) и содержания растворенного кислорода (разница 3.5 мг/л).

Метеорологические особенности 2011 г. способствовали более интенсивному, чем в 2009 г., прогреву воды в поверхностных и в придонных слоях, разница между которыми составляла 3.8°С. Кроме того, заметно снижалось содержание кислорода, что особенно ярко проявлялось на границе вод и ниже (разница между поверхностным и придонным слоями составляла 9.5 мг/л), где его количество могло выступать лимитирующим фактором развития зоопланктона (см. табл. 2). При глубине участка стратификации 3.5 м смешанные воды реки и водохранилища занимали слой 0 – 2 м, а верхняя граница трансформированных вод реки находилась на глубине 3 м.

В 2009 г. наибольшее число видов, биомасса и продукция зоопланктона отмечены на верхней границе слоя трансформированных речных вод – на глубине 2 м (табл. 3).

## НАРУШЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОНА

**Таблица 3**

Число видов ( $S$ ), биомасса зоопланктона ( $B_{зп}$ , г/м<sup>3</sup>), продукция ( $P$ , кал/м<sup>3</sup>×сут) и биомасса бактериопланктона ( $B_{бп}$ , мг/м<sup>3</sup>) на разных глубинах участка стратификации фронтальной зоны устьевой области р. Ильдъ в 2009 и 2011 гг.

Показатели	Год	Глубина, м			
		0	1	2	3
$S$	2009	27	28	29	26
	2011	28	29	29	31
$B_{зп}$	2009	2.25	3.22	3.44	2.00
	2011	11.65	8.31	4.80	1.86
$P$	2009	235.91	224.07	313.64	126.68
	2011	818.30	320.34	208.51	169.29
$B_{бп}$	2009	320.8	206.4	236.6	468.9
	2011	487.6	483.4	658.5	428.8

В 2011 г. величины биомассы и продукции зоопланктона, а также доля колонок в общей биомассе были выше, чем в 2009 г. (табл. 3, 4).

**Таблица 4**

Число видов и доля таксономических групп зоопланктона в общей биомассе на разных глубинах участка стратификации фронтальной зоны устьевой области р. Ильдъ

Глубина, м	Таксоны					
	Rotifera		Copepoda		Cladocera	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
Число видов						
0	20	16	2	4	5	8
1	19	19	2	3	7	7
2	20	17	3	5	6	7
3	16	17	3	5	7	9
Доля в общей биомассе, %						
0	14.4	61.7	77.8	20.3	7.7	17.9
1	13.6	71.1	57.4	10.8	29.0	18.1
2	14.7	67.4	45.6	20.2	39.6	12.4
3	5.0	54.7	61.8	26.2	33.2	19.1

Максимальное число видов отмечено в придонном слое, а биомасса и продукция – в поверхностном. В 2009 г. в слое трансформированных водохранилищных вод (0 – 1 м) по биомассе доминировала *Asplanchna priodonta* Gosse, в области расслоения вод (2 м) – *Diaphanosoma orghidani* Negrea и *Thermocyclops oithonoides* (Sars), а в слое трансформированных речных вод (3 м) – *Th. oithonoides* (Sars). В 2011 г. по всей толще воды по биомассе преобладала *Asplanchna priodonta* Gosse при содоминировании *A. sieboldi* (Leydig) в слое над границей расслоения вод и *Bosmina longirostris* (O. F. Müller) в слое трансформированных речных вод.

Наибольшая биомасса бактериопланктона в 2009 г. регистрировалась у дна – в слое трансформированных речных вод, а в 2011 г. – на глубине 2 м – в слое смешанных вод реки и водохранилища (см. табл. 3). С увеличением глубины в

общей биомассе бактериопланктона возростала доля ассоциированных бактерий с 14.6 до 29.2%.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследования показали, что во фронтальной зоне устьевой области притока равнинного водохранилища формируется участок стратификации, для которого характерно наличие двух расположенных один над другим слоев воды: 1) слой менее минерализованных смешанных вод реки и водохранилища и 2) слой более минерализованных трансформированных речных вод. В нижнем слое «речных» вод уменьшается температура воды и содержание растворенного кислорода, количество которого снижается до экстремальных для гидробионтов значений в периоды, характеризующиеся высокими температурами воды. Глубина расположения границы двух слоев воды зависит в первую очередь от плотностных характеристик среды – чем более плотная вода, тем она ниже расположена (см. табл. 2).

В августе 2009 г. на границе двух слоев воды количественные показатели развития зоопланктона были наибольшими. Вероятная причина их локализации – плотностная стратификация. Как известно, повышение электропроводности происходит при увеличении минерализации воды, что, наряду с меньшими температурами, способствует возрастанию плотности и вязкости воды (Эдельштейн, 1991; Френкель, 1975). В этом случае граница трансформированных вод реки могла служить «вторым дном», на котором задерживалась часть седимента. Однако аналогичной закономерности не прослеживалось относительно сообществ бактериопланктона, максимальная биомасса которого была приурочена к придонному слою. Возможная причина заключается в выедании бактерий зоопланктоном в слое воды 0 – 2 м.

Метеорологические условия 2011 г., в частности, высокие температуры воздуха и воды, способствовали «термическому эвтрофированию», что наблюдается в водоёмах-охладителях, а также в природных водных объектах в аномально жаркие годы (Веригин, 1977; Сиренко, 1981; Безносков и др., 2002; Копылов и др., 2012). В результате этого происходили изменения планктона, наблюдаемые при эвтрофировании (Оксиюк и др., 1993; Андроникова, 1996): увеличивались биомассы бактерио- и зоопланктона, возростала продукция планктонных беспозвоночных, доля коловраток в общей биомассе. Высокая температура вызывала экстремальное снижение содержания кислорода в воде, что могло спровоцировать нарушение выявленной в 2008 г. (Крылов и др., 2009) и в 2009 г. закономерности вертикального распределения зоопланктона: концентрации наиболее богатых в количественном отношении сообществ на верхней границе более плотных трансформированных речных вод.

Максимальному количественному развитию микроорганизмов в придонных слоях, помимо отсутствия контроля «сверху», по-видимому, способствовала высокая температура – один из мощнейших экологических факторов, влияющих на численность бактериального населения (Кузнецов, 1970). В условиях непривычно высокой температуры в августе в поверхностных слоях активно отмирает фито-

## НАРУШЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОНА

планктон, что ведет к обогащению воды органическим веществом. Последнее вызывает как усиленное размножение бактерий, так и более энергичное их дыхание, что также может приводить к резкому падению растворенного кислорода (Гидробиологический режим..., 1981). По сравнению с микробным сообществом стоячих водоёмов (Simon et al., 2002), бактериопланктон устьевой области притока равнинного водохранилища, очевидно, в большей степени зависит от поступления аллохтонного органического вещества, попадающего с водосбора притока. Кроме того, как и в реках, здесь наблюдается более тесное взаимодействие между водной толщей и дном (Экосистема малой реки..., 2007).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На участке стратификации во фронтальной зоне устьевой области притока равнинного водохранилища наблюдается расслоение водной массы, в результате чего верхнее положение занимают менее минерализованные трансформированные воды водохранилища, нижнее положение – более минерализованные воды притока. На границе более плотных речных вод возникает «второе дно», на котором максимального развития достигают беспозвоночные планктона, осуществляющие контроль количественного развития бактерий. Нарушение эффекта «второго дна» происходит в условиях изменения кислородного режима в периоды наибольшего прогревания воды в аномально жаркие годы.

*Исследования проведены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития», подпрограмма «Биоразнообразие: состояние и динамика».*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андроникова И. Н.* Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1996. 189 с.
- Безносос В. Н., Кучкина М. А., Суздалева А. Л.* Исследование процесса термического евтрофирования в водоемах-охладителях АЭС // Водные ресурсы. 2002. Т. 29, № 5. С. 610 – 615.
- Болотов С. Э., Цветков А. И., Крылов А. В.* Гидрологическая и биологическая характеристика зон устьевой области притока Рыбинского водохранилища // Бассейн Волги в XXI веке : структура и функционирование экосистем водохранилищ : материалы Всерос. конф. Ижевск : Пермьяков С.А., 2012. С. 22 – 26.
- Веригин Б. В.* О явлении термического евтрофирования водоемов // Гидробиол. журн. 1977. Т. 13, № 5. С. 98 – 105.
- Гидробиологический режим малых рек в условиях антропогенного воздействия. Рига : Зинатне, 1981. 166 с.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год // Гидрометцентр России [Электронный ресурс] / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. М., 2012. URL: <http://meteoinfo.ru/media/climate/rus-clim-2011.pdf> (дата обращения: 25.12.2012).
- Крылов А. В., Цветков А. И., Малин М. И.* Вертикальное распределение зоопланктона малой реки // Поволж. экол. журн. 2009. № 1. С. 47 – 53.
- Крылов А. В., Цветков А. И., Малин М. И., Романенко А. В., Поддубный С. А., Отыюкова Н. Г.* Сообщества гидробионтов и физико-химические параметры устьевой области притока равнинного водохранилища // Биология внутр. вод. 2010. № 1. С. 65 – 75.

*Копылов А. И., Лазарева В. И., Минеева Н. М., Масленникова Т. С., Стройнов Я. В.* Влияние аномально высокой температуры воды на развитие планктонного сообщества водохранилищ Средней Волги летом 2010 г. // Докл. РАН. 2012. Т. 442, № 1. С. 133 – 135.

*Кузнецов С. И.* Микрофлора озер и её геохимическая деятельность. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1970. 440 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. М. : Наука, 1975. 240 с.

*Михайлов В. Н.* Гидрологические процессы в устьях рек. М. : ГЕОС, 1997. 176 с.

*Оксиюк О. П., Жуковский В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г.* Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62 – 76.

*Рохмистров В. Л.* Гидрологическая характеристика р. Солоницы в зоне подпора // Биология внутр. вод : информ. бюл. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1973. № 23. С. 57 – 59.

Рыбинское водохранилище / под ред. Б. С. Кузина. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1972. 364 с.

*Сиренко Л. А.* Эвтрофирование континентальных водоемов и некоторые задачи по его контролю // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Л. : Гидрометеиздат, 1981. С. 137 – 153.

*Френкель Я. И.* Кинетическая теория жидкостей. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. 226 с.

*Эдельштейн К. К.* Водные массы долинных водохранилищ. М. : Изд-во МГУ, 1991. 139 с.

Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды / под ред. А. В. Крылова, А. А. Боброва. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2007. 372 с.

*Porter K. G., Feig Y. S.* The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora // Limnol. Oceanogr. 1980. Vol. 25, № 5. P. 943 – 948.

*Simon M., Grossart H.-P., Schweitzer B., Ploug H.* Microbial ecology of organic aggregates in aquatic ecosystems // Aquat. Microb. Ecol. 2002. Vol. 28. P. 175 – 211.

УДК 582.261.1(470.341)

**МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ  
(CENTROPHYCEAE) КАРСТОВОГО ОЗЕРА СВЯТОЕ ДЕДОВСКОЕ  
(НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**С. И. Генкал<sup>1</sup>, А. Г. Охапкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН  
Россия, 1525742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок  
E-mail: genkal@ibiw.yaroslavl.ru*

<sup>2</sup> *Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского  
Россия, 603600, Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23  
E-mail: okhapkin@bio.unn.ru*

Поступила в редакцию 24.02.13 г.

**Материалы к флоре диатомовых водорослей (Centrophyceae) карстового озера Святое Дедовское (Нижегородская область).** – Генкал С. И., Охапкин А. Г. – По результатам электронно-микроскопического исследования приведены первые данные по видовому составу диатомовых водорослей класса Centrophyceae карстового оз. Святое Дедовское, уникального памятника природы Нижегородской области. Выявлено 25 таксонов центрических диатомовых водорослей из 6 родов: *Aulacoseira* – 13, *Cyclotella* – 1, *Discostella* – 1, *Melosira* – 1, *Stephanodiscus* – 5, *Thalassiosira* – 4, в том числе новый вид для флоры России *Aulacoseira laevisissima*. Видовой состав центрических диатомовых водорослей характеризует озеро как олиготрофное.

*Ключевые слова:* фитопланктон, диатомовые водоросли, Centrophyceae, флора, электронная микроскопия, озеро Святое Дедовское, Нижегородская область.

**Data on the diatom algae (Centrophyceae) flora in the karstic lake Svyatoye Dedovskoye (Nizhny Novgorod region).** – Genkal S. I. and Okhapkin A. G. – Early data are presented on the species composition of diatom algae (the Centrophyceae class) in the karstic lake Svyatoye Dedovskoye, a unique natural monument in the Nizhny Novgorod region, from electron microscopy studies. A total of 25 taxa of centric diatoms have been recorded, belonging to 6 genera, namely: *Aulacoseira* (13), *Cyclotella* (1), *Discostella* (1), *Melosira* (1), *Stephanodiscus* (5), *Thalassiosira* (4), including *Aulacoseira laevisissima*, a species new for the flora of Russia. The species composition of centric diatom algae characterizes the lake as oligotrophic.

*Key words:* phytoplankton, diatom algae, Centrophyceae, flora, electron microscopy, lake Svyatoye Dedovskoye, Nizhny Novgorod region.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В литературе данные по видовому составу Bacillariophyta карстовых озёр Среднего Поволжья, в том числе центрическим диатомовым водорослям, немногочисленны. О. В. Палагушкина приводит данные изучения 61 озера (от олиготрофных до эвтрофных) и в качестве наиболее часто встречающихся видов класса Centrophyceae приводит *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclotella* species, *Stephanodiscus hantzschii*, *Stephanodiscus* species, а также в этих озерах она зафиксировала *Aulacoseira granulata*, *A. islandica*, *Cyclostephanos dubius*, *Cyclotella comensis*, *C. radiosa*, *Stephanodiscus minutulus* (Палагушкина, 2004). В эвтрофном оз. Бездонное (Самар-

ская Лука) было обнаружено всего два вида центрических диатомовых водорослей – *Discostella pseudostelligera* и *Stephanodiscus invisitatus* (Генкал, Горохова, 2008).

Карстовое оз. Святое Дедовское – уникальный памятник природы Нижегородской области. Водоём известен как одно из немногих мест произрастания редких видов растений (полушник озёрный, ликоподиелла заливаемая, осока Эдера), внесенных в Красную книгу Нижегородской области (2005). Альгофлора этого уникального водного объекта совершенно не изучена.

Цель работы: на основе электронно-микроскопических исследований выявить видовой состав центрических диатомовых водорослей, выделить массовые и редкие виды.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Озеро Святое Дедовское – самое крупное карстовое (карстово-террасное) озеро на территории области. Считают, что оно образовалось в результате слияния нескольких карстовых провалов (Бакка, Киселева, 2009). Водоём расположен в 13 км на северо-восток от г. Навашино Нижегородской области, у с. Дедово (Баканина и др., 2001). Форма озера – овальная, длина водоёма около 2 км, наибольшая ширина 1 км, глубина до 20 м, площадь водного зеркала 136 га. Дно илистое у возвышенного северного берега и песчано-илистое в юго-восточной части водоёма (Панфилов, 1974).

Для рекогносцировочной характеристики альгофлоры озера 26 августа 2012 г. был проведен отбор проб на трех станциях, расположенных в западной, центральной и восточной его частях. Глубина на станциях отбора проб составляла 9 – 10 м, прозрачность воды колебалась от 2.5 до 3 м, температура поверхностного слоя составляла +20 – 21.5°C. Пробы воды отбирались батометром Рутгнера с поверхностного горизонта (0 – 0.5 м) и интегрированные (от поверхности до дна), на месте фиксировались иодно-формалиновым фиксатором (Методика изучения биогеоценозов..., 1975), затем отстаивались в течение двух недель в холодильнике и обрабатывались отстойным методом с последующей фильтрацией супернатанта через мелкопористые мембранные фильтры марки Владипор МФАС-СПА с диаметром пор 1.5 – 3.0 мкм.

Освобождение створок диатомей от органических веществ для электронной микроскопии проводили методом холодного сжигания (Балонов, 1975). Препараты водорослей исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM-25S.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении материалов выявлено 25 представителей Centrophyceae. Их краткие описания и оригинальные иллюстрации приведены ниже.

*Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen (рис. 1, 1). Створка диаметром 10 мкм, высотой 10 мкм, число рядов ареол 11 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 16.

*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (рис. 1, 2). Створка диаметром 11,8 мкм, высотой 11.8 мкм, число рядов ареол 9 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 9.

## МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

*Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (рис. 1, 3). Створка диаметром 20 мкм, высотой 12.2 мкм, число рядов ареол 12 в 10 мкм.

*Aulacoseira lacustris* (Grunow) Krammer (рис. 1, 4, 5, 7). Створки диаметром 17.1 – 33.3 мкм, высотой 6.6 – 13.0 мкм, число рядов ареол 10 – 12 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 20.

В озере отмечено массовое развитие. Для водоёмов бассейна Средней Волги отмечена впервые.

Максимальные значения диаметра створки и ее загиба превышают известные значения (Генкал, Куликовский, 2008; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал, Чекрыжева, 2011; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Houk, 2003), за исключением данных по этому виду из р. Пасвик, где зафиксирован диаметр створки до 40 мкм (Комулайнен, Генкал 2009).

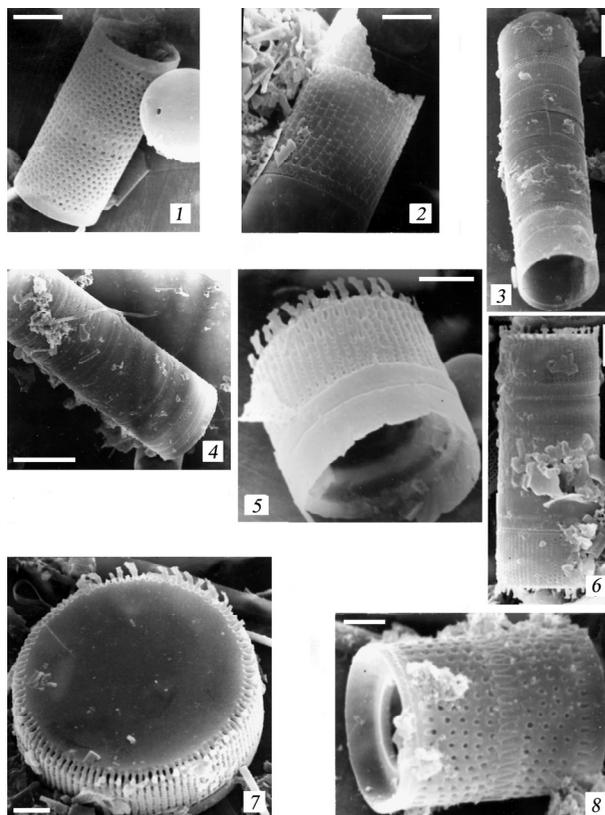
*Aulacoseira laevissima* (Grunow) Krammer (рис. 1, 6). Створки диаметром 11.0 – 11.4 мкм, высотой 7.5 мкм, число рядов ареол 20 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 20 – 30.

Новый для флоры России.

Редкий современный пресноводный вид, встречающийся в олиготрофных водоёмах (Haworth, 1988; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Siver, Kling, 1997; Houk, 2003; Houk, Klee, 2007).

*Aulacoseira lirata* (Ehrenberg) Ross (рис. 1, 8). Створки диаметром 11 – 31 мкм, высотой 8.7 – 12.7 мкм, число рядов ареол 7 – 10 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 8 – 14. Указывалась для Горьковского (Охупкин и др., 1997) и Куйбышевского (Фитопланктон нижней Волги, 2003) водохранилищ.

Максимальные значения диаметра створки и числа ареол в 10 мкм превышают известные значения (Давыдова, Моисеева, 1992; Комулайнен, Генкал, 2009;



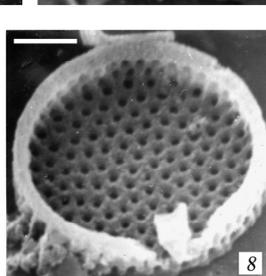
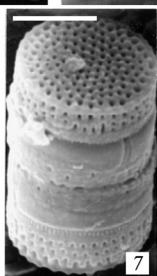
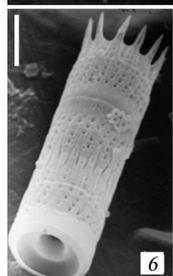
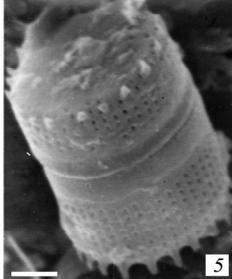
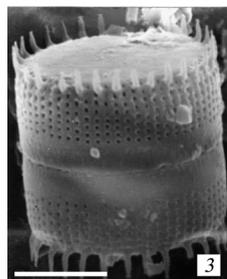
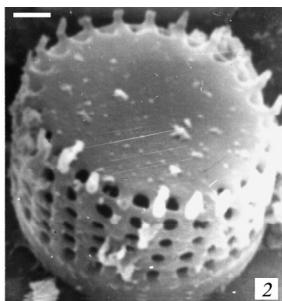
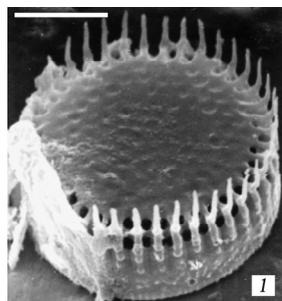
**Рис. 1.** Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Aulacoseira ambigua*; 2 – *A. granulata*; 3 – *A. islandica*; 4, 5, 7 – *A. lacustris*; 6 – *A. laevissima*; 8 – *A. lirata*. 1 – 8 – створки с наружной поверхности. Масштаб, мкм: 1, 2, 4, 5 – 5; 3, 7, 8 – 10

Генкал, Трифонова, 2009; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2011, 2013; Харитонов, Генкал, 2012; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Houk, 2003).

*Aulacoseira perglabra* (Oestrup) Haworth (рис. 2, 1). Створки диаметром 6.7 – 20.0 мкм, высотой 1.2 – 3.6 мкм, число рядов ареол 12 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 10.

Для водоёмов бассейна Средней Волги указывается впервые.

Максимальное значение диаметра створки превышает известные из литерату-



ры данные (Генкал, Трифонова, 2009; Комулайнен, Генкал, 2009; Генкал, Бондаренко, 2011; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2011, 2013; Харитонов, Генкал, 2012; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Houk, 2007).

*Aulacoseira septentrionalis* (Camburn et Charlrs) Genkal et Kulikovskiy (рис. 2, 1). Створки диаметром 5.2 – 7.3 мкм, высотой 2.6 – 3.2 мкм, число рядов ареол 14 – 15 в 10 мкм.

Для водоёмов бассейна Средней Волги указывается впервые.

*Aulacoseira* species 1 (рис. 2, 3, 4). Створка диаметром 10 мкм, высотой 4 мкм, число рядов ареол 20 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 25.

*Aulacoseira* species 2 (рис. 2, 5). Створка диаметром 7.7 мкм, высотой 4 мкм, число рядов ареол 20 в 10 мкм.

*Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Haworth (рис. 2, 6). Створка диаметром 7.1 мкм, высотой 5.7 мкм, число рядов ареол 14 в 10 мкм.

**Рис. 2.** Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Aulacoseira perglabra*; 2 – *A. septentrionalis*; 3, 4 – *Aulacoseira* species 1; 5 – *Aulacoseira* species 2; 6 – *A. subarctica*; 7, 8 – *A. tenella*. 1 – 3, 5 – 7 – створки с наружной поверхности; 4 – шипы; 8 – створки с внутренней поверхности.

Масштаб, мкм: 1, 3, 6, 7 – 5; 2, 4 – 1; 5, 8 – 2

*Aulacoseira tenella* (Nygaard) Florin (рис. 2, 7, 8). Створки диаметром 7.6 – 9.0 мкм, высотой 1.4 – 1.8 мкм, число рядов ареол 16 – 20 в 10 мкм.

## МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Для водоёмов бассейна Средней Волги указывается впервые.

*Aulacoseira valida* (Grunow) Krammer (рис. 3, 1). Створки диаметром 11.0 – 18.6 мкм, высотой 12.7 – 14.0 мкм, число рядов ареол 12 в 10 мкм, число рядов ареол 13, 14 в 10 мкм.

Указывалась для водохранилищ Верхней Волги (кроме Угличского) (Корнева, 2009) и Куйбышевского (Фитопланктон Нижней Волги, 2003).

*Cyclotella meneghiniana* Kützing (рис. 3, 5, 6). Створки диаметром 16.4 – 32.8 мкм, штрихов 6 – 8 в 10 мкм.

*Discostella stelligera* (Cleve et Grunow) Houk et Klee (рис. 3, 2 – 4). Вегетативные створки диаметром 9.5 – 28.8 мкм, штрихов 9 – 10 в 10 мкм. Инициальные створки диаметром 20.0 – 22.2 мкм, штрихов 8 – 12 в 10 мкм.

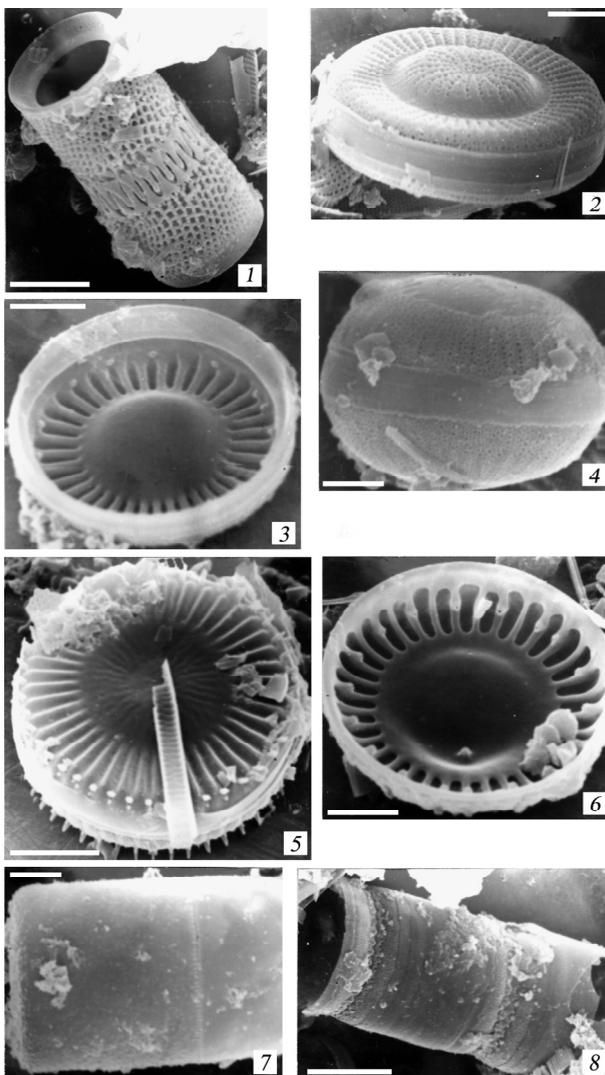
В озере отмечено массовое развитие *D. stelligera*.

*Melosira varians* Agardh (рис. 3, 7). Створки диаметром 17.7 – 30.0 мкм, высотой 15.7 – 17.7 мкм.

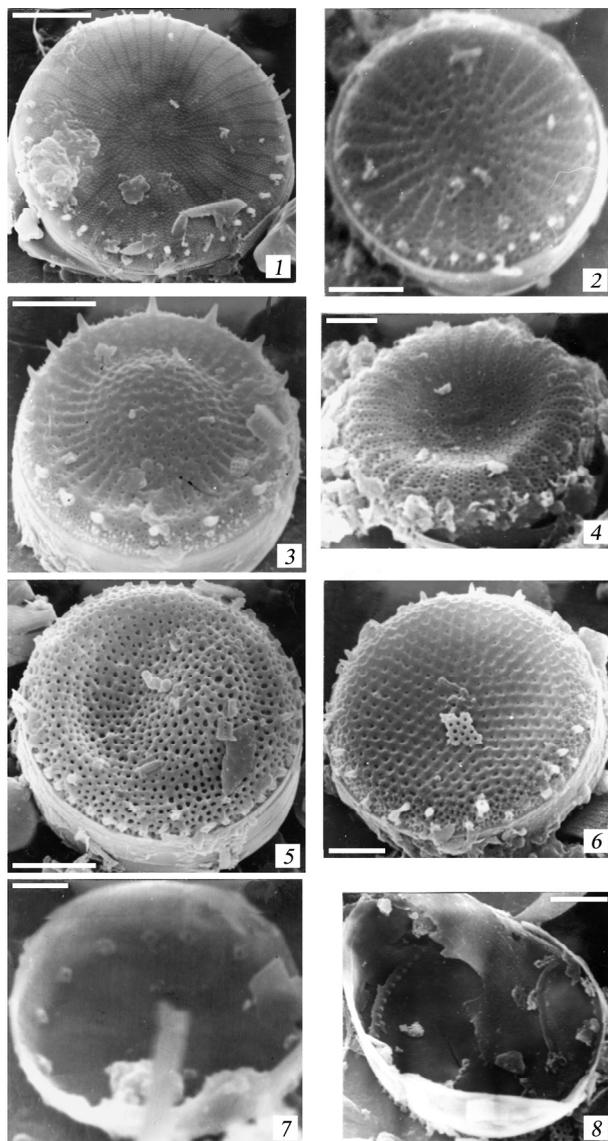
*Stephanodiscus binderanus* (Kützing) Krieger (рис. 3, 8). Створки диаметром 14.3 – 21.0 мкм, штрихов 8 – 9 в 10 мкм.

*Stephanodiscus hantzschii* Grunow (рис. 4, 1). Створки диаметром 10.4 – 34.3 мкм, штрихов 4 – 12 в 10 мкм.

Максимальное значение диаметра створки пре-



**Рис. 3.** Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Aulacoseira valida*; 2 – 4 – *Discostella stelligera*; 5, 6 – *Cyclotella meneghiniana*; 7 – *Melosira varians*; 8 – *Stephanodiscus binderanus*. 1, 2, 5, 7, 8 – створки с наружной поверхности; 4 – инициальные створки с наружной поверхности; 3, 6 – створки с внутренней поверхности. Масштаб, мкм: 1, 5, 8 – 10; 2 – 4, 6, 7 – 5



**Рис. 4.** Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Stephanodiscus hantzschii*; 2 – *S. minutulus*; 3 – *S. neoastreae*; 4 – *S. triporus*; 5 – *Thalassiosira lacustris*; 6 – *T. incerta*; 7 – *T. pseudonana*; 8 – *T. weissflogii*; 1 – 6 – створки с наружной поверхности; 7, 8 – створки с внутренней поверхности. Масштаб, мкм: 1, 5 – 10; 2, 4 – 2; 3, 6, 8 – 5; 7 – 1

вышает известные (Определитель..., 1951; Генкал, 1992; Козырченко и др., 1992; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал и др., 2011; Kramer, Lange-Bertalot, 1991).

*Stephanodiscus makarova* Genkal (рис. 4, 2). Створка диаметром 7.7 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

*Stephanodiscus neoastreae* Håkansson et Hickel emend. Casper, Scheffler et Augsten (рис. 4, 3). Створки диаметром 15.7 – 20.7 мкм, штрихов 10 в 10 мкм.

*Stephanodiscus triporus* Genkal et Kuzmin (рис. 4, 4). Створка диаметром 11.4 мкм, штрихов 12 в 10 мкм.

*Thalassiosira lacustris* (Grunow) Hasle et Fryxell (рис. 4, 5). Створки диаметром 32.8 – 37.7 мкм, краевых выростов 5 в 10 мкм.

*Thalassiosira incerta* Makarova (рис. 4, 6). Створки диаметром 21.4 – 23.3 мкм, краевых выростов 4 в 10 мкм.

*Thalassiosira pseudonana* Hasle et Heimdal (рис. 4, 7). Створка диаметром 5.3 мкм, краевых выростов 17 в 10 мкм.

*Thalassiosira weissflogii* (Grunow) Fryxell et Hasle (рис. 4, 8). Створка диаметром 20 мкм, краевых выростов 14 в 10 мкм.

Наиболее насыщенным в таксономическом отношении оказался род *Aulacoseira* – 11 видов и 2 формы, определенные только до

## МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

рода, и из них один вид, новый для флоры России (*A. laevisissima*). При этом значительная часть представителей этого рода (*A. lacustris*, *A. laevisissima*, *A. lirata*, *A. perglabra*, *A. septentrionalis*, *A. tenella*) относится к редким видам, характерным для северных, альпийских или горных олиготрофных водоёмов (Давыдова, Моисеева, 1992; Генкал, Трифонова, 2009; Комулайнен, Генкал, 2009; Генкал, Бондаренко, 2011; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2011, 2013; Харитонов, Генкал, 2012; Houk, 2003; Houk, Klee, 2007). Из перечисленных видов этого рода только *Aulacoseira lirata* и *A. valida* были отмечены в составе волжского фитопланктона. Такое необычно высокое богатство этого рода в регионе, в водоёмах которого, как правило, встречается другой набор видов – *A. ambigua*, *A. granulata*, *A. islandica* и *A. subarctica* (Корнева, Генкал, 2000), характеризует оз. Святое Дедовское как олиготрофный водоём с уникальным видовым составом. При этом в других изученных карстовых озёрах этого региона состав Centrophyceae сильно отличается от перечня центрических диатомей исследованного водоёма (Палагушкина, 2004; Генкал, Горохова, 2008). С другой стороны, в озере единично отмечены пресноводно-солонатоводные представители рода *Thalassiosira*, что может быть следствием наблюдающихся в бассейне р. Волги постепенных изменений условий формирования стока водоёмов, сопровождающихся ростом минерализации, изменением ионного состава и трофии вод. Значительная часть видов центрических диатомовых водорослей отмечена не в поверхностных, а в интегрированных по глубине водоёма пробах воды (особенно крупноклеточные виды рода *Aulacoseira*), что косвенно свидетельствует об их концентрации во второй половине лета в зоне гипolimниона.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первое исследование уникального памятника природы Нижегородской области карстового озера Святое Дедовское выявило богатый видовой состав диатомовых водорослей класса Centrophyceae – 25 таксонов из 6 родов. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечено в роде *Aulacoseira* (13), в том числе обнаружен новый вид для флоры России (*Aulacoseira laevisissima*). Видовой состав центрических диатомовых водорослей необычен для водоёмов бассейна Средней Волги, характеризует озеро как олиготрофное и требует дальнейшего изучения. Наличие в озере представителей рода *Thalassiosira* возможно свидетельствует о постепенной экспансии представителей высокоминерализованных вод в водоёмы исследуемого региона в связи с постепенной трансформацией условий обитания и динамики климата.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-04-00878-а).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баканина Ф. М., Воротников В. П., Лукина Е. В., Фридман Б. И. Озера Нижегородской области / Нижегород. отд.-ние Всерос. о-ва охраны природы. Н. Новгород, 2001. 165 с.

Бакка С. В., Киселева Н. Ю. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. Аннотированный перечень / Минприроды Нижегородской области. Н. Новгород, 2009. 560 с.

Балонов И. М. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. С. 86 – 87.

Генкал С. И. Атлас диатомовых водорослей планктона реки Волги. СПб. : Гидрометеоиздат, 1992. 128 с.

Генкал С. И., Бондаренко Н. А. Диатомовые водоросли горных озер Джергинского заповедника (Прибайкалье). 1. Centrophyceae // Поволж. экол. журн. 2011. № 2. С. 127 – 136.

Генкал С. И., Горохова О. Г. Материалы к флоре диатомовых водорослей (Centrophyceae) водоемов Самарской Луки // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2008. Т. 10, № 5/1 (25). С. 205 – 213.

Генкал С. И., Куликовский М. С. Новые виды центрических диатомовых (Bacillariophyta) из государственного природного заповедника «Рдейский» (Новгородская область) // Бот. журн. 2008. Т. 93, № 5. С. 771 – 775.

Генкал С. И., Трифонова И. С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск : Изд-во «Рыбинский дом печати», 2009. 72 с.

Генкал С. И., Чекрыжева Т. А. Центрические диатомовые водоросли (Bacillariophyta, Centrophyceae) водоемов Карелии // Биол. внутр. вод. 2011. № 1. С. 5 – 16.

Генкал С. И., Бондаренко Н. А., Шур Л. А. Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири. Рыбинск : Изд-во «Рыбинский дом печати», 2011. 72 с.

Генкал С. И., Поповская Г. И., Осипов Э. Ю., Онищук Н. А., Лихошвай Е. В. Bacillariophyta высокогорных водоемов Баргузинского хребта // Биол. внутр. вод. 2013. № 3. С. 4 – 8.

Давыдова Н. Н., Моисеева А. И. Род *Aulacosira* Thw. // Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1992. Т. II, вып. 2. С. 76 – 85.

Козыренко Т. Ф., Хурсевич Г. К., Логинова Л. П., Генкал С. И., Шешукова-Порецкая В. С. Род *Stephanodiscus* Ehr. // Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1992. Т. II, вып. 2. С. 7 – 20.

Комулайнен С. Ф., Генкал С. И. Материалы к флоре Bacillariophyta приграничной реки Пасвик (Патсойки, Мурманская область, Россия). 1. Centrophyceae // Альгология. 2009. Т. 19, № 3. С. 273 – 283.

Корнева Л. Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов : дис. ... д-ра биол. наук. Борок, 2009. 434 с.

Корнева Л. Г., Генкал С. И. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона волжских водохранилищ // Каталог растений и животных водоемов бассейна Волги. Ярославль : Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 2000. С. 5 – 112.

Красная книга Нижегородской области : в 2 т. Т. 2. Сосудистые растения, водоросли, лишайники, грибы / Комитет охраны природы и управления природопользованием Нижегородской области. Н. Новгород, 2005. 328 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. 240 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1951. Вып. 4. 619 с.

Охапкин А. Г., Микульчик И. А., Корнева Л. Г., Минеева Н. М. Фитопланктон Горьковского водохранилища / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 1997. 224 с.

Палагушкина О. В. Экология фитопланктона карстовых озер Среднего Поволжья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2004. 25 с.

Панфилов Д. Н. Воды // Природа Горьковской области. Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1974. С. 126 – 172.

## МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Фитоплантон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 2003. 232 с.

*Харитонов В. Г., Генкал С. И.* Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан : Изд-во СВНЦ ДВО РАН, 2012. 402 с.

*Haworth E. Y.* Distribution of diatom taxa of the Old genus *Melosira* (now mainly *Aulacoseira*) in Cumbrian waters // *Algae and the Aquatic Environment* / ed. F. E. Round. Bristol : Biopress, 1988. P. 138 – 167.

*Houk V.* Atlas of freshwater centric diatoms with brief key and descriptions. Part I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae // *Czech. Phycol.* 2003. Suppl. 1. P. 1 – 112.

*Houk V., Klee R.* Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part II. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Part I) // *Fottea, Olomouc.* 2007. Vol. 7, № 2. P. 85 – 255.

*Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae 3. Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // *Süswasserflora von Mitteleuropa.* Stuttgart ; Jena : Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 s.

*Siver P. A., Kling H.* Morphological observations of *Aulacoseira* using scanning electron microscopy // *Can. J. Bot.* 1997. Vol. 75. P. 1807 – 1835.

УДК 581.526.325 (57.087.1)

## ОПЫТ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ФИТОПЛАНКТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

В. Б. Голуб, **В. Н. Паутова**, Н. А. Гречушкина, В. И. Номоконова

*Институт экологии Волжского бассейна РАН  
Россия, 445003, Тольятти, Комзина, 10  
E-mail: vbgolub2000@mail.ru*

Поступила в редакцию 16.01.13 г.

**Опыт анализа динамики фитопланктона с использованием статистических критериев.** – Голуб В. Б., Паутова В. Н., Гречушкина Н. А., Номоконова В. И. – По данным учетов с частым отбором проб в 1989 – 1991 гг. проведена оценка динамики состава фитопланктона в Приплотинном плёсе Куйбышевского водохранилища. Для выявления возникших в течение трех лет агломераций видов использовался кластерный анализ. В результате в водохранилище за три года наблюдений установлено 8 агломераций видов фитопланктона, отличающихся разной степенью повторного возникновения. В каждой агломерации определены верные виды с помощью расчета *phi*-коэффициента.

*Ключевые слова:* фитопланктон, статистический анализ, сезонная и разногодичная динамика, верные виды, Куйбышевское водохранилище.

**An attempt of the phytoplankton dynamics analysis with statistical criteria.** – Golub V. B., Pautova V. N., Grechushkina N. A., and Nomokonova V. I. – The phytoplankton dynamics near the near-dam stretch of the Kuibyshev reservoir was estimated from the 1989 – 1991 survey data with frequent water sampling. Cluster analysis was used to identify phytoplankton species agglomerations arising during these three years. Eight agglomerations of phytoplankton species with different stability degrees were identified. Faithful species for each agglomeration were revealed by *phi*-coefficient calculations.

*Key words:* phytoplankton, statistical analysis, seasonal and interannual dynamics, faithful species, Kuibyshev reservoir.

### ВВЕДЕНИЕ

Ранее были представлены результаты наблюдений за сезонной динамикой фитопланктона в Приплотинном плёсе Куйбышевского водохранилища в 1990 г. (Паутова и др., 2001). Было показано, что на протяжении периода открытой воды изменялись видовой состав фитопланктона, его численность и комплекс доминирующих видов. В соответствии с динамикой этих показателей были выделены сезонные агломерации фитопланктона, смены которых были увязаны с динамикой температуры воды.

Представляет интерес вопрос: «Насколько стабильны в водохранилище возникающие в течение вегетационного сезона агломерации фитопланктона?» На этот вопрос мы попытались ответить в настоящей работе, используя результаты частых учетов состава фитопланктона в годы с разными гидрометеорологическими режимами и статистический анализ данных. Последний был заимствован из методов выделения растительных сообществ и их верных видов, которые в последнее время получили широкое распространение при характеристике растительности с пре-

обладанием высших растений (Голуб и др., 2011; Куземко, 2012; Peinado et al., 2011; Walker et al., 2011; Ujházyová, Ujházy, 2012; Blasi et al., 2012; Dolezal et al., 2012; Iakushenko et al., 2012; Landucci et al., 2013; Slezák et al., 2013; Šumberová, Hrivnák, 2013).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор проб проводили батометром Руттнера с апреля по октябрь каждые 2 – 3 дня в течение трех лет (1989 – 1991 гг.) в поверхностном слое воды открытого мелководья в левобережье Приплотинного плёса Куйбышевского водохранилища. Глубина станции в среднем равнялась 7.8 м. Одновременно с отбором проб измеряли температуру воды. Всего было взято 309 проб: в 1989 г. – 113, в 1990 г. – 90 и в 1991 г. – 106. Водоросли фиксировали по методу Г. В. Кузьмина (1975) и концентрировали путем фильтрации через мембранные фильтры с диаметром пор порядка 1 мкм. Учёт численности клеток водорослей делали в счетной камере Учинской емкостью 0.02 см<sup>3</sup>. Обилие водорослей определяли подсчетом числа клеток (тыс. кл./л).

Первоначальный таксономический список фитопланктона включал 424 таксона в ранге: вид, вариант и форма. При обработке материала, если в этом списке два и более варианта и (или) форм принадлежали к одному и тому же виду, их объединяли, поднимая ранг таксонов до уровня вида. В результате таксономический список сократился до 397 единиц. Далее из этого списка были отобраны только доминирующие таксоны, обилие которых составляло не менее 10% от общего числа клеток в пробе. Таких таксонов оказалось 39. Для дальнейшего анализа абсолютные значения обилия этих таксонов были логарифмированы, а полученные величины переведены в классы 10-балльной шкалы: 1 – от 3 до 10; 2 – от 11 до 36; 3 – от 37 до 124; 4 – от 125 до 430; 5 – от 431 до 1488; 6 – от 1489 до 5147; 7 – от 5148 до 17808 тыс. кл./л.

Выборка из 309 проб фитопланктона со списком только доминирующих таксонов, в которой в качестве переменных фигурируют значения класса численности таксонов, была подвергнута кластерному анализу. В качестве меры флористического сходства проб служил относительный количественный коэффициент Сьеренсена. Формирование полученных значений коэффициентов в кластеры проводили методом гибкого бета связывания (при  $\beta = -0.25$ ). Кластерный анализ был проведен с помощью программы PC-ORD 5.0 (McCune et al., 2002), которая включена в пакет программ JUICE 7.0 (Tichý, 2002). Уровень кластеризации (число групп, подлежащих анализу) выбирали путем расчета значения максимальной «четкости классификации» (Botta-Dukát et al., 2005). Выделенные кластерным анализом группы мы принимали за существующие в определенный момент времени агломерации видов фитопланктона. Для этих агломераций определяли «верные виды» – виды, которые имеют повышенную концентрацию в рассматриваемой агломерации в сравнении с другими.

Верные виды устанавливали, рассчитывая *phi*-коэффициент (Chytrý et al., 2002). Так как на величину *phi*-коэффициента влияет размер групп, предварительно их выравнивали (Tichý, Chytrý, 2006). Поскольку *phi*-коэффициент как показатель верности не имеет вероятностной статистической оценки, дополнительно к

нему оценивали неслучайное распределение встречаемости таксонов по выделенным агрегациям до их выравнивания с помощью критерия Фишера при уровне значимости  $P < 0.001$ .

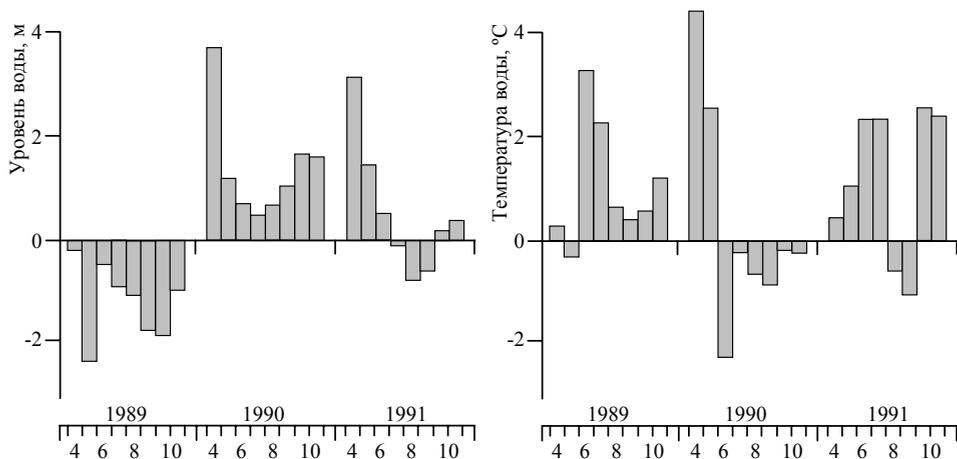
К числу верных таксонов отнесли те из них, которые при указанном значении критерия Фишера имели величину  $\phi$ -коэффициента более 0.1. Этот порог был выбран с расчетом, чтобы количество верных таксонов было не слишком большим или не слишком маленьким, т. е. субъективно. Остальные виды в группе условно считали случайными. Всю процедуру расчетов значений «четкости классификации»,  $\phi$ -коэффициента и критерия Фишера реализовывали так же, как и кластерный анализ, в среде JUICE 7.0.

Для характеристики обилия того или иного таксона в выделенной агрегации использовали величину медианы, определенной в ранжированном ряду ненулевых значений этого показателя.

Эколого-географическая характеристика видов была проведена в соответствие с данными, приведенными в книге «Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки» (2003).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным Тольяттинской гидрометеообсерватории и результатам собственных наблюдений, годы, в которые мы проводили исследования, значительно отличались друг от друга (рисунок). По гидрологическим условиям выделяются 1989 и 1990 г.: первый из них был маловодным, второй – многоводным.



Отклонение от среднемноголетних значений уровня и температуры воды в водохранилище в 1989 – 1991 гг.; цифры по оси абсцисс – месяцы с апреля до ноября

Средняя за месяц температура воды в водохранилище наиболее высокой была в июне – сентябре 1989 г. Средняя за декаду – в конце июня и начале июля 1991 г. Весенние процессы экстремально рано начали развиваться в 1990 г. Очищение во-

## ОПЫТ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ФИТОПЛАНКТОНА

доёма ото льда произошло уже в начале апреля, и температура воды в апреле – мае была выше, чем в 1989 и 1991 г. Позднее, при неустойчивых синоптических условиях, прогрев воды замедлился. И устойчивый переход температуры воды через 20°C в 1990 г. наблюдался 8 июля, а в 1989 и 1991 гг. – значительно раньше, 19 и 20 июня соответственно. Осеннее охлаждение водных масс замедленно происходило в 1991 г.: в октябре – ноябре регистрировали наиболее высокие температуры воды в сравнение с двумя предыдущими годами. В целом весна была самой холодной в 1989 г., осень – в 1990 г., лето (если ориентироваться на переходы температуры воды через 20°C) поздно началось в многоводном 1990 г. (в июле) и было самым коротким.

Практически все анализируемые доминирующие по численности виды водорослей относятся к планктонным организмам и являются преимущественно космополитами (табл. 1). Во флористическом отношении преобладают виды отделов Bacillariophyta (15 видов) и Cyanophyta (14), реже Chlorophyta (6), единично Cryptophyta (3) и Chrysophyta (1). В весенний и позднелетний сезоны в фитопланктоне лидируют в основном диатомовые, летом и в позднелетне-раннеосенний сезон – преимущественно синезелёные водоросли.

**Таблица 1**

Встречаемость и обилие таксонов в агрегациях, выделенных  
в результате кластерного анализа, %

Отдел	Номер агрегации	1	2	3	4	5	6	7	8	Эколого-географическая характеристика таксонов
	Число проб в агрегации	18	27	43	21	20	100	69	11	
	Среднее число доминирующих таксонов в пробах	10	11	14	10	11	16	13	8	
	Среднее число всех таксонов	18	27	30	19	32	38	29	12	
	Число верных таксонов	1	6	8	1	3	12	5	1	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B	<i>Melosira varians</i> Ag.	39 <sup>3</sup>	11 <sup>3</sup>	5 <sup>2</sup>	–	–	1 <sup>2</sup>	–	–	П, к, Гл, Ал, β
B	<i>Thalassiosira</i> sp.	50 <sup>3</sup>	89 <sup>3</sup>	19 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	40 <sup>2</sup>	26 <sup>2</sup>	16 <sup>2</sup>	18 <sup>2</sup>	с-а
B	<i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müll.) Haworth	–	33 <sup>3</sup>	14 <sup>2</sup>	5 <sup>1</sup>	20 <sup>2</sup>	1 <sup>7</sup>	–	–	П, Г, Ал
B	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	78 <sup>3</sup>	100 <sup>3</sup>	88 <sup>3</sup>	48 <sup>2</sup>	20 <sup>1</sup>	76 <sup>3</sup>	59 <sup>2</sup>	36 <sup>1</sup>	П, к, И, Ал, α-β
B	<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müll.) Sim.	94 <sup>3</sup>	100 <sup>4</sup>	93 <sup>4</sup>	57 <sup>2</sup>	25 <sup>2</sup>	77 <sup>3</sup>	51 <sup>4</sup>	55 <sup>2</sup>	П, с-а, И, Ин, о-β
B	<i>Asterionella formosa</i> Hass.	39 <sup>2</sup>	100 <sup>3</sup>	91 <sup>2</sup>	5 <sup>1</sup>	55 <sup>1</sup>	6 <sup>3</sup>	9 <sup>2</sup>	–	П, к, И, β-о
B	<i>Diatoma tenue</i> C. Agardh	17 <sup>2</sup>	81 <sup>2</sup>	91 <sup>3</sup>	5 <sup>3</sup>	75 <sup>3</sup>	25 <sup>3</sup>	9 <sup>2</sup>	–	П, б, Гл, Ал, β-о
CR	<i>Cryptomonas caudata</i> Schiller	17 <sup>2</sup>	15 <sup>1</sup>	65 <sup>3</sup>	5 <sup>3</sup>	5 <sup>3</sup>	21 <sup>3</sup>	1 <sup>1</sup>	9 <sup>1</sup>	П, к, И
B	<i>Actinocyclus normanii</i> (Greg.) Hust.	6 <sup>3</sup>	–	65 <sup>2</sup>	33 <sup>2</sup>	–	24 <sup>3</sup>	74 <sup>3</sup>	–	П, Гл, Ал, α
CHL	<i>Chlamydomonas monadina</i> Stein	33 <sup>3</sup>	22 <sup>2</sup>	51 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	45 <sup>2</sup>	4 <sup>1</sup>	–	П, к, И, β-α
B	<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge	22 <sup>3</sup>	33 <sup>7</sup>	100 <sup>6</sup>	95 <sup>3</sup>	60 <sup>2</sup>	88 <sup>4</sup>	100 <sup>4</sup>	45 <sup>2</sup>	П, Гл, β-α
CR	<i>Rhodomonas lens</i> Pasch. et Ruttn.	22 <sup>2</sup>	15 <sup>2</sup>	88 <sup>3</sup>	95 <sup>3</sup>	55 <sup>2</sup>	51 <sup>2</sup>	41 <sup>1</sup>	55 <sup>1</sup>	П, с-а, о-β
CHL	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	6 <sup>2</sup>	41 <sup>3</sup>	30 <sup>2</sup>	81 <sup>2</sup>	95 <sup>3</sup>	64 <sup>2</sup>	59 <sup>2</sup>	27 <sup>1</sup>	П, к, И, β
CHL	<i>Planctococcus sphaerocystiformis</i> Korsch.	–	37 <sup>2</sup>	23 <sup>2</sup>	33 <sup>1</sup>	85 <sup>4</sup>	52 <sup>3</sup>	20 <sup>1</sup>	27 <sup>1</sup>	П, к, Гб
C	<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Bréb.	33 <sup>2</sup>	11 <sup>2</sup>	7 <sup>4</sup>	5 <sup>3</sup>	45 <sup>3</sup>	89 <sup>3</sup>	22 <sup>3</sup>	–	П, к, И, β
CHL	<i>Pandorina morum</i> (Müll.) Bory	17 <sup>2</sup>	4 <sup>4</sup>	–	–	–	48 <sup>4</sup>	9 <sup>3</sup>	–	П, к, И, β
C	<i>Phormidium mucicola</i> Naum. et Huber-Pestal.	22 <sup>2</sup>	4 <sup>5</sup>	12 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	35 <sup>3</sup>	94 <sup>5</sup>	67 <sup>3</sup>	27 <sup>3</sup>	Э, к, И, о-β

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	50 <sup>4</sup>	19 <sup>3</sup>	37 <sup>4</sup>	62 <sup>5</sup>	40 <sup>5</sup>	99 <sup>6</sup>	77 <sup>4</sup>	100 <sup>5</sup>	П, к, И, β
B	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.	44 <sup>3</sup>	7 <sup>3</sup>	53 <sup>4</sup>	5 <sup>2</sup>	20 <sup>2</sup>	54 <sup>3</sup>	42 <sup>3</sup>	–	П, к, И, β-α
C	<i>Microcystis wesenbergii</i> Komarek	–	–	–	–	–	15 <sup>6</sup>	7 <sup>6</sup>	9 <sup>6</sup>	П, к, И, Ал, β
CHL	<i>Microactinium pusillum</i> Fres	6 <sup>1</sup>	44 <sup>3</sup>	19 <sup>2</sup>	–	35 <sup>3</sup>	42 <sup>3</sup>	28 <sup>2</sup>	–	П, к, Ог, β
CR	<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	61 <sup>2</sup>	59 <sup>2</sup>	98 <sup>5</sup>	100 <sup>4</sup>	85 <sup>4</sup>	94 <sup>4</sup>	71 <sup>2</sup>	73 <sup>2</sup>	П, к, И, β
C	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. em. Elenk.	44 <sup>3</sup>	15 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	33 <sup>3</sup>	35 <sup>4</sup>	100 <sup>7</sup>	99 <sup>6</sup>	64 <sup>6</sup>	П, к, И, Ал, β
C	<i>M. pulverea</i> (Wood) Forti em. Elenk.	–	30 <sup>4</sup>	12 <sup>4</sup>	43 <sup>4</sup>	80 <sup>5</sup>	92 <sup>6</sup>	99 <sup>6</sup>	27 <sup>5</sup>	П, к, И, о-β
B	<i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kütz.) Krieg.	6 <sup>3</sup>	33 <sup>3</sup>	26 <sup>2</sup>	–	5 <sup>2</sup>	15 <sup>2</sup>	57 <sup>3</sup>	100 <sup>6</sup>	П, б, И, β
B	<i>Stephanodiscus</i> sp. sp.	100 <sup>3</sup>	100 <sup>4</sup>	100 <sup>3</sup>	90 <sup>2</sup>	95 <sup>3</sup>	95 <sup>3</sup>	93 <sup>2</sup>	55 <sup>1</sup>	–
B	<i>Cyclotella radiosa</i> (Grun.) Lemm.	22 <sup>2</sup>	67 <sup>3</sup>	65 <sup>2</sup>	57 <sup>2</sup>	30 <sup>2</sup>	46 <sup>2</sup>	46 <sup>1</sup>	9 <sup>1</sup>	П, к, И, Ал, о-β
C	<i>Oscillatoria planctonica</i> Wolosz.	33 <sup>4</sup>	26 <sup>3</sup>	5 <sup>3</sup>	5 <sup>3</sup>	20 <sup>3</sup>	27 <sup>4</sup>	19 <sup>3</sup>	9 <sup>3</sup>	П, к, И
B	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	28 <sup>3</sup>	11 <sup>1</sup>	33 <sup>2</sup>	33 <sup>1</sup>	–	15 <sup>2</sup>	26 <sup>2</sup>	–	П, к, Гл, Ал, α-β
CHR	<i>Ochromonas minuscula</i> Conrad	28 <sup>2</sup>	4 <sup>3</sup>	9 <sup>4</sup>	19 <sup>2</sup>	–	16 <sup>4</sup>	3 <sup>2</sup>	–	П, к, И
C	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.	6 <sup>3</sup>	11 <sup>5</sup>	5 <sup>3</sup>	–	5 <sup>3</sup>	20 <sup>5</sup>	14 <sup>4</sup>	–	П, к, И, о-β
C	<i>Aphanothece salina</i> Elenk. et Danil.	6 <sup>1</sup>	–	–	–	15 <sup>6</sup>	4 <sup>4</sup>	1 <sup>3</sup>	–	П, с-а, Гл
C	<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm.	6 <sup>3</sup>	–	–	–	–	6 <sup>5</sup>	1 <sup>5</sup>	–	П, к, И, Ин
C	<i>Gloeocapsa minuta</i> (Kütz.) Høllerb.	–	7 <sup>3</sup>	–	–	10 <sup>2</sup>	4 <sup>3</sup>	9 <sup>3</sup>	9 <sup>2</sup>	П, к, Гл, о
CHL	<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	–	–	5 <sup>3</sup>	14 <sup>3</sup>	30 <sup>4</sup>	16 <sup>4</sup>	14 <sup>3</sup>	–	П, к, И, Ин, β
B	<i>Cocconeis disculus</i> (Schum.) Cl.	–	–	–	5 <sup>1</sup>	–	1 <sup>7</sup>	–	–	Л, к, И, о
C	<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G. S. West	–	–	–	–	5 <sup>4</sup>	4 <sup>5</sup>	3 <sup>5</sup>	–	П, к, И
C	<i>A. microscopica</i> Näg.	–	–	–	–	–	5 <sup>6</sup>	–	–	Л, с-а, Гб, β
C	<i>Oscillatoria geminata</i> (Menegh.) Gom.	–	–	–	–	–	–	1 <sup>6</sup>	–	П, к, И, Ин

*Примечание.* Серым цветом выделены значения встречаемости верных таксонов. Надстрочными индексами указаны медианы класса численности таксонов. Обозначения: Отделы: С – Суанопхита, CHR – Chrysophyta, В – Bacillariophyta, CR – Cryptophyta, CHL – Chlorophyta. Местообитание: П – планктонный, Л – литоральный, Э – эпибионтный. Распространение: к – космополит, с-а – северо-альпийский, б – бореальный. Галобность: Ог – олигогалоб, Гб – галофоб, И – индифферент, Гл – галофил. Отношение к pH: Ал – алкалофил + алкалобионт, Ин – индифферент. Сапробность: о – олигосапроб, о-β – олиго-бета-мезосапроб, β-о – бета-олигосапроб, о-α – олиго-альфа-мезосапроб, β – бета-мезосапроб, β-α – бета-альфа-мезосапроб, α-β – альфа-бета-мезосапроб, α – альфа-мезосапроб.

Наибольшая «четкость» при кластерном анализе достигалась при выделении в общей совокупности проб 8 агрегаций видов фитопланктона (см. табл. 1). В число верных видов вошло 25 таксонов, которые состоят из представителей отделов Bacillariophyta (11), Суанопхита (6), Chlorophyta (5) и Cryptophyta (3). Они разнообразны по сапробности, по отношению к солёности воды и pH среды – индифферентны, алкалофилы и алкалобионты.

*Агрегация 1.* Верные таксоны: *Melosira varians* из центральных диатомовых водорослей. Эта водоросль развивается в водохранилищах Волги чаще весной, реже – летом или осенью (Охупкин и др., 1997). В период наших исследований *M. varians* формировала ранневесеннюю группу водорослей, включающую только

один верный вид со сравнительно невысокой встречаемостью – 39%. Эта агрегация стабильно появлялась в апреле – мае всех трех лет наблюдений, а осенью – лишь в 1990 г. В результате по данным, полученным только в 1990 г., был сделан вывод, что «к окончанию периода открытой воды сообщество «возвращается» на начальные стадии развития» (Паутова и др., 2001, с. 35). Однако это заключение оказалось ошибочным: оно не подтвердилось результатами наблюдений в 1989 и 1991 гг.

*Агрегация 2.* Верные таксоны: все виды относятся к диатомовым водорослям – *Stephanodiscus hantzschii*, *Aulacoseira islandica*, *Asterionella formosa*, *Thalassiosira* sp., *Diatoma tenuis*, *Aulacoseira subarctica*. Это характерные для эвтрофных вод типичные обитатели волжских водохранилищ (Охапкин и др., 1997). В период наших наблюдений они образовывали ранневесеннюю агрегацию, наиболее активно развивавшуюся при медленном весеннем прогреве воды в маловодном 1989 г. Реже эта агрегация встречалась в фитопланктоне многоводного 1990 г. и не регистрировалась в 1991 г. Лидировал по численности *Stephanodiscus hantzschii*.

*Агрегация 3.* Верные таксоны: диатомовые – *Skeletonema subsalsum*, *Aulacoseira islandica*, *Diatoma tenuis*, *Asterionella formosa*, *Actinocyclus normanii*, криптофитовые – *Rhodomonas lens* и *Cryptomonas caudata*, из зелёных – *Chlamydomonas monadina*. Это поздневесенняя агрегация, зарегистрированная в основном в конце мая – начале июня в 1990 и 1991 г. и в одной пробе в 1989 г. Лидировал по встречаемости и численности также характерный для волжского планктона вид из центральных диатомовых водорослей – *Skeletonema subsalsum*.

*Агрегация 4.* Верные таксоны: криптофитовые – *Rhodomonas lens*. Регистрировалась летом и ранней осенью в многоводном 1990 г. и в одной пробе поздней весной в 1991 г.

*Агрегация 5.* Верные таксоны: зелёные водоросли – *Monoraphidium contortum* и *Planctococcus sphaerocystiformis*, диатомовые – *Diatoma tenuis*. Эфемерная поздневесенняя агрегация. Была представлена в 20 пробах только в июне 1989 г.

*Агрегация 6.* Верные таксоны: синезелёные – *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*, *M. wesenbergii*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Phormidium mucicola*, *Anabaena flos-aquae*, диатомовая – *Aulacoseira granulata*, криптофитовая – *Chroomonas acuta*, зелёные – *Planctococcus sphaerocystiformis*, *Pandorina morum*, *Chlamydomonas monadina*, *Micractinium pusillum*. Преимущественно летняя агрегация с самой высокой встречаемостью (в 100 пробах), представленная все три года наблюдений. Формируется в основном широко распространенными синезелёными водорослями, наиболее богата во флористическом отношении и содержит наибольшее число верных таксонов.

*Агрегация 7.* Верные таксоны: диатомовые – *Skeletonema subsalsum*, *Actinocyclus normanii*, синезелёные – *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*. Позднелетне-раннеосенняя агрегация с высокой встречаемостью (в 69 пробах). Как и предыдущая, была представлена все три года (в 1990 г. обнаружена лишь в двух пробах).

*Агрегация 8.* Верные таксоны: *Stephanodiscus binderanus* – типичная для р. Волги диатомовая водоросль, по данным А. Г. Охапкина и соавторов (1997), четко приуроченная к весеннему и осеннему планктону. В наших же наблюдениях

1989 – 1991 гг. в статистически значимую агрегацию (при принятых условиях) входила лишь осенью в 1989 г. в 11 пробах. Она была эфемерной и наиболее бедной во флористическом отношении.

Как видно из табл.1, кроме стенотопов, имеются виды с широкой экологической амплитудой, у которых не выявлено статистически значимых изменений встречаемости в течение периода открытой воды. К таким таксонам относятся виды рода *Stephanodiscus*, *Cyclotella radiosa*, *Oscillatoria planctonica*.

С другой стороны, в фитопланктоне представлены виды, которые являются верными как для поздневесенней, так и позднелетней и осенней агрегаций. К ним относятся *Actinocyclus normanii* и *Skeletonema subsalsum*.

Таким образом, по результатам трехлетних наблюдений можно выделить три типа агрегаций фитопланктона по их воспроизводимости в годы исследований (табл. 2).

**Таблица 2**

Количество проб, в которых представлены агрегации, выделенные в результате кластерного анализа

№ агрегации	Год																				Итого		
	1989							1990							1991								
	Месяцы																						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
1	4	–	–	–	–	–	–	5	–	–	–	–	–	1	1	6	1	–	–	–	–	–	18
2	–	16	2	–	–	–	–	6	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	27
3	–	1	–	–	–	–	–	–	9	10	–	–	–	–	–	15	8	–	–	–	–	–	43
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8	4	–	2	6	–	–	1	–	–	–	–	–	21
5	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20
6	–	–	–	18	20	5	–	–	–	1	11	15	6	–	–	–	10	10	2	2	–	–	100
7	–	–	–	–	3	12	1	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	6	11	17	17	69
8	–	–	–	–	–	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11
Итого	4	17	22	18	23	17	12	11	12	19	15	16	10	7	6	16	19	16	13	19	17	–	309
Всего проб	113							90							106						309		

1. Агрегации, стабильно появлявшиеся все три года и представленные: 1-я – ранней весной, 3-я – поздней весной и ранним летом, 6-я – в летний сезон, 7-я – в летне-осенний сезон.

2. Агрегации, которые были отмечены лишь дважды за три года: 2-я – ранней весной в 1989 и 1990 гг., 4-я – в разные сезоны 1990 г. (кроме ранней весны) и поздней весной в 1991 г.

3. Эфемерные агрегации, которые фиксировались лишь однократно в одном году из трех лет наблюдений: 5-я – поздней весной в 1989 г. и 8-я – в этом же году поздней осенью.

Среди перечисленных агрегаций существуют такие, которые можно трактовать как антагонистические. Такими агрегациями являются 4-я и 6-я. Увеличение представленности в 1990 г. 6-й агрегации сопровождалось уменьшением встречаемости 4-й вплоть до ее полного исчезновения в августе. Как только 6-я агрегация в сентябре уменьшила свою представленность, вновь появилась 4-я агрегация.

## ОПЫТ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ФИТОПЛАНКТОНА

Среди верных видов выделенных агрегаций особый интерес представляют каспийские вселенцы – *Skeletonema subsalsum*, *Actinocyclus normanii* и представители криптофитовых водорослей. *Skeletonema subsalsum* появился в фитопланктоне р. Волги после зарегулирования ее стока и образования водохранилищ (Волга и ее жизнь, 1978; Охапкин, 1994; Экология фитопланктона..., 1999). Инвазия *Actinocyclus normanii* в водохранилищах Нижней Волги, в т. ч. и в Куйбышевском, зарегистрирована в 80-е гг. прошлого столетия (Генкал и др., 1992, 1999). Позднее *Actinocyclus normanii* поднимается выше по течению реки и в 1994 г. был отмечен в фитопланктоне Ивановского водохранилища (Паутова и др., 2009). Криптофитовые водоросли резко увеличили численность в Куйбышевском водохранилище в середине 80-х гг. прошлого столетия (Экология фитопланктона..., 1989), в начале 90-х гг. вспышки их вегетации уже наблюдались в Горьковском (Охапкин и др., 1997) и Рыбинском водохранилищах (Корнева, 1993). В 1989 – 1991 гг. в число верных видов агрегаций в Куйбышевском водохранилище из криптофитовых входили *Chroomonas acuta*, *C. caudate* и *Rhodomonas lens*.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате трехлетних наблюдений на одной и той же станции в Приплюнном плёсе Куйбышевского водохранилища с помощью статистических критериев выявлены 8 агрегаций фитопланктона. Одни из них встречались все три года исследований, другие не отличались регулярным появлением. Две из выделенных агрегаций проявили себя как антагонистические, а еще две – имели эфемерный характер и фиксировались только один раз в течение трех лет.

Большой интерес, по нашему мнению, представила бы организация на волжских водохранилищах постоянного мониторинга с частым отбором проб на одних и тех же станциях с целью слежения за динамикой состава фитопланктона с использованием методики, приведенной в данной статье.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Волга и ее жизнь. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 350 с.
- Генкал С. И., Корнева Л. Г., Соловьева В. В. Новые данные по *Actinocyclus normanii* (Greg.) Hust. (Bacillariophyta) // Альгология. 1999. Т. 9, № 4. С. 58 – 69.
- Генкал С. И., Королева Н. Г., Попченко И. И., Буркова Т. Н. Первая находка *Actinocyclus variabilis* в Волге // Биол. внутренних вод : информ. бюл. 1992. № 94. С. 14 – 19.
- Голуб В. Б., Гречушкина Н. А., Сорокин А. Н., Николайчук Л. Ф. Растительные сообщества класса *Onosmato polyphyllae – Ptilostemonetea* Korzhenevsky 1990 на территории Черноморского побережья Кавказа и Крымского полуострова // Растительность России. 2011. № 17 – 18. С. 3 – 16.
- Корнева Л. Г. Фитопланктон Рыбинского водохранилища : состав, особенности распределения, последствия эвтрофирования // Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. СПб. : Гидрометеиздат, 1993. С. 50 – 113.
- Куземко А. А. Використання соціологічних груп видів та методу «коктейлю» для класифікації лучної рослинності лісової та лісостепової зон рівнинної частини України // Український ботан. журн. 2012. Т. 69, № 2. С. 190 – 202.
- Кузьмин Г. В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. С. 73 – 87.

Охапкин А. Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 1994. 275 с.

Охапкин А. Г., Микульчик И. А., Корнева Л. Г., Минеева Н. М. Фитопланктон Горьковского водохранилища / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 1997. 224 с.

Паутова В. Н., Горохова О. Г., Корнева Л. Г., Генкал С. И., Номоконова В. И. Состав и сезонная динамика доминирующих видов в фитопланктоне Иваньковского водохранилища (Волжский плес) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. Т. 11, № 3. С. 677 – 685.

Паутова В. Н., Номоконова В. И., Горбунов М. Ю. Сезонная сукцессия фитопланктона в Куйбышевском водохранилище // Биол. внутренних вод. 2001. № 3. С. 29 – 35.

Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки / под ред. И. С. Трифоновой. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 2003. 232 с.

Экология фитопланктона Куйбышевского водохранилища / под ред. С. М. Коновалова, В. Н. Паутовой. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1989. 304 с.

Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 1999. 264 с.

Blasi C., Tilia A., Rosati L., Vico E. D., Copiz R., Ciaschetti G., Burrascano S. Geographical and ecological differentiation in Italian mesophilous pastures referred to the alliance *Cynosurion cristati* Tx. 1947 // Phytocoenologia. 2012. Vol. 41. P. 217 – 229.

Botta-Dukát Z., Chytrý M., Hájková P., Havlová M. Vegetation of lowland wet meadows along a climatic continental gradient in Central Europe // Preslia. 2005. Vol. 77. P. 89 – 111.

Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures // J. of Vegetation Science. 2002. Vol. 13, № 1. P. 79 – 90.

Dolezal J., Altman J., Kopecky M., Cerny T., Janecek S., Bartos M., Petrik P., Srutek M., Leps J., Song J.-S. Plant Diversity Changes during the Postglacial in East Asia: Insights from Forest Refugia on Halla Volcano, Jeju Island // PLoS ONE 2012. Vol. 7, iss. 3. P. 1 – 12.

Iakushenko D., Burlaka M., Chornei I., Kvakovska I., Solomakha V., Tokaryuk A. Syntaxonomy of subalpine tall-grass communities *Calamagrostidetalia villosae* in the ukrainian districts of eastern carpathians // Annali di Botanica. 2012. Vol. 2. P. 67 – 78.

McCune B., Grace J. B., Urban D. L. Analysis of Ecological Communities. Glenden Beach : MjM Software Design, 2002. 302 p.

Ujházyová M., Ujházy K. Comparing diagnostic species combinations of Carpathian calcicolous beech forests using different approaches // Phytocoenologia. 2012. Vol. 42, № 3/4. P. 231 – 248.

Landucci F., Gigante D., Venanzoni R., Chytrý M. Wetland vegetation of the class *Phragmites-Magno-Caricetea* in central Italy // Phytocoenologia. 2013. Vol. 43, № 1/2. P. 67 – 102.

Peinado M., Ocaña-Peinado F. M., Aguirre J. L., Delgadillo J., Macías M. Á., Díaz-Santiago G. A phytosociological and phytogeographical survey of the coastal vegetation of western North America : beach and dune vegetation from Baja California to Alaska // Applied Vegetation Science. 2011. Vol. 14, № 4. P. 464 – 484.

Slezák M., Hrivnák R., Petrášová A., Dítě D. Variability of alder-dominated forest vegetation along a latitudinal gradient in Slovakia // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 2013. Vol. 82. P. 25 – 35.

Šumberová K., Hrivnák R. Formalized classification of the annual herb vegetation of wetlands (*Isoëto-Nano-Juncetea* class) in the Czech Republic and Slovakia (Central Europe) // Phytocoenologia. 2013. Vol. 43, № 1/2. P. 13 – 40.

Tichý L. JUICE, software for vegetation classification // J. of Vegetation Science. 2002. Vol. 13, № 3. P. 451 – 453.

Tichý L., Chytrý M. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size // J. of Vegetation Science. 2006. Vol. 17, № 6. P. 809 – 818.

Walker D. A., Kuss P., Epstein H. E., Kade A. N., Vonlanthen C. M., Reynolds M. K., Daniëls F. J. A. Vegetation of zonal patterned-ground ecosystems along the North America Arctic bioclimate gradient // Applied Vegetation Science. 2011. Vol. 14, № 4. P. 440 – 463.

УДК 591.524(470.341)

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗОНЕ ДОРОЖНОГО ЭФФЕКТА ФЕДЕРАЛЬНЫХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

А. И. Дмитриев, Г. А. Дмитриев, Ж. А. Заморева,  
М. А. Трушкова, Д. М. Кривоногов

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина  
Россия, 603005, Нижний Новгород, Ульянова, 1  
E-mail: dmitriev-50@mail.ru*

Поступила в редакцию 19.03.13 г.

**Экологическая структура позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей.** – Дмитриев А. И., Дмитриев Г. А., Заморева Ж. А., Трушкова М. А., Кривоногов Д. М. – Изучена специфика экологической структуры позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей с интенсивностью движения более 9000 автомобилей в день. Установлено, что величина зоны дорожного эффекта в лесных экосистемах составляет до 800 м слева и справа от дорожного полотна, а в луговых – до 1500 м. Выявлено, что максимальное негативное воздействие зона дорожного эффекта оказывает на оседлых и малоподвижных животных. Отмечено, что большинство экологических показателей сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта значительно ниже таковых на контрольном участке.

*Ключевые слова:* зона дорожного эффекта, позвоночные животные, федеральные автомагистрали, контрольный участок, экологическая структура.

**Ecological structure of vertebrate animals in the road-effect zone on some federal highways.** – Dmitriev A. I., Dmitriev G. A., Zamoreva Z. A., Troushkova M. A., and Krivonogov D. M. – Features of the ecological structure of vertebrate animals were studied in the road-effect area of some federal highways, where the traffic amounted to above 9,000 vehicles a day. The road-effect zone was found to stretch up to 800 m to the left and to the right from the road in forest ecosystems, and up to 1500 m in meadow ecosystems. It has been revealed that the road-effect zone renders its maximum negative impact on inactive and sedentary animals. It was noted that the majority of environmental indicators of the vertebrate animal communities in the road-effect zone are significantly lower than those on a control plot.

*Key words:* road-effect zone, vertebrate animals, federal highway, control plot, ecological structure.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно, что транспортная инфраструктура прямо или косвенно влияет на окружающую среду. Она изменяет пейзаж, создает ряд ограничений для объектов животного мира, меняет гидрологический режим, загрязняет окружающую среду и вызывает гибель живых организмов. При строительстве дорог в зоне дорожного эффекта формируются пять основных экологических эффектов: *потеря местообитаний* в результате фрагментации среды, *изменение среды обитания* в результате загрязнения, изменения гидрологических характеристик, микроклимата и т.д., *образование «коридоров»*, по которым возможны различные

перемещения объектов животного мира в разных направлениях, *увеличение смертности*, которая определяется пересечением дорожного полотна объектами животного мира и формированием *барьеров*, возникающих для животных в результате появления дорожного полотна, которое к тому же определяет фрагментацию среды обитания (Seiler, 2001).

Следует помнить, что автостреды могут изымать из ландшафта до 10 га на 1 линейный километр дороги. Однако второстепенные и третьестепенные автодороги при их большом количестве формируют совместный эффект, который может превосходить федеральные автомагистрали. Поэтому распределение пространства при строительстве новых автодорог на этапе планирования должно быть первоочередной задачей. Дорожное обслуживание и движение транспорта усиливают негативное воздействие на экосистемы зоны дорожного эффекта. Именно здесь накапливаются загрязнители, пыль, мусор, соль, усиливающие отрицательный эффект на территорию, растительный и животный мир, как в плане воспроизводства, так и выживания (Scanlon, 1987; Auerbach et al., 1997). Достаточно мощным и малоизученным раздражителем для животных является шум как один из основных факторов загрязнения (Vangent, Rietveld, 1993; Shaw, 1996). Что касается «коридорного» эффекта, образующегося вдоль автодорог, то иногда он создает благоприятные условия существования для объектов животного мира: места кормежки, убежища, укрытия, гнездовья и т.д. (Mader, 1984). Из основных экологических эффектов транспортной инфраструктуры эффект «барьера», т.е. трудно преодолимое препятствие для небольших и относительно малоподвижных животных (грызуны, насекомоядные, земноводные и другие), наиболее способствует максимальной фрагментации среды обитания животных (Reck, Kaule, 1993; Forman, Alexander, 1998).

В настоящее время в европейских государствах различают пять основных категорий автотранспортной инфраструктуры.

1. Дороги местного значения с очень редким движением, служащие пропускающими фильтрами для передвижений животных. Они ограничивают барьерное воздействие для беспозвоночных и мелких млекопитающих. Крупные животные могут использовать эти дороги в качестве коридоров.

2. Автодороги с интенсивностью движения меньше 1000 автомашин в день, которые могут вызвать непредвиденную смертность и являются более серьезным барьером.

3. Второстепенные дороги, с интенсивностью движения около 5000 автомашин в день, представляют серьезный барьер для целого ряда животных из-за транспортного шума и эффекта движения.

4. Автомагистрали, с интенсивностью движения 5000 – 10000 автомашин в день, являются весьма существенным барьером для многих наземных видов. В этом случае смертность и безопасность движения являются первоочередными задачами.

5. Автостреды, с интенсивностью движения более 10000 автомашин в день, представляют собой практически непроницаемый барьер для подавляющего большинства видов животных (Müller, Berthoud, 1997). В пределах Российской Федерации классификация автомобильных дорог в зависимости от их значения мало

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

отличается от классификации автодорог европейских государств (автодороги федерального значения, автодороги регионального или межмуниципального значения, автомобильные дороги местного значения, частные автомобильные дороги).

По данным Главного управления автомобильных дорог Нижегородской области, общая сеть автомобильных дорог составляет 19248 км, а протяженность дорог общего пользования – 166617 км. Таким образом, «зона дорожного эффекта» активно влияет и изменяет все природные экосистемы, расположенные в непосредственной близости к транспортным магистралям, формируя фрагментарность среды обитания для объектов животного мира. С другой стороны, немногочисленные исследования свидетельствуют о ее прямом и косвенном воздействии на все процессы жизнедеятельности животных (включая генетический уровень), обитающих в зоне дорожного эффекта.

Основной целью настоящего исследования явилось изучение специфики экологической структуры (численность, плотность, разнообразие, видовое богатство, доминирование и т.д.) сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта по мере их удаления от дорожного полотна.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основные группы объектов животного мира и количественные показатели собранного, определенного и обработанного материала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общий объем материала по объектам животного мира  
в зоне дорожного эффекта (2012 г.)

Систематические группы	Показатели				
	Кол-во пунктов наблюдений, шт.	Средняя протяженность маршрута, км	Кол-во пробных площадок, шт.	Отработано ловушко/суток	Кол-во зарегистрированных особей, экз.
Класс земноводные	20	2	–	–	282
Класс пресмыкающиеся	20	3	–	–	189
Класс птицы	20	3	–	–	631
Класс млекопитающие (отряды грызуны и насекомоядные)	20	–	100	2750	472
Итого	20	–	100	2750	1574

В работе использовались общепринятые методики сбора и обработки полевого материала. По одним группам животных (земноводные, пресмыкающиеся, птицы) применялись маршрутные методы, по другим – методы пробных площадок, по третьим (мелкие млекопитающие) – методы ловушко/суток. Часть материала (мелкие млекопитающие) была отловлена, определена и подвержена камеральной обработке. Особи других групп (земноводные, пресмыкающиеся, птицы, околородные млекопитающие) просто отмечались на маршрутах по голосовым реакциям, визуально или следам жизнедеятельности и заносились в первичные ведомости (Наумов, 1963; Организация и методы учета..., 1963; Равкин, 1967; Равкин, Челинцев, 1990; Морозов, 1992; Земноводные и пресмыкающиеся..., 2007; Карасева и др., 2008; Камеральная обработка..., 2009).

Работа была организована на двух участках: 1 – модельный участок автодороги федерального значения (Нижний Новгород – Москва), протяженностью около 50 км, с интенсивностью движения 9650 автомобилей в день, 2 – контрольный участок в Навашином районе Нижегородской области. Для изучения экологической структуры позвоночных животных в зоне дорожного эффекта были выбраны справа или слева (если дорога проходит по одному типу биотопа) от дорожного полотна четыре пункта наблюдения, где и осуществлялся сбор материала. Пункт 1 находился на расстоянии до 25 м от дорожного полотна. Второй пункт наблюдения (2) находился в 200 м от дорожного полотна для всех групп животных. Третий пункт наблюдения (3) находился в 500 м от дорожного полотна для всех групп животных. Четвертый пункт наблюдения (4) находился в 800 м от дорожного полотна для всех групп животных. Для изучения оценки влияния автодороги на объекты животного мира в пространственном градиенте анализировалась и сравнивалась специфика экологической структуры сообществ разных групп животных в этих пунктах наблюдения, расположенных в зоне дорожного эффекта, с акцентом на контрольный участок. В работе использованы общепринятые экологические индексы, описывающие специфику экологической структуры сообществ позвоночных животных. Индекс Шеннона, связывающий соотношение количества видов и количества особей в сообществе, индекс выравненности Пиелу, свидетельствующий о качественной характеристике условий среды обитания, индекс видового богатства Маргалефа, индекс доминирования Симпсона, определяющий степень доминирования того или иного вида в сообществе (Розенберг и др., 1999).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Класс Amphibia.** Сообщества земноводных в зоне дорожного эффекта федеральной автотрассы изучены в двух типах биотопов – смешанный лес и суходольный луг. Сразу хотелось бы отметить, что эта группа животных в лесных и луговых экосистемах зоны дорожного эффекта представлена единичными экземплярами серой жабы, травяной, озёрной и остромордой лягушками. С одной стороны, это связано с особенностями биологии земноводных (оседлость, отсутствие выраженных миграций, незначительная подвижность) и их приуроченностью к водоёмам. Поэтому изучение этой группы животных проводилось непосредственно на водоёмах (при их наличии), расположенных в зоне дорожного эффекта, либо на территории пунктов наблюдений. В зоне дорожного эффекта в пределах пункта наблюдения 1 представителей земноводных не отмечено вовсе. На остальных пунктах они представлены единичными экземплярами упомянутых выше видов. Максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 м от дорожного полотна (1.5 особ. / 1 га). Для пунктов наблюдения 2 и 3 плотность особей на 1 га территории составила 0.5. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0 – 1.5 особ. / 1 га) плотность почти в 7 раз ниже, чем на контрольном участке (7.3 особ. / 1 га). Кроме того, количество видов в зоне дорожного эффекта также меньше, чем на контрольном участке. Все это свидетельствует об угнетенном состоянии сообществ земноводных в экосистемах смешанного леса зоны дорожного

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

эффекта. Изучение экологической структуры земноводных в лесных экосистемах за пределами 800 м не выявило достоверных отличий по численности, плотности, видовому богатству и другим показателям, начиная с пункта наблюдения 2, расположенного в 200 м слева и справа от дорожного полотна. Таким образом, ширина зоны дорожного эффекта для лесных экосистем не превышает 200 м слева и справа от дорожного полотна.

Экологическая структура сообществ земноводных в лесных и луговых экосистемах зоны дорожного эффекта представлена в табл. 2, 3. Зарегистрировано, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 1 до 3). В пункте наблюдения 1 земноводных не встречено, а в пунктах 2 и 3 отмечены прудовая и остромордая лягушки всего по одной особи. Что касается разнообразия сообществ этой группы животных, то индекс Шеннона составил для пункта наблюдения 4 0.48 (см. табл. 2). Видовое богатство было невысоким (1.82). Индекс доминирования находился на уровне средних величин (0.33). Все это говорит о том, что в зоне дорожного эффекта в экосистемах смешанного леса федеральной автотрассы для земноводных в пределах пунктов наблюдения 1, 2 и 3 сложились неблагоприятные условия.

**Таблица 2**

Экологическая структура сообществ позвоночных животных  
зоны дорожного эффекта федеральной автотрассы в экосистемах смешанного леса (2012 г.)

Показатели	Пункты наблюдения			
	1 (до 25 м от полотна)	2 (200 м от полотна)	3 (500 м от полотна)	4 (800 м от полотна)
<b>Земноводные</b>				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	0	1	1	3
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	–	0	0	0.48
Индекс Пielу ( <i>e</i> )	–	0	0	1.0
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>ms</sub></i> )	–	0	0	1.82
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	–	1.0	1.0	0.33
<b>Пресмыкающиеся</b>				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	0	2	2	3
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	–	0.30	0.30	0.45
Индекс Пielу ( <i>e</i> )	–	1.0	1.0	0.94
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>ms</sub></i> )	–	1.45	1.45	0.96
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	–	0.50	0.50	0.37
<b>Птицы</b>				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	4	6	9	12
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	0.58	0.73	0.93	0.99
Индекс Пielу ( <i>e</i> )	0.97	0.94	0.98	0.92
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>ms</sub></i> )	1.88	2.17	3.23	3.50
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	0.28	0.36	0.13	0.12
<b>Мелкие млекопитающие</b>				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	2	3	5	5
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	0.30	0.45	0.68	0.67
Индекс Пielу ( <i>e</i> )	1.0	0.94	0.97	0.96
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>ms</sub></i> )	1.45	1.44	2.05	1.92
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	0.50	0.37	0.22	0.26

Сходная картина структуры сообществ земноводных наблюдается и в экосистемах суходольного луга (табл. 3). На пунктах наблюдения 1 и 2 не отмечено ни одного экземпляра, на остальных двух пунктах наблюдения встречено всего 6 особей трех видов земноводных (прудовая и травяная лягушки, серая жаба). В данном случае видовой состав и плотность земноводных увеличиваются только на территории пункта наблюдения 4 (в 800 м от дорожного полотна), где они составили соответственно 3 вида (прудовая и травяная лягушки и серая жаба) и 2.0 особ. / 1 га. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта федеральной автотрассы (0 – 2.0 особ. / 1 га) плотность более чем в 11 раз ниже, чем на контрольном участке (22.5 особ. / 1 га). Все это подчеркивает нестабильность состояния сообществ земноводных в биотопах суходольного луга федеральной автотрассы в зоне дорожного эффекта, ширина которой на территории луговых экосистем не превышает 800 м. Изучение экологической структуры рассматриваемой группы животных за пределами 800 м демонстрирует выраженное сходство по разнообразию, видовому составу, численности, степени доминирования и другим показателям с контрольным участком 4. Таким образом, анализ экологической структуры сообществ земноводных свидетельствует, что ширина зоны дорожного эффекта в луговых экосистемах увеличивается до 800 м слева и справа от дорожного полотна.

**Таблица 3**

Экологическая структура сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта федеральной автотрассы в экосистемах суходольного луга (2012 г.)

Показатели	Пункты наблюдения			
	1 (до 25 м от полотна)	2 (200 м от полотна)	3 (500 м от полотна)	4 (800 м от полотна)
1	2	3	4	5
<b>Земноводные</b>				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	0	0	1	3
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	–	–	0	0.45
Индекс Пиелу ( <i>e</i> )	–	–	0	0.94
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>mg</sub></i> )	–	–	0	1.44
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	–	–	1.0	0.37
<b>Пресмыкающиеся</b>				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	0	2	3	3
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	–	0.30	0.48	0.42
Индекс Пиелу ( <i>e</i> )	–	1.0	1.0	0.88
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>mg</sub></i> )	–	1.45	1.82	1.03
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	–	0.50	0.33	0.42
<b>Птицы</b>				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	4	4	6	11
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	0.57	0.58	0.75	1.01
Индекс Пиелу ( <i>e</i> )	0.95	0.97	0.96	0.97
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>mg</sub></i> )	1.36	1.68	2.27	3.33
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	0.30	0.28	0.20	0.11

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Мелкие млекопитающие				
Число видов в сообществе ( <i>S</i> )	–	2	4	4
Индекс Шеннона ( <i>H</i> )	–	0.27	0.54	0.56
Индекс Пиелу ( <i>e</i> )	–	0.90	0.90	0.93
Индекс Маргалефа ( <i>D<sub>me</sub></i> )	–	0.91	1.68	1.54
Индекс доминирования Симпсона ( <i>C</i> )	–	0.56	0.34	0.30

**Класс Reptilia.** Пресмыкающиеся в зоне дорожного эффекта также изучались в двух типах экосистем (смешанный лес и суходольный луг). Как и земноводные, эта группа животных в лесных и луговых экосистемах зоны дорожного эффекта не отличается разнообразием (см. табл. 2, 3). Отмечено, что в зоне дорожного эффекта рассматриваемая группа животных весьма немногочисленна. Об этом свидетельствуют специфика видового состава (прыткая и живородящая ящерицы и обыкновенный уж) и их низкая плотность на 1 га территории, по сравнению с контрольным участком. Максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 м от дорожного полотна (2.64 особ. / 1 га). Минимальная плотность зарегистрирована для пунктов наблюдения 2 и 3 (0.66 особ. / 1 га), расположенных недалеко от дорожного полотна. В пределах пункта наблюдения 1 пресмыкающихся не отмечено вовсе. При этом практически все виды, как и у земноводных, представлены единично. Плотность особей на 1 га территории в зоне дорожного эффекта варьирует от 0 до 2.64 особ. / 1 га. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения федеральной автотрассы в зоне дорожного эффекта плотность ниже, чем на контрольном участке (2.73 – 5.32 особ. / 1 га). Все это подчеркивает угнетенное состояние сообществ пресмыкающихся в экосистемах смешанного леса зоны дорожного эффекта.

Экологическая структура сообществ пресмыкающихся в лесных экосистемах зоны дорожного эффекта представлена в табл. 2, 3. Отмечено, что количество видов на разных пунктах наблюдения не превышало трех. Величина индекса Шеннона в экосистемах смешанного леса практически не отличается от сообществ земноводных (0.45). Величина индекса Пиелу (0.94) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на трех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство (0.96 – 1.45) не отличалось высокими показателями. Индекс доминирования в целом был достаточно низким (0.37 – 0.5) практически для всех трех пунктов наблюдения, подчеркивая отсутствие явно доминантных видов в рассматриваемых сообществах пресмыкающихся (см. табл. 2). При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта мы использовали индекс Уиттекера. Сходство сообществ пунктов наблюдения 2 и 3 (0.5), 2 и 4 (0.4), 3 и 4 (0.4) было незначительным.

Практически не отличается картина структуры сообществ пресмыкающихся и в экосистемах суходольного луга (см. табл. 3). Так, здесь не зарегистрировано ни одной особи этого класса в пределах пункта наблюдения 1. На остальных пунктах наблюдения встречено всего 12 особей. В данном случае видовой состав и плотность пресмыкающихся увеличиваются, начиная только с пункта наблюдения 3 (в

500 м от дорожного полотна), где плотность их составила соответственно 0.99 и 2.31 особ. / 1 га территории. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0 – 2.31 особ. / 1 га) плотность более чем в 3 раз ниже, чем на контрольном участке (7.32 особ. / 1 га). Все это подчеркивает нестабильность состояния сообществ пресмыкающихся, представленных прыткой и живородящей ящерицами и обыкновенным ужом, в биотопах сухоходного луга зоны дорожного эффекта.

**Класс Aves.** По данным маршрутного метода учета птиц хотелось бы отметить, что в зоне дорожного эффекта федеральной автотрассы в значительной степени обеднен их видовой состав и плотность на 1 га территории, по сравнению с контрольным участком. Для этой группы животных отмечается, что в экосистемах смешанного леса максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 м от дорожного полотна (1.15 особ. / 1 га). Минимальная плотность (0.25 особ. / 1 га) зарегистрирована для пункта наблюдения 1, расположенного в непосредственной близости от дорожного полотна. Обращает внимание факт отсутствия доминантных видов и практически все они представлены единично. Для пунктов наблюдения 2 и 3 плотность практически одинакова (соответственно 0.5 и 0.6 особ. / 1 га). Количество видов от пункта наблюдения 1 (4) увеличивается до 12 в пункте наблюдения 4. Преобладают на маршрутах типично лесные, а также синантропные представители (зяблик, серая ворона и сорока). При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0.25 – 1.15 особ. / 1 га) плотность почти в 6 раз ниже, чем на контрольном участке (4.3 особи на 1 га). Кроме того, количество видов в зоне дорожного эффекта (максимально – 12) более чем в два раза меньше, чем на контрольном участке (26). Все это свидетельствует об угнетенном состоянии сообществ птиц в зоне дорожного эффекта федеральной автомагистрали.

Экологическая структура сообществ птиц в зоне дорожного эффекта представлена в табл. 2, 3. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна в экосистемах смешанного леса увеличивается количество видов (от 4 до 11). Для этой группы животных характерны весьма небольшие значения индекса Шеннона. Так, минимальный индекс Шеннона (0.58) зарегистрирован в непосредственной близости от автодороги в пункте наблюдения 1. Для пунктов наблюдения 2 – 4 (см. табл. 2) этот показатель увеличивается: соответственно 0.73, 0.93 и 0.99. Величина индекса Пиелу (0.92 – 0.98) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство оставалось на уровне средних величин: в пункте наблюдения 1 (1.88) и увеличивалось до 3.5 в пункте наблюдения 4. Индекс доминирования был низким практически для всех четырех пунктов наблюдения (0.12 – 0.36), подчеркивая отсутствие явно доминантных видов в рассматриваемых сообществах птиц. При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта с помощью индекса Уиттекера отмечено минимальное сходство между собой сообществ в пунктах наблюдения 1 и 4 (0.38). То же отмечается для пунктов наблюдения 1 и 3 (0.46) и пунктов наблюдения 3 и 4 (0.48).

В экосистемах суходольного луга зарегистрировано на пункте наблюдения 4 11 видов птиц. На остальных пунктах наблюдения это число находилось в пределах 4 – 6 видов (см. табл. 3). Эти весьма небольшие показатели свидетельствуют о влиянии автомагистрали на сообщества этой группы животных в зоне дорожного эффекта. И становится понятным, что для «открытых» биотопов (луговые, водоёмы, пашни) ширина зоны дорожного эффекта увеличивается. В лесных биотопах показатели видового состава и плотности стабилизируются примерно после 50 – 100 м удаления от дорожного полотна. В данном случае видовой состав и плотность птиц увеличиваются только на территории пункта наблюдения 4 (в 800 м от дорожного полотна), где они составили 11 видов и 1.0 особ. / 1 га соответственно. В видовом составе преобладают представители открытых пространств и синантропные представители (белая трясогузка, серая ворона и сорока). При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0.3 – 1.0 особ. / 1 га) плотность более чем в 5 раз ниже, чем на контрольном участке (4.3 особ. / 1 га). Кроме того, количество видов в зоне дорожного эффекта (максимально – 11) почти в два раза меньше, чем на контрольном участке (20). Все это подчеркивает угнетенное состояние сообществ птиц в экосистемах суходольного луга зоны дорожного эффекта.

Минимальное разнообразие зарегистрировано в непосредственной близости от автодороги (0.57 и 0.58) в пунктах наблюдения 1 и 2. В пределах пунктов наблюдения 3 и 4 этот показатель незначительно увеличивается (соответственно 0.75 и 1.01). Величина индекса Пиелу (0.95 – 0.97) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство было минимальным в пункте наблюдения 1 (1.36) и увеличивалось до 3.33 в пункте наблюдения 4. Индекс доминирования был низким (0.11 – 0.3), свидетельствуя об отсутствии в сообществах птиц явно доминантных видов, таких как белая трясогузка, луговой чекан, серая славка и некоторые другие (см. табл. 3). Наименее сходными оказались между собой сообщества пунктов наблюдения 1 и 2 (0.5), а также пунктов 2 и 4 (0.53) и пунктов 3 и 4 (0.59). Выраженного сходства по этой группе животных по четырем пунктам наблюдения в экосистемах суходольного луга не отмечено.

**Класс Mammalia.** В качестве модельного объекта взяты мелкие млекопитающие (отряды Rodentia и Insectivora). Для этой группы животных отмечается, что максимальная численность в экосистемах смешанного леса наблюдалась на удалении более 500 м от дорожного полотна (пункт наблюдения 3 – 7.0% и пункт наблюдения 4 – 8.0%). Весьма низкая численность отмечена для пунктов наблюдения 1 (2.0%) и 2 (4.0%), расположенных в непосредственной близости от дорожного полотна. Причем доминируют здесь наиболее многочисленные и широко распространенные виды. Состав их такой же, как и на контрольном участке (малая лесная мышь, желтогорлая мышь и рыжая полёвка). Вызывает определенный интерес присутствие некоторых видов (полёвка-экономка), отмеченных в зоне дорожного эффекта, редко встречающихся и в естественных природных условиях. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что по пунктам наблюдения 1 и 2 (соответственно 2.0% и 4.0%) зоны дорож-

ного эффекта численность мелких млекопитающих почти в 6 раз ниже, чем на контрольном участке (19.0%). На пунктах наблюдения 3 и 4 (соответственно 7.0 и 8.0%) ситуация несколько улучшается, но, тем не менее, далеко не достигает показателей контрольного участка.

Экологическая структура сообществ мелких млекопитающих в экосистемах смешанного леса зоны дорожного эффекта представлена в табл. 2. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна, как и на региональной автотрассе, увеличивается количество видов (от 2 до 5). Минимальное разнообразие зарегистрировано в непосредственной близости от автодороги (0.3) в пункте наблюдения 1 и (0.45) в пункте наблюдения 2. В пределах пунктов наблюдения 3 и 4 этот показатель увеличивается в два раза (соответственно 0.68 и 0.67). Величина индекса Пиелу (0.94 – 1.0) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство, учитывая их незначительное количество, было невысоким для всех четырех пунктов наблюдения (1.44 – 2.05). Индекс доминирования оставался на уровне средних величин (см. табл. 3). В пункте наблюдения 1 он был выше (0.5), чем на остальных (0.22 – 0.37). Явного доминирования какого-то определенного вида не отмечено. При выявлении степени сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта отмечено, что наиболее сходными оказались между собой сообщества пунктов наблюдения 1 и 2 (0.8). Незначительно отличались друг от друга по видовой структуре и численному соотношению сообщества пунктов наблюдения 2 и 4, 3 и 4.

В экосистемах суходольного луга (см. табл. 3) отмечается, что численность для пунктов наблюдения 3 и 4 (6.0 – 7.0%) находилась примерно на одном уровне. Это достаточно низкий показатель, который свидетельствует о негативном влиянии автомагистрали на сообщества данной группы животных. Вероятно, для «открытых» экосистем (луговые, водоёмы, пашни) ширина зоны дорожного эффекта увеличивается. Так, в лесных экосистемах показатель численности стабилизировался примерно после 50 – 100 м от дорожного полотна. В данном случае численность увеличивается только на территории пункта наблюдения 3 (в 500 м от дорожного полотна). В видовом составе преобладают представители открытых пространств (обыкновенная полёвка и полевая мышь). Единично отмечены и такие эврибионтные виды, как малая лесная мышь (до 1.0%) и рыжая полёвка (1.0%). В пределах пункта наблюдения 1, расположенного в непосредственной близости от дорожного полотна, мелких млекопитающих не было вовсе. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что по всем пунктам наблюдения зоны дорожного эффекта федеральной автомагистрали численность мелких млекопитающих более чем в 2 раз ниже, чем на контрольном участке (16.8%).

Экологическая структура сообществ мелких млекопитающих в экосистемах суходольного луга зоны дорожного эффекта представлена в табл. 3. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 0 до 4). Индекс разнообразия мелких млекопитающих в биотопах суходольного луга для пункта наблюдения 2 составил 0.27. Лишь в пунктах наблюдения 3 и 4 этот

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

показатель увеличивается до 0.56. Величина индекса Пиелу (0.9 – 0.3) свидетельствует, что для видов, обитающих в зоне дорожного эффекта, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство в зоне дорожного эффекта было низким (0.91 – 1.68). Индекс доминирования находился на уровне средних величин, и явного преобладания какого-то одного вида не наблюдалось (см. табл. 3). Сходство отмечено между сообществами пунктов наблюдения 2 и 3 (0.67), 2 и 4 (0.67), 3 и 4 (0.5).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования выявили значительное негативное воздействие на экологическую структуру позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей. Достаточно часто в пределах пунктов наблюдения 1 и 2, расположенных до 200 м от дорожного полотна, даже не регистрируются объекты животного мира. Особенно это характерно для позвоночных животных, ведущих оседлый и малоподвижный образ жизни (мелкие млекопитающие, земноводные, пресмыкающиеся). В данном случае зона дорожного эффекта даже в лесных экосистемах может простираться до 300 – 400 м, а структура объектов животного мира практически до пункта наблюдения 4 в значительной степени отличается по сравнению с контрольным участком. При этом для луговых экосистем величина зоны дорожного эффекта может увеличиваться до 1000 – 1200 м. Для федеральных автомагистралей в экосистемах смешанного леса зона дорожного эффекта составляет в среднем около 500 м. Для группы мелких млекопитающих в экосистемах смешанного леса воздействие автомагистрали на структуру сообществ рассматриваемой группы животных продолжается вплоть до пункта наблюдения 4 (500 м от дорожного полотна). И действительно, если взять такой значимый экологический показатель, как численность, то по сравнению с контрольным участком (18.0% на 100 л/с), он для всех четырех пунктов наблюдения составил соответственно 2.0, 4.0, 7.0 и 8.0%, т.е. более чем в 3 раз меньше. Лишь в пределах пунктов наблюдения 3 и 4 его значение несколько увеличивается, впрочем, далеко не достигая уровня контрольного участка.

Сходная картина наблюдается в экосистемах смешанного леса и для гнездящихся птиц. Даже если учитывать достаточно подвижный образ жизни этих животных, тем не менее, наблюдается значительное воздействие зоны дорожного эффекта федеральных автомагистралей на сообщества птиц. Причем, как правило, в зоне дорожного эффекта преобладают представители семейства врановых (сорока, серая ворона, сойка). Что касается земноводных и пресмыкающихся, ведущих оседлый и малоподвижный образ жизни, то в данном случае их сообщества в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей находятся в угнетенном состоянии.

В экосистемах суходольного луга для группы мелких млекопитающих воздействие автомагистрали на численность зверьков распространяется до пункта наблюдения 3 включительно (500 м от дорожного полотна), где этот показатель составляет 6.0%. В пределах пункта наблюдения 1 мелкие млекопитающие чаще всего не встречаются. В целом численность их на пунктах наблюдения 2, 3 и 4

практически остается на одном уровне (3.0 – 6.0 и 7.0% соответственно), что примерно в три раза меньше контрольного участка (13.0% на 100 л/с). На примере гнездящихся птиц наблюдается сходная картина. На контрольном участке плотность птиц составляет 1.45 особ. / 1 га территории. Минимальные значения этого показателя отмечены для пунктов наблюдения 1 (0.45 особ. / 1 га), 2 (0.3 особ. / 1 га) и 3 (0.45 особ. / 1 га). Лишь в пределах пункта наблюдения 4 плотность незначительно увеличивается до 1.0 особей на 1 га, приближаясь к таковой контрольного участка. Даже эта, достаточно подвижная группа животных демонстрирует увеличение ширины зоны дорожного эффекта в экосистемах суходольного луга федеральных автомагистралей. Снижение численности и плотности оседлых и малоподвижных земноводных и пресмыкающихся свидетельствует об отрицательном воздействии зоны дорожного эффекта на этих животных. В целом автомобильный транспорт федеральных автомагистралей оказывает выраженное негативное воздействие на популяции разных классов животных. Следствием этого является формирование своеобразной зоны дорожного эффекта, приуроченной к дорожному полотну. В лесных экосистемах ширина этой зоны находится в пределах 400 м, в луговых экосистемах она может достигать ширины 1200 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Земноводные и пресмыкающиеся Нижегородской области / под ред. М. В. Пестова. Н. Новгород : Принт Экспресс, 2007. 66 с.
- Камеральная обработка полевого материала (Micromammalia) / под ред. А. И. Дмитриева. Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. пед. ун-та, 2009. 159 с.
- Карасева Е. В., Телицина А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М. : Изд-во «ЛКИ», 2008. 412 с.
- Морозов Н. С. Методология и методы учета в исследованиях структуры сообществ птиц: некоторые критические соображения // Успехи современной биологии. 1992. Т. 112, вып. 1. С. 139 – 153.
- Наумов Р. Л. Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1963. 137 с.
- Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М. : Наука, 1963. 322 с.
- Равкин Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1967. С. 66 – 75.
- Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т охраны природы и заповедного дела. М., 1990. 36 с.
- Розенберг Г. С., Мозговой Д. П., Гелашвили Д. Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара : Изд-во Самар. науч. центра РАН, 1999. 396 с.
- Auerbach N. A., Walker M. D., Walker D. A. Effects of roadside disturbance on substrate and vegetation properties in arctic tundra // Ecological Applications. 1997. № 7. P. 218 – 235.
- Bennett A. F. Roads, roadsides and wildlife conservation : a review // Nature Conservation 2 : The Role of Corridors / eds. D. A. Saunders, R. J. Hobbs. Chipping Norton : Surrey Beatty & Sons Pty Limited, 1991. P. 99 – 118.
- Forman R. T., Alexander L. E. Roads and their major ecological effects // Annual Review of Ecology and Systematics. 1998. Vol. 29, № 5. P. 207 – 221.
- Mader H. J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields // Biol. Conserv. 1984. Vol. 29, № 3. P. 81 – 96.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

*Müller S., Berthoud G.* Fauna and traffic safety. Lausanne, CH: LAVOC. Niering W.A. and Goodwin R.H. Creation of relatively stable shrublands with herbicides : arresting «succession» on right-of-way and pasture land // Ecology. 1997. Vol. 55. P. 784 – 795.

*Reck H., Kaule G.* Strassen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Bonn ; Bad Godesberg : Bundesministerium für Verkehr, 1993. 126 s.

*Ritters K. H., Wickham J. D.* How far to the nearest road? // Frontiers in Ecology and the Environment. 2003. Vol. 1, № 2. P. 125 – 129.

*Scanlon P. F.* Heavy metals in small mammals in roadside environments – implications for food chains // Science of the Total Environment. 1987. Vol. 59, № 4. P. 317 – 323.

*Seiler A.* Ecological Effects of Roads : a review / Swedish Univ. of Agricultural Sciences. Uppsala, 2001. Iss. 9. P. 1 – 40.

*Shaw E. G.* Noise environments outdoors and the effects of community noise exposure // Noise Control Engineering J. 1996. Vol. 44, № 6. P. 109 – 119.

*Vangent H. A., Rietveld P.* Road transport and the environment in Europe // Science of the Total Environment. 1993. Vol. 129, № 8. P. 205 – 218.

УДК 597.833(470.44)

**ФЕНОЛОГИЯ НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ  
ЧЕСНОЧНИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ –  
*PELOBATES FUSCUS* (PELOBATIDAE, AMPHIBIA)  
В ДОЛИНЕ р. МЕДВЕДИЦА (САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**М. В. Ермохин<sup>1</sup>, В. Г. Табачишин<sup>2</sup>, Г. А. Иванов<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> *Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН  
Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24  
E-mail: tabachishinvg@sevin.ru*

Поступила в редакцию 27.09.13 г.

**Фенология нерестовых миграций чесночницы обыкновенной – *Pelobates fuscus* (Pelobatidae, Amphibia) в долине р. Медведица (Саратовская область).** – Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. – На основании полевых исследований четырёх пойменных озёр в долине р. Медведица (Саратовская область), проведенных в 2009 – 2013 гг., выявлены особенности фенологии нерестовых миграций *Pelobates fuscus*. Определены средне-многолетние даты наступления основных фаз этого явления (начало – 7.04 – 13.04, кульминация – 17.04 – 20.04, окончание – 8.05 – 14.05), а также критические значения температуры воды в нерестовых водоёмах в момент их наступления (соответственно 3.7 – 4.7, 5.2 – 8.6, 14.3 – 16.9°C). Показана видовая специфичность температурных параметров в период наступления каждой фазы нерестовых миграций. Межпопуляционные различия были незначительны и обусловлены локальными особенностями нерестового водоёма (положение в долине реки, особенности режима водного питания, влияние паводков, погодные условия конкретного года) и территории вокруг него (уровень облесённости территории).

*Ключевые слова:* *Pelobates fuscus*, фенология, нерестовая миграция, Саратовская область.

**Spawning migration phenology of spadefoot toad – *Pelobates fuscus* (Pelobatidae, Amphibia) in Medveditsa river valley (Saratov region).** – Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., and Ivanov G. A. – Peculiarities of the phenology of spawning migrations of *Pelobates fuscus* were revealed on the basis of our field surveys of four floodplain lakes in the Medveditsa river valley (the Saratov region) conducted in 2009 – 2013. The mean perennial dates of the onset of main phases of this phenomenon (the start – April 7 – 13, the culmination – April 17 – 20, the end – May 8 – 14) and the critical values of water temperature in the spawning waterbodies at the time of their onset (3.7 – 4.7, 5.2 – 8.6, and 14.3 – 16.9°C, respectively) were estimated. The species specificity of the temperature parameters at the onset of each phase of spawning migration is shown. The interpopulation differences were insignificant and caused by local features of the spawning waterbody (its position in the valley, water supply mode features, the impact of floods, the weather conditions of a concrete year) and the area around it (the forestation level of the territory).

*Key words:* *Pelobates fuscus*, phenology, spawning migration, Saratov region.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение интереса к фенологии организмов, наблюдающееся в последнее время, обусловлено продолжающимися процессами глобального потепления климата. Анализ трендов периодических событий их жизни может выступать в качестве

## ФЕНОЛОГИЯ НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ЧЕСНОЧНИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

значимого биоиндикатора изменения климата в конкретном регионе, а также количественного показателя влияния потепления на структуру и функционирование популяций, сообществ и экосистем. Происходящая трансформация погодноклиматических условий оказывает наиболее очевидное влияние на сезонную ритмику пойкилотермных животных, в том числе бесхвостых амфибий (Terhivuo, 1988; Beebe, 1995; Reading, 1998; Corn, 2005; Araújo et al., 2006; Walpole et al., 2012). Такое влияние наиболее существенно в течение весеннего периода годового цикла этих животных. Для формирования научных основ прогнозирования состояния и перспектив трансформации локальных популяций бесхвостых амфибий необходимо получение современных данных об изменениях их сезонной ритмики в весенний период и выявление специфических для вида термобиологических параметров. Именно поэтому исследование данной проблемы в современных условиях представляется весьма актуальным.

Цель настоящего исследования – определить особенности фенологии нерестовых миграций чесночницы обыкновенной (*Pelobates fuscus*) из локальных популяций водоёмов долины р. Медведица (Саратовская область).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Учёты *P. fuscus* в период нерестовых миграций проводили в период с последней декады марта до третьей декады мая 2009 – 2013 гг. на четырёх озёрах в пойме р. Медведица (Саратовская область, Лысогорский район, окрестности с. Урицкое: оз. Садок (51°21'31" с.ш., 44°48'11" в.д.), оз. Лебяжье (51°20'38" с.ш., 44°48'45" в.д.), оз. Кругленькое (51°21'55" с.ш., 44°49'58" в.д.) и Кóблoво (51°18'38" с.ш., 44°50'01" в.д.). Отлов амфибий производили методом линейных заборчиков с ловчими цилиндрами (Корн, 2003; Corn, Bury, 1990), установленными вокруг исследуемых водоёмов в период схода снежного покрова до начала нерестовых миграций. Учёты прекращали в течение недели после попадания в ловчие цилиндры последних половозрелых особей исследуемого вида. В данном исследовании был использован метод частичного огораживания нерестовых водоёмов: вокруг каждого из озёр было установлено не менее 10 заборчиков длиной 10 м каждый (Ермохин, Табачишин, 2011). Ловчие цилиндры осматривали в утренние часы ежедневно один раз в сутки. На основании данных учётов устанавливали дату наступления трёх основных фаз нерестовых миграций: начало миграции (приход первых особей в нерестовый водоём), ее кульминации (пик прихода амфибий) и окончания (прибытие последних особей).

Температуру воздуха измеряли с точностью до 0.1°C с помощью логгеров DT-172. Логгеры были установлены на затенённых участках и, как правило, были расположены в северо-восточной экспозиции на уровне почвы на расстоянии не более 50 – 80 м от исследуемого нерестового водоёма. Регистрацию параметров проводили в течение всего периода наблюдений круглосуточно с интервалом 3 ч. Температуру воды в нерестовых водоёмах определяли с точностью до 0.5°C с использованием термохронов iButton DS1921-F5, установленных на глубине 0.5 м от поверхности воды. На каждом из водоёмов было установлено по три термохрона. Регистрация температуры воды выполнялась круглосуточно в течение всего периода наблюдений с интервалом 3 ч синхронно с температурой воздуха. По ре-

зультатам сопоставления данных учётов *P. fuscus* с сезонным ходом температуры определяли несколько критических значений температуры, существенных для характеристики термобиологических особенностей вида в период нерестовых миграций. Устанавливали минимальные и максимальные значения температуры воды и воздуха в дни начала, кульминации и окончания миграции, а также рассчитывали их среднесуточную температуру.

В пределах территории, ограниченной расстоянием расселения *P. fuscus* (600 м от уреза воды: Vlab, 1986) вокруг нерестовых озёр определяли облесённость территории (в %), которую рассчитывали как отношение площади покрытой лесом к общей площади. Площадь лесных биотопов определяли по космическим снимкам, размещённым в ресурсе Google earth (2013).

Статистическая обработка включала расчёт для каждого из исследуемых параметров (дата наступления фенологической фазы нерестовых миграций, продолжительность периода нерестовых миграций в сутках, температура воды и воздуха) средней арифметической, стандартного отклонения (*SD*) и размаха варьирования (*min – max*). После проверки гипотез о нормальном распределении (критерий Колмогорова – Смирнова) и равенстве дисперсий (*F*-критерий Фишера) для обнаружения различий между средними датами наступления фаз фенологического явления использовали непараметрический критерий Краскелла – Уолиса (множественные сравнения популяций). Парные сравнения (*post-hoc* тест) проводили по критерию Манн – Уитни. Для сравнения температурных параметров (гипотеза о нормальности распределения не отклоняется, дисперсии не равны) применяли дисперсионный анализ (*F*-критерий Фишера в модификации Уэлча для множественных сравнений популяций). Парные сравнения (*post-hoc* тест) проводили по критерию Тьюки (при значимом тесте Левена,  $P < 0.05$ ) или по критерию Даннета (при незначимом тесте Левена,  $P > 0.05$ ). Различия по статистическим критериям признавали значимыми при  $P < 0.05$ . Взаимосвязь между облесённостью территории вокруг нерестовых озёр с датой начала нерестовых миграций оценивали, выполняя корреляционный анализ (коэффициент корреляции Пирсона, *r*). Статистическую обработку материала проводили с использованием пакетов программ MS Exel (модуль AtteStat 12.5), PAST 2.04 (Hammer et al., 2001) и Statistica 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Начало нерестовых миграций *P. fuscus* в условиях долины р. Медведица в Саратовской области было отмечено в среднем в период с 7 по 15 апреля. В годы с различными погодными условиями этот показатель существенно отличался и находился в пределах от 31 марта до 17 апреля (табл. 1). Появление первых особей вида в нерестовых водоёмах в исследованных локальных популяциях в течение конкретного года существенно отличаются по дате (различия не превышали 1 – 3 сут. и были статистически не значимы). Только в годы с затяжной прохладной весной (2011 г.) в популяции оз. Кругленькое эта фенологическая фаза наступает несколько позднее, чем на озёрах Садов и Лебяжье.

Кроме того, исследованные озёра заметно отличались по уровню облесённости территории, заселённой особями нерестящихся в них популяций *P. fuscus*. По

ФЕНОЛОГИЯ НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ЧЕСНОЧНИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

данному показателю озёра располагаются в следующем ряду в порядке его возрастания: оз. Кругленькое – 38.2%, оз. Садок – 46.5%, оз. Лебяжье – 50.1%, оз. Коблово – 83.7%. Корреляционный анализ показал, чем выше доля облесенности территории вокруг нерестового озера, тем позднее начинаются нерестовые миграции *P. fuscus* (коэффициент корреляции Пирсона:  $r = 0.96$ ,  $P = 0.04$ ).

Таблица 1

Фенология, термобиологические особенности и продолжительность периода нерестовых миграций *P. fuscus* в долине р. Медведица

Популяция	Фенологические фазы явления	Параметры				
		Даты	Продолжительность, сут.	Температура воды, °С		
				$T_{cp}$	$min$	$max$
оз. Садок	Начало	9.04±5 2.04–15.04	30±2 28–31	4.5±1.6 2.0–6.1	2.5±1.6 0–4.1	6.5±1.8 4.0–8.1
	Кульминация	19.04±4 14.04–26.04		7.5±1.9 5.1–9.7	5.8±1.3 4.5–7.4	17.4±3.9 12.9–21.3
	Окончание	8.05±6 2.05–16.05		14.3±1.6 12.4–16.9	12.5±1.6 10.9–14.2	21.9±3.3 17.0–25.5
оз. Лебяжье	Начало	7.04±5 31.03–11.04	36±8 28–47	3.7±0.9 2.5–4.6	0.8±0.6 0–1.52	7.0±1.4 5.1–8.4
	Кульминация	18.04±5 12.04–23.04		7.6±1.8 5.1–9.3	5.0±1.6 3.2–7.1	10.7±1.1 9.1–11.4
	Окончание	13.05±4 7.05–16.05		16.9±2.0 14.6–19.3	13.7±1.8 11.5–15.8	20.0±1.4 18.5–21.8
оз. Кругленькое	Начало	11.04±3 9.04–14.04	28±2 27–31	4.7±0.7 4.0–5.3	1.0±1.2 0–2.3	7.8±0.8 6.8–8.3
	Кульминация	17.04±4 12.04–20.04		8.6±4.3 4.9–13.3	5.1±3.6 2.1–9.0	11.7±5.3 7.2–17.5
	Окончание	9.05±2 7.05–11.05		16.2±2.0 14.1–18.2	12.6±1.3 11.4–14.0	20.1±2.6 17.3–22.5
Оз. Коблово	Начало	13.04–17.04	30	4.5–5.7	0.7–2	7.3–8.8
	Кульминация	20.04–24.04		5.2–13.6	2.6–9.7	7.7–17.9
	Окончание	12.05–16.05		14.4–18.6	12.1–14.3	17.5–22.1

Кульминация нерестовых миграций в различных локальных популяциях *P. fuscus* наступает в среднем 17 – 22 апреля, варьируя в пределах 12 – 26 апреля (см. табл. 1). Различия по дате наступления этой фенологической фазы в различные годы составляли от 2 до 6 сут. Прибытие в нерестовый водоём последних особей происходит в период со 2 по 16 мая (в среднем – 8 – 14 мая). Вместе с тем следует отметить, что в результате сравнения среднесезонных дат наступления основных фенологических фаз нерестовых миграций в различных популяциях *P. fuscus* существенных отличий не выявлено (критерий Краскела – Уоллиса: начало –  $H = 4.67$ ,  $P = 0.20$ ; кульминация –  $H = 1.40$ ,  $P = 0.71$ ; окончание –  $H = 2.00$ ,  $P = 0.57$ ).

Общая продолжительность периода нерестовых миграций *P. fuscus* составила в среднем 28 – 36 сут. и варьировала от 27 до 47 сут. Минимальное значение этого показателя характерно для популяции оз. Кругленькое, а максимальное – для оз. Лебяжье (см. табл. 1).

В период начала нерестовых миграций в различных локальных популяциях *P. fuscus* температура воздуха имела сходные значения. Среднесуточная тем-

**Таблица 2**  
Температура воздуха в течение различных фенологических фаз нерестовых миграций *P. fuscus*

Температура	Фенологические фазы явления		
	Начало	Кульминация	Окончание
$T_{cp}$	$9.4 \pm 1.2$ 8.3–11.5	$12.4 \pm 2.6$ 8.9–14.9	$16.9 \pm 2.3$ 13.5–19.3
$T_{min}$	$5.6 \pm 1.8$ 4.0–7.6	$5.82 \pm 1.3$ 4.5–7.4	$12.5 \pm 1.6$ 10.9–14.2
$T_{max}$	$13.8 \pm 3.1$ 9.3–17.1	$17.4 \pm 3.9$ 12.9–21.3	$21.9 \pm 3.3$ 17.0–25.5

ночные часы. Минимальная температура воздуха в течение суток в этот период обычно не опускалась ниже 5°C (в среднем 5.8°C, минимум в период наблюдений 4.5°C).

Первые особи *P. fuscus* во всех исследованных популяциях прибывали в нерестовый водоём при среднесуточной температуре воды 3.7 – 5.7°C. Минимальные значения этого показателя были отмечены в оз. Лебяжье, максимальные – в оз. Кóб-лово (см. табл. 1). При этом сходная температура наблюдалась в горизонтах поч-

пературы воздуха в этот период составляла 8.6 – 9.4°C (табл. 2). Обсуждаемая фенологическая фаза наступала в достаточно узком диапазоне положительных температур в течение всего дня, причем особенно существенное значение имела температура воздуха в

венного профиля и зимовальных камерах, в которых происходила зимовка этих амфибий (Ермохин и др., 2013 б).

**Таблица 3**  
Межпопуляционные различия по температурным условиям наступления фенологических фаз нерестовых миграций *P. fuscus* (тест Левена, *W*; однофакторный дисперсионный анализ ANOVA)

Фенологическая фаза явления	Температура	Статистические критерии	
		<i>W, P</i>	$\frac{F}{P}$
Начало	$T_{cp}$	0.33	$\frac{0.75}{0.55}$
	$T_{min}$	0.26	$\frac{1.57}{0.26}$
	$T_{max}$	0.69	$\frac{0.89}{0.48}$
Кульминация	$T_{cp}$	0.04	$\frac{0.08}{0.96}$
	$T_{min}$	0.07	$\frac{0.11}{0.95}$
	$T_{max}$	0.004	$\frac{0.61}{0.65}$
Окончание	$T_{cp}$	0.70	$\frac{1.47}{0.28}$
	$T_{min}$	0.002	$\frac{0.24}{0.86}$
	$T_{max}$	0.31	$\frac{7.41}{0.04}$

*Примечание.* Курсивом выделено  $P < 0.05$  по тесту Левена; жирным шрифтом показан  $P < 0.05$  для *F*-критерия.

Температурный режим в нерестовых озёрах различных локальных популяций *P. fuscus* имел небольшие отличия лишь в конце периода нерестовых миграций (табл. 3). Максимальная суточная температура воды, наблюдавшаяся в оз. Садок, была на 5°C ниже (см. табл. 1), чем в озёрах Лебяжье (post-hoc тест, критерий Тьюки:  $T = 6.14$ ,  $P = 0.003$ ) и Кругленькое ( $T = 4.39$ ,  $P = 0.03$ ). В оз. Садок как в прирусловом водоёме прогревание воды происходило отно-

## ФЕНОЛОГИЯ НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ЧЕСНОЧНИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

сительно медленнее, очевидно, в результате поступления вод из р. Медведица в период паводка.

Кульминация нерестовых миграций *P. fuscus* наблюдалась при относительно низкой среднесуточной температуре воды – 7.5 – 8.6°C, причем ни в одном из нерестовых водоёмов вода не остывала в течение суток ниже 2.1°C.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Даты наступления определенных фаз нерестовых миграций *P. fuscus* во многом определяются термобиологическими особенностями данного вида (Ермохин и др., 2013 а). Известно, что в период зимовки температура тела амфибий слабо отличается от окружающей среды, а их выход из состояния зимовки контролируется погодными условиями конкретного года и экзогенной динамикой температуры среды. Причем фенология сезонных явлений в жизни амфибий детерминирована несколькими критическими, пороговыми значениями температуры среды: температурой почвы вдоль профиля до горизонта, в котором размещается зимовальная камера, температурой воздуха на участке местности между местом зимовки и нерестовым водоёмом, а также температурой воды в нём.

Дата начала нерестовой миграции *P. fuscus* в конкретной популяции определяется глубиной промерзания грунта в местах зимовки и динамикой его оттаивания в весенний период. От первого фактора во многом зависит также глубина размещения особей во время зимовки (Ермохин и др., 2013 б). Основными параметрами, обуславливающими глубину промерзания грунта, очевидно, следует считать дату установления снежного покрова, его высоту, особенности хода температуры в течение периода до установления снежного покрова, температурный режим в течение зимы. В годы с различными погодными условиями в зимний период максимальная глубина промерзания грунта в местах зимовки *P. fuscus* может существенно различаться и в регионе исследований варьирует от 0.8 до 2 м (Ермохин и др., 2013 б). Динамика оттаивания почвы в местах зимовки *P. fuscus*, в свою очередь, зависит от особенностей накопления снежного покрова в течение холодного периода года и его схода в весенний период. Очевидно, что оттаивание почвы происходит несколько позднее на территории вокруг озёр, окружённых лесными массивами. Поэтому здесь нерестовые миграции *P. fuscus* начинаются несколько позднее, чем на озёрах, расположенных на открытых ландшафтах.

Дата прибытия первых особей *P. fuscus* в нерестовый водоём во многом зависит также от закономерностей формирования температурного режима воды в этот период. Динамика прогрева водного тела озера обусловлена темпами схода ледового покрова и особенностями водного питания. Указанные параметры существенно отличаются в годы с различной водностью. Так, после малоснежных зим озёрные котловины, как правило, заполняются преимущественно тальми водами с водосборной территории, тогда как в многоводные годы с большими запасами воды в снежном покрове и резким потеплением весной происходит существенный приток паводковых вод из р. Медведица. Прирусловые нерестовые озёра в такие годы становятся временно проточными. Движение паводковых вод по пониженным участкам поймы через котловины таких озёр заметно замедляет прогревание воды в них.

Сезонные явления в популяциях *P. fuscus* проводились многими исследователями в различных частях ареала, однако сведения о сроках окончания зимовки и о критических пороговых значениях температуры, при которых наблюдается приход первых особей в нерестовый водоём, до сих пор остаются весьма противоречивыми (табл. 4). Так, например, установлено, что в некоторых частях ареала первые особи *P. fuscus* появлялись в нерестовых водоёмах при температуре воды в диапазоне 9 – 15°C (Гаранин, 1983; Дунаев, 1999; Кузьмин, 1999; Пестов и др., 2007; Gelder van, Hoedemaekers, 1971; Kowalewski, 1974; Drobenkov et al., 2005; Nöllert et al., 2012), что позволило сформировать представление об этом виде как об относительно теплолюбивом. Другие авторы обращают внимание, что первые особи *P. fuscus* прибывают на нерестилище при значительно более низких значениях температуры воды, составляющих 3.8 – 7.5°C (Juszczyk, 1974) или 8 – 10°C (Щербак, Щербань, 1980; Лада, 1994). Последние значения оказались более близкими показателям, полученным в ходе многолетних исследований четырёх локальных популяций *P. fuscus* в долине р. Медведица (3.7 – 4.5°C) (см. табл. 1).

**Таблица 4**

Фенология и термобиологические особенности *P. fuscus*  
в течение периода нерестовых миграций в различных частях ареала

Регион	Даты наступления фенологических фаз			Температура воды, °С			Авторы
	Начало	Кульминация	Окончание	Начало	Кульминация	Окончание	
Нидерланды, окр. г. Неймеген	11.04	24.04	2.05	12	15	22	Gelder van, Hoedemaekers, 1971
Польша	–	–	–	12	13–16	26	Kowalewski, 1974
Польша	10.03	–	–	3.8–7.5	>10	–	Juszczyk, 1974
Украина, Закарпатская обл.	19–26.03	–	–	8–10	–	–	Щербак, Щербань, 1980
Россия, Тамбовская обл.	<u>17.04</u> 3.04–29.04	–	<u>28.04</u> 13.04–6.05	8–10	13–14	19–23	Лада, 1994

Продолжительность нерестовых миграций *P. fuscus* в различных частях ареала также остается недостаточно изученной, что отражает неопределенность методологии исследований: в большинстве работ указывается только приблизительное, с точностью до декады, время обнаружения особей в водоёме. В популяциях этого вида в долине р. Медведица нерестовые миграции продолжались в различные годы в течение 27 – 47 сут. (в среднем 28 – 36 сут.) (см. табл. 1), что в 2 – 4 раза превышает не только продолжительность этого периода, но и продолжительность нереста в целом, установленные ранее другими исследователями (Лада, 1994; Шляхтин и др., 2005; Gelder van, Hoedemaekers, 1971). Причем в четырёх изученных локальных популяциях *P. fuscus* в долине р. Медведица продолжительность миграционного периода была значимо больше, чем у *Rana ridibunda* и *Bombina bombina*, нерестящихся в тех же водоёмах (Ермохин и др., 2013 б, 2014).

Передвижение *P. fuscus* в период нерестовых миграций обычно происходит круглосуточно (Ермохин и др., 2013 б). Большинство половозрелых особей этого

## ФЕНОЛОГИЯ НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ЧЕСНОЧНИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

вида обитают на расстоянии не более 600 м от нерестового водоёма (Blab, 1986). Средняя скорость движения *P. fuscus* в период нерестовых миграций составляла около 40 м/ч, поэтому продолжительность перемещения конкретной особи от места зимовки до нерестового водоёма не превышала одних суток. В связи с данной особенностью погодные условия, при которых происходит выход *P. fuscus* из зимовальных камер, практически совпадала с таковыми при прибытии в нерестовый водоём. Однако следует отметить, что нерестовые миграции этого вида временно прекращались в ночные часы при относительно резком похолодании или при наступлении заморозков. В такие периоды температура воды опускалась на отдельных участках водоёмов до 0°C и наблюдалось образование закраин.

Таким образом, анализ фенологии нерестовых миграций *P. fuscus* из четырёх локальных популяций, размножающихся в пойменных озёрах (Садок, Кругленькое, Лебяжье, Коблово) в долине р. Медведица, позволил установить даты наступления основных фенологических фаз этого явления. На всех исследованных озёрах наблюдается достаточно четкая динамика прибытия *P. fuscus* в нерестовый водоём. Наступление отдельных фаз нерестовых миграций определяется критическими значениями температуры воздуха на исследуемой территории и воды в нерестовых водоёмах, а также особенностями хода температуры в течение конкретного года. Проведенное исследование позволило выявить региональные особенности и уточнить температурные параметры, характеризующие наступление основных фенологических фаз нерестовых миграций *P. fuscus*.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гаранин В. И. Земноводные и пресмыкающиеся Волжско-Камского края. М. : Наука, 1983. 176 с.
- Дунаев Е. А. Земноводные и пресмыкающиеся Подмосковья. М. : МосгорСИОН, 1999. 84 с.
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г. Сходимость результатов учета численности мигрирующих сеголеток чесночницы обыкновенной, *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768), при полном и частичном огораживании нерестового водоёма заборчиками с ловчими цилиндрами // Современная герпетология. 2011. Т. 11, вып. 3/4. С. 121 – 131.
- Ермохин М. В., Иванов Г. А., Табачишин В. Г. Фенология нерестовых миграций бесхвостых амфибий в долине р. Медведица (Саратовская область) // Современная герпетология. 2013 а. Т. 13, вып. 3/4. С. 101 – 111.
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А., Богословский Д. С. Особенности размещения чесночницы обыкновенной (*Pelobates fuscus*) в почвенном профиле в начале зимовки в долине р. Медведица // Современная герпетология. 2013 б. Т. 13, вып. 1/2. С. 22 – 26.
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. Сходимость результатов определения плодовитости *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) методами полного и частичного подсчёта яиц // Современная герпетология. 2014. Т. 14, вып. 1/2. С. 14 – 18.
- Кузьмин С. Л. Земноводные бывшего СССР. М. : Т-во науч. изд. КМК, 1999. 298 с.
- Корн П. С. Прямолинейные заборчики с ловушками // Измерение и мониторинг биологического разнообразия : стандартные методы для земноводных. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2003. С. 117 – 127.
- Лада Г. А. К биологии обыкновенной чесночницы (*Pelobates fuscus*, Laurenti, 1768) в Центральном Черноземье России // Флора и фауна Черноземья. Тамбов : Тамбов. гос. пед. ин-т, 1994. С. 74 – 83.

- Пестов М. В., Бакка С. В., Киселева Н. Ю., Маннапова Е. И., Калинина О. Н.* Земноводные и пресмыкающиеся Нижегородской области / Междунар. социально-экологический союз. Н. Новгород, 2007. 66 с.
- Шляхтин Г. В., Табачишин В. Г., Завьялов Е. В., Табачишина И. Е.* Животный мир Саратовской области : в 4 кн. Кн. 4. Амфибии и рептилии. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2005. 116 с.
- Щербак Н. Н., Щербань М. И.* Земноводные и пресмыкающиеся Украинских Карпат. Киев : Наукова думка, 1980. 268 с.
- Araújo M. B., Thuiller W., Pearson R. G.* Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe // *J. of Biogeography*. 2006. Vol. 33. P. 1712 – 1728.
- Beebee T. J. C.* Amphibian breeding and climate // *Nature*. 1995. № 374. P. 219 – 220.
- Blab J.* Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien // *Schriftenreihe für Landschaftsplege und Naturschutz*. Bonn : Kilda Verlag, 1986. Bd. 18. 150 s.
- Corn P. S.* Climate change and amphibians // *Animal Biodiversity and Conservation*. 2005. Vol. 28, № 1. P. 59 – 67.
- Corn P. S., Bury R. B.* Sampling methods for terrestrial amphibians and reptiles / USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland. General Technical Report PNW-GTR-275, 1990. 34 p.
- Drobenkov S. M., Novitsky R. V., Kosova L. V., Ryzhevich K. K., Pikulik M. M.* Advances in amphibian research in the former Soviet Union. Vol. 10. The amphibians of Belarus. Sofia ; Moscow : Pensoft, 2005. 168 p.
- Gelder van J. J., Hoedemaekers H. C. M.* Sound activity and migration during the breeding period of *Rana temporaria* L., *R. arvalis* Nilsson, *Pelobates fuscus* Laur. and *Rana esculenta* L. // *J. of Animal Ecol.* 1971. Vol. 40, № 3. P. 559 – 568.
- Google earth [Electronic resource]. Reston : US Dept. of State Geographer Image Landsat, 2013. URL : <http://www.google.com/earth/> (дата обращения: 25.05.2013).
- Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D.* PAST : Paleontological Statistics software package for education and data analysis // *Paleontologia Electronica*. 2001. Vol. 4, № 1. P. 1 – 9.
- Juszczyk W.* Płazy i gady krajowe. Warszawa : PWN, 1974. 721 s.
- Kowalewski L.* Observations on the phaenology and ecology of Amphibia in the region of Częstochowa // *Acta Zool. Crac.* 1974. Vol. 19. P. 391 – 460.
- Nöllert A., Grossebacher K., Lauscher H.* *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) – Knoblauchkröte // *Froschlurche (Anura) I, (Alytidae, Bombinatoridae, Pelodytidae, Pelobatidae)*, Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Wiebelsheim : Aula-Verlag, 2012. P. 465 – 562.
- Reading C. J.* The effect of winter temperatures on the timing of breeding activity in the common toad *Bufo bufo* // *Oecologia*. 1998. Vol. 117, № 4. P. 469 – 475.
- Terhivuo J.* Phenology of spawning for the common frog (*Rana temporaria* L.) in Finland from 1846 to 1986 // *Ann. Zool. Fenn.* 1988. Vol. 25. P. 165 – 175.
- Walpole A. A., Bowman J., Tozer D. C., Badzinski D. S.* Community level response to climate change : shifts in anuran calling phenology // *Herpetological Conservation and Biology*. 2012. Vol. 7, № 2. P. 249 – 257.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ БОБРОВЫХ ПЛОТИН И ОСУШЕНИЯ ПРУДОВ

Д. Е. Клименко, Д. Н. Епончинцева

*Пермский государственный национальный исследовательский университет  
Россия, 614990, Пермь, Букирева, 15  
E-mail: eponchintsevad@yandex*

Поступила в редакцию 11.02.13 г.

**Экспериментальные гидрологические исследования процессов разрушения бобровых плотин и осушения прудов.** – Клименко Д. Е., Епончинцева Д. Н. – Бобровые плотины на малых реках существенно изменяют их гидрологический режим. Одним из неблагоприятных последствий разрушения плотин является формирование максимальных прорывных расходов на малых реках, подтопление территорий. На основании обследования 11 плотин и прудов в Верещагинском районе Пермского края, а также на основании картографического моделирования 20 прудов установлены зависимости объёма чаши пруда от длины и максимальной высоты плотины, которые могут быть использованы для приближенного определения объемов прудов. При изменении высоты плотин от 0.5 до 3.4 м и длины плотин от 5 до 50 м объём чаши изменяется от 0 до 850 м<sup>3</sup>. По результатам искусственного разрушения плотин установлены: характер прохождения смоделированных паводков, зависимости гидрологических характеристик от уровней; определены гидрографы стока и объёмы стока, характер ложа спущенного пруда. Установлено, что развитие прорана в теле плотин в ширину маловероятно, размыв происходит преимущественно в грунтах берега. Расчетами установлено, что величины натуральных прорывных расходов соответствуют максимальным расходам дождевых паводков вероятностью превышения 10%. Натурные прорывные расходы отличаются от рассчитанных по формулам гидравлики на величину 10 – 30%. Величины максимальных расходов в ходе эксперимента достигали 50 – 500 л/с, продолжительность опорожнения прудов изменялась от 100 до 180 минут.

*Ключевые слова:* малые реки, бобровые плотины, гидрологический режим, дождевые паводки.

**Experimental hydrological studies of destruction of beaver's dams and draining ponds.** – **Klimenko D. E. and Eponchintseva D. N.** – Beaver's dams on small rivers significantly alter their hydrological regime. The formation of the maximum break-through expenditures on small rivers and flooding of territories are detrimental consequences caused by destruction of such dams. On the basis of our survey of 11 dams and ponds in the Vereshchaginskiy district (the Perm region), as well as from cartographic modeling of 20 ponds, dependences of the pond bowl volume on the length of the pond and the maximum height of the dam were established, which can be used to estimate an approximate volume of such ponds. When the dam's height changes from 0.5 to 3.4 m and its length changes from 5 to 50 m, the volume of the pond bowl alters from 0 to 850 m<sup>3</sup>. According to the results of artificial dam destruction, the following facts were established: the passage nature of simulated floods, the dependence of hydrological characteristics on the levels; the hydrograph and volume of the drain and the nature of the deflated pond were estimated. It was also found that the channel development closure in the body of the dams in width is unlike, that erosion mainly occurs in the soils of the coast. Based on calculations, it was revealed that the quantity of natural full-scale breakthrough expenditures was equal to the maximum expenditure of rain floods with a 10% probability of exceeding. The full-scale breakthrough expenditures differ from those calculated by the formulas of hydraulics by 10 – 30%. The maximum expenditure values during our experiment reached 50 to 500 L/s, the duration of ponds emptying varied from 100 to 180 min.

*Key words:* small river, beaver's dams, hydrology, hydrological regime, rain floods.

## ВВЕДЕНИЕ

Естественный гидрологический режим малых рек осложняется влиянием разного рода преград, в том числе бобровых плотин, являющихся наименее изученными.

Наиболее опасными гидрологическими явлениями на водотоках, зарегулированных бобрами, являются разрушение плотин и их прорыв, ведущие к наводнениям ниже по течению, снижению горизонтов грунтовых вод. Разрушению плотин могут способствовать интенсивные осадки, быстрое таяние снега, деятельность животных, падение деревьев и др.

Для изучения этих процессов проводилось искусственное разрушение плотин, выбранных в качестве моделей, и наблюдения за процессами спуска прудов. В России подобного рода исследования ранее не проводились, а гидрологические последствия деятельности бобров почти не изучены.

В литературе некоторые гидрологические, геоморфологические и другие аспекты влияния бобровых плотин на ландшафты и антропогенные объекты прямо и косвенно освещены зарубежными специалистами (Butler, 1989; Woo, Waddington, 1990; Nolet, 1992; Butler, Malanson, 1995, 2005; Burn, McDonnell, 1998; Zahner, 2001; Baker, Hill, 2003; Wright et al., 2004; Hartman, Tömlöv, 2006; Andersen, Shafroth, 2010).

Плотины бобра представляют собой древесно-каменно-земляные сооружения из уложенного определённым образом материала, сцементированного галькой и почвенно-растительными остатками. Размеры плотин для обследованной территории варьируют в зависимости от ширины водотока и напора: длина изменяется от 1.5 до 40 м; ширина верхней части – до 0.7 м, в нижней – до 1.5 м; высота – от 0.7 до 1.7 м.

За плотинами образуются пруды различной площади и формы. По форме зеркала в пределах рассматриваемой территории встречаются пруды русловые и затопливающие пойму. Более подробная классификация прудов по форме зеркала для территории Пермского края разработана Е. А. Савичевым (2010 *а, б*).

Классификация бобровых плотин по степени их сохранности проводилась по разработанной ранее шкале (Woo, Waddington, 1991), несколько модифицированной применительно к условиям района исследований.

По состоянию выделяются действующие, недействующие и разрушенные плотины. Действующими плотинами называют плотины активные, вблизи которых обитает бобровая семья, ведущая постоянные «гидротехнические работы». Недействующими называют плотины брошенные (в независимости от их возраста), не имеющие следов недавнего ремонта, но продолжающие оказывать влияние на режим водотока. Разрушенными называют брошенные плотины с глубоким прораном, не оказывающие существенного влияния на режим водотока.

Для изучения влияния разрушения плотин на режим малых рек, воздействия преград бобров на движение потока были организованы экспериментальные работы. Их целью являлось изучение процессов разрушения плотин и опорожнения прудов, прохождения прорывных расходов воды ниже плотин, а также сопоставление натурных данных с результатами математического моделирования. Эксперимент проводился на двух бобровых плотинах, расположенных в Верещагинском районе Пермского края, в октябре 2012 г.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведение эксперимента предполагало решение следующих задач:

- 1) выяснение времени опорожнения пруда;
  - 2) выяснение возможности полного или частичного разрушения плотины (прорыва) в случае экстремальных половодий или паводков на реках рассматриваемой территории;
  - 3) выяснение формы и размеров прорыва в случае прорыва;
  - 4) определение максимальных расходов и уровней воды, скоростей течения в случае прорыва;
  - 5) сравнение объема водной массы прудов, определённой методами речной гидрометрии и установленной на основании промерных работ;
  - 6) определение параметров волны прорыва и оценка применимости методов гидравлики открытых потоков для ее расчета;
  - 7) описание прохождения прорывной волны в случае разрушения верхней плотины каскада прудов;
  - 8) изучение явления расплывания прорывной волны и поведения профиля водной поверхности ниже разрушенной плотины.
- Обработка результатов эксперимента имела своей целью получение следующих фактических параметров искусственного паводка:
- распределение расходов воды во времени (гидрограф стока);
  - зависимостей скорости течения, площади водного сечения, расхода воды, уклона водной поверхности от уровня воды в нижнем бьефе;
  - определение объема стока, построение зависимости объема пруда от уровня воды в нем.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Обследование района работ и выбор объектов моделирования.* Гидрографические работы проводились в Верещагинском районе Пермского края, на малых водотоках бассейна р. Обва.

Водосборы обследованных водотоков расположены к северу от ж.-д. линии Пермь – Балезино, на участке между станциями Волегово и Бабики. Местность представляет собой всхолмленную равнину, расчлененную врезанными долинами рек и логов (рис. 1). Относительные высоты изменяются от 20 до 50 м, глубина вреза водотоков изменяется от 2 до 5 м. 50 – 70% площади водосборов занимают брошенные поля, на остальной территории произрастают смешанные леса из берёзы и осины в понижениях рельефа и из хвойных пород на водоразделах. Почвы суглинистые и глинистые.

Река Вож, правый приток р. Лысьва, имеет длину 12 км. Обследованные бобровые плотины расположены ниже пруда в с. Волеги, начиная с 9.8 км от устья. Долина реки на обследованном участке извилистая, шириной 15 – 100 м, трапецеидальной формы, с умеренно крутыми склонами, сложенными суглинками и занятыми полями. Нижнюю часть долины занимает сырая закрытая кустарниковая, значительно захламленная пойма шириной около 50 м. Поверхность поймы неровная, с многочисленными валами, хатками бобра. Рельеф поймы изменен деятельностью бобра. Извилистое русло реки шириной 1 – 3 м, глубиной 0.1 – 0.3 м,

скорости течения – от 0.1 до 0.2 м/с. Дно песчаное, местами песчано-илистое. Берега топкие, на отдельных участках – обрывистые подмываемые.

Река Меленка, левый приток р. Вож, имеет длину 5.9 км. Бобровые плотины расположены на 2-километровом отрезке в истоках реки. Здесь долина реки извилистая, трапецидальной формы, шириной 50 – 70 м, с крутыми безлесными скло-

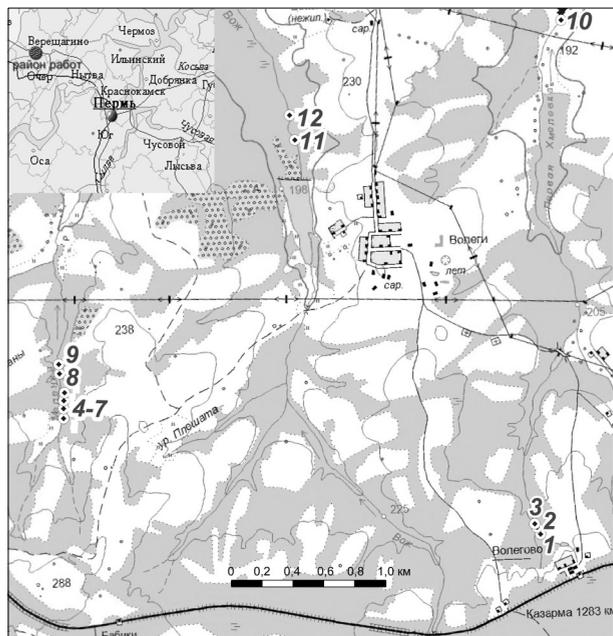


Рис. 1. Схема района работ и местоположения плотин

ным лесом. Дно долины занимает каскад из трех прудов. Ниже по течению, в районе пруда № 10, долина сохраняет трапецидальную форму, но ширина ее увеличивается до 100 м, склоны становятся пологими, практически безлесными, высотой до 2 м. Непосредственно к склонам долины примыкают поля. Дно долины заболочено, покрыто кустарником, занято многочисленными бобровыми плотинами и каналами.

Основные гидрографические характеристики обследованных водотоков в створах плотин приведены в табл. 1. Эксперимент проводился на плотинах № 6, 7, расположенных на р. Меленка и действующих в каскаде.

Для определения морфометрических характеристик плотин и прудов применялась методика, разработанная авторами (Епончинцева, Клименко, 2013).

1. Выполнялся обход прудов по береговой линии с GPS-навигатором с включенной функцией записи маршрута или облегченная буссольная съемка. Плановые очертания прудов уточнялись по космоснимкам, привязанным к используемым геодезическим системам координат (СК-42).

нами высотой 3 – 5 м. Осинники тянутся узкой полосой выше бровки склона, отделяя долину от прилегающих к ней полей. Пойма открытая, сырая, шириной около 30 м с многочисленными каналами, протоками и валами бобровых плотин.

Река Хмелевка, правый приток р. Лысьва, берет начало на высоте 260 м, имеет длину 12.3 км. После слияния с правобережным притоком в районе с. Ниж. Гаревские (10.6 км от устья) носит название 1-я Хмелевка. В районе прудов № 1 – 3 долина реки извилистая, трапецидальной формы, шириной около 70 м. Склоны крутые, высотой до 7 м, покрыты смешан-

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2. Промеры глубин прудов проводились с использованием резиновых лодок и гидрокостюмов, по заранее разбитым поперечникам, обозначенным вехами. Координаты промерных точек отмечались с помощью GPS-навигатора или угловых засечек буссолью. Промеры производились стандартной гидрометрической штангой.

3. Длина и ширина бобровых плотин измерялась мерной лентой, высота – путем нивелировки.

**Таблица 1**

Гидрографические характеристики обследованных водотоков в створах плотин

№ плотины	Дата обследования	Сведения о водотоке							
		Название	Расстояние от устья, км	Характеристики водосбора					
				Площадь, км <sup>2</sup>	Средний уклон, промилле		Длина, км		
					русла	водосбора	водотока	притоков	
1	14.10	р. Хмелевка	1.41	0.38	158.0	51.1	0.37	0.36	
2	14.10	р. Хмелевка	1.41	0.38	42.0	51.1	0.37	0.36	
3	14.10	р. Хмелевка	1.41	0.38	138.0	51.1	0.37	0.36	
4	15.10	р. Меленка	4.48	1.17	46.7	97.3	0.92	0.69	
5	15.10	р. Меленка	4.45	1.19	41.4	97.3	0.95	0.69	
<b>6</b>	<b>15.10</b>	<b>р. Меленка</b>	<b>4.34</b>	<b>1.20</b>	<b>49.0</b>	<b>97.3</b>	<b>1.06</b>	<b>0.69</b>	
<b>7</b>	<b>15.10</b>	<b>р. Меленка</b>	<b>4.25</b>	<b>1.30</b>	<b>20.7</b>	<b>94.3</b>	<b>1.15</b>	<b>0.69</b>	
8	15.10	р. Меленка	4.22	1.35	60.9	94.3	1.18	0.69	
9	15.10	р. Меленка	4.21	1.43	44.8	94.3	1.19	0.69	
10	16.10	р. 1-я Хмелевка	9.94	6.75	7.69	71.2	4.07	3.81	
11	14.10	р. Вож	9.91	6.91	6.63	68.7	4.16	2.93	
12	16.10	р. Вож	9.80	7.10	9.17	68.7	4.16	2.93	

*Примечание.* Жирным шрифтом выделены плотины, на которых производились экспериментальные работы.

В результате анализа полевых материалов выбрано 2 наиболее репрезентативных объекта на р. Меленка (плотины № 6, 7 в табл. 2) для проведения экспериментальных исследований. Батиметрические планы прудов, построенные на основании промерных работ, представлены на рис. 2.

*Этапы экспериментальных работ.* 1. Поиск бобровых плотин производился путем маршрутного обследования малых рек, благоприятных для расселения бобра по ряду критериев. Сведения о критериях рек, на которых вероятно появление плотин, представлены в работе авторов статьи (Епончинцева, Клименко, 2013).

2. Подготовка к проведению эксперимента состояла из разбивки гидрометрического створа на реке ниже плотины, временных уровнемерных пунктов и устройства временного поста; подготовки приборов к измерению скоростей на стрежне потока; нивелировки исходных уровней воды в пруду и в реке во всех пунктах. Эксперимент проводился в единой системе отсчета времени с точностью до 1 минуты и в условной системе высот, принятой при нивелировке, с точностью до 1 мм. Отметке исходного уровня воды в пруду придавалось значение 100.000 м усл.

Таблица 2

## Параметры бобровых плотин и прудов района исследований

№ плотины	Название водотока	Параметры плотины				Параметры пруда								
		Длина, м	Высота максимальная, м	Длина Высота	Состояние	Материал постройки	Объем чаши, м <sup>3</sup>	Площадь зеркала, м <sup>2</sup>	Глубина, м		Ширина, м		Длина береговой линии, м	
									Средняя	Наибольшая	Длина, м	Средняя		Наибольшая
1	р. Хмелевка	13	1.09	11.9	Д	Ветви, ил, глина	29.9	44.0	0.68	0.90	7	6.38	13	18.8
2	р. Хмелевка	27	3.30	8.18	Д	Ветки, доски, ил, глина	840	1093	0.77	2.20	79	13.9	41	245
3	р. Хмелевка	12	1.65	7.27	Д	Ветви, ил	26.0	34.7	0.75	1.10	12	2.89	12	40.0
4	р. Меленка	7.5	0.70	10.7	Д	Мелкие ветви, кора, ил, глина, кора	10.8	31.5	0.34	0.50	15	2.10	8.0	33.9
5	р. Меленка	9.0	1.20	7.50	Д	Ветви, глина.	75.0	204	0.37	0.90	29	7.03	14	77
<b>6</b>	<b>р. Меленка</b>	<b>45</b>	<b>2.50</b>	<b>18.0</b>	<b>Д</b>	<b>Ветви, ил, глина, поваленные деревья</b>	<b>800</b>	<b>374</b>	<b>2.10</b>	<b>2.50</b>	<b>51</b>	<b>7.33</b>	<b>22.0</b>	<b>243</b>
7	<b>р. Меленка</b>	<b>6.0</b>	<b>1.20</b>	<b>5.00</b>	<b>Д</b>	<b>Ветви</b>	<b>144</b>	<b>803</b>	<b>0.18</b>	<b>0.90</b>	<b>58</b>	<b>13.8</b>	<b>30.9</b>	<b>285</b>
8	р. Меленка	30	2.20	13.6	Нд	Ветви, трава	241	567	0.43	1.00	36	15.7	30	116
9	р. Меленка	30	3.00	10.0	Д, Р	Ветки, бревна, ил, глина, трава	201	335	0.60	0.75	67	5.00	25	86.3
10	р. Первая Хмелевка	33	0.70	47.1	Д	Глина, ил, мелкие ветви	250	1200	0.21	0.70	91	13.19	34	631
11	р. Вож	15	1.2	12.50	Д	Ветки, ил, глина	1374	2271	0.61	1.00	181	6.30	55	2271
12	р. Вож	30	1.1	27.27	Д	Ветви, ил	195	953	0.21	0.90	120	7.94	27	270

*Примечание.* Жирным шрифтом выделены плотины, на которых производились экспериментальные работы; Д – действующая, Нд – недействующая, Р – разрушенная.

3. Для искусственного разрушения (устройства прорана) плотина предварительно очищалась от наваленных веток, травы. После этого часть плотины, примыкающая к области максимальных глубин в пруду, расшатывалась прочной деревянной жердью, что приводило к усилению фильтрации через тело плотины. Затем в этом месте прорубалась узкая прорезь на максимально возможную глубину, из прорези вынимались крупные ветки и ил; поток воды приводил к расширению прорези и формированию прорана эллиптической формы. С момента начала усиленной фильтрации работы по устройству прорана занимали 1 – 3 минуты.

4. Наблюдения на временных гидрологических постах в нижнем и верхнем бьефах плотины производились с момента начала разрушений и включали непрерывную фиксацию уровней воды и поверхностных скоростей течения.

Измерения скоростей течения производились на одной скоростной вертикали (на стрежне потока) гидрометрической вертушкой ИСП-1 с преобразователем сигналов в предварительно намеченных гидрометрических створах ниже плотин, за пределами зоны повышенной турбулентности потока. Измерения уровней воды велись на 4 временных урнемерных постах, разбитых ниже плотины через интервалы, равные 2 – 3 ширинам потока. Временные посты – это забитые в дно ручья колья с вехами-сторожками. Для фиксации высших уровней вехи покрывались мелом, после прохождения прорывной волны метки высоких вод нивелировались. Фактические уровни измерялись переносной водомерной рейкой ГР-104 по кольям. Для нивелирных работ использован нивелир Sokkia С-3-30 и рейка РН-3000. В проведении эксперимента участвовали два человека (авторы статьи).

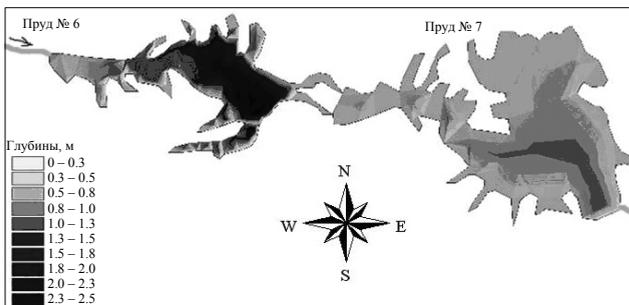


Рис. 2. Батиметрические схемы прудов № 6 и 7 на р. Меленка

Наблюдениями охватывалась вся волна искусственного паводка, вплоть до возвращения уровня воды в реке на начальную отметку и полного опорожнения пруда до отметки дна прорана. При прохождении искусственного паводка через каскад прудов (от плотины № 6 к плотинам № 7 – 9) ниже разрушаемой плотины дополнительно велись визуальные наблюдения за прохождением волны прорыва, размывом плотин и переполнением прудов.

5. Комплекс измерений после прохождения «волны прорыва» включал в себя: нивелировку поперечного профиля гидроствора, меток высоких вод, фактического уровня воды в пруду; визуальный осмотр ложа опорожненного пруда и следов прохождения искусственного паводка ниже разрушенной плотины; измерение параметров искусственного прорана.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Результаты обследования водотоков.* Было выполнено обследование 12 плотин и прудов (см. табл. 2). На основании собранных полевых материалов получены расчетные зависимости объёма чаши пруда от длины и максимальной высоты плотины, которые могут быть использованы для приближенного определения объемов бобровых прудов, расчета высших уровней ручьев в зоне подпора, прорывных расходов ниже плотин (рис. 3).

*Результат эксперимента.* После опорожнения прудов были выполнены обмеры образовавшихся в плотинах проранов (рис. 4, табл. 3).

Установлено, что тело плотины сложено достаточно прочно, каркас из веток в ее теле удерживает частицы минерального грунта, осложняя развитие прорана в

ширину, и полностью препятствует развитию прорана в глубину. В плотинах, расположенных ниже разрушаемой, формирование проранов наблюдалось лишь в районах примыкания плотин к берегу; тело плотин лишь частично размывалось по всему напорному фронту.

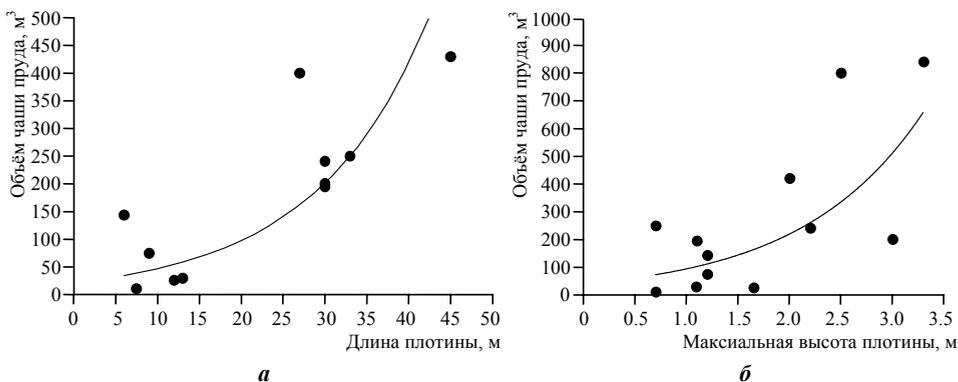


Рис. 3. Зависимости объёма пруда от длины (а) и высоты (б) плотин

Материалы наблюдений за прохождением прорывной волны обработаны методами речной гидрометрии (Лучшева, 1983). Полученные эмпирические зависимости и гидрографы стока представлены на рис. 5 – 7, где  $H$  – уровень воды, м усл.;  $F$  – площадь водного сечения,  $m^2$ ;  $v$  – скорость течения, м/с;  $Q$  – расход воды,  $m^3/c$ .



Рис. 4. Проран в теле плотины № 6 (вид со стороны нижнего бьефа)

На основании построенных гидравлических кривых, используя значения наблюдаемых уровней воды, построены гидрографы стока, подсчитан суммарный объем стока по каждому пруду, равный объему его водной массы (рис. 8). Совместный анализ графиков хода уровней воды в верхнем и нижнем бьефах позволил перейти от гидрографов стока к интегральным кривым объемов стока по времени, на основании которых

через соответственные уровни (в пруду и в реке, определенные в один момент времени) определены параметры кривых объемов прудов и рассчитаны объемы водной массы прудов при разных уровнях (рис. 9).

Анализ наблюдаемых при спуске прудов гидрографов позволил сделать следующие выводы.

Параметры проранов при разрушении бобровых плотин

Характеристика прорана	Плотина № 6	Плотина № 7
Ширина поверху, см	70	56
Ширина понизу, см	30	18
Глубина прорана, см	90	83
Глубина воды в проране, см	90	95
Глубина перед плотиной до прорана, см	60	110
Начальная отметка пруда, м усл.	100.00	100.00
Отметка в конце эксперимента, м усл.	99.54	99.28
Гребень плотины, м усл.	99.96	100.00
Низ прорана, м усл.	99.13	99.17

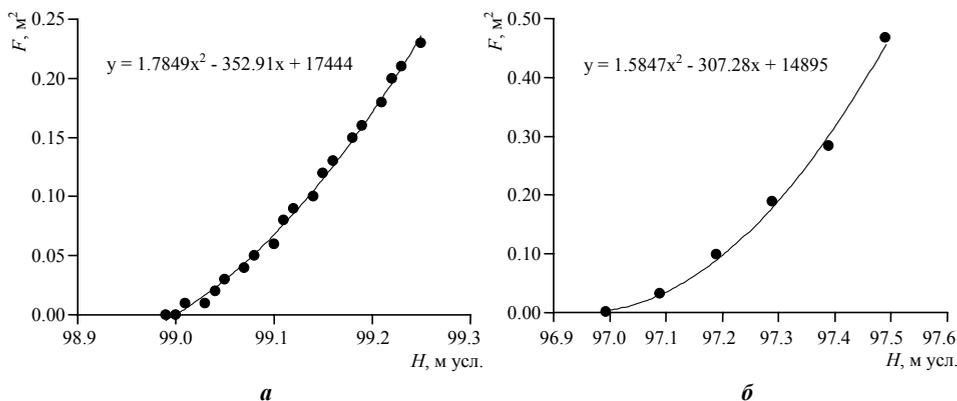


Рис. 5. Кривая зависимости  $F = f(H)$  для эксперимента № 1 (а) и № 2 (б)

1. По форме гидрографы напоминают естественные дождевые паводки.
2. При истечении воды через проран наблюдается неустановившийся режим течения, т.е. уклоны водной поверхности на подъеме и на спаде неодинаковы (в

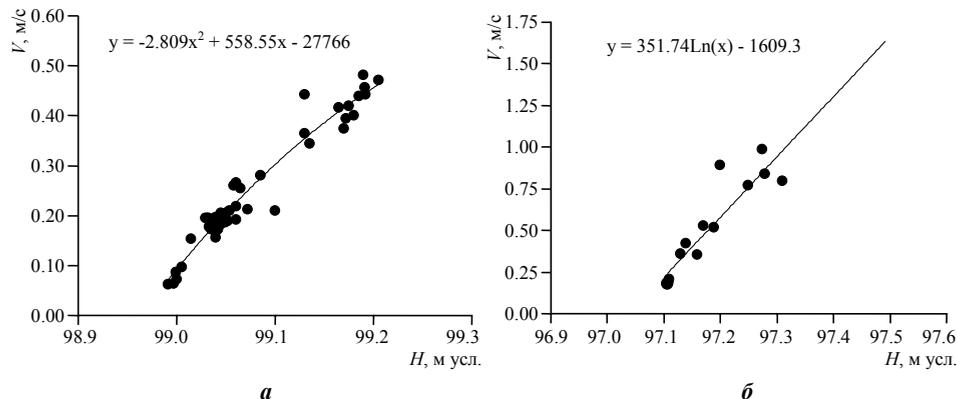


Рис. 6. Кривая зависимости  $v = f(H)$  для эксперимента № 1 (а) и № 2 (б)

эксперименте № 2 на подъеме – 8‰, на спаде – 1.88‰, в эксперименте № 1 53.2 и 43.4‰ соответственно).

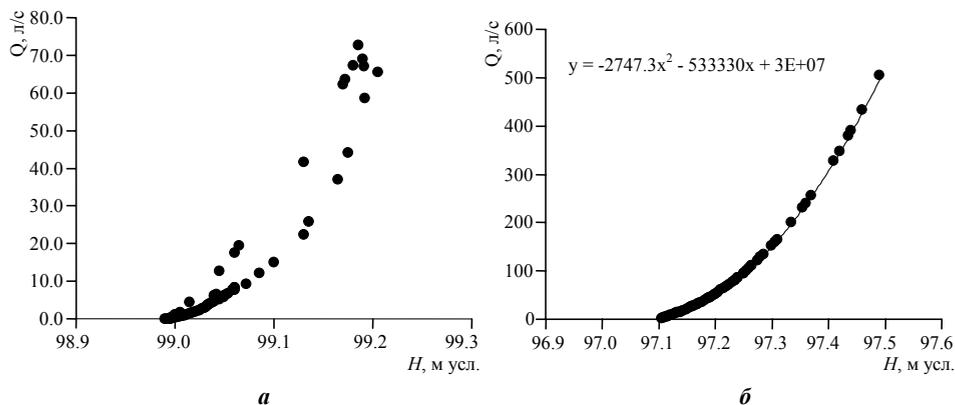


Рис. 7. Кривая зависимости  $Q = f(H)$  для эксперимента № 1 (а) и № 2 (б)

3. Истечение жидкости через проран описывается гидравлическим уравнением истечения жидкости через незатопленный плоский водослив при ряде допущений. Режим течения жидкости в открытом водном потоке ниже прорана на каждой ветви гидрографа с поправками на неравенство уклонов водной поверхности во времени можно описать уравнением А. Шези. Ниже прорана в начальной стадии спуска пруда формируется область гидравлического прыжка.

4. По мере потери напора воды в пруду скорость истощения его водных запасов снижается, что описывается параболообразной ветвью спада на гидрографе.

5. Независимо от формы и размеров прорана, а также запасов водной массы водохранилища гидрографы одновершинные. На прохождение пика гидрографа расходуется 15 – 20% времени полного опорожнения пруда. Время полного опорожнения прудов изменяется от 100 до 160 мин. Максимальные расходы достигают 50 – 500 л/с, превышая естественные фильтрационные расходы до разрушения плотины.

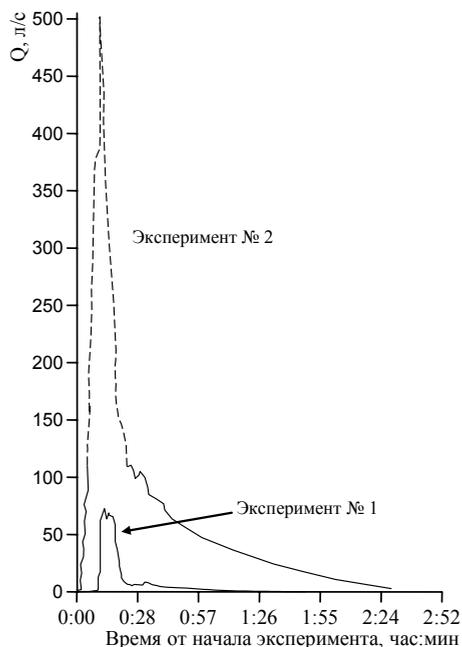
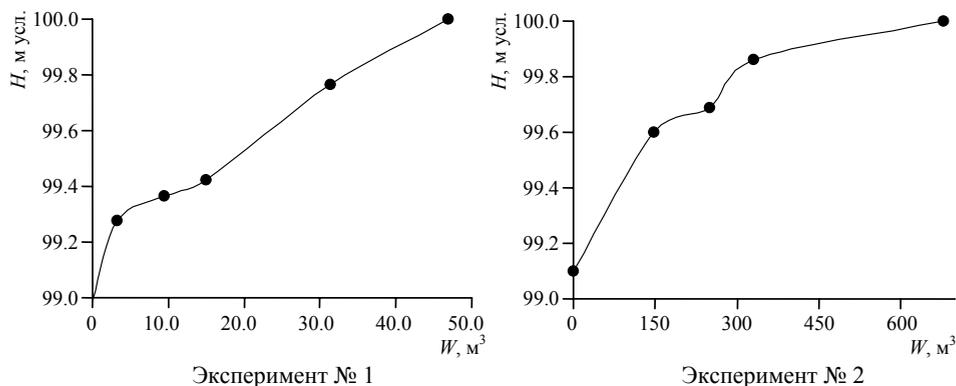


Рис. 8. Гидрографы стока при прохождении волны прорыва

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

6. Максимальной величины расход воды в нижнем бьефе достигает не в момент разрушения плотины, а по истечении некоторого времени, необходимого на развитие прорана и заполнения русла ручья ниже плотины.



**Рис. 9.** Кривые истощения объёмов водной массы прудов ( $H$  – уровень воды в пруду, м усл.;  $W$  – объём водной массы, м<sup>3</sup>)

По окончании экспериментальных работ выполнено сопоставление естественных максимальных расходов водотоков (в случае отсутствия плотин) с прорывными расходами воды, определенными экспериментально и рассчитанными методами речной гидравлики для водосливов (табл. 4). Естественные максимальные расходы воды определены по редуционным формулам, с использованием региональных гидрологических карт и метода гидрологической аналогии, по формуле типа III для дождевых паводков, в соответствии с пп. 7.44 – 7.49 СП-33-101-2003 «Свода правил...» (2004) и «Ресурсами поверхностных вод СССР» (1973); прорывные расходы рассчитаны по методу С. Я. Школьников (Методические рекомендации..., 1981).

**Таблица 4**

Расходы воды р. Меленка, определенные разными способами

Характеристика	Плотина № 7	Плотина № 6
Естественный максимальный расход дождевого паводка (м <sup>3</sup> /с) обеспеченностью $P$ , %	$P = 1\%$	$Q_{1\%} = 1.17$
	$P = 10\%$	$Q_{10\%} = 0.46$
	$P = 25\%$	$Q_{25\%} = 0.35$
Расчётный максимальный прорывной расход, м <sup>3</sup> /с	$Q_1 = 0.42$	$Q_2 = 0.59$
Наблюдённый максимальный прорывной расход, м <sup>3</sup> /с	$Q_1 = 0.075$	$Q_2 = 0.52$

### ВЫВОДЫ

1. При опорожнении прудов вследствие частичного разрушения плотин формируется прорывная волна, схожая с гидрографом дождевого паводка. Характеризуется крутой ветвью подъема и более плавной ветвью спада, представляющей собой кривую истощения запасов водной массы пруда. Режим истечения воды не-

установившийся, т.е. уклоны водной поверхности на ветви подъема гидрографа превышают уклоны на спаде.

2. В случае каскадного расположения плотин и разрушения верхней по течению через нижележащие плотины вода переливается широким фронтом; возможны разрушения в районе примыкания плотины к берегу.

3. Объем водной массы прудов, определенный при подсчете стока методами речной гидрометрии, несколько ниже объема, определенного по батиметрических планам прудов: для пруда № 6 – на 13%, для пруда № 7 – на 50%. Несоответствие может быть связано с неполным спуском водной массы ниже порога прорана, с наличием илов на дне, задержанием воды в каналах и прибрежной растительности.

4. Сама плотина сложена довольно плотно, из пересекающихся прутьев и ветвей с прослойками глины, что обуславливает невозможность ее полного разрушения и развития прорана на всю ширину.

5. Построенные гидрографы стока и кривые истощения объемов воды в пруду показывают, что одномоментный спуск прудов невозможен. Максимальные расходы воды в нижнем бьефе, параметры волны прорыва, высшие уровни и время полного опорожнения прудов будут зависеть от высоты плотины, уклона водной поверхности, напора и параметров прорана.

6. Прорывные расходы при разрушении плотин соответствуют естественным максимальным дождевым расходам обеспеченностью  $P = 10\%$ . Наблюдаемые прорывные расходы близки к расчетным значениям, определенным методами речной гидравлики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Епончинцева Д. Н., Клименко Д. Е. К оценке влияния бобровых плотин на эксплуатацию водопропускных сооружений под насыпями автомобильных дорог // Инженерные изыскания. 2013. № 3. С. 68 – 72.

Лучишева А. А. Практическая гидрометрия : учеб. пособие для вузов по спец. «Гидрология суши» : 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 423 с.

Методические рекомендации по определению расходов воды при проектировании переходов через водотоки в зоне воздействия некапитальных плотин. М. : Изд-во ЦНИИС Минтрансстроя СССР, 1981. 17 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Л. : Гидрометеиздат, 1973. 873 с.

Савичев Е. А. Многообразие и структура поселений на водотоках заповедника «Вишерский». Пермь : Изд-во Перм. гос. ун-та, 2010 а. С. 120 – 125.

Савичев Е. А. Результаты инвентаризации поселений бобра (*Castor fiber*) в заповеднике «Вишерский». Пермь : Изд-во Перм. гос. ун-та, 2010 б. С. 126 – 134.

Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. М. : Стройиздат, 2004. 74 с.

Andersen D. C., Shafroth P. B. Beaver dams, hydrological thresholds, and controlled floods as a management tool in a desert riverine ecosystem, Bill Williams River, Arizona // Ecohydrology. 2010. Vol. 3, № 3. P. 325 – 338.

Baker B. W., Hill E. P. Beaver (*Castor canadensis*) // Wild Mammals of North America : Biology, Management, and Conservation / eds. G. A. Feldhamer, B. C. Thompson, J. A. Chapman. Baltimore : The Johns Hopkins University Press, 2003. P. 288 – 310.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Butler D. R.* The failure of beaver dams and resulting outburst flooding : a geomorphic hazard of the southeastern Piedmont // *The Geographical Bul.* 1989. Vol. 31. P. 29 – 38.

*Butler D. R., Malanson G. P.* Sedimentation rates and patterns in beaver ponds in a mountain environment // *Geomorphology.* 1995. Vol. 13. P. 255 – 269.

*Butler D. R., Malanson G. P.* The geomorphic influence of beaver dams and failures of beaver dams // *Geomorphology.* 2005. Vol. 71. P. 48 – 60.

*Burn D. A., McDonnell J. J.* Effects of beaver pond on runoff processes : comparison of two headwater catchment // *J. of Hydrology.* 1998. Vol. 205. P. 348 – 264.

*Hartman G., Törnlov S.* Influence of watercourse depth and width on damming behavior by Eurasian beaver (*Castor fiber*) // *J. of Zoology.* 2006. Vol. 268. P. 127 – 131.

*Nolet B. A.* Reintroduction of beaver in the Rhine and Meuse estuary // *Semiaquatische Säugetiere : 2 Internationalien symposiums* / eds. R. Schropfer, M. Stubbe, D. Heidecke. Halle : University of Halle, 1992. P. 130 – 140.

*Woo M. K., Waddington J. M.* Effects of beaver dams on subarctic wetland hydrology // *Arctic.* 1990. Vol. 43, № 3. P. 223 – 230.

*Wright J. P., Gurney W. S. C., Jones C. G.* Patch dynamics in a landscape modified by ecosystem engineers // *Oikos.* 2004. Vol. 105, № 2. P. 336 – 348.

*Zahner V.* Dam building by beaver (*Castor fiber*) and its impact on forest stands in South Germany // *Proc. of the First Euro-American Beaver Congress / Transaction of Volga-Kama National Nature Zapovednik.* Kazan, 2001. P. 119 – 126.

УДК 591.5:631.4(075)

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ  
ТРОФО-МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ (LUMBRICIDAE, OLIGOCHAETA)  
НА pH-БУФЕРНУЮ СПОСОБНОСТЬ РЕКУЛЬТИЗЕМОВ  
В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ**

**Ю. Л. Кульбачко<sup>1</sup>, О. А. Дидур<sup>1</sup>, И. М. Лоза<sup>1</sup>,  
А. Е. Пахомов<sup>1</sup>, О. В. Безроднова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара  
Украина, 49010, Днепропетровск, просп. Гагарина, 72*

<sup>2</sup> *Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина  
Украина, 61022, Харьков, пл. Свободы, 4  
E-mail: didur@ua.fm*

Поступила в редакцию 12.04.13 г.

Экологические аспекты влияния трофо-метаболической деятельности дождевых червей (Lumbricidae, Oligochaeta) на pH-буферную способность рекультивированных почв степной зоны Украины. – Кульбачко Ю. Л., Дидур О. А., Лоза И. М., Пахомов А. Е., Безроднова О. В. – Рассматривается влияние трофо-метаболической деятельности отдельных представителей почвенных сапрофагов на pH-буферную способность рекультивированных искусственных лесных насаждений в условиях степной зоны Украины. Экспериментально доказано, что копролиты дождевых червей (Lumbricidae) имеют более высокую кислотно-основную буферную емкость по сравнению с буферностью исходных почво-грунтов. Рекультивированные почвы, обогащенные копролитами дождевых червей, становятся более устойчивыми к негативному воздействию техногенеза. Таким образом, на участках лесной рекультивации деятельность дождевых червей положительно влияет на экологические свойства насыпных почво-грунтов, повышая их буферную способность.

*Ключевые слова:* лесная рекультивация, почвенные сапрофаги, трофо-метаболическая деятельность, дождевые черви, кислотно-основная буферность.

**Environmental aspects of the earthworm (Lumbricidae, Oligochaeta) tropho-metabolic activity on the pH buffering capacity of remediated soils in the Ukrainian steppe zone. – Kulbachko Y. L., Didur O. A., Loza I. M., Pakhomov A. E., and Bezrodnova O. V. – The influence of the tropho-metabolic activity of soil saprophages on the pH-buffering capacity of remediated soils in the Ukraine is considered. Earthworm (Lumbricidae) casts have been experimentally proven to have a higher acid-base buffering capacity in comparison with that of the initial soil. Remediated soils enriched with earthworm casts become more resistant to man-caused effects. Thus, the activity of soil saprophages positively influences on the environmental properties of remediated soils on plots of forest remediation by increasing their buffer capacity.**

*Key words:* forest remediation, soil saprophages, tropho-metabolic activity, earthworm, acid-base buffering capacity.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности человека – неотъемлемое условие устойчивого экономического и социального развития Украины. В связи с этим особенно актуально решение экологических проблем Западного

Донбасса – крупного центра по добыче каменного угля, расположенного в юго-восточной части Украины. Высокие темпы промышленного освоения этого региона связаны с просадкой территории, подъемом и выходом на дневную поверхность высокоминерализованных грунтовых вод, а также с образованием отвалов из шахтных пород. В результате угледобычи из использования изымаются земли хозяйственного назначения. На их месте формируются техногенные территории (Стеревська, 1977; Зверковский, 1999), для которых характерна олиготрофизация компонентов фитоценозов (Безроднова, 2000).

Нарушенные территории, образованные в процессе угледобычи, могут быть частично восстановлены путем рекультивации (Стеревська, 1977; Узбек и др., 2010). Начальным этапом рекультивации служит технический этап, при котором проводится корректировка ландшафта и осуществляется нанесение плодородного слоя почвы. Одними из основных индикаторов, определяющих продуктивность рекультивированных земель и степень их пригодности для существования биоты, являются величина актуальной кислотности (рН) и степень их засоленности. Токсичные шахтные породы Западного Донбасса, на которые наносят почво-грунты, представляют собой смесь аргиллитов, алевролитов и углистых сланцев. Высокие значения плотности, бесструктурность и большая минерализация их водных вытяжек обуславливают чрезвычайно низкую пригодность таких субстратов для существования биоты (Волох и др., 1996). Поэтому их перекрывают рекультивационным слоем, состоящим из мелкозернистого нетоксичного материала. Для этого используют незасоленные лессовидные суглинки, иногда глины. Следующим этапом восстановительных работ является нанесение плодородного слоя почвы, например гумусированной массы чернозёма обыкновенного. Принимая во внимание его дефицит, могут применять бесчернозёмные варианты насыпок (Волох и др., 1996; Зверковский, 1999).

Заключительным этапом восстановления нарушенных земель является биологический этап рекультивации. Одна из ее разновидностей – лесная рекультивация, направленная на формирование экологически сбалансированных ландшафтов, на которых воссоздается лесная экосистема (Травлеев и др., 1988; Цветкова, 1992). Среди биоты важную роль в создании механизмов устойчивости лесных насаждений играет почвенная мезофауна, в частности, представители ее сапротрофного комплекса – дождевые черви, энхитреиды, двупарноногие многоножки, мокрицы и др. Эти животные в результате своей трофо-метаболической деятельности вносят значительный экологический вклад в преобразование почвенных свойств. Их называют «экосистемными инженерами» – организмами, способными посредством своей активности оказывать влияние на среду обитания и почвенные сообщества биоты, а также способные вызывать сукцессии экосистем (Тиунов, 2007; Eisenhauer, 2010 и др.). Изучение видов-средообразователей или «экосистемных инженеров» в настоящее время приобретает все большее значение (Осипов, 2011). Оценка степени их воздействия на среду, в частности влияния трофо-метаболической активности дождевых червей на буферную способность рекультивированных почв, представляет научный и практический интерес.

Буферной способностью почвы называется процесс поддержания своего химического состояния на неизменном уровне при воздействии потока химических веществ. Чаще под буферностью понимают способность почвы противостоять изменению ее актуальной реакции под воздействием различных факторов. Это так называемая кислотно-основная буферность, или рН-буферность (Трускавецкий, 2003; Орлов, 2005). Подавляющее число работ, посвященных изучению буферной способности почв, имеет сельскохозяйственную направленность (Трускавецкий, 2003; Namkalo, 2004), либо они посвящены изучению буферной способности различных генетических типов почв и не связаны с почвенно-зоологической составляющей (Позняк, Гамкало, 2001; Гамкало, 2005; Namkalo, 2004). Полностью отсутствуют сведения об участии почвенных сапрофагов в формировании и поддержании буферных свойств рекультивированных почв под лесными насаждениями. Поэтому целью представленной работы было определение почвенно-экологической эффективности вклада дождевых червей в формирование кислотно-основной (рН-буферной) способности насыпных почв на участках лесной рекультивации.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевой материал собран авторами на участке лесной рекультивации на территории Западного Донбасса (Украина, Днепропетровская область). Образцы почв, взятые с глубины 0 – 10 см, и свежие копролиты дождевых червей *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) отобраны на поверхности почво-грунта на участке рекультивации в насаждениях клёна остролистного (2-й и 3-й варианты насыпки). Верхний отобранный для анализа слой второго варианта насыпки представлен негумусированным лессовидным суглинком; а верхний слой третьего варианта – насыпным гумусированным слоем чернозёма обыкновенного. Представителя *A. caliginosa* относят к эндогеям почвенным червям. Это сапрофаг, вторичный деструктор, нитролиберант, гумификатор (Перель, 1979; Стриганова, 1980).

Определение кислотно-основной буферности почвы и ее новообразований – копролитов червей – основано на установлении изменения величины их рН вследствие добавления к ним растворов кислот или щелочей. Для определения буферной способности копролитов дождевых червей и почво-грунтов был использован метод Аррениуса (Физико-химические методы..., 1980). По результатам измерений величины актуальной кислотности строят график, на котором по оси абсцисс указывают количество миллилитров добавленной кислоты (или щёлочи), а по оси ординат – соответствующие им величины рН. Полученные кривые графика позволяют оценить буферность почво-грунтов по «площади буферности» в области кислотного и щелочного интервалов, которую определяют как площадь между кривыми титрования почвы (образец) и песка (эталоны) (Надточий, 1993) и выражают в условных квадратных сантиметрах. Для расчета площадей использовали метод численного интегрирования. Задачу решали с использованием формулы Симпсона (Маркушевич, 1979; Надточий, 1993). Измерение актуальной кислотности (рН) контрольных и опытных образцов проводили в трехкратной повторности. Рассчитывали среднее арифметическое, его стандартную ошибку и достоверную разницу средних (Лакин, 1990).

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Для второго варианта насыпки изменения рН исследуемых образцов в кислотном диапазоне приведены в табл. 1. Отметим, что лессовидный суглинок имеет естественную условно-нейтральную реакцию, а копролиты – нейтральную. При добавлении даже небольшого количества кислоты (3 мл) реакция суглинка переходит из условно-нейтральной (6.60) в кислую (5.07), в то время как копролиты, имея исходную нейтральную реакцию (7.16), приобрели условно-нейтральную (6.55), сохраняя ее даже при добавлении больших количеств кислоты.

**Таблица 1**

Результаты измерения буферности в кислотном и щелочном диапазонах для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок, копролиты дождевых червей) и песка (контроль)

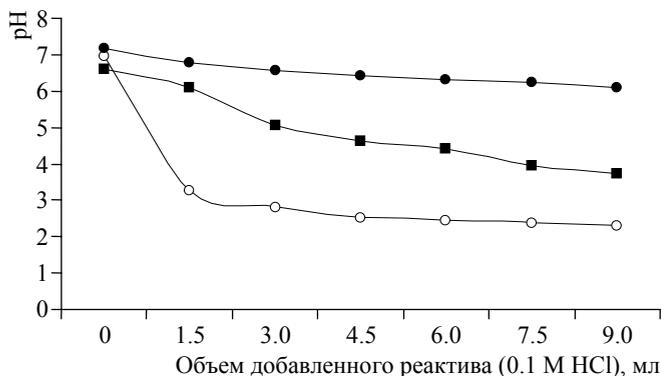
№ пробы	Объем добавленного реагента, мл	Кислотность, рН		
		Песок	Лессовидный суглинок	Копролиты
Кислотный интервал (реагент 0.1 М НСl)				
1	0	6.95±0.05	6.60±0.05	7.16±0.06
2	1.5	3.25±0.10	6.09±0.07	6.78±0.08
3	3.0	2.80±0.05	5.07±0.09	6.55±0.05
4	4.5	2.52±0.04	4.64±0.07	6.42±0.07
5	6.0	2.45±0.05	4.43±0.08	6.33±0.11
6	7.5	2.36±0.06	3.93±0.11	6.24±0.09
7	9.0	2.29±0.04	3.73±0.08	6.10±0.08
Щелочной интервал (реагент 0.1 М NaOH)				
1	0	6.95±0.05	6.60±0.05	7.16±0.06
2	1.5	11.45±0.05	6.78±0.08	7.43±0.07
3	3.0	11.65±0.10	7.20±0.10	8.01±0.06
4	4.5	11.72±0.07	7.72±0.07	8.55±0.05
5	6.0	11.87±0.06	8.25±0.10	8.87±0.07
6	7.5	12.05±0.05	8.75±0.05	9.01±0.10
7	9.0	12.05±0.10	9.35±0.07	9.20±0.07

*Примечание.* Здесь и далее приведены среднее арифметическое и его стандартная ошибка.

При добавлении небольшого количества раствора щелочи (1.5 мл) реакция суглинка остается условно-нейтральной (6.70), а копролиты при этом из исходной нейтральной реакции (7.16) приобретают явную слабощелочную (7.43) (см. табл. 1). При добавлении большего количества щелочи (6 мл) реакция суглинка и копролитов становится щелочной (8.25 и 8.87 соответственно), а при максимальном добавлении (9 мл) развивается сильнощелочная реакция у обоих образцов.

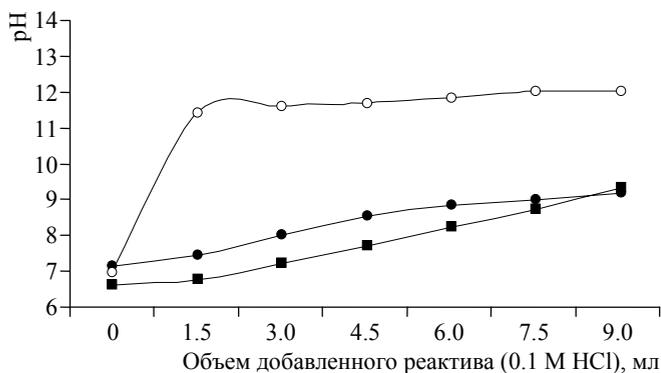
Кривые буферности в кислотном диапазоне для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок, копролиты дождевых червей) и песка представлены на рис. 1. Площадь буферности почво-грунта заключена между кривой титрования от песка и кривой титрования от насыпной почвы; площадь буферности копролитов заключена между кривой титрования от песка и кривой титрования от копролитов.

Расположение кривых титрования исследуемых образцов в этом интервале свидетельствует о том, что площадь буферности копролитов значительно больше, чем



**Рис. 1.** Кривые буферности (кислотное плечо) для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок, копролиты дождевых червей) и песка: ○ – песок, ■ – лессовидный суглинок, ● – копролиты

В табл. 2 приведены значения площадей буферности лессовидного суглинка и копролитов дождевых червей, их статистическая оценка. Суммарная площадь буферности копролитов статистически достоверно больше на 17.9%, чем общая



**Рис. 2.** Кривые буферности (щелочное плечо) для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок, копролиты дождевых червей) и песка: ○ – песок, ■ – лессовидный суглинок, ● – копролиты

площадь буферности лессовидного суглинка. На рис. 2 представлены кривые буферности в щелочном диапазоне для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок), копролитов дождевых червей и песка. Расположение кривых титрования исследуемых образцов свидетельствует о том, что площадь буферности копролитов меньше, чем лессовидного суглинка. Для третьего – чернозёмного – варианта насыпки изменения pH исследуемых образцов в кислотном диапазоне приведены в табл. 3. Чернозём имеет исходную естественную условно-нейтральную реакцию, а копролиты – нейтральную. При добавлении небольшого количества кислоты (1.5 мл) реакция чернозёма переходит из условно-нейтральной реакции почвенного раствора (6.82) в слабокислую (5.86), в то время как копролиты, имея исходную нейтральную реакцию (7.16), приобрели явную условно-нейтральную (6.33). При добавлении больших количеств кислоты (от 4.5 до 9.0 мл) реакция почвенного раствора чернозёма и копролитов качественно одинакова – кислая.

площадь буферности лессовидного суглинка.

На рис. 2 представлены кривые буферности в щелочном диапазоне для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок), копролитов дождевых червей и песка. Расположение кривых титрования исследуемых образцов свидетельствует о том, что площадь буферности копролитов меньше, чем лессовидного суглинка.

площадь буферности лессовидного суглинка. Большой вклад при этом вносится за счет площади буферности копролитов в кислотном интервале.

Для третьего – чернозёмного – варианта насыпки изменения pH исследуемых образцов в кислотном диапазоне приведены в табл. 3. Чернозём имеет исходную естественную условно-нейтральную реакцию, а копролиты – нейтральную.

**Таблица 2**

Оценка показателей буферной способности для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок, копролиты дождевых червей)

Интервал	Площадь буферности, см <sup>2</sup>	
	Лессовидный суглинок	Копролиты
Кислотный	18.1±0.51	32.5±0.52**
Щелочной	33.8±0.43	28.7±0.06*
Кислотно-щелочной (суммарный)	51.9±0.60	61.1±0.53***

*Примечание.* Достоверная разница средних с уровнем значимости: \* – ≤ 0.05; \*\* – ≤ 0.01; \*\*\* – ≤ 0.001.

Для этого же варианта насыпки изменения рН исследуемых образцов при добавлении небольшого количества раствора щелочи (1.5 мл) реакция чернозёма и копролитов меняется на слабощелочную (7.68 и 7.50 соответственно) (см. табл. 3). При прибавлении в дальнейшем объема щелочи почва и копролиты развивают щелочную и сильнощелочную реакцию. При этом реакция раствора из копролитов менее щелочная по сравнению с соответствующей реакцией образцов почвы (чернозёма).

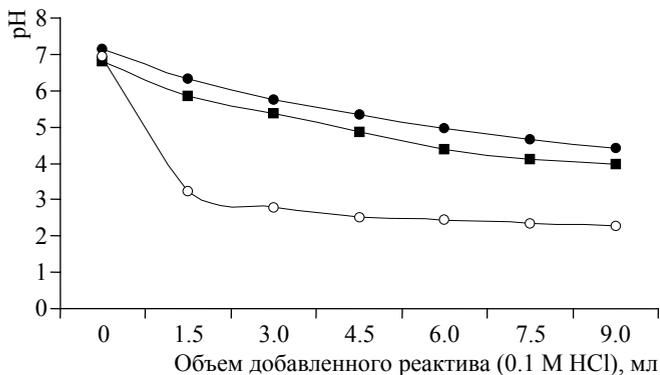
**Таблица 3**

Результаты измерения буферности в кислотном диапазоне для третьего варианта насыпки (верхний гумусированный слой чернозёма обыкновенного, копролиты дождевых червей) и песка (контроль)

№ пробы	Объем добавленного реагента, мл	Кислотность (рН)		
		Песок	Чернозём обыкновенный	Копролиты
Кислотный интервал (реагент 0.1 М НСl)				
1	0	6.95±0.05	6.82±0.12	7.16±0.04
2	1.5	3.25±0.10	5.86±0.11	6.33±0.07
3	3.0	2.80±0.05	5.37±0.10	5.77±0.07
4	4.5	2.52±0.04	4.86±0.09	5.34±0.08
5	6.0	2.45±0.05	4.38±0.08	4.97±0.07
6	7.5	2.36±0.06	4.12±0.12	4.65±0.10
7	9.0	2.29±0.04	4.00±0.10	4.43±0.08
Щелочной интервал (реагент 0.1 М NaOH)				
1	0	6.95±0.05	6.82±0.12	7.16±0.04
2	1.5	11.45±0.05	7.68±0.08	7.50±0.06
3	3.0	11.65±0.10	8.67±0.12	8.23±0.09
4	4.5	11.72±0.07	9.42±0.09	8.90±0.10
5	6.0	11.87±0.06	9.94±0.08	9.32±0.07
6	7.5	12.05±0.05	10.31±0.05	9.56±0.08
7	9.0	12.05±0.10	10.46±0.13	9.90±0.05

На рис. 3 представлены кривые буферности в кислотном диапазоне для третьего варианта насыпки (чернозём обыкновенный), копролитов дождевых червей и песка. Напомним, что площадь буферности почвы заключена между кривой титрования от песка и кривой титрования от почвы; площадь буферности копроли-

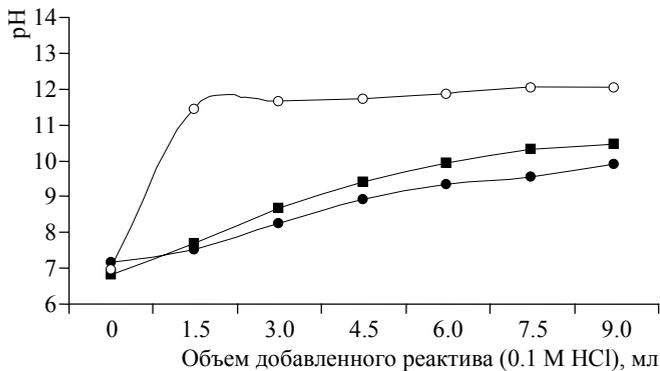
тов заключена между кривой титрования от песка и кривой титрования от копролитов. Расположение кривых титрования исследуемых образцов в этом диапазоне свидетельствует о том, что площадь буферности копролитов больше, чем площадь буферности чернозёма.



**Рис. 3.** Кривые буферности (кислотное плечо) для третьего варианта насыпки (чернозём обыкновенный, копролиты дождевых червей) и песка: ○ – песок, ■ – гумусированный слой чернозёма обыкновенного, ● – копролиты

буферности копролитов превышает площадь буферности чернозёма обыкновенного.

В табл. 4 приведены значения площадей буферности гумусированной массы чернозёма обыкновенного и копролитов дождевых червей для третьего варианта насыпки насаждения клёна остролистного, дана их статистическая оценка. Была найдена статистически достоверная разница для каждого интервала воздействия.



**Рис. 4.** Кривые буферности (щелочное плечо) для третьего варианта насыпки (чернозём обыкновенный, копролиты дождевых червей) и песка: ○ – песок, ■ – верхний гумусированный слой чернозёма обыкновенного, ● – копролиты

чернозёма на 20.8%. Большой вклад при этом вносится за счет площади буферности копролитов как в кислотном, так и щелочном интервалах.

На рис. 4 представлены кривые буферности в щелочном диапазоне для третьего варианта насыпки (чернозём обыкновенный), копролитов дождевых червей и песка. Расположение кривых титрования исследуемых образцов (кривая буферности копролитов находится ниже, чем кривая буферности почвы) свидетельствует о том, что площадь буферности копролитов превышает площадь буферности чернозёма обыкновенного.

Так, копролиты данного варианта насыпки имеют большую площадь буферности кислотного и щелочного диапазонов по сравнению с исходным почвогрунтом – насыпным слоем чернозёма обыкновенного. Установлено, что суммарная площадь буферности копролитов третьего варианта насыпки статистически достоверно больше, чем общая площадь буферности

Таблица 4

Оценка показателей буферной способности для третьего варианта насыпки  
(чернозём обыкновенный, копролиты дождевых червей)

Интервал внешнего воздействия	Площадь буферности, см <sup>2</sup>	
	Чернозём	Копролиты
Кислотный	18.9±0.38	23.3±0.52 (*)
Щелочной	21.6±0.54	25.7±0.45*
Кислотно-щелочной (суммарный)	40.5±0.57	49.0±0.62***

Примечание. Достоверная разница средних с уровнем значимости: \* –  $\leq 0.07$ ; \* –  $\leq 0.05$ ; \*\*\* –  $\leq 0.001$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении экологического влияния трофо-метаболической деятельности саркофагов на рекультивизёмы установлено, что копролиты дождевых червей как продукты их экскреторной деятельности могут изменять буферные свойства насыпных почво-грунтов участков лесной рекультивации на территории Западного Донбасса (Украина). Результаты проведенного нами эксперимента показывают, что кислотно-основная буферная емкость копролитов дождевых червей статистически достоверно выше, чем исходных изученных почво-грунтов на 17.9 и 20.8%, что может способствовать позитивным изменениям почвенно-экологического состояния рекультивированных почв. Таким образом, эффективность восстановления рекультивизёмов при обогащении их копролитами дождевых червей возрастает, качество насыпных почво-грунтов улучшается.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безроднова О. В. Антропогенна трансформація трав'яної рослинності долини р. Самари в межах Західного Донбасу : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Дніпропетровськ, 2000. 20 с.
- Волох П. В., Кулинич В. В., Масюк Н. Т., Новиков В. П., Новикова А. И., Оберняк И. Н., Фененко В. И. Временные методические рекомендации по оценке рекультивированных земель / Днепропетр. обл. управление по земельным ресурсам. Днепропетровск, 1996. 42 с.
- Гамкало З. Г. Роль органічного добрива в оптимізації кислотно-основних властивостей сірого лісового ґрунту західного Лісостепу України // Агрохімія і ґрунтознавство. 2005. № 66. С. 53 – 58.
- Стеревська Л. В. Рекультивація земель. Київ : Урожай, 1977. 128 с.
- Зверковський В. Н. Биогеоэкологическое обоснование лесной рекультивации земель, нарушенных угольной промышленностью в степной зоне Украины : дис. ... д-ра биол. наук. Днепропетровск, 1999. 566 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 352 с.
- Маркушевич А. И. Площади и логарифмы. М. : Наука, 1979. 64 с.
- Надточий П. П. Определение кислотно-основной буферности почв // Почвоведение. 1993. № 4. С. 34 – 39.
- Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Суханова Л. И. Химия почв. М. : Высш. шк., 2005. 558 с.
- Осипов В. В. Влияние средообразующей деятельности речного бобра *Castor fiber* L. на рыбные ассоциации малых рек заповедника «Приволжская Лесостепь» // Поволж. экол. журн. 2011. № 3. С. 378 – 385.

Ю. Л. Кульбачко, О. А. Дидур, И. М. Лоза, А. Е. Пахомов, О. В. Безроднова

*Перель Т. С.* Распространение и закономерности распространения дождевых червей фауны СССР. М. : Наука, 1979. 272 с.

*Позняк С. П., Гамкало М. З.* Кислотно-основная буферность буроземов Украинских Карпат // Почвоведение. 2001. № 6. С. 660 – 669.

*Стриганова Б. Р.* Питание почвенных сапрофагов. М. : Наука, 1980. 244 с.

*Тиунов А. В.* Метабиоз в почвенной системе : влияние дождевых червей на структуру и функционирование почвенной биоты : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. М., 2007. 44 с.

*Травлев А. П., Овчинников В. А., Зверковский В. Н., Цветкова Н. Н., Лындя А. Г.* Биогеоценотический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация : учеб. пособие. Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. гос. ун-та, 1988. 72 с.

*Трускавецький Р. С.* Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Харків : Нове слово, 2003. 225 с.

*Узбек И. Х., Кобец А. С., Волох П. В., Дырда В. И., Демидов А. А.* Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэкосистем / под ред. И. Х. Узбека. Днепропетровск : Пороги, 2010. 263 с.

Физико-химические методы исследования почв / под ред. Н. Г. Зырина, Д. С. Орлова. М. : Изд-во МГУ, 1980. 382 с.

*Цветкова Н. Н.* Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. гос. ун-та, 1992. 238 с.

*Hamkalo Z.* Differential acid-base buffering of soil as yardstick of ecological efficiency of an organic component of fertilizings of agrophytocenosis // Ґрунтознавство. 2004. Т. 5, № 3 – 4. С. 43 – 46.

*Eisenhauer N.* The action of an animal ecosystem engineer : identification of the main mechanisms of earthworm impacts on soil microarthropods // Pedobiologia. 2010. Vol. 53, iss. 6. P. 343 – 352.

УДК [598.2:595.775.1](470.311)

## БЛОХИ (SIPHONAPTERA, INSECTA) ПТИЦ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Матюхин<sup>1</sup>, А. Н. Матросов<sup>2</sup>, Т. В. Князева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33  
E-mail: amatyukhin@rambler.ru

<sup>2</sup>Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»  
Россия, 410005, Саратов, Университетская, 46  
E-mail: anmatrosov@mail.ru

Поступила в редакцию 16.10.13 г.

**Блохи (Siphonaptera, Insecta) птиц Москвы и Московской области.** – Матюхин А. В., Матросов А. Н., Князева Т. В. – Приведены данные о блохах диких птиц Москвы и Московской области, полученные за период наблюдений с 1997 по 2012 гг. Зарегистрировано обитание на птицах и в их гнездах 7 видов эктопаразитов: *C. gallinae*, *C. garei*, *C. columbae*, *C. pullatus*, *M. sciurorum*, *C. tribulis* и *C. vagabundus*, из которых 5 видов для региона упоминаются впервые. Более 90% в сборах составили виды *C. tribulis* и *C. gallinae*.

*Ключевые слова:* блохи птиц, индекс доминирования, индекс встречаемости, приуроченность.

**Fleas (Siphonaptera, Insecta) of the Birds in Moscow and the Moscow region.** – Matyukhin A. V., Matrosov A. N., and Knyazeva T. V. – Data on the fleas of the wild birds in Moscow and the Moscow region over a period of observation from 1997 till 2012 are given. 7 species of ectoparasites living on birds and in their nests were identified, namely, *C. gallinae*, *C. garei*, *C. columbae*, *C. pullatus*, *M. sciurorum*, *C. tribulis*, and *C. vagabundus*, 5 of which are new for the region. *C. tribulis* and *C. gallinae* make over 90% of our findings.

*Key words:* bird fleas, dominance rate, frequency index, habitat correspondence.

### ВВЕДЕНИЕ

Блохи (Siphonaptera) – многочисленная группа кровососущих насекомых с полным превращением, имаго которых являются облигатными гематофагами. К началу третьего тысячелетия мировая фауна блох насчитывала около 2000 видов, относящихся к 18 семействам. Из них 1835 видов блох обнаружены на 1606 видах млекопитающих и 214 видов блох – на 543 видах птиц (Медведев, 1997; Rothschild, 1975). На территории России и прилежащих стран отмечено около 1000 видов блох (Медведев, 1996; Сапегина, 2003; Сержан и др., 2003). Наиболее изучены блохи грызунов, имеющие эпизоотологическое и эпидемиологическое значение как переносчики возбудителей трансмиссивных инфекционных болезней (Вашенко, 1988; Чайка, 1997; Балашов, 2009 Traub et al., 1983; Beaucourgnu, Launay, 1990 и др.). Гораздо меньше внимания уделено блохам птиц, хотя они являются достаточно обычными и многочисленными эктопаразитами пернатых (Мулярская, 1953; Борисова, 1967; Гончаров и др., 1989; Bates, Rothschild, 1962) и, вероятно, могут

играть определенную роль в передаче возбудителей опасных болезней (Шевченко и др., 1969; Матюхин, 2007). Самой полной современной сводкой по блохам птиц Европы является работа словацких исследователей, показавших большое видовое разнообразие фауны орнитофильных блох и широкий спектр их прокормителей (Cyrprich et al., 2006).

Обобщающие работы о фауне и численности блох птиц г. Москвы и Московской области в литературе практически отсутствуют. Необходимо упомянуть исследования Н. Ф. Дарской по экологии птичьих блох на юге Московской области в середине прошлого века (Дарская, 1950, 1964). Ею отмечены здесь в гнездах ласточек блохи *Ceratophyllus delichoni*, *C. farreni*, *C. hirundinis* и *C. stux*, а также в гнездах других видов птиц *C. gallinae* и *C. garei*. Некоторые данные по блохам домового воробья приведены в монографии А. И. Ильенко (1976).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собирали в процессе орнитологических наблюдений на стационарных участках г. Москва и Московской области в 1997 – 2012 гг. Основные сборы сделаны в городе на территории КБК «Черемушки», в районах Москвы: городской парк (ул. Бурденко), Солнцево, Черемушки, Балашиха, а также в окрестностях г. Звенигорода, дачного поселка Переделкино, села Константиново, деревень – Рассказовка, Толстопальцево, Покровка, Терешково, усадьбы Кусково и в лесопарке Терлецкий. Птиц добывали ловчими сетями или при отстреле, блох собирали с живых птиц и из их гнезд. Всего обследовано 8327 птиц 127 видов, 527 гнезд 53 видов птиц, собрано 9142 имаго блох, в гнездах найдено 9553 личинок. До вида энтомологом О. В. Слободянюк определены 1682 блохи.

Таблица 1

Сведения о сборах блох птиц на территории г. Москва и Московской области в 1997 – 2012 гг.

№ п/п	Виды птиц	Собрано блох	В том числе				
			с птиц		из гнезд		
			всего блох	птиц с блохами	всего блох	гнезд с блохами	собрано личинок
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Ixobrychus minutus</i> – малая выпь	4	4	1	–	–	–
2	<i>Buteo buteo</i> – обыкновенный канюк	1	1	1	–	–	–
3	<i>Accipiter nisus</i> – ястреб-перепелятник	3	3	1	–	–	–
4	<i>Charadrius dubius</i> – малый зуёк	1	1	1	–	–	–
5	<i>Columba livia</i> – сизый голубь	157	25	15	132	6	521
6	<i>Dendrocopos major</i> – большой пёстрый дятел	17	–	–	17	2	–
7	<i>Dendrocopos minor</i> – малый пёстрый дятел	9	–	–	9	2	–
8	<i>Jynx torquilla</i> – вертишейка	3	–	–	3	1	–
9	<i>Hirundo rustica</i> – деревенская ласточка	3	–	–	3	1	–
10	<i>Motacilla alba</i> – белая трясогузка	64	1	1	63	3	–
11	<i>Anthus trivialis</i> – лесной конёк	1	1	1	–	–	–
12	<i>Sturnus vulgaris</i> – обыкновенный скворец	1266	6	2	1260	34	–
13	<i>Corvus frugilegus</i> – грач	51	–	–	51	3	–
14	<i>Corvus cornix</i> – серая ворона	4	–	–	4	2	–

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
15	<i>Corvus monedula</i> – галка	3	3	1	–	–	–
16	<i>Bombicilla garrulus</i> – свиристель	1	1	1	–	–	–
17	<i>Muscicapa hypoleuca</i> – мухоловка-пеструшка	480	–	–	480	3	–
18	<i>Turdus pilaris</i> – рябинник	39	1	1	38	13	–
19	<i>Turdus iliacus</i> – белобровик	1	1	1	–	–	–
20	<i>Turdus philomelos</i> – певчий дрозд	27	–	–	27	3	–
21	<i>Luscinia svecica</i> – варакушка	32	7	3	25	3	–
22	<i>Parus major</i> – большая синица	1457	–	–	1457	12	–
23	<i>Parus coeruleus</i> – обыкновенная лазоревка	1153	–	–	1153	2	–
24	<i>Sitta europaea</i> – обыкновенный поползень	2	2	1	–	–	–
25	<i>Certhia familiaris</i> – обыкновенная пищуха	1	–	–	1	1	–
26	<i>Passer montanus</i> – полевой воробей	118	–	–	118	4	–
27	<i>Passer domesticus</i> – домовый воробей	4239	–	–	4239	69	9032
28	<i>Fringilla coelebs</i> – зяблик	5	–	–	5	1	–
<b>Итого</b>		<b>9142</b>	<b>57</b>	<b>31</b>	<b>9085</b>	<b>165</b>	<b>95530</b>

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате просмотра многочисленного материала блохи зарегистрированы у 28 видов птиц. При этом большая часть насекомых (93.3%) собрана из 165 гнезд пернатых 19 видов, а незначительное количество имаго встречено на 31 экземпляре птиц, относящихся к 14 видам (см. табл. 1). Таким образом, индекс встречаемости (ИВ) блох в гнездах составил 31.3%, а на птицах – 0.36%. Преимагинальная фаза развития – личинки – были обнаружены в гнездах двух видов птиц: сизого голубя и домового воробья, 521 и 9032 экземпляров соответственно.

Число имаго в одном гнезде колебалось от 2 (серая ворона) до 576 (обыкновенная лазоревка) экземпляров, составляя в среднем 55. По обилию блох, встреченных в гнездах, доминируют такие виды, как сизый голубь, белая трясогузка, обыкновенный скворец, мухоловка-пеструшка, большая синица, обыкновенная лазоревка, полевой и домовый воробьи. На самих птицах блохи встречались в единичных экземплярах (от 1 до 3). Только у 5 видов (сизый голубь, белая трясогузка, обыкновенный скворец, варакушка, рябинник) блохи были обнаружены как в гнездах, так и на самих пернатых.

Исходя из определенного до вида материала (1682 блохи), на птицах г. Москвы и Московской области в период наблюдений нами зарегистрировано 7 видов блох. Доминирующими среди них являются 2 вида – *C. tribulis* и *C. gallinae*, составляющие в сумме более 90% (табл. 2).

*Ceratophyllus tribulis* Jord., 1926 – по последним данным вид зарегистрирован на многих видах птиц (Cyrpich et al., 2006), хотя чаще эта блоха паразитирует на воробьях. Он широко распространен от Восточной Европы до Японских островов (Гончаров и др., 1989; Медведев, 1997). В наших сборах в лесопарках г. Москва и Московской области блоха была обычна в гнездах дуплогнездников (домовой и полевой воробей, обыкновенный скворец). Так, из 24 гнезд домового воробья было собрано 717 блох, в 3 гнездах полевого воробья обнаружено 96 блох, в 10 гнездах обыкновенного скворца – 75 блох. На животноводческом комплексе д. Толстопальцево отмечена на сизом голубе.

Таблица 2

Видовой состав блох птиц г. Москвы и Московской области  
по материалам исследований в 1997 – 2012 гг.

№ п/п	Виды блох	Количество блох	Индекс доминирования, %
1	<i>Ceratophyllus tribulis</i> Jord., 1926	1010	60.0
2	<i>Ceratophyllus gallinae</i> Schrank, 1803	563	33.5
3	<i>Ceratophyllus garei</i> Roths., 1902	38	2.3
4	<i>Ceratophyllus columbae</i> Gervais, 1844	29	1.7
5	<i>Monopsylla sciurorum</i> Schrank, 1781	27	1.6
6	<i>Ceratophyllus vagabundus</i> Boheman, 1865	14	0.8
7	<i>Ceratophyllus pullatus</i> Boheman, 1865	1	0.1
	<b>Итого</b>	<b>1682</b>	<b>100.0</b>

*Ceratophyllus gallinae* Schrank, 1803 является одним из самых распространенных эктопаразитов птиц. Встречается в гнездах разнообразного устройства и размещения, но более приурочен к влажным биотопам и населенным пунктам (Назарова, 1981; Медведев, 1997). Для г. Москвы и Московской области этот вид упоминался Н. Ф. Дарской (1964). В наших сборах был обычен для дуплогнездников (полевой воробей, мухоловка-пеструшка, обыкновенный скворец, большая синица, лазоревка, большой пёстрый дятел, малый пёстрый дятел и др.). Индекс доминирования блох в сборах составил 33.4%. Особенно блоха многочисленна в гнездах домового воробья: в административных зданиях в центре г. Москвы в 8 гнездах зарегистрировано 372 блохи. Из 6 гнезд обыкновенного скворца (сборы в Кусково и Переделкино) было выбрано 162 блохи. Как случайный паразит отмечен на сизом голубе в животноводческом комплексе д. Толстопальцево. Блоха найдена также в гнездах варакушки и на самой птице.

*Ceratophyllus garei* Roths., 1902 встречается на многих видах птиц и приурочен к гнездам, устраиваемым на поверхности земли и в кустарниках (Дарская, 1964; Иофф и др., 1965; Борисова, 1969). Вид не является новым для данного региона. В наших сборах блохи обнаружены в гнезде рябинника (11 экз.) и певчего дрозда (13 экз.) в окрестностях Кусково, а также в 2 гнездах варакушки (14 экз.) в Солнцево.

*Ceratophyllus columbae* Gervais, 1844 считается облигатным паразитом сизого голубя и на других птицах исследователями не отмечался (Тифлов и др., 1977; Sургич et al., 2006). Этот вид, однако, может изредка встречаться на других видах птиц, гнездящихся на чердаках вместе с сизым голубем (Матюхин, 2007). Нами с 9 сизых голубей в д. Толстопальцево было снято 29 блох, с галки на животноводческом комплексе д. Рассказовка – 3 блохи этого вида.

*Monopsylla sciurorum* Schrank, 1781 является специфическим паразитом мелких млекопитающих: белок, сонь, куниц, ласок (Назарова, 1981), но неоднократно регистрировался и на птицах (Иофф и др., 1965; Тифлов и др., 1977; Sургич et al., 2006). Этот вид обнаружен нами в Кусково в гнездах рябинника (5 блох), певчего дрозда (7) и грача (15).

## БЛОХИ (SIPHONAPTERA, INSECTA) ПТИЦ МОСКВЫ

*Ceratophyllus vagabundus* Boheman, 1865 – достаточно редкий вид, зарегистрирован на мелких воробьиных (Иофф и др., 1965; Cyrpich et al., 2006). Нами блохи были обнаружены в 2 гнездах белой трясогузки в районе Солнцево – собрано 14 экз.

*Ceratophyllus pullatus* Boheman, 1865 – вид, по данным ряда авторов, распространен широко и многочислен в гнездах дроздов, синиц, воробьев, сов и др. (Иофф и др., 1965; Медведев, 1997; Cyrpich et al., 2006). Нами в Московской области сделана единичная находка в окрестностях животноводческого комплекса Толстопальцево – один экземпляр этой блохи снят с малого зуйка.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные новые данные о блохах птиц расширяют представление о био-разнообразии этих насекомых на территории г. Москвы и Московской области, пополняют сведения о распределении блох между разными видами птиц, а также их территориальной приуроченности. Таким образом, по нашим и литературным данным, фауна блох птиц Московского региона в настоящее время включает 11 видов, из которых 5 упоминаются впервые: *Ceratophyllus tribulis*, *Ceratophyllus columbae*, *Monopsyllus sciurorum*, *Ceratophyllus vagabundus*, *Ceratophyllus pullatus*. Вместе с тем следует констатировать, что до сих пор, включая наши исследования, материалы по эктопаразитам птиц довольно фрагментарны и не позволяют в полной мере оценить видовой состав, численность и распространение орнитофильных блох в изучаемом регионе. Для более объективной оценки состояния современной фауны блох птиц необходимо расширить границы поиска и обратить внимание на сбор данных по численности этих кровососущих членистоногих. Блохи могут играть существенную роль в хранении и передаче возбудителей инфекционных болезней самой разной этиологии. С этой точки зрения при планировании и проведении исследований первоочередное внимание следует уделять блохам гнезд массовых и колониальных видов птиц. Особый интерес, в частности, представляет изучение таксоценозов гнезд, которые используются птицами в течение длительного периода времени: ласточек, стрижа, сизого голубя, грача и др. Необходимы углубленные экологические и эпизоотологические исследования этой группы насекомых-гематофагов во всех регионах страны, включая лабораторные исследования блох птиц в природных очагах трансмиссивных зоонозов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балашиов Ю. С. Паразитизм клещей и насекомых на наземных позвоночных. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 2009. 357 с.
- Борисова В. И. Итоги изучения экологии гнездово-норных паразитов птиц ТАССР // Паразитология. 1967. Т. 6, № 5. С. 457 – 464.
- Ващенко В. С. Блохи – переносчики болезней человека и животных. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. 161 с.
- Гончаров А. И., Ромашова Т. П., Котти Б. К., Баваасон А., Жигмэд С. Определитель блох Монгольской Народной Республики. Улан-Батор, 1989. 415 с.
- Дарская Н. Ф. Определитель птичьих блох *Ceratophyllus*. Эктопаразиты. М. : Изд-во МОИП, 1950. Вып. 2. С. 85 – 105.

- Дарская Н. Ф.* К сравнительной экологии птичьих блох рода *Ceratophyllus* Curt., 1832. Эктопаразиты. Фауна, биология и практическое значение. М. : Изд-во МОИП, 1964. Вып. 4. С. 31 – 180.
- Ильенко А. И.* Экология домовых воробьев и их эктопаразитов. М. : Наука, 1976. 120 с.
- Иофф И. Г., Микулин М. А., Скалон О. И.* Определитель блох Средней Азии и Казахстана. М. : Медицина, 1965. 370 с.
- Матюхин А. В.* Варакушка и ее эпидемиологическое значение // Современное состояние растительного и животного мира стран евروهгиона «Днепр», их охрана и рациональное использование : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Гомель : Изд-во Гомельск. гос. ун-та им. Ф. Скорины, 2007. С. 115 – 122.
- Медведев С. Г.* Паразито-хозяйные связи семейств блох (Siphonaptera) // Энтотомол. обозр. 1997. Т. LXXVI, № 2. С. 318 – 337.
- Медведев С. Г.* Географическое распространение семейств блох (Siphonaptera) // Энтотомол. обозр. 1996. Т. LXXV, № 4. С. 815 – 833.
- Мулярская Л. В.* Биоценозы птичьих гнезд. Сталинабад : Изд-во АН Тадж ССР, 1953. 85 с.
- Назарова И. В.* Блохи Волжско-Камского края. М. : Наука, 1981. 168 с.
- Сапегина В. Ф.* Блохи (Siphonaptera) Западно-Сибирской равнины // Энтотомол. обозр. 2003. Т. LXXXII, № 3. С. 598 – 608.
- Сержан О. С., Нурмаханов Т. И., Байтанаев А. О.* Анализ структуры фаунистических комплексов блох грызунов в умеренной зоне Палеарктики // Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане. Алматы, 2003. Вып. 2 (8). С. 98 – 101.
- Тифлов В. Е., Скалон О. И., Ростигаев Б. А.* Определитель блох Кавказа. Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1976. 278 с.
- Чайка С. Ю.* Морфо-функциональная специализация насекомых-гематофагов. М. : Т-во науч. изд. КМК, 1997. 426 с.
- Шевченко В. Л., Каймашиников В. М., Андреева Т. К.* О механизме сохранения природной очаговости чумы в Волго-Уральских песках // Зоол. журн. 1969. Т. 48, вып. 2. С. 270 – 283.
- Bates J. R., Rothschild M.* Field studies on the behavior of bird fleas // Parasitology. 1962. Vol. 52, iss. 1/2. P. 113 – 132.
- Beaucournu J. C., Launay H.* Faune de France. Vol. 76. Les Puces (Siphonaptera) de France et du Bassin Méditerranéen Occidental. Paris : Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, 1990. 550 p.
- Cyprich D., Krumpal M., Mancosova L.* Catalogue of the fleas (Siphonaptera : Insecta) on birds (Aves) of Slovakia. Bratislava, 2006. 88 p.
- Rothschild M.* Recent advances in our knowledge of the order Siphonaptera // Annual Rev. Entomol. 1975. Vol. 20. P. 241 – 244.
- Traub R., Rothschild M., Haddom J. F.* The Rothschild collection of fleas. The Ceratophyllidae : key to the genera and host relationships with notes of the Evolution, Zoogeography and Medical Importance. London : Academic Press, 1983. 288 p.

УДК [598.321:591.526](470.44-12)

**СТРУКТУРА ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ  
(ALAUDIDAE, AVES) В ТИПИЧНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ  
ПОЛУПУСТЫНИ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

**М. Л. Опарин<sup>1</sup>, М. В. Конюшкова<sup>2</sup>, О. С. Опарина<sup>1</sup>,  
А. Б. Мамаев<sup>1</sup>, М. Б. Шадрин<sup>3</sup>, О. А. Рубан<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им А. Н. Северцова РАН  
Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24  
E-mail: oparinml@mail.ru*

<sup>2</sup> *Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ  
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы  
E-mail: mkon@inbox.ru*

<sup>3</sup> *Институт водных проблем РАН  
Россия, 119333, Москва, Губкина, 3  
E-mail: shadrim@mail.ru*

Поступила в редакцию 24.05.14 г.

**Структура гнездового населения жаворонков (Alaudidae, Aves) в типичных местообитаниях полупустыни Прикаспийской низменности.** – Опарин М. Л., Конюшкова М. В., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Шадрин М. Б., Рубан О. А. – В статье по материалам о плотности гнездовых пар отдельных видов жаворонков, полученных на основе маршрутных учётов, рассмотрено распределение их гнездового населения по местообитаниям в полупустыне Прикаспийской низменности. Учёты проводились на ключевых участках площадью 25 км<sup>2</sup>, на которых выполнялось картирование, а также описание почв и растительности. Проведение комплексных работ на ключевых участках позволило выявить связь с местообитаниями отдельных видов семейства жаворонковых, характерных для северо-запада заволжской части Прикаспийской низменности. Показано, что в условиях монотонной равнины в распределении видового населения жаворонков огромную роль играет мезо- и микро-рельеф, определяющий засоленность почвы и распределение группировок растительности, которые и предопределяют особенности местообитаний птиц.

*Ключевые слова:* Прикаспийская низменность, Заволжье, полупустыня, жаворонки, почва, растительность, местообитания.

**Structure of a lark (Alaudidae, Aves) breeding population in typical semi-desert habitats of the Caspian lowland.** – Oparin M. L., Konyushkova M. V., Oparina O. S., Mamayev A. B., Shadrina M. B., and Ruban O. A. – The paper is based on our data of the density of breeding pairs of individual lark species from route counts and considers the distribution of their breeding population over semi-desert habitats in the Caspian lowland. The counts were conducted in key 25 km<sup>2</sup> areas, within which soil and vegetation descriptions and mapping were done. Our comprehensive work on these key areas has enabled revealing a relation to the habitats of certain species of the Alaudidae family, characteristic of the northwestern Trans-Volga part of the Caspian lowland. It is shown that in a monotonous plain, a vital role in the distribution of lark species is played by the meso-relief and micro-relief, which determines the soil salinity and the distribution of vegetation groupings, which predetermines peculiarities of the bird habitats.

*Key words:* Caspian lowland, Trans-Volga region, semi-desert, lark, soil, vegetation, habitat.

## ВВЕДЕНИЕ

Район наших исследований расположен на северо-западе заволжской части Прикаспийской низменности. Согласно физико-географическому районированию, он включает несколько природно-геоморфологических районов: 1) бессточную суглинистую Джаныбекскую полупустынную равнину; 2) Арал-сорскую озёрно-солончаковую депрессию; 3) Межузенскую междуречную суглинистую полупустынную равнину; 4) Узено-Дюринскую междуречную суглинистую полупустынную равнину. Эти территории характеризуются пёстрым почвенным покровом. Их равнинный характер в сочетании с почвообразующими породами и континентальностью климатических условий обуславливает чрезвычайно большую роль микро-рельефа и мезорельефа. Элементы мезорельефа – большие плоские лиманы глубиной до 2 м, площадью иногда больше 1000 га, и плоские понижения падины глубиной до 1 м и площадью от 2 – 3 до 200 га. Лиманы заняты корневищно-злаковой растительностью на лугово-каштановых оглеенных почвах и солодах, так как они иногда затапливаются тальми весенними водами. В падинах развита злаково-разнотравная растительность степного типа на лугово-каштановых почвах. Остальная территория района имеет комплексный почвенно-растительный покров, разности которого имеют размеры от нескольких метров до нескольких десятков, и связаны с микро-рельефом: микроповышения с солонцовыми почвами заняты чернопопынно-солянковыми ассоциациями, микропонижения «западины» с лугово-каштановыми почвами заняты злаково-разнотравными ассоциациями. Именно эти элементы рельефа создают комплексный растительный покров, состоящий из пустынных ассоциаций на микроповышениях и степных ассоциаций в микропонижениях. На Джаныбекской бессточной равнине лиманные и пединные понижения встречаются относительно редко, причем падины значительно чаще, чем лиманы (Доскач, 1979). На Межузенской и Узено-Дюринской равнинах лиманные и пединные понижения развиты в значительно большей степени и занимают до 22.1% площади (Пичугина, 2005, 2006). Падины занимают 13.5% от площади междуречных ландшафтов. Они сформированы лугово-степными сообществами на лугово-каштановых почвах (53.1% от площади педин), а также солонцовыми комплексами. Меньшее распространение на междуречных равнинах получили лиманные урочища. На них приходится 8.6% от площади междуречных ландшафтов. Весной в лиманах поверхностные отложения и грунтовые воды несколько опресняются за счет притока талых вод. Летом уровень воды в лиманах резко снижается, а иногда она полностью испаряется с поверхности лиманных понижений. В это время происходит капиллярное подтягивание к поверхности солей из минерализованных грунтовых вод и засоление почв. В связи с этим по периферии лиманов формируется галофитная растительность на луговых солонцах. Двучленные солонцово-луговые комплексы подобных лиманов охватывают 4.3% от площади междуречных равнин. Лиманы на Приузенской равнине используются в качестве сенокосных угодий, реже по отаве выпасают скот (Пичугина, 2012).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования структуры населения и численности жаворонков в полупустыне Прикаспийской низменности проводились нами с 2011 г. по настоящее время. Ра-

## СТРУКТУРА ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

боты были выполнены на территориях Новоузенского, Александрово-Гайского районов Саратовской области, Старо-Полтавского и Палласовского районов Волгоградской области и Джаныбекского района Западно-Казахстанской области Республики Казахстан. Ранее нами была изучена межгодовая динамика населения жаворонков описываемой территории (Опарин и др., 2013). Изучение распределения гнездовых пар жаворонков по местообитаниям проведено в основном в 2014 г. В этот год в период с конца апреля по начало июня нами было пройдено 157.5 км пеших учётных маршрутов, на которых зафиксировано 5 видов жаворонков (*Alauda arvensis*, *Melanocorypha calandra*, *M. leucoptera*, *M. yeltoniensis*, *Calandrella rufescens*). Плотность распределения поющих самцов, а по ним и ориентировочное количество гнездящихся пар определяли при помощи маршрутного метода с переменной шириной учётной полосы (Равкин, Челинцев 1990; Бибби и др., 2000) в сезон гнездования воробьиных птиц. Учёты жаворонков осуществлялись в утренние и предзакатные часы. Регистрировались поющие самцы, при этом учитывалась их видовая принадлежность. Длина каждого маршрута ограничивалась 1000 м, причем расстояние между параллельными маршрутами не было ближе 250 – 300 м. Учёты проводились постоянными учетчиками в разных направлениях, дабы избежать пересечения маршрутных путей. Расчеты плотности проводились по методу, предложенному Н. Г. Челинцевым (Равкин и др., 1985).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

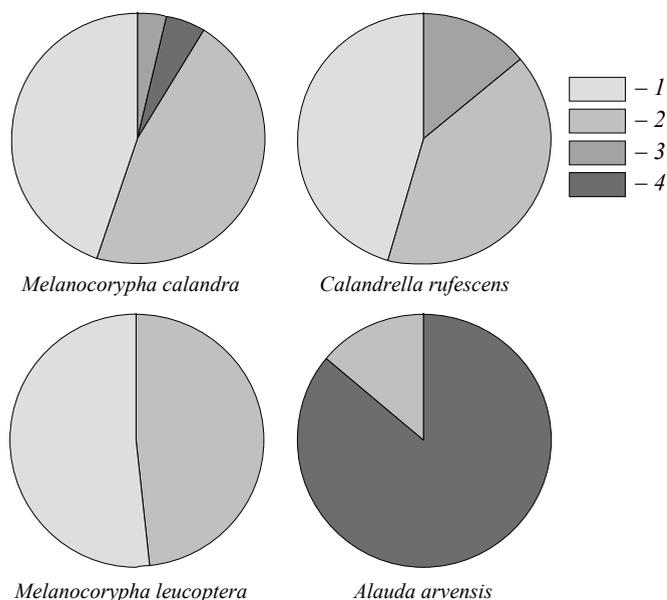
В ходе исследований, выполненных в Западно-Казахстанской области на Джаныбекской полупустынной равнине и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии, зарегистрировано 4 вида жаворонков. Среди них доминирующими являлись два вида: серый и степной жаворонки. Средняя плотность серого жаворонка составляла  $48.5 \pm 6.6$  пар/100 га. Этот вид встречался в трех из четырех обследованных групп местообитаний. Степной жаворонки встречался во всех местообитаниях, а его средняя плотность составляла  $42.2 \pm 3.8$  пар/100 га. К содоминирующим видам следует отнести белокрылого и полевого жаворонков, встречавшихся в двух из четырех обследованных групп местообитаний. Их плотность составляла  $18.6 \pm 5.3$  пар/100 га и  $28.4 \pm 5.5$  пар/100 га соответственно (табл. 1).

**Таблица 1**

Плотность гнездового населения жаворонков в основных типах местообитаний Джаныбекской бессточной равнины и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии

Вид	Плотность в местообитаниях – группах ассоциаций, пар/100 га				Средняя плотность
	Корневищно-злаковые	Дерновинно-злаково-полюнные	Польново-дерновинно-злаковые	Чернопольно-солянково-типчачковые	
<i>Melanocorypha calandra</i>	8.1±3.7	78.2±4.6	75.8±4.4	6.8±3.3	42.2±3.8
<i>Calandrella rufescens</i>	–	78.5±6.1	88.1±4.8	27.5±8.8	48.5±6.6
<i>Melanocorypha leucoptera</i>	–	35.9±6.3	38.4±4.2	–	18.6±5.3
<i>Alauda arvensis</i>	98.1±2.3	15.8±4.7	–	–	28.4±5.5
Общая плотность	106.2±3.0	208.4±5.4	202.3.6±4.5	34.3±6.1	137.8±4.8

Гнездовые пары полевого жаворонка были в основном приурочены к лиманным понижениям и в небольшом количестве встречались в падинах, наиболее глубокие части которых имели пырейную растительность. Основное население степного жаворонка было приурочено к степной злаково-полынной и полынно-злаковой растительности, хотя в небольшом количестве он встречался как в мезофильной растительности лиманных понижений, так и в чернополынной полупустынной растительности солончаковых депрессий. Поселения белокрылого жаворонка приурочены к участкам степной растительности с выбитым травостоем. Гнездовое население серого жаворонка приурочено к полынным ассоциациям злаково-полынных комплексов как в дерновинно-злаково-полынных, так и в полынно-дерновинно-злаковых группах ассоциаций. Хотя этот вид доминирует и в полупустынных комплексах чернополынно-солянково-типчаковой растительности солончаковых депрессий, его плотность здесь в три раза ниже, чем в полынно-злаковой растительности комплексной опустыненной степи (рис. 1).



**Рис. 1.** Распределение гнездовых пар различных видов жаворонков (в %) по местообитаниям: 1 – полынно-дерновинно-злаковые, 2 – дерновинно-злаково-полынные, 3 – чернополынно-ромашниково-типчаковые, 4 – луговые (корневищно-злаковые)

Для полынно-злаковой растительности трехчленных комплексов характерно сообщество из трех видов жаворонков: степного, белокрылого и серого. Доминирует здесь серый, содоминируют с ним степной и белокрылый жаворонки. В Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии общая плотность населения жаворонков гораздо ниже,

В луговых местообитаниях лиманных понижений представлено сообщество из двух видов жаворонков, причем абсолютным доминантом является полевой жаворонок, встречается здесь и степной жаворонок, но обилие его в 10 раз ниже, чем полевого. Сообщество из всех четырех видов, зарегистрированных на описываемой территории, приурочено к степной растительности падин, где доминируют степной и серый жаворонки, содоминантом является белокрылый, а второстепенным видом – полевой жаворонок.

## СТРУКТУРА ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

чем в Джаныбекской глинистой равнине, здесь представлено всего два вида жаворонков: серый – доминант и степной – содоминант (рис. 2, см. табл. 1).

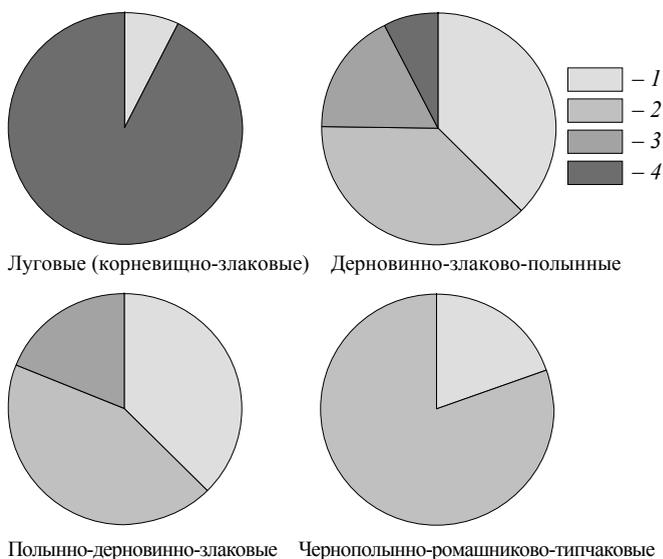
В период наших исследований на Джаныбекской глинистой равнине и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии доминировали серый и степной, содоминировали им белокрылый и полевой жаворонки (рис. 3, см. табл. 1).

По нашим данным, на обследованной территории около двух третей гнездового населения жаворонков приурочено к степной растительности (дерновинно-злаково-полынные и полынно-дерновинно-злаковые формации), менее одной трети – к луговой растительности лиманных понижений и менее десятой части – к пустынной растительности солончаковых депрессий (рис. 4, см. табл. 1).

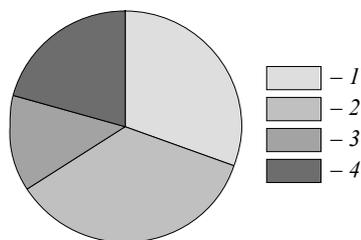
Кроме изучения вопроса о распределении гнездового населения жаворонков по местообитаниям на Джаныбекской глинистой равнине и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии, мы сравнили гнездовое население жаворонков на четырех ключевых участках, площадью 25 км<sup>2</sup>, расположенных на обозначенной территории, но отличающихся структурой ландшафтов. Положение участков на территории района исследований показано на рис. 5.

Для птиц в условиях равнинного рельефа наиболее важными элементами ландшафта, определяющими характеристики гнездовых местообитаний, являются почвы и растительность, тесно связанные между собой.

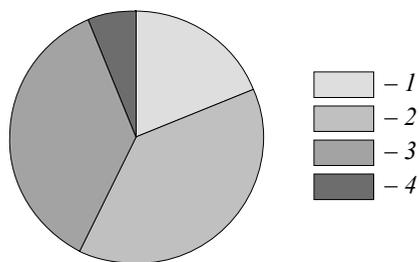
Характеристика структуры местообитаний жаворонков представлена в табл. 2. Как следует из данных таблицы, ключевые участки существенно отличаются друг от друга по структуре почвенного покрова и связанной с ним расти-



**Рис. 2.** Структура населения жаворонков (в %) в отдельных местообитаниях: 1 – *Melanocorypha calandra*, 2 – *Calandrella rufescens*, 3 – *Melanocorypha leucoptera*, 4 – *Alauda arvensis*



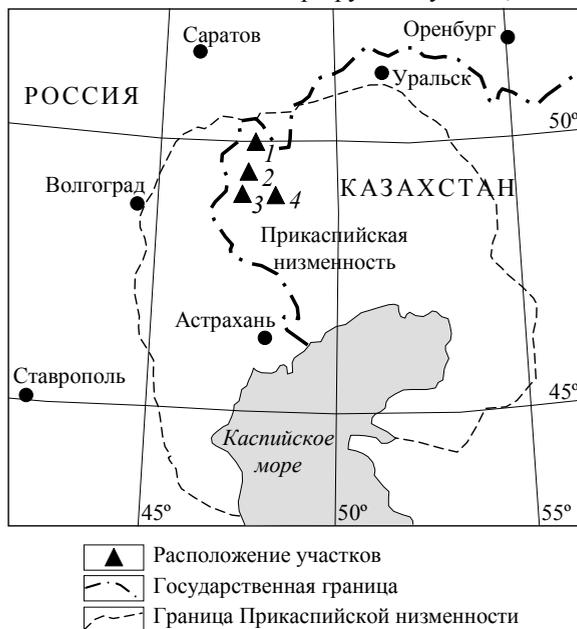
**Рис. 3.** Структура гнездового населения жаворонков (в %) на Джаныбекской глинистой равнине и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии: 1 – *Melanocorypha calandra*, 2 – *Calandrella rufescens*, 3 – *Melanocorypha leucoptera*, 4 – *Alauda arvensis*



**Рис. 4.** Распределение гнездового населения жаворонков (в %) по местообитаниям на Джаныбекской глинистой равнине и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии: 1 – луговые (корневищно-злаковые), 2 – дерновинно-злаково-попынные, 3 – попынно-дерновинно-злаковые, 4 – чернопопынно-ромашниково-типчачковые

тельности. Об этом наглядно свидетельствуют и почвенные карты, составленные для каждого из них (рис. 6), которые характеризуют пространственную структуру местообитаний конкретных ключевых участков. Наиболее сложная структура местообитаний характерна для участка «Борси», а наиболее простая – для участка «Акоба», расположенных на Джаныбекской глинистой равнине. Ключевой участок «Муратсай» занимает здесь промежуточное положение. Арал-сорская озёрно-солончаковая депрессия характеризуется наибольшей засоленностью и сухостью территории, для нее характерны бурые пустынно-степные почвы, а мезофильная растительность занимает всего 0.5% площади ключевого участка.

Для изучения вопроса о связи структуры местообитаний ключевых участков со структурой населения жаворонков были использованы данные маршрутных учётов, выполненных в каждом из них в мае



**Рис. 5.** Расположение ключевых участков на Джаныбекской равнине и Арал-сорской депрессии: 1 – Борси, 2 – Акоба, 3 – Муратсай, 4 – Арал-сор

2014 г. Плотность населения жаворонков по видам на обследованных ключевых участках представлена в табл. 3.

Для поиска различий структуры населения жаворонков исследованных ключевых участков был использован непараметрический критерий Манна – Уитни – Вилкоксона (Гублер, 1978). В результате проведенного анализа выявлены достоверные отличия ( $p \leq 0.05 - p \leq 0.01$ ) в структуре населения птиц при парном сравнении всех четырех ключевых участков.

Таким образом, структура населения жаворонков зависит от ландшафтной структуры территории. Ее основные компоненты – рельеф, почвы и растительность – в основном определяют степень пригод-

## СТРУКТУРА ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

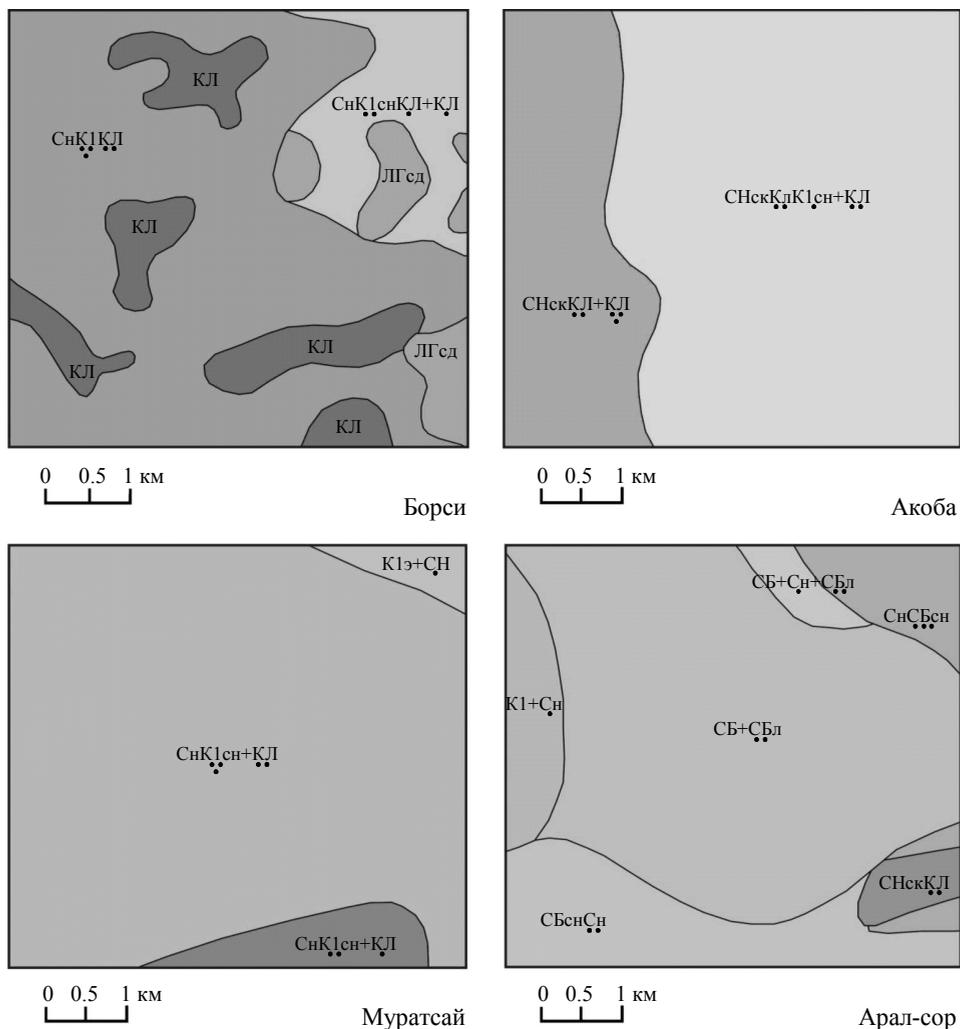
ности местообитаний для гнездования конкретных видов, составляющих население птиц отдельных ландшафтных выделов.

**Таблица 2**

Характеристика структуры местообитаний на ключевых участках  
в Прикаспийской низменности (Западный Казахстан)

Элементы рельефа	Растительность	Почвы	Процент от общей площади ключевого участка
<b>Борси</b>			
Лиманы	Пырейно-разнотравная	Луговые осолоделые	7
Падины	Лугово-разнотравно-злаковая (люцерна, вероника, лапчатка, тимьян, донник, грудница, ковыли, пырей и др.)	Лугово-каштановые	16
Западины	Разнотравно (польнок, грудница, люцерна, коровяк)-дерновинно-злаковая (ковыли, типчак, тонконог, житняк) со спиреей	Лугово-каштановые	12
Микроповышения и их склоны	Чернопольно-прутняковая, прутняковая, типчаково-ромашниковая, прутняково-ромашниковая	Солонцы, светло-каштановые	65
<b>Акоба</b>			
Падины	Лугово-разнотравно (лапчатка двувильчатая и серебристая, польнок, осока) – дерновинно-злаковая (типчак, ковыли)	Лугово-каштановые	14
Западины	Разнотравно (польнок, грудница, люцерна)-дерновинно-злаковая (ковыли, типчак, тонконог) со спиреей	Лугово-каштановые	16
Микроповышения и их склоны	Прутняково-камфоросмовая, чернопольно-камфоросмовая с участием биоргуна, типчаково-польнковая	Солонцы, светло-каштановые	70
<b>Муратсай</b>			
Падины	Польнково-грудницево-злаковая (польнок, грудница, ковыли, типчак, житняк, по дну пырей)	Светло-каштановые, в самой низкой части лугово-каштановые	17
Западины	–	–	Отсутствуют
Микроповышения и их склоны	Прутняковая, польнково-типчаковая	Солонцы, светло-каштановые	83
<b>Арал-сор</b>			
Падины	–	–	На ключе не встречены
Западины	Польнково-типчаково-житняковая, житняково-лерхопольная, лерхопольно-житняковая	Лугово-каштановые	0.5
Микроповышения и их склоны	Прутняково-польнная (польнь Лерха и черная польнь, прутняк), полкустарничково-дерновинно-злаковая (польнь Лерха, ромашник, житняк, типчак, ковыль)	Бурье полупустынные, светло-каштановые, солонцы	99.5

Исследования, проведенные нами в Прикаспийской низменности в пределах Саратовской области, охватывают территории Межузенской и Узено-Дюринской



**Рис. 6.** Почвенный покров ключевых участков: Сн – солонец солончаковатый (соли от 30 до 80 см); Снск – солонец солончаковый (соли выше 30 см); К1 – светло-каштановая почва; К1сн – светло-каштановая солонцеватая почва; К1э – светло-каштановая эродированная почва; КЛ – лугово-каштановая почва; ЛГсд – луговая осолодевшая почва; СБ – бурая пустынно-степная (бурая полупустынная, бурая аридная) почва; СБл – бурая лугово-степная (лугово-бурая полупустынная) почва; СБсн – бурая пустынно-степная (бурая полупустынная, бурая аридная) солонцеватая почва. Количество точек под индексом означает долевое участие почвы в контуре: одна точка – 0 – 10%, две точки – 10 – 25%, три точки – 25 – 50%. Знаком «+» обозначены сочетания почв, т.е. чередование преобладающей почвы (комплекса), обозначенной первым индексом, и крупных участков других почв, не выделяющихся в отдельные контуры в масштабе карты

## СТРУКТУРА ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

равнин. Учётные маршруты, выполняемые ежегодно с 2011 г. в гнездовой период, были заложены в Межузенском, Узенско-Большелиманском ландшафтах между речных равнин и Большезузенском и Малоузенском ландшафтах долин рек Большого и Малого Узеней. Маршруты охватывали трехчленные и двухчленные комплексы этих ландшафтов, падины и лиманные понижения. Доля Межузенского ландшафта в пределах рассматриваемой территории составляет 22.5% (или 43.2% от площади междуречных ландшафтов), на Узенско-Большелиманский ландшафт приходится 7.5% (или 14.5%). Интразональная группа ландшафтов представлена Большезузенским (20.4% от общей площади) и Малоузенским (27.6%) долинными ландшафтами, основными структурными элементами которых являются плоские и слабонаклонные поверхности первой надпойменной террасы и пойма (Пичугина, 2012).

**Таблица 3**

Плотность населения жаворонков на ключевых участках в Прикаспийской низменности (Западный Казахстан)

Участки	Плотность жаворонков по видам, пар/100 га			
	Полевой жаворонок	Степной жаворонок	Белокрылый жаворонок	Серый жаворонок
Борси	23.9±5.9	84.3±5.0	35.2±4.7	95.6±4.5
Акоба	–	145.6±3.5	17.4±4.2	117.0±4.4
Муратсай	5.4±2.2	154.5±3.4	17.2±4.7	87.4±5.56
Аралсор	–	6.8±3.3	–	27.5±8.8

Доминирующие позиции на всех категориях равнин принадлежат трехчленным комплексам, которые охватывают 39.9% общей площади района. Около 22.1% площади группы междуречных ландшафтов занимают полугидроморфные и гидроморфные геосистемы, состоящие из урочищ падин и лиманов (Пичугина, 2005, 2006).

Геосистемы долинных ландшафтов представляют первые надпойменные террасы и поймы Большого и Малого Узеней. Первые надпойменные террасы характеризуются распространением двухчленных и трехчленных комплексов. Плоские и слабонаклонные поверхности террас осложнены озёрно-старичными и лиманными понижениями, староречьями и фрагментами грив. Ширина долинных ландшафтов варьирует от 7 до 20 км. Общая доля долинных комплексов в ландшафтной структуре изучаемой территории составляет 48.1%, из них 0.5% – это водные геосистемы (или 1.0% от долинных ландшафтов). Около 96.9% этой группы ландшафтов занимает первая надпойменная терраса, а 2.1% – пойма. В пределах первой террасы автоморфные геосистемы составляют 58.5% от ее поверхности, полугидроморфные – 22.8%, гидроморфные – 18.7% (Пичугина, 2012).

В ходе исследований, выполненных на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах, зарегистрировано 5 видов жаворонков. Среди них доминирующими являлись два вида: полевой и степной жаворонки. Средняя плотность полевого жаворонка составляла 24.0±5.8 пар/100 га. Этот вид встречался в трех из четырех обследованных групп местообитаний. Степной жаворонок встречался в двух группах

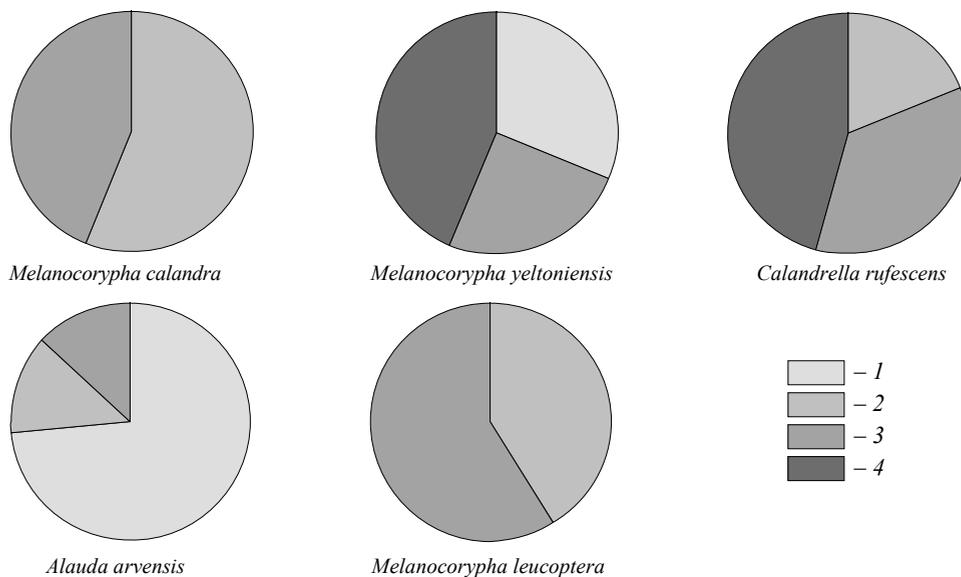
местообитаний, а его средняя плотность составляла  $23.5 \pm 5.4$  пар/100 га. К содоминирующим видам следует отнести серого и белокрылого жаворонков с плотностью  $15.4 \pm 5.5$  пар/100 га и  $15.2 \pm 7.4$  пар/100 га соответственно, причем первый встречался в трех из четырех обследованных групп местообитаний, а второй – в двух. К второстепенным видам следует отнести чёрного жаворонка, встречавшегося в трех из четырех обследованных групп местообитаний, его средняя плотность составляла в целом по обследованной территории  $2.1 \pm 1.7$  пар/100 га (табл. 4).

**Таблица 4**

Плотность гнездового населения жаворонков в основных типах местообитаний Межузенской и Узено-Дюринской равнин

Вид	Корневищно-злаковые	Дерновинно-злаково-попынные	Польнно-дерновинно-злаковые	Чернопопынно-солянково-типчаковые	Средняя плотность
<i>Melanocorypha calandra</i>	–	$52.5 \pm 5.6$	$41.6 \pm 5.1$	–	$23.5 \pm 5.4$
<i>Calandrella rufescens</i>	–	$11.8 \pm 5.7$	$21.5 \pm 5.5$	$28.3 \pm 5.4$	$15.4 \pm 5.5$
<i>Melanocorypha leucoptera</i>	–	$24.9 \pm 7.5$	$35.7 \pm 7.2$	–	$15.2 \pm 7.4$
<i>Alauda arvensis</i>	$70.4 \pm 4.0$	$13.0 \pm 6.9$	$12.5 \pm 6.4$	–	$24.0 \pm 5.8$
<i>Melanocorypha yeltoniensis</i>	$2.6 \pm 1.3$	–	$2.1 \pm 1.4$	$3.7 \pm 2.4$	$2.1 \pm 1.7$
Общая плотность	$73.0 \pm 2.7$	$102.2 \pm 6.4$	$113.4 \pm 5.1$	$32.0 \pm 3.9$	$80.2 \pm 4.5$

Распределение гнездового населения жаворонков в речных долинах и между-речных равнинах представлено на рис. 7. Гнездовые пары полевого жаворонка были в основном приурочены к лиманным понижениям и в меньшем количестве



**Рис. 7.** Распределение гнездовых пар различных видов жаворонков (в %) по местообитаниям на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах: 1 – корневищно-злаковые, 2 – дерновинно-злаково-попынные, 3 – польнно-дерновинно-злаковые, 4 – чернопопынно-солянково-типчаковые

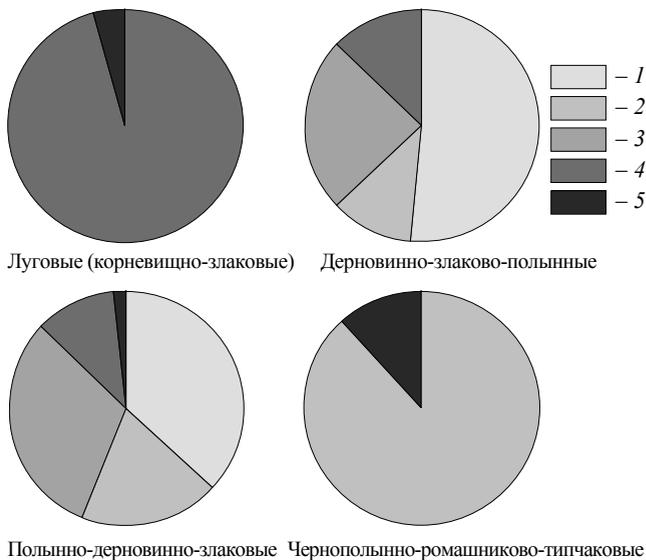
## СТРУКТУРА ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

встречались в падинах и западинах комплексной степи. Население степного жаворонка было приурочено к степной злаково-полынной и полынно-злаковой растительности. Гнездовые участки белокрылого жаворонка приурочены к выделам степной растительности с явными признаками перевыпаса. Гнездовое население серого жаворонка приурочено к полынным ассоциациям комплексной степи как в дерновинно-злаково-полынных, так и в полынно-дерновинно-злаковых группах ассоциаций.

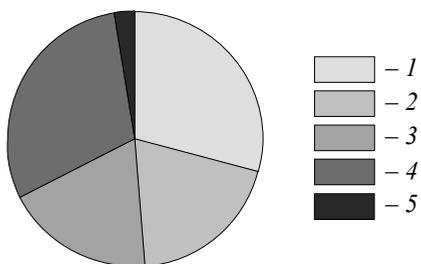
Однако этот вид доминирует и в полупустынных комплексах черно-полынно-солянково-типчаковой растительности солончаковых депрессий, его плотность здесь несколько выше, чем в других местообитаниях. Чёрный жаворонка встречается как по периферии лиманных понижений на солончаковых солонцах,

так и в трехчленных комплексах на их солонцовых элементах и в солончаковых солонцах понижений долинных ландшафтов. Однако распространен он везде спорадично и в целом по территории имеет низкую плотность гнездования, хотя в локальных специфичных местообитаниях его население имеет достаточно высокие плотности гнездования (см. рис. 7).

Структура населения жаворонков в различных местообитаниях рассматриваемой территории представлена на рис. 8. В луговых местообитаниях лиманных понижений представлено сообщество из двух видов жаворонков, причем абсолютным доминантом является полевой жаворонка. Кроме него встречается здесь чёрный жаворонка, но обилие его в десятки раз ниже, чем у полевого. Это объясняется тем, что его гнездовыми станциями являются солончаки по периферии лиманных понижений, площадь которых значительно меньше. Сообщество из четырех видов жаворонков, зарегистрированных на описываемой территории, приурочено к степной растительности падин, где доминирует степной, содоминируют ему полевой, белокрылый и серый жаворонки, причем последние два вида связаны с солонцовыми элементами, дислоцированными на повышениях рельефа внутри этих участков. Для полынно-злаковой растительности трехчленных комплексов характерно

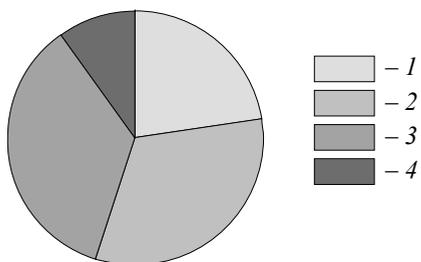


**Рис. 8.** Структура населения жаворонков (в %) в отдельных местообитаниях на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах и долина рек Большого Узенья и Малого Узенья: 1 – *Melanocorypha calandra*, 2 – *Calandrella rufescens*, 3 – *Melanocorypha leucoptera*, 4 – *Alauda arvensis*, 5 – *Melanocorypha yeltoniensis*



**Рис. 9.** Структура гнездового населения жаворонков (в %) на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах: 1 – *Melanocorypha calandra*, 2 – *Calandrella rufescens*, 3 – *Melanocorypha leucoptera*, 4 – *Alauda arvensis*, 5 – *Melanocorypha yeltoniensis*

плотность здесь невысока, серый жаворонок – доминант, а чёрный – второстепенный вид (см. рис. 8, табл. 4).



**Рис. 10.** Распределение гнездового населения жаворонков (в %) по местообитаниям на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах: 1 – корневищно-злаковые, 2 – дерновинно-злаково-полян-ные, 3 – полянно-дерновинно-злаковые, 4 – чернополянно-солянково-типчаковые

сообщество из пяти видов жаворонков: степного, белокрылого, полевого, серого и чёрного. Доминируют здесь степной и белокрылый, содоминируют с ними серый и полевой жаворонок, а чёрный является второстепенным видом. Гнездовые станции степного и полевого жаворонков – злаковые ассоциации западин, белокрылый жаворонок тяготеет к полупустынным ромашниково-полянным ассоциациям микросклонов, а серый и чёрный – к чернополянно-солянковым ассоциациям солончаковых солонцов микроповышений. В Малоузенском и Большезузенском долинных ландшафтах к солончаково-солонцовым депрессиям тяготеют два вида – серый и чёрный жаворонок, их

В период наших исследований на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах доминировали полевой и степной, содоминировали им белокрылый и серый жаворонок, второстепенным видом весь период наблюдений оставался чёрный жаворонок (рис. 9, см. табл. 4).

По нашим данным, на обследованной территории около двух третей гнездового населения жаворонков приурочено к степной растительности (дерновинно-злаково-полян-ные и полянно-дерновинно-злаковые формации), чуть более одной пятой – к луговой растительности лиманных понижений и десятая часть – к пустынной растительности солончаковых депрессий (рис. 10, см. табл. 4).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом картина распределения видов на Джаныбекской полупустынной равнине и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии совпадает с таковой на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах. Имеющиеся различия определяются отличиями в ландшафтной структуре этих районов и большей аридности климата первых двух. Здесь среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм, при испаряемости до 1000 мм. На последних двух равнинах среднегодовое количество осадков достигает 355 мм при величине испаряемости около 900 мм.

## СТРУКТУРА ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

Аридность климата и ландшафтная структура Джаныбекской полупустынной равнины и Арал-сорской озёрно-солончаковой депрессии, в которых преобладающее распространение имеют трехчленные комплексы, и определяют структуру населения жаворонков этих районов с доминированием серого и степного, содоминированием им белокрылого и полевого. Меньшая аридность климата Межузенской и Узено-Дюринской равнин и ландшафтная структура этих районов со значительными площадями гидроморфных и полугидроморфных урочищ обуславливает отличия в структуре населения жаворонков этих районов, здесь доминируют полевой и степной, содоминируют им белокрылый и серый, второстепенным видом весь период наблюдений оставался чёрный жаворонок.

Гнездовые пары полевого жаворонка на Джаныбекской равнине в основном приурочены к лиманным понижениям и в небольшом количестве встречались в падинах, наиболее низкие части которых были заняты пырейными ассоциациями. На Межузенской и Узено-Дюринской равнинах этот вид доминировал в лиманных понижениях и содоминировал степному жаворонку в падинах, а также был представлен в населении этой группы птиц в трехчленных комплексах, где гнезвился по западинам. Таким образом, во всех исследованных нами районах Прикаспийской низменности этот вид связан с элементами ландшафтов, в которых из-за повышенного увлажнения развита злаковая растительность: луговая или степная. Степной жаворонок в Джаныбекской равнине встречается во всех вариантах ландшафтных комплексов, но доминирует в местообитаниях со степной растительностью палин и в западинах трехчленных комплексов полупустыни. В Межузенской и Узено-Дюринской равнинах гнездовые пары этого вида приурочены к палинам и западинам трехчленных комплексов. Белокрылый жаворонок во всех обследованных районах приурочен к полупустынным полынно-ромашниковым ассоциациям наиболее возвышенных элементов рельефа в падинах с наиболее выраженной солонцеватостью почвы и к микросклонам на участках, занятых трехчленными комплексами. В другие растительные группировки этот жаворонок проникает по местам палов предыдущего года, либо по скотосбоям. Серый жаворонок заселяет вершины микроповышений трехчленных комплексов с полынно-солянковой растительностью, а также солончаково-солонцовые депрессии. Чёрный жаворонок встречается только на Межузенской и Узено-Дюринской равнинах. Оптимальными местообитаниями этого вида являются солончаковые солонцы по периферии лиманных понижений, кроме этого он встречается в солончаково-солонцовых депрессиях в долинах Узеней и по наиболее засоленным элементам ландшафтной структуры трехчленных комплексов с чернополынно-солянковой растительностью.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 13-05-00401 и 14-04-31436).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бибби К., Джонс М., Марсден С. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / Союз охраны птиц России. М., 2000. 186 с.
- Гублер Е. В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. М. : Медицина, 1978. 294 с.

М. Л. Опарин, М. В. Конюшкова, О. С. Опарина и др.

*Доскач А. Г.* Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М. : Наука, 1979. 142 с.

*Опарин М. Л., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Рубан О. А.* Структура населения наземногнездящихся птиц саратовского Заволжья и ее внутривековая и межгодовая динамика // Поволж. экол. журн. 2013. № 3. С. 280 – 290.

*Пичугина Н. В.* Геоэкологические аспекты природопользования в полупустынном саратовском Приузенье : дис. ... канд. геогр. наук. Астрахань, 2012. 137 с.

*Пичугина Н. В.* Ландшафтная структура и функциональное использование полупустынного Саратовского Приузенья // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья : прошлое, настоящее, будущее : материалы Междунар. науч. конф. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2005. С. 41 – 43.

*Пичугина Н. В.* Ландшафтная структура полупустынного Саратовского Приузенья // Ландшафтоведение : теория, методы, региональные исследования, практика : материалы XI Междунар. ландшафтной конф. М. : Изд-во МГУ, 2006. С. 230 – 232.

*Равкин Е. С., Челинцев Н. Г.* Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т охраны природы и заповедного дела. М., 1990. 36 с.

*Равкин Ю. С., Гуреев С. П., Покровская И. В.* Пространственно-временная динамика животного населения (птицы и мелкие млекопитающие). Новосибирск : Наука. Сиб. отделение, 1985. 206 с.

УДК 504.054:504.064

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ БУРОВЫМИ РАСТВОРАМИ И ИХ КОМПОНЕНТАМИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ ПОРОДЫ «СТАРАТЕЛЬ»

Е. В. Плешакова, А. Ю. Беляков

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

Поступила в редакцию 24.11.13 г.

**Оценка токсичности почвы, загрязненной буровыми растворами и их компонентами, с использованием дождевых червей породы «Старатель».** – Плешакова Е. В., Беляков А. Ю. – С помощью дождевых червей «Старатель» продемонстрирована высокая и сверхвысокая токсичность почвы, загрязненной нефтью, дизельным топливом и буровыми растворами на их основе. Показано низкое токсическое воздействие на почву минерального масла и бурового раствора на его основе. Обнаружено, что из исследованных компонентов дисперсионной фазы буровых растворов сульфол и хлорид кальция способствовали средней степени токсичности почвы, которая в первом случае уменьшалась со временем, а во втором, напротив, повышалась до высокого уровня.

*Ключевые слова:* инвертно-эмульсионные растворы, компоненты буровых растворов, токсичность почвы, дождевые черви «Старатель».

**Evaluation of the toxicity of soils contaminated with drilling fluids and their components using the Staratel™ earthworms.** – Pleshakova E. V. and Belyakov A. Yu. – A very high and super-high toxicity of soils contaminated with oil, diesel fuel, and drilling fluids was demonstrated using the Staratel™ earthworms. A low toxic effect of mineral oil and mineral oil-based drilling fluid on the soil is shown. It was found that, of the examined components of the disperse phase of drilling fluids, sulfonol and calcium chloride moderately contributed to the soil toxicity, which decreased with time in the first case, and, on the contrary, increased to a high level in the second case.

*Key words:* invert-emulsion fluids, drilling fluid components, soil toxicity, Staratel™ earthworms.

### ВВЕДЕНИЕ

Буровые растворы на углеводородной основе широко используются в бурении нефтяных и газовых скважин, как на морских проектах, так и на суше. К этим растворам относятся инвертно-эмульсионные растворы (ИЭР), дисперсионной средой которых может выступать нефть, дизельное топливо или минеральное масло. Дисперсионная фаза таких буровых растворов включает компоненты: известь, различные утяжелители, воду, соли, синтетические полимеры, органоглины и различные поверхностно-активные вещества (ПАВ) (Соловьев, 2003; Смирнова, 2011).

При использовании ИЭР существует опасность загрязнения окружающей среды компонентами, входящих в их состав, среди которых основными токсикантами являются углеводороды (Рязанов, 2005). Вынесенный на поверхность из ствола скважины буровой шлам может содержать до 10 – 15% углеводородов, а также утяжелители и соли дисперсионной фазы. И если правильно обработанный шлам

может храниться долгие годы, то необработанный шлам может нанести серьезный вред окружающей среде (Калашник, Баракшина, 2009). Постоянными источниками загрязнения при этом являются фильтрация и утечки жидких отходов бурения из шламовых амбаров, которые содержат в своем составе широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы. Временные источники воздействия – это поглощение бурового раствора при бурении; выбросы пластового флюида на дневную поверхность; нарушение герметичности зацементированного заколонного пространства; затопление территории буровой вследствие паводка или интенсивного таяния снегов и разлив при этом содержимого шламовых амбаров (Быков и др., 1985). В таких случаях негативное влияние отходы бурения оказывают уже на почву, нарушая состав, свойства и плодородие почвы. Прежде всего, токсическое воздействие сказывается на почвенной биоте и почвенно-поглощающем комплексе почв. При углеводородных загрязнениях почв из них вытесняется кислород, почва теряет продуктивность и долго не восстанавливается, также резко меняется соотношение между углеродом и азотом, что ухудшает азотный режим почв и нарушает корневое питание растений (Ягафарова, Баракшина, 2006). Присутствие в буровых растворах солей на основе хлоридов создает проблемы при утилизации отходов месторождения. Если применять закапывание, хлориды могут увеличить электропроводимость любой воды и могут создать проблемы для объектов биологической очистки.

Важным элементом биодиагностики качества техногенных субстратов и природных сред, в том числе почвы, способным интегрально и оперативно оценить степень их токсичности, является биотестирование (Ибрагимова и др., 2009; Терехова, 2010). Дождевые черви используются в биотестировании различных химических реагентов, загрязняющих почву (Романова, Любомирова, 2009; Dorn, Salanitro, 2000; Schaefer, 2001). В связи с эколого-физиологическими особенностями эти организмы контактируют с почвенными частицами, воздухом и влагой не только на поверхности кожных покровов, но и внутри пищеварительного тракта, непосредственно перерабатывая и накапливая большое количество почвы. Таким образом, они подвергаются прямому влиянию неорганических и органических веществ, находящихся в почве. Кроме того, дождевые черви легко разводятся в лабораторных условиях, имеют короткое время регенерации и хорошо изучены (Игонин, 1995).

Целью настоящей работы являлась оценка токсического воздействия на почву ИЭР и их компонентов с помощью дождевых компостных червей «Старатель».

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В лабораторных экспериментах нами исследовалось токсическое действие на почву трех видов ИЭР, различающихся типом дисперсионных сред, среди которых были: минеральное масло И-20 (ИЭР 1), товарная нефть (ИЭР 2) и дизельное топливо «Л» (ИЭР 3). Также нами отдельно оценивалось токсическое воздействие на почву вышеперечисленных дисперсионных сред и ряда компонентов дисперсионной фазы, входящих в состав исследуемых буровых растворов. ИЭР с объемным соотношением углеводородная фаза/водная фаза (75:25) были смоделированы на

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ БУРОВЫМИ РАСТВОРАМИ

основе литературных данных о составе буровых растворов, наиболее распространенных в бурении нефтяных и газовых скважин (Гаршина и др., 2011). Остальные реагенты, входящие в состав ИЭР, г/л: органобентонит – 4.6; сульфонол – 22.8;  $\text{BaSO}_4$  – 645;  $\text{Ca(OH)}_2$  – 22.8;  $\text{CaCl}_2$  – 51.8.

В экспериментах использовали чернозём южный, суглинистый, отобранный в Саратовской области, со следующими гранулометрическими характеристиками: частицы  $>5$  мм – 1.8%;  $<5 - >3$  мм – 4.2%;  $<3 - >1$  мм – 10.0%;  $<1 - >0.5$  мм – 11.5%;  $<0.5 - >0.25$  мм – 19.0%;  $<0.25$  мм – 53.6%. Чернозём южный содержал: 0.9% общего органического углерода, 6.3 мг/кг  $\text{NO}_3^-$ , 59.3 мг/кг  $\text{NH}_4^+$ , 156 мг/кг подвижного  $\text{P}_2\text{O}_5$ , pH почвы (солевой) 7.2. Перед экспериментом из почвы удаляли крупные включения, просеивали через сито с диаметром ячеек 5 мм и загрязняли ИЭР и дисперсионными средами в концентрации 40 и 25 г/кг соответственно. Также в почву вносили компоненты дисперсионной фазы в концентрации:  $\text{BaSO}_4$  – 25.8;  $\text{Ca(OH)}_2$  – 0.9;  $\text{CaCl}_2$  – 2.1; сульфонол – 0.9 г/кг. Концентрации загрязнителей взяты на основании данных о потерях ИЭР с выбуренной породой при бурении скважин, которые происходят, несмотря на использование высокотехнологичного оборудования (Ягафарова, Барахнина, 2006). По литературным данным, органо-бентонит не обладает токсическим действием, поэтому отдельно этим компонентом почву не загрязняли (Смирнова, 2011). Почву тщательно перемешивали и выдерживали в течение суток для равномерного распределения загрязнителей. В качестве контроля использовали исходную чистую почву. Токсичность образцов почвы определяли непосредственно после загрязнения (1 сут.) и через 30 сут. выдерживания почвы без полива, при комнатной температуре.

Оценку токсичности почвы на дождевых червях проводили по методу, основанному на исследовании их выживаемости при воздействии токсичных веществ (Международный стандарт ИСО 11268-1, 2012). В качестве тест-организмов использовали дождевых компостных червей «Старатель», полученных в лабораторных условиях профессором А. М. Игониным путем скрещивания особей двух пространственно отдаленных популяций (местной российской и киргизской популяции) навозных червей *Eisenia foetida* (Патент РФ 2058737). Черви «Старатель» элитной промышленной линии были любезно предоставлены ОАО «Агрофирма «Грин-ПИКЪ», (г. Ковров, Владимирская обл.) и впервые использованы нами для оценки токсичности комплексного загрязнения почвы. Преимущество их использования, по нашему мнению, заключалось в применении особей генетически однородной популяции, что повышало достоверность результатов тестирования.

Экспериментальные пластиковые контейнеры заполняли загрязненной или чистой (контрольной) почвой (1 кг) и помещали по 20 особей. Каждый вариант эксперимента был представлен в трех повторностях. Для создания оптимальных условий для червей «Старатель» в ходе биотестирования почву увлажняли профильтрованной водопроводной водой, поддерживая влажность в ходе эксперимента на уровне не менее 60%, дополнительно вносили биогумус (червекомпост) в соотношении к почве 1:6. Инкубирование дождевых червей осуществляли при комнатной температуре. Контейнеры сверху плотно фиксировали марлей, которая содержала небольшие отверстия для воздухообмена, и в то же время препятство-

вала высыханию почвы и случайному высвобождению из контейнеров тест-организмов.

Показателем выживаемости служило среднее количество червей, выживших в тестируемой почве, по сравнению с контролем (незагрязненная почва). Критерием высокой токсичности являлась гибель 50% и более дождевых червей в тестируемой почве по сравнению с контролем. Проводили кратковременное биотестирование в течение 2 сут., что позволило выявить острое токсическое действие загрязнителей почвы на дождевых червей. В ходе более длительного биотестирования (7 сут. экспозиции) оценивали субхроническое действие экополлютантов на дождевых червей. Дополнительно изучали изменение поведенческих реакций у тест-организмов. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel 2003.

Для проведения сравнительного анализа степени токсичности образцов почвы использовали методику расчета индекса токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) по Р. Р. Кабирову с соавторами (1997) по формуле:  $ИТФ = (ТФ_0/ТФ_к)$ , где  $ТФ_0$  – значение тест-функции в опыте, а  $ТФ_к$  – значение в контроле. Для обобщения всех параметров, полученных в результате биотестирования, производили расчет  $ИТФ_{ср}$  – среднего значения величины ИТФ для каждого опыта по формуле:  $ИТФ_{ср} = (ИТФ_1 + ИТФ_2 + ИТФ_n)/n$ . Затем сравнивали полученные результаты со шкалой токсичности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты биотестирования почвы на дождевых червях «Старатель», проведенного сразу после внесения загрязнителей, продемонстрировали, что показатели выживаемости тест-объектов в контрольной (100%-ная выживаемость) и загрязненной почве существенно различались. В почве, загрязненной минеральным маслом, выживаемость дождевых червей через 2 сут. экспозиции составила 100%, что свидетельствовало об отсутствии острой токсичности почвы при добавлении этого поллютанта (рис. 1, а). В варианте с ИЭР 1, основой которого было минеральное масло, выживаемость червей «Старатель» составила 25%. В почве с дизельным топливом, нефтью и ИЭР с соответствующими дисперсионными средами выживаемость была крайне низкой – от 0 до 10%, что указывало на острое токсическое воздействие данных загрязнителей. Такое ингибирующее действие наблюдалось и через 7 сут. инкубирования дождевых червей в почве.

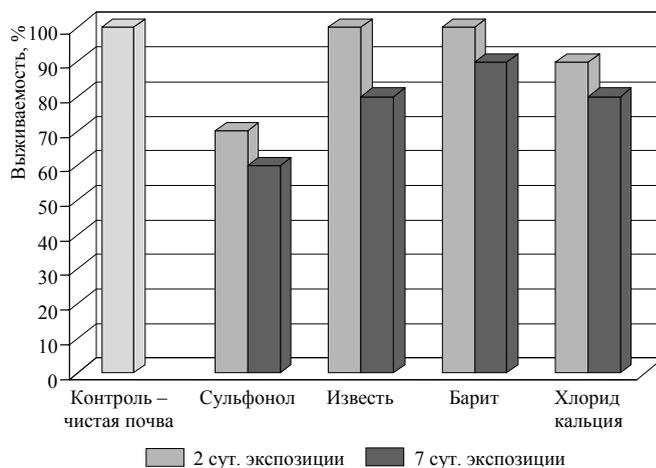
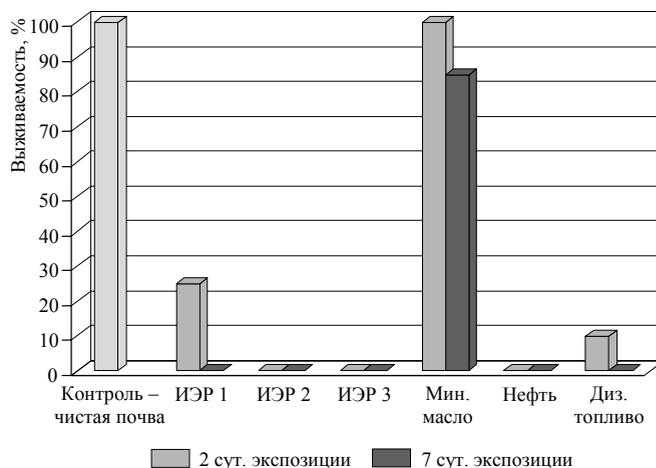
Следует отметить, что при проведении тестирования в этих вариантах наблюдали изменения в поведенческих реакциях дождевых червей: они не зарывались в почву, а стремились на ее поверхность, что также являлось показателем наличия в почве токсичных веществ. При окончательном учете результатов наблюдали погибших высохших (обезвоженных) дождевых червей. В почве, загрязненной минеральным маслом, выживаемость червей через 7 сут. снизилась до 85%. Снижение выживаемости дождевых червей в течение 7 суток до 40% при 1.5%-ной концентрации нефти в почве было показано в работе Н. Safwat с соавторами (2002).

В почвенных образцах с добавлением  $BaSO_4$  и  $Ca(OH)_2$  выживаемость дождевых червей через 2 сут. составила 100%, с  $CaCl_2$  – 90%, указывая на отсутствие

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ БУРОВЫМИ РАСТВОРАМИ

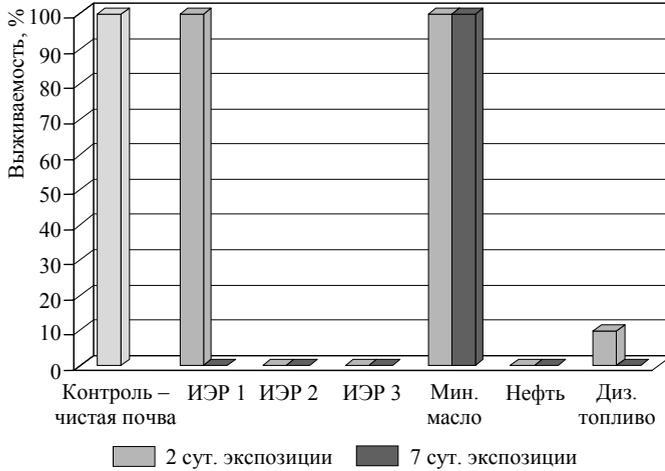
острой токсичности почвы, загрязненной этими реагентами (рис. 1, б). Среди исследованных компонентов буровых растворов максимальное снижение выживаемости тест-организмов наблюдалось при загрязнении почвы сульфенолом, которая составила в этом варианте 70%. Через 7 сут. экспозиции выживаемость со всеми загрязнителями несколько снизилась и составила в почвенных образцах с баритом – 90, известью и  $\text{CaCl}_2$  – 80, сульфенолом – 60%, что указывает на усиление токсичности почвы, содержащей исследуемые вещества, при более длительном воздействии.

Краткосрочное биотестирование (2 сут. экспозиции), осуществленное через 30 сут. после внесения поллютантов в почву, показало 100%-ную выживаемость тест-организмов в контрольной чистой почве и в вариантах с минеральным маслом и ИЭР на его основе (рис. 2, а). В остальных почвенных образцах с ИЭР и их дисперсионными средами показатели выживаемости не изменились по сравнению с предыдущим тестированием, выполненным через 1 сут. после загрязнения почвы. В почве, загрязненной минеральным маслом, выживаемость червей через 7 сут. экспозиции осталась на уровне 100%, со всеми буровыми растворами, нефтью и дизельным топливом была равна нулю.

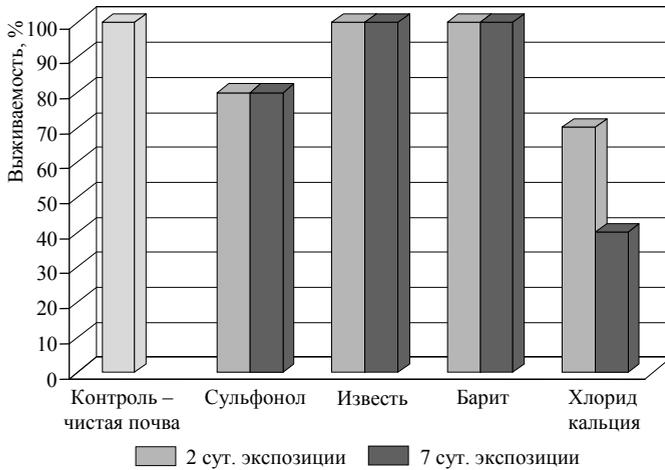


**Рис. 1.** Результаты вермитестирования почвы через 1 сут. после внесения загрязнителей: а – ИЭР и их дисперсионных сред; б – отдельных реагентов, входящих в состав ИЭР

В почве, загрязненной отдельными компонентами, входящими в состав исследуемых буровых растворов, через 30 сут. эксперимента наблюдалось следующее (рис. 2, б). Выживаемость дождевых червей «Старатель» через 2 и 7 сут. экс-



а



б

**Рис. 2.** Результаты вермистестирования почвы через 30 сут. после внесения загрязнителей: а – ИЭР и их дисперсионных сред; б – отдельных реагентов, входящих в состав ИЭР

почве хлоридом кальция. В этом образце отмечали отсутствие у червей инстинкта переработки почвы, они обезвоживались, становились неподвижными, а затем погибали. Известно, что дождевые черви имеют механизмы замещения и консервирования воды в клетках тела. Если влажность в почве становится слишком низкой,

позиции в почве с известью и баритом составила 100%, что свидетельствует о нетоксичности данных компонентов ИЭР. В почве, загрязненной сульфенолом, выживаемость *Eisenia foetida* через 2 и 7 сут. экспозиции составила 80%, что на 10 и 20% выше, чем в почве сразу после загрязнения. Это может быть связано с процессами абиотической и биотической трансформации ПАВ.

В почве с  $\text{CaCl}_2$  выживаемость тест-организмов была ниже, чем при первоначальном внесении соли, через 2 сут. экспозиции – на 20%, через 7 сут. данный показатель уменьшился почти в 2 раза по сравнению с результатом анализа через 2 сут. экспозиции, выживаемость составляла всего 40%, что, вероятно, обусловлено осмотическим давлением, создаваемым в

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ БУРОВЫМИ РАСТВОРАМИ

черви также начинают терять воду и массу, и могут потерять до 70 – 75% воды без летального исхода. Они способны поддерживать постоянный уровень соли в своем организме в слабосоленых средах, но не в средах с высокой концентрацией солей. При высокой засолённости почвы осмотическое давление иссушает червей, что приводит, в конечном итоге, к оцепенению и гибели (McCosh, Getliff, 2003). С. В. Максимова с соавторами (2009) исследовала воздействие соледержащих гололедных реагентов и показала, что содержание солей в водной вытяжке из почв более 1 г/л приводит к значительному угнетению дождевых червей. Также М. Н. Саксонов с соавторами (2008) при изучении токсичности компонентов буровых растворов установил, что все исследованные системы соленасыщенных буровых растворов токсичны и показал, что насыщение NaCl увеличило токсичность растворов, содержащих коллоидные наполнители, для тест-организма – *Euglena viridis*.

Добавление в почву извести, как установлено нами, не оказывало токсического действия на дождевых червей, возможно, из-за слишком малой концентрации (0.9 г/кг почвы). Известно, что для дождевых червей оптимальны нейтральные значения pH (Гиунов, 2007), а внесение извести в небольшой концентрации не повлияло существенно на величину pH почвы. К тому же имеются сведения, что *Eisenia foetida* толерантны к изменению pH почвы (Воробейчик, 1998). Добавление в почву барита в исследуемой концентрации также не оказывало негативного воздействия на дождевых червей, так как барит не усваивается дождевыми червями и поэтому не приносит им вреда.

Аналізу полученных результатов способствовал расчет индексов токсичности оцениваемого фактора и определение на основании этих величин степени токсичности почвы (таблица). Результаты вермитестирования, показавшие подавление тест-функции более, чем на 50% относительно контроля, а в большинстве случаев продемонстрировавшие тотальную смертность дождевых червей, свидетельствовали о высокой степени токсичности почвы при внесении в нее ИЭР и их дисперсионных сред, за исключением минерального масла, при добавлении которого в почву не проявлялся токсический эффект как непосредственно после загрязнения, так и 30 сут. спустя.

Результаты определения токсичности проб почвы с различными загрязнителями

Варианты почвы с загрязнителями	Экспозиция почвы после внесения загрязнителей, сут.	Показатели			
		острой токсичности		субхронической токсичности	
		ИТФ по выживаемости червей	степень токсичности почвы	ИТФ по выживаемости червей	степень токсичности почвы
1	2	3	4	5	6
ИЭР 1	1	0.2	2	0.0	1
	30	1.0	5	0.0	1
Мин. масло	1	1.0	5	0.8	4
	30	1.0	5	1.0	5
ИЭР 2	1	0.0	1	0.0	1
	30	0.0	1	0.0	1
Нефть	1	0.0	1	0.0	1
	30	0.0	1	0.0	1

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
ИЭР 3	1	0.0	1	0.0	1
	30	0.0	1	0.0	1
Диз. топливо	1	0.1	2	0.0	1
	30	0.1	2	0.0	1
Сульфенол	1	0.7	3	0.6	3
	30	0.8	4	0.8	4
CaCl <sub>2</sub>	1	0.9	4	0.8	4
	30	0.7	3	0.4	2
Ca(OH) <sub>2</sub>	1	1.0	5	0.8	4
	30	1.0	5	1.0	5
BaSO <sub>4</sub>	1	1.0	5	0.9	4
	30	1.0	5	1.0	5

*Примечание.* Шкала токсичности: 5 – норма: ИТФ = 0.91 – 1.10; 4 – низкая токсичность: ИТФ = 0.71 – 0.90; 3 – средняя токсичность: ИТФ = 0.5 – 0.7; 2 – высокая токсичность: ИТФ < 0.5; 1 – сверхвысокая: ИТФ = 0.

В целом и буровой раствор, основой которого было минеральное масло, оказывал меньшее токсическое воздействие на почву по сравнению с остальными ИЭР, в состав которых входило дизельное топливо и нефть, что, скорее всего, связано с разным фракционным составом исследованных загрязнителей, и, в частности, с различным процентным содержанием ароматических углеводородов как наиболее токсичных (Loibner et al., 2004). Эти результаты согласуются с данными других исследователей, которые показали, что буровые растворы, содержащие ароматические соединения и циклические углеводороды, более токсичны для почвенных беспозвоночных (ногохвостки) и растений (Curtis et al., 2001).

При оценке влияния неорганических компонентов, входящих в состав исследованных ИЭР, установлено, что наибольшее токсическое действие на дождевых червей оказывала почва с хлоридом кальция, что связано с чувствительностью *Eisenia foetida* к осмотическому давлению в засоленных почвах (Захваткин, 2003). Среди солей дисперсионной фазы хлорид кальция можно рассматривать как наиболее опасный токсикант, так как он нерастворим, накапливается с течением времени и может привести к токсичным концентрациям, способным увеличить электропроводность среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с помощью биотестирования на дождевых червях «Старатель» была показана сверхвысокая степень токсичности почвы при загрязнении ИЭР на основе нефти и дизельного топлива, которая не уменьшалась через 30 суток. Почва, загрязненная ИЭР на основе минерального масла, была менее токсична. Дисперсионные среды (нефть и дизельное топливо) при внесении в почву также способствовали сверхвысокой и высокой степени токсичности почвы. Из исследованных дисперсионных сред минеральное масло оказалось наименее токсичным, загрязненная им почва не была токсичной для дождевых червей. Полученные данные позволяют рекомендовать использование минерального масла в качестве

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ БУРОВЫМИ РАСТВОРАМИ

углеводородной основы ИЭР как наименее токсичной дисперсионной среды. При загрязнении почвы сульфенолом наблюдалась средняя степень токсичности сразу после внесения и низкая степень через 30 суток, хлорид кальция, напротив, с течением времени усиливал токсичность почвы до уровня средней и высокой токсичности. Барит и известь не оказывали токсического действия на почву.

Выявленное с помощью биотестирования негативное влияние на почву исследованных буровых растворов и их компонентов требует разработки современных технологий утилизации отработанных буровых растворов, а также технологий ремедиации почвы при загрязнении ее ИЭР.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Быков И. Ю., Гуменюк А. С., Литвиненко В. И., Варфоломеев Б. Г. Охрана окружающей среды при строительстве скважин // Обзор. информ. Сер. Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности. М. : ВНИИОЭНГ, 1985. Вып. 1/45. 59 с.

Воробейчик Е. Л. Население дождевых червей (Lumbricidae) лесов Среднего Урала в условиях загрязнения выбросами медеплавильных комбинатов // Экология. 1998. № 2. С. 102 – 108.

Гаршина О. В., Хвоцин П. А., Кузнецова О. Г., Кудимов И. А., Окромелидзе Г. В. Разработка, опыт применения и перспективы повторного использования инвертно-эмульсионных буровых растворов // Бурение скважин. 2011. № 10. С. 56 – 59.

Захваткин Ю. А. Основы общей и сельскохозяйственной экологии. СПб. : Мир, 2003. 360 с.

Ибрагимова С. Т., Айткельдиева С. А., Файзулина Э. Р., Саданов А. К., Попутникова Т. О., Терехова В. А. Экологическая оценка нефтезагрязненных почв Казахстана по откликам стандартных биотест-систем // Докл. по экологическому почвоведению. 2009. Вып. 11, № 1. С. 79 – 94.

Игонин А. М. Как повысить плодородие почвы в десятки раз с помощью дождевых червей. М. : ИВЦ «Маркетинг», 1995. 88 с.

Кабиров Р. Р., Сагитова А. Р., Суханова Н. В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. № 6. С. 45 – 48.

Калашиник Н. А., Баракшина В. Б. Биоиндикация токсичности буровых отходов после их очистки микробиологическим способом // Вестн. Оренб. гос. ун-та. 2009. Спец. вып. С. 449 – 451.

Максимова С. В., Степачев А. В., Домашинов Д. Б., Рахлеева А. А., Терехова В. А. Биотестирование почвогрунтов при разном содержании фосфорно-калийных компонентов и засолении по реакции дождевых червей *Aporrectodea rosea* // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2009. Т. 114, вып. 3. Приложение 1, ч. 2. Экология. Природные ресурсы. Рациональное природопользование. Охрана окружающей среды. С. 46 – 50.

Международный стандарт ISO 11268-1. Качество почвы. Воздействие загрязняющих веществ на земляных червей (*Eisenia fetida*). Ч. 1. Определение острого токсического эффекта на *Eisenia foetida*/*Eisenia andrei* // Intern. Organization for Standardization [Electronic resource]. Geneva, 2012. 18 с. URL: [http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=53527&commid=54328](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=53527&commid=54328) (дата обращения: 15.09.2013).

Пат. 2058737 РФ, А01К67/033, С05F3/06. Способ получения технологических (специализированных) пород компостного дождевого червя *Eisenia foetida* / А. М. Игонин. № 5025888/15; заявл. 29.10.1991; опубл. 27.04.1996. Бюл. № 13. 4 с.

*Романов В. В., Любомирова В. Н.* Биотестирование экологического состояния почв не-санкционированных свалок ТБО на территории Ульяновской области // Вестн. Ульян. гос. с.-х. академии. 2009. № 2. С. 72 – 75.

*Рязанов Я. А.* Энциклопедия по буровым растворам. Оренбург : Изд-во «Летопись», 2005. 664 с.

*Саксонов М. Н., Балаян А. Э., Бархатова О. А., Стом Д. И.* Использование биотестирования для контроля токсичности компонентов буровых растворов и бурового шлама // Нефть и газ. 2008. № 6. С. 32 – 38.

*Смирнова Т. С.* Разработка способов получения содержащих органофильные глины технических продуктов с улучшенными экологическими свойствами : дис. ... канд. тех. наук. М., 2011. 171 с.

*Соловьев А. Я.* Совершенствование качества буровых эмульсионных растворов применением реагентов комплексного действия : дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 2003. 241 с.

*Тиунов А. В.* Метабиоз в почвенной системе: влияние дождевых червей на структуру и функционирования почвенной биоты : дис. ... д-ра биол. наук. М., 2007. 208 с.

*Терехова В. А.* Проверка безопасности искусственных почвогрунтов из органосодержащих отходов // Экология производства. 2010. № 2. С. 56 – 60.

*Ягафарова Г. Г., Баряхнина В. Б.* Утилизация экологически опасных буровых отходов // Нефтегазовое дело [Электрон. ресурс]. 2006. Вып. 1. С. 1 – 17. URL: [http://ogbus.ru/authors/Yagafarova/Yagafarova\\_2.pdf](http://ogbus.ru/authors/Yagafarova/Yagafarova_2.pdf) (дата обращения: 20.10.2013).

*Curtis G. W., Growcock F. B., Candler J. E., Rabke S. P., Getliff J.* Can synthetic based muds be designed to enhance soil quality? // AADE paper N 01-NC-HO-11, presented at the 2001 National drilling conference on «Drilling technology – the next 100 years». Houston, 2001. 6 p.

*Dorn P. B., Salanitro J. P.* Temporal ecological assessment of oil contaminated soils before and after bioremediation // Chemosphere. 2000. Vol. 40. P. 419 – 426.

*Loibner A. P., Szolar O. H. J., Braun R., Hirmann D.* Toxicity testing of 16 priority polycyclic aromatic hydrocarbons using *Lumistox* // Environ. Toxicol. and Chem. 2004. Vol. 23, № 3. P. 557 – 564.

*McCosh K., Getliff J.* Drilling fluid chemicals and earthworm toxicity // Proc. of the 10th Annual Intern. petroleum environmental conference. Aberdeen, 2003. P. 32 – 36.

*Safwat H., Hanna S., Weaver R. W.* Earthworm survival in oil contaminated soil // Plant and Soil. 2002. Vol. 240. P. 127 – 132.

*Schaefer M.* Earthworms in crude oil contaminated soils : Toxicity tests and effects on crude oil degradation // Environ. Asses. Remed. 2001. Vol. 8. P. 35 – 37.

УДК 574.3:582.594.4(470.345)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ  
*CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. (ORCHIDACEAE, MONOCOTYLEDONES)  
В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ**

**А. А. Хапугин<sup>1,2</sup>, А. А. Семчук<sup>2</sup>, Т. Б. Силаева<sup>2</sup>, Г. Г. Чугунов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Мордовский государственный природный заповедник им. П. Г. Смидовича  
Россия, 431230, Республика Мордовия, Темниковский район, пос. Пушта*

<sup>2</sup> *Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева  
Россия, 430005, Республика Мордовия, Саранск, Большевикская, 68  
E-mail: hapugin88@yandex.ru*

Поступила в редакцию 20.02.13 г.

**Сравнительная характеристика ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae, Monocotyledones) в Республике Мордовия.** – Хапугин А. А., Семчук А. А., Силаева Т. Б., Чугунов Г. Г. – *Cypripedium calceolus* L. – вид, включенный в Красную книгу Российской Федерации. В настоящей статье представлены результаты изучения возрастной и пространственной структуры, плодообразования четырех его ценопопуляций в Республике Мордовия. Показано, что в разных местообитаниях присутствуют ценопопуляции как генеративно-ориентированного, так и вегетативно-ориентированного типа. Наибольший показатель плодообразования (56.7 и 62.5%) отмечен для ценопопуляций в местообитаниях с умеренным затенением, в отличие от биотопов как с избыточным освещением (30.5%), так и с избыточным затенением (34.7%). Наиболее стабильная ценопопуляция находится в ельнике кислично-майниково-зеленомошном (*Maianthemo-Piceetum pleuroziosum* Korot. 1986) на территории Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. Она представлена особями всех возрастных состояний.

*Ключевые слова:* *Cypripedium calceolus*, Orchidaceae, ценопопуляция, возрастная структура, репродуктивная биология, Республика Мордовия.

**A comparative characteristics of *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae, Monocotyledones) coenopopulations in the Republic of Mordovia.** – Khapugin A. A., Semchuk A. A., Sилаeva T. B., and Chugunov G. G. – *Cypripedium calceolus* L. is an RF Red Data Book plant species. The paper presents the results of our study of the age and topographic structure, and fruit productivity of 4 coenopopulations in the Republic of Mordovia. It is shown that generatively-oriented and vegetatively-oriented coenopopulations are present in different habitats. The highest fruit productivity (56.7 and 62.5%) was observed for the coenopopulations in the habitats with moderate shading, in contrast to the habitats with excess lighting (30.5%) and those with excess shading (34.7%). The most stable coenopopulation is located in the Mordovian State Nature Reserve at a *Maianthemo-Piceetum pleuroziosum* Korot. 1986 spruce forest. This coenopopulation includes individuals of all age groups.

*Key words:* *Cypripedium calceolus*, Orchidaceae, coenopopulation, age structure, reproductive biology, Republic of Mordovia.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Семейство орхидные (Orchidaceae) насчитывает около 25000 видов, что выдвигает его на первое место среди цветковых растений (Dressler, 2005). Несмотря на то, что представители семейства распространены на всех континентах, кроме

Антарктиды, большинство видов встречается в тропической и субтропической зонах Земли. В России зарегистрировано около 130 видов орхидей из 42 родов (Варлыгина, 2011).

Виды семейства орхидных являются наиболее уязвимыми в составе природных экосистем. Многие из них имеют статус редких или исчезающих. Более половины представителей семейства, известных на территории нашей страны, внесены в Красную книгу России (2008) и ее субъектов. В Республике Мордовия из 25 видов семейства Orchidaceae в региональную Красную книгу (2003) включены 19, в том числе 6 видов из списка Красной книги Российской Федерации (2008).

*Cypripedium calceolus* L. – короткокорневищный травянистый кальцефитный многолетник, распространенный в северной Евразии. Он включен в Красную книгу Российской Федерации (2008) и Республики Мордовия (2003) с категорией 1 (исчезающий вид). В Мордовии *C. calceolus* известен из 10 административных районов (Силаева и др., 2010). Он проявляет широкую экологическую пластичность – встречается в регионе по окраинам лесных болот, во влажных зеленомошных ельниках, по склонам облесенных оврагов, в сосновых лесах и остепненных дубравах. Но обязательным условием произрастания является близкое залегание известняковых пород.

Среди совокупности научных проблем, лежащих в основе разработки мероприятия по восстановлению численности орхидных в мире (Ефимов, 2010), при исследовании *C. calceolus* в природных условиях наиболее важны следующие: а) определение динамики численности, б) определение причин сокращения численности, в) исследование особенностей репродуктивной биологии, г) изучение онтогенеза. Решение этих проблем невозможно без планомерных стационарных исследований популяций вида.

В Республике Мордовия наиболее стабильные популяции вида находятся в Большеберезниковском, Ичалковском, Лямбирском и Темниковском районах, где в разные годы проводились стационарные популяционные исследования (Чугунов, Шигаева, 2007; Шигаева, Силаева, 2010; Санаева, 2011; Хапугин и др., 2012).

Значительный интерес представляет сравнение ценопопуляций *C. calceolus*, известных в Республике Мордовия, с целью определения их состояния и разработки мер по сохранению этого редкого вида.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящей работе проводится сравнительный анализ четырех ценопопуляций (ЦП) в 4 разных фитоценозах в следующих районах: Темниковском – в Мордовском государственном природном заповеднике им. П. Г. Смидовича (№ 1), Ичалковском (№ 2), Большеберезниковском – в окрестностях биологической станции Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева (№ 3, 4).

ЦП 1 – в ельнике кислично-майниково-зеленомошном (*Maianthemo-Piceetum pleuroziosum* Korot. 1986).

ЦП 2 – в дубраве пролесниковой (*Mercurialo perrenis-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003) по склону коренного берега долины р. Алатырь.

ЦП 3 – на поляне в осветленном сосновом лесу зеленомошном разнотравном (*Peucedano-Pinetum* Mat. (1962) 1973).

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

ЦП 4 – по краю низинного болота в сосняке брусничном (*Vaccinio vitis-idaeae-Pinetum* Sokolowski 1980).

Изучение ценопопуляций проводили в течение вегетационного периода 2012 г. согласно общепринятым методикам (Ценопопуляции растений..., 1976, 1988; Изучение ценопопуляций..., 2006; Куликова, 2006). Закладывались учетные площадки размером 1×1 м. На каждой площадке подсчитывали общее число растений. За счетную единицу принималась «условная особь» – парциальный побег. Изучали некоторые биометрические показатели растений – высоту побегов, ширину и длину листьев. На площадках исследовали возрастную структуру ценопопуляций по общепринятым методикам (Ценопопуляции растений..., 1976, 1988) с учетом описания онтогенеза орхидных (Татаренко, 1996). В составе ценопопуляций выделяли следующие возрастные группы особей: *j* – ювенильные, *im* – имматурные, *vm* – взрослые вегетативные, *g*<sub>1</sub> – молодые генеративные, *g*<sub>2</sub> – зрелые генеративные, *g*<sub>3</sub> – старые генеративные. Выделение онтогенетических состояний проводилось по методике И. В. Татаренко (1996) для данного вида орхидных. Описание признаков каждой возрастной группы приводим ниже:

*im* (имматурные особи) – высота стебля 4.5 – 3 см, диаметр стебля у основания 0.10 – 0.15 см; образуются лишь 2 листа с числом жилок 3 – 5;

*v* (виргинильные особи) – высота стебля от 11 до 20 см (преобладает 16 – 19); диаметр стебля у основания 0.30 – 0.50 см; число листьев 3, очень редко 4; более вероятное количество жилок 7 – 9;

*g*<sub>1</sub> (молодые генеративные особи) – высота стебля 29 – 38 см, диаметр стебля у основания 0.50 – 0.60 см; обычно развивается 4 листа с преобладающим количеством жилок в числе 9 – 11; репродуктивные органы развиваются редко, если развиваются – практически не образуют плодов;

*g*<sub>2</sub> (зрелые генеративные особи) – высота побегов от 35 до 58 см, диаметр стебля у основания 0.60 – 0.80 см; количество листьев 5 – 6, иногда 4, на нижних из них в основном насчитывается по 10 – 12 жилок; обладают наибольшей репродуктивной значимостью, на большей части побегов образуются по 1 – 2 цветка и полноценные завязи;

*g*<sub>3</sub> (старые генеративные особи) – высота стебля 31 – 43 см, диаметр стебля у основания 0.50 – 0.60 см; насчитывается по 4 – 5 листьев, число жилок возрастает до 11 – 13; образуются цветки и плоды, но значительно реже, чем у предыдущей группы.

К взрослым вегетативным были отнесены как виргинильные, так и генеративные особи, которые в год исследования по каким-либо причинам не образовали генеративных побегов, т. е. находились в вегетативном состоянии. В зависимости от соотношения возрастных групп особей, мы различали вегетативно-ориентированный, генеративно-ориентированный и бимодальный типы возрастных спектров ценопопуляций (Горчаковский, Игошева, 2003). Анализ количественных показателей проведен общепринятыми статистическими методами (Лакин, 1973).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из-за особенностей биологии вида для всех изученных ценопопуляций характерна агрегативная, или пятнистая, структура популяции (Любарский, 1976).

Наибольшее число особей вида отмечено для ЦП 1 и ЦП 3 (табл. 1). Показатель числа особей на 1 м<sup>2</sup> для разных ценопопуляций колебался с различной амплитудой: от 1 – 12 и 3 – 16 особей (ЦП 1 и ЦП 4 соответственно) до 3 – 7 и 2 – 7 (ЦП 2 и ЦП 3 соответственно), что говорит о формировании более крупных клонов *C. calceolus* в более тенистых и влажных местообитаниях – в ельнике зеленомошном (ЦП 1) и в сосновом лесу по краю низинного болота (ЦП 4).

**Таблица 1**

Соотношение генеративных и вегетативных побегов в ценопопуляциях *C. calceolus*

Исследованные ценопопуляции	Вегетативные побеги, шт.	Генеративные побеги, шт.	Общее число побегов, шт.	Доля генеративных побегов, %
ЦП 1	24	12	36	33.3
ЦП 2	5	5	10	50.0
ЦП 3	11	27	38	71.5
ЦП 4	8	16	24	66.7

Видовой состав фитоценозов, в составе которых произрастают особи *C. calceolus*, определяется условиями этих растительных сообществ. В составе флоры, сопутствующей редкому виду, лишь *Rubus idaeus* L. отмечен во всех четырех местообитаниях. Общим элементом в хвойных типах леса (ЦП 1, ЦП 3, ЦП 4) являются *Vaccinium vitis-idaea* L., *Trientalis europaea* L.; за исключением ЦП 1 в ельнике сосновом, общим элементом для фитоценозов являются виды *Convallaria majalis* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh. Лишь в сообществе на участке с ЦП 2 отмечен *Mercurialis perennis* L. (Семчук и др., 2012).

Возрастную структуру рассчитывали по определению онтогенетических состояний особей на учетных площадках, вычисляли отношение генеративных побегов к общему числу побегов на этих площадках. Доля генеративных побегов в изученных ценопопуляциях сравнительно велика и увеличивается в последовательности ЦП 1 → ЦП 2 → ЦП 4 → ЦП 3 (см. табл. 1).

По признакам-маркерам у *C. calceolus* выявлено 2 периода и 5 онтогенетических состояний с выделением раннего, зрелого и позднего генеративных состояний. Отмечено преобладание генеративных особей в составе всех (кроме ЦП 1) изученных ценопопуляций с разной долей участия – от 50.0% в лещиновой дубраве по склону (ЦП 2) до 71.1% на поляне в осветленном сосняке (ЦП 3). Наибольшая доля взрослых вегетативных особей (50.0%) отмечена для ЦП 1 во влажном ельнике зеленомошном. В остальных трех ценопопуляциях их участие изменяется обратно пропорционально доле генеративных – от минимальной в ЦП 3 (26.3%) до максимальной в ЦП 2 (40.0%). Имматурные особи не были отмечены в составе ЦП 4 в сложном сосняке по краю низинного болота, а максимальное их число зарегистрировано в составе ЦП 1 во влажном ельнике зеленомошном (табл. 2).

Группы субсенильных (*ss*) и сенильных (*s*) особей не выделялись, так как постгенеративный период в онтогенезе орхидных слабо выражен или отсутствует. Ювенильные особи не отмечены ни в одной ценопопуляции *C. calceolus*. Таким образом, все ЦП нормальные, но неполночленные (отсутствуют ювенильные, а в ЦП 4 – также имматурные особи). Это говорит об уменьшении доли семенного

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

размножения в ценопопуляциях *C. calceolus* как в сосновом лесу, так и в лещиновой дубраве.

**Таблица 2**

Возрастная структура ценопопуляций *C. calceolus*

№ ЦП	<i>im</i>		<i>vm</i>		$g_1$		$g_2$		$g_3$		Всего особей абс.
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
1	6	16.7	18	50.0	0	0	8	22.2	4	11.1	36
2	1	10.0	4	40.0	0	0	4	40.0	1	10.0	10
3	1	2.6	10	26.3	3	7.9	21	55.3	3	7.9	38
4	0	0	8	33.3	2	8.3	9	37.5	5	20.8	24

*Примечание.* *im* – иматурные, *vm* – взрослые вегетативные,  $g_1$  – молодые генеративные,  $g_2$  – зрелые генеративные,  $g_3$  – старые генеративные, абс. – абсолютное значение, % – доля в процентах от общего числа особей.

В зависимости от соотношения возрастных групп особей две ценопопуляции в сосновых типах леса (ЦП 3 и ЦП 4) отнесены к генеративно-ориентированному типу, так как здесь значительно преобладают генеративные особи (71.1 и 66.7% соответственно). К бимодальному типу отнесена ЦП 2, в которой один пик приходится на вегетативные особи (доля взрослых вегетативных – 40.0%), другой – на генеративные растения. Ценопопуляция в ельнике зеленомошном отнесена к вегетативно-ориентированному типу (66.7% вегетативных особей, в том числе 50.0% взрослых вегетативных).

И. В. Татаренко (1996) приводит базовый возрастной спектр для *C. calceolus* – 0:8:44:48 (*j:im:v:g*). Из 4 изученных ценопопуляций в большей степени близка к этим значениям ЦП 2 на склоне в лещиновой дубраве – 0:10:40:50. Для остальных ЦП характерно смещение возрастного спектра в правую (0:0:29:71 в ЦП 4 и 0:3:21:76 в ЦП 3) или левую (0:17:50:33 в ЦП 1) сторону.

На основании измерения всех отмеченных на учётных площадках особей мы определили их морфометрические параметры (табл. 3). Отмечено, что генеративные особи *C. calceolus* ЦП 1 имеют наибольшую высоту, но вегетативные особи в ельнике характеризуются наименьшими значениями этого показателя из всех изученных ценопопуляций. В целом морфометрические параметры особей изученных ценопопуляций не отличаются от тех, которые приводятся в литературе (Денисова, Вахрамеева, 1978; Аверьянов, 1999; Шигаева, Силаева, 2010; Агудина, Чеснокова, 2011; Ефимов, 2011; Kull, 1999; Brzosko, 2002; Arciszewska, 2003).

**Таблица 3**

Морфометрические параметры побегов особей *C. calceolus*, см

Показатель	Высота растений		Длина листа 2-го узла		Ширина листа 2-го узла	
	вег.	ген.	вег.	ген.	вег.	ген.
1	2	3	4	5	6	7
ЦП 1 (влажный ельник зеленомошный)*						
<i>M</i>	16.8	44.6	15.3	19.4	5.9	8.4
<i>m</i>	1.6	1.7	0.6	0.6	0.3	0.5

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
<i>min</i>	2.5	36.0	9.0	14.5	3.0	5.5
<i>max</i>	30.5	54.0	20.0	23.0	8.0	10.5
ЦП 2 (лещиновая дубрава по склону)**						
<i>M</i>	13.6	36.9	13.8	15.6	6.1	8.3
<i>m</i>	3.4	1.8	1.8	0.4	0.7	0.6
<i>min</i>	6.5	33.0	8.5	14.5	5.0	6.0
<i>max</i>	22.0	43.0	16.0	16.5	8.0	9.5
ЦП 3 (поляна в осветленном сосновом лесу)***						
<i>M</i>	18.6	39.6	12.6	15.4	7.5	9.7
<i>m</i>	2.5	1.7	0.5	0.4	0.5	0.3
<i>min</i>	9.0	20.0	8.5	11.5	5.0	7.0
<i>max</i>	32.0	55.0	15.0	17.5	9.5	12.0
ЦП 4 (сосняк сложный по краю низинного болота)****						
<i>M</i>	14.9	33.2	12.2	13.2	5.6	8.1
<i>m</i>	1.4	1.6	0.5	0.6	0.6	0.4
<i>min</i>	9.5	23.0	11.0	7.5	3.5	5.5
<i>max</i>	20.0	46.0	15.0	15.5	8.0	10.0

Примечание. *M* – среднее арифметическое, *m* – ошибка среднего арифметического, *min* – минимальное значение признака, *max* – максимальное значение признака; \* –  $n_{\text{вер}} = 18$ ,  $n_{\text{ген}} = 12$ ; \*\* –  $n_{\text{вер}} = 4$ ,  $n_{\text{ген}} = 5$ ; \*\*\* –  $n_{\text{вер}} = 10$ ,  $n_{\text{ген}} = 27$ ; \*\*\*\* –  $n_{\text{вер}} = 8$ ,  $n_{\text{ген}} = 18$ .

Для учёта потенциального и реального плодообразования в ценопопуляциях определено число цветков и плодов генеративных особей *C. calceolus* на площадках. Число цветков на 1 учетную площадку наиболее варьировало в ЦП 3 (от 1 до 15) и в среднем было в 2.9 – 3.5 раза больше, чем в остальных ценопопуляциях (табл. 4). Процент образования плодов *C. calceolus* меняется от 30.5% в ЦП 3 до 62.5% в ЦП 2.

Таблица 4

Плодообразование у *C. calceolus*

Показатель	Число цветков на 1 площадке, шт.				Число плодов на 1 площадке, шт.				Плодообразование, %			
	1*	2*	3*	4*	1*	2*	3*	4*	1*	2*	3*	4*
<i>M</i>	2.5	2.5	8.8	3.0	1.2	1	3.3	1.7	34.7	62.5	30.5	56.7
<i>m</i>	0.5	1.5	3.0	0.4	0.5	0	1.1	0.2	15.6	37.5	11.4	4.7
<i>min</i>	1	1	1	2	0	1	0	1	40.0	25.0	0	40.0
<i>max</i>	4	4	15	5	3	1	5	2	66.7	100.0	50.0	66.7

Примечание. *M* – среднее арифметическое, *m* – ошибка среднего арифметического, *min* – минимальное значение признака, *max* – максимальное значение признака, 1\* – ЦП 1 ( $n = 6$ ), 2\* – ЦП 2 ( $n = 2$ ), 3\* – ЦП 3 ( $n = 4$ ), 4\* – ЦП 4 ( $n = 6$ ).

На наш взгляд, это связано с доступностью цветков растений опылителям, которыми являются земляные пчелы рода *Andrena* Fabricius, 1775 (Осычнюк, 1978). Они гнездятся на песчаной почве, роя норки. Поэтому более низкий процент пло-

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

дообразования в ЦП 1 и ЦП 3 (34.7 и 30.5% соответственно). Вероятно, он связан с тем, что в местах заложения учетных площадок в ельнике почва торфянистая, имеет хорошо выраженный моховой покров, а на поляне в осветленном сосняке очень густой травяной покров, препятствующий поселению здесь пчел из рода *Andrena*. В местах заложения учетных площадок в сосняке сложном по краю низинного болота (ЦП 4) травяной покров разреженный, с незначительным участием зеленых мхов, а в дубраве лещиновой (ЦП 2) травяной покров представлен единичными растениями со значительными участками, свободными от растительности.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что *C. calceolus* в условиях Республики Мордовия проявляет широкую экологическую пластичность, встречаясь в еловых, сосновых типах леса, в нагорных дубравах. Наибольшая доля генеративных особей отмечена на поляне в осветленном сосняке, наименьшая – во влажном ельнике зеленомошном. По возрастному спектру все изученные ценопопуляции нормальные, неполночленные. В зависимости от соотношения возрастных групп особей ценопопуляции в сосновых типах леса (ЦП 3 и ЦП 4) отнесены к генеративно-ориентированному типу, в дубраве лещиновой (ЦП 2) – к бимодальному, а ценопопуляция в ельнике зеленомошном (ЦП 1) – к вегетативно-ориентированному. Процент плодообразования в разных ценопопуляциях варьирует от низкого в ельнике зеленомошном и на поляне в осветленном сосняке (34.7 и 30.5% соответственно) до сравнительно высокого для *C. calceolus* – в сосняке сложном и в дубраве лещиновой (56.7 и 62.5% соответственно). Наиболее стабильной является ценопопуляция во влажном ельнике зеленомошном, где кроме генеративных (с преобладанием зрелых генеративных) присутствуют иматурные (17.6%), что говорит об успешном семенном размножении *C. calceolus* в этих условиях, поддерживаемом значительной долей участия взрослых вегетативных особей (50.0%) в ценопопуляции. Необходим дальнейший мониторинг состояния известных ценопопуляций для разработки адекватных мер по сохранению это редкого кальцефитного вида.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России (проект № 6.783.2014К).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аверьянов Л. В.* Род башмачок – *Cypripedium* (Orchidaceae) на территории России // *Turczaninowia*. 1999. Т. 2, № 2. С. 5 – 40.
- Агудина Л. А., Чеснокова С. Я.* Некоторые биологические особенности венериного башмачка настоящего // *Охрана и культивирование орхидей* : материалы IX Междунар. науч. конф. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2011. С. 10 – 12.
- Варлыгина Т. И.* Охрана орхидных России на государственном и региональном уровнях // *Охрана и культивирование орхидей* : материалы IX Междунар. науч. конф. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2011. С. 76 – 80.
- Горчаковский П. Л., Игошева Н. И.* Мониторинг популяций орхидных в уникальном месте их скопления на Среднем Урале // *Экология*. 2003. № 6. С. 403 – 409.
- Денисова Л. В., Вахрамеева М. Г.* Род Башмачок (Венерин башмачок) // *Биологическая флора Московской области*. М. : Изд-во МГУ, 1978. Вып. 4. С. 68 – 70.

Ефимов П. Г. Сохранение орхидных (Orchidaceae Juss.) как одна из задач охраны биоразнообразия // Биосфера. 2010. Т. 2, № 1. С. 50 – 58.

Ефимов П. Г. Орхидные северо-запада европейской России. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2011. 211 с.

Изучение ценопопуляций растений «Красной книги Удмуртской Республики» в природе и при интродукции : учеб.-метод. руководство. Ижевск : Изд. дом «Удмуртский университет», 2006. 74 с.

Красная книга Республики Мордовия : в 2 т. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов. Саранск : Морд. кн. изд-во, 2003. 288 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М. : Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.

Куликова Г. Г. Летняя учебно-производственная практика по ботанике. Ч. 2. Основные геоботанические методы изучения растительности / под ред. А. К. Тимонина. М. : Изд-во МГУ, 2006. 152 с.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высш. шк., 1973. 342 с.

Любарский Е. Л. Ценопопуляция и фитоценоз. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1976. 157 с.

Осычнюк А. З. Определитель насекомых европейской части СССР. Andrenidae. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. Т. 3. С. 315 – 369.

Санаева Л. В. Динамика растительных сообществ и группировок, включающих редкие и исчезающие виды сосудистых растений // Вестн. Морд. гос. ун-та. Сер. Биол. науки. 2011. № 4. С. 56 – 89.

Семчук А. А., Хапугин А. А., Силаева Т. Б. Сосудистые растения, сопутствующие *Cypripedium calceolus* L. в Республике Мордовия // Сб. науч. тр. SWorld. Вып. 3. Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2012 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Одесса, 2012. Т. 31. С. 12 – 14.

Силаева Т. Б., Кирюхин И. В., Чугунов Г. Г., Левин В. К., Майоров С. Р., Письмаркина Е. В., Агеева А. М., Варгот Е. В. Сосудистые растения республики Мордовия (конспект флоры) / под ред. Т. Б. Силаевой. Саранск : Изд-во Морд. гос. ун-та, 2010. 352 с.

Татаренко И. В. Орхидные России : жизненные формы, биология, вопросы охраны. М. : Аргус, 1996. 207 с.

Хапугин А. А., Андрюшечкина Г. В., Чугунов Г. Г. О состоянии популяций видов Красной книги Российской Федерации в Мордовском государственном природном заповеднике им. П. Г. Смидовича на 2011 год // Тр. Морд. гос. природного заповедника им. П. Г. Смидовича. Саранск ; Пушта, 2012. Вып. 10. С. 321 – 327.

Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М. : Наука, 1976. 217 с.

Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. 183 с.

Чугунов Г. Г., Шугаева А. Е. О находке венерина башмачка настоящего (*Cypripedium calceolus* L.) и пыльцеголовника красного (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.) в Ичалковском районе Республики Мордовия // Вестн. Морд. гос. ун-та. Сер. Биол. науки. 2007. № 4. С. 26 – 28.

Шугаева А. Е., Силаева Т. Б. О популяциях редких видов Orchidaceae Juss. в окрестностях биостанции Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва // Вестн. Морд. гос. ун-та. Сер. Биол. науки. 2010. № 1. С. 101 – 104.

Arciszewska U. Struktura ekologiczna i genetyczna wyspowych populacji obuwnika pospolitego (*Cypripedium calceolus*) w Biebrzańskim Parku Narodowym // Materiały VII Ogólnopolskiego Przeglądu Działalności Studenckich Kół Naukowych Przyrodników / eds. S. Maciak, Ł. Mazurek, W. Chętnicki. Białystok : Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, 2003. P. 41 – 46.

Brzosko E. Dynamics of island populations of *Cypripedium calceolus* in the Biebrza river valley (north-east Poland) // Botanical J. of the Linnean Society. 2002. Vol. 139. P. 67 – 77.

Dressler R. L. How many orchid species? // Selbyana. 2005. Vol. 26. P. 155 – 158.

Kull T. Biological flora of the British Isles. *Cypripedium calceolus* L. // J. Ecol. 1999. Vol. 87. P. 913 – 924.

УДК 591.553:599.32(571.1)

**ФАУНА И ГЕОГРАФИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГРЫЗУНОВ  
(RODENTIA, MAMMALIA)  
ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Л. А. Хляп<sup>1</sup>, Н. М. Окулова<sup>1</sup>, Ф. Г. Бидашко<sup>2</sup>,  
А. А. Варшавский<sup>1</sup>, А. К. Гражданов<sup>3</sup>, В. В. Неронов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33*

<sup>2</sup> *Уральская противочумная станция  
Казахстан, 090001, Уральск, Чапаева, 36/1*

<sup>3</sup> *Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»  
Россия, 410005, Саратов, Университетская, 46  
E-mail: khlyap@mail.ru*

Поступила в редакцию 24.12.13 г.

**Фауна и география населения грызунов (Rodentia, Mammalia) Западно-Казахстанской области Республики Казахстан.** – Хляп Л. А., Окулова Н. М., Бидашко Ф. Г., Варшавский А. А., Гражданов А. К., Неронов В. В. – Созданы ГИС и карта населения грызунов Западно-Казахстанской области, позволяющие оценить пространственные и временные закономерности изменения населения грызунов этого региона. Показано увеличение в последние десятилетия роли сообществ, в которых лидирует домовая мышь.

*Ключевые слова:* зоогеография, Rodentia, ГИС, Западный Казахстан.

**Fauna and geography of the rodent communities (Rodentia, Mammalia) in the Western Kazakhstan Region.** – Khlyap L. A., Okulova N. M., Bidashko F. G., Warshavsky A. A., Grazhdanov A. K., and Neronov V. V. – A GIS and map of the rodent communities in the Western Kazakhstan region were designed. They allow one to estimate the spatial and temporal regularities of changes in the rodent communities in this region. The role of the communities with house mouse having a leading position has been increasing during the past decade.

*Key words:* zoogeography, Rodentia, GIS, Western Kazakhstan.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение грызунов Северного Прикаспия и прилежащих территорий имеет длительную историю, и к настоящему времени огромный массив накопленного зоологического материала был подвергнут всестороннему анализу (Окулова и др., 2013 и др.). Данное сообщение посвящено пространственному размещению видов и сообществ грызунов. Оно обобщает анализ материалов 100-летней деятельности Уральской противочумной станции с картографированием населения грызунов.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Основой работы послужили составленные ранее карта и ГИС «Население грызунов и пищух России и сопредельных территорий» (Тупикова, 1996; Тупикова и др., 1998, 2007), из которых были отобраны материалы по Западно-Казахстанской

области (ЗКО). Они были скорректированы и детализированы с учётом карт растительности (Грибова и др., 1986; Ботаническая..., 2003) и карт распространения отдельных видов. Последние были составлены по архивным материалам Уральской противочумной станции, в которых, начиная с 1976 г., имеется информация о локалитетах поимок грызунов, указанных по формальной сетке квадратов со стороной около 20 км (Методические..., 1976).

В итоге для территории ЗКО были выделены участки, характеризующиеся сходством видового состава обитающих там грызунов, общностью доминирующих (фоновых, лидирующих) видов и однородностью ландшафтных условий. Выделенным вариантам населения присвоены номера и в специальных таблицах (отдельном слое ГИС) дана уточненная по многолетним материалам характеристика видового состава, уровня численности каждого вида, его месте в сообществе и др. Систематика и видовые названия грызунов приведены по последнему для териофауны России систематико-географическому справочнику (Млекопитающие..., 2012).

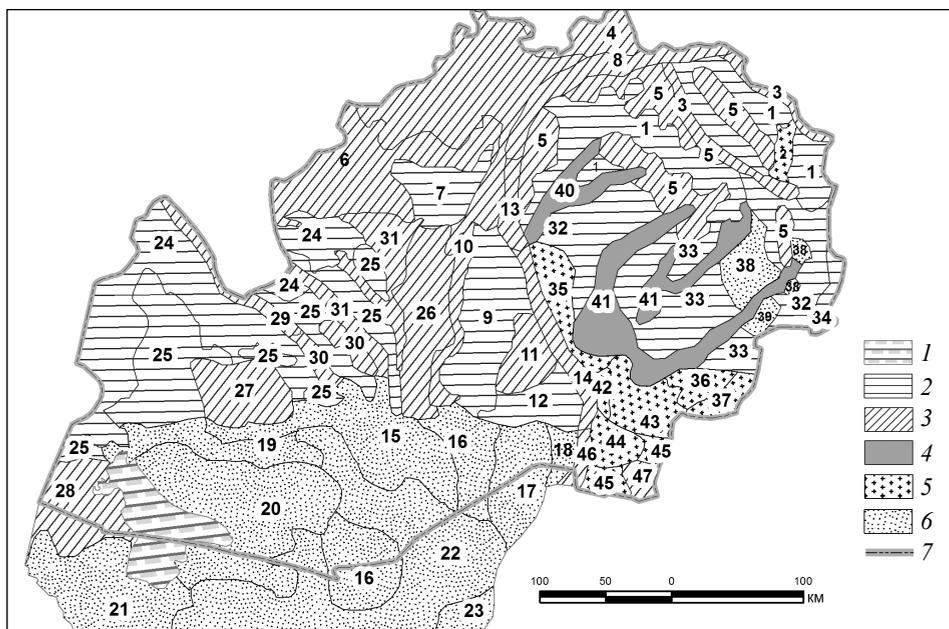
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего на территории ЗКО зарегистрировано 36 видов грызунов: левобережный малый суслик (далее малый суслик – *Spermophilus pygmaeus* Pall.), жёлтый суслик (*Spermophilus fulvus* Licht.), большой суслик (*Spermophilus major* Pall.), сурок байбак (*Marmota bobak* Mull.), бобр обыкновенный (*Castor fiber* L.), степная мышовка (*Sicista subtilis* Pall.), лесная мышовка (*Sicista betulina* Pall.), мохноногий тушканчик (*Dipus sagitta* Pall.), емуранчик (*Stylodipus telum* Licht.), тушканчик большой (*Allactaga major* Kerr.), тушканчик малый (*Allactaga elater* Licht.), тарбаганчик (*Pygeretmus pumilio* Kerr.), толстохвостый тушканчик (*Pygeretmus platyurus* Licht.), уральский слепыш (*Spalax uralensis* Tiflov, Usov), хомяк обыкновенный (*Cricetus cricetus* L.), хомячок Эверсмanna (*Allocricetulus evermanni* Brandt), серый хомячок (*Cricetulus migratorius* Pall.), ондатра (*Ondatra zibethicus* L.), рыжая полёвка (*Myodes* /syn. *Clethrionomys*/ *glareolus* Schreb.), слепушонка обыкновенная (*Ellobius talpinus* Pall.), степная пеструшка (*Lagurus lagurus* Pall.), водяная полёвка (*Arvicola amphibious* L.), полёвка-экономка (*Alexandromys oeconomus* Pall.), общественная полёвка (*Microtus socialis* Pall.), обыкновенная полёвка (*Microtus arvalis* Pall.), восточноевропейская полёвка (*Microtus rossiaemeridionalis* Ognev), мышь малютка (*Micromys minutus* Pall.), малая лесная мышь (*Sylvaemus uralensis* Pall.), мышь желтогорлая (*Sylvaemus flavicollis* Melch.), мышь полевая (*Apodemus agrarius* Pall.), мышь домовая (*Mus musculus* L.), серая крыса (*Rattus norvegicus* Berk.), песчанка тamarисковая (*Meriones tamariscinus* Pall.), песчанка полуденная (*Meriones meridianus* Pall.), песчанка краснохвостая (*Meriones libycus* Licht.), песчанка большая (*Rhombomys opimus* Licht.). Таксономические формы, которым в справочнике (Млекопитающие..., 2012) присвоен ранг полувида (левобережный малый суслик, малая лесная мышь, мышь желтогорлая, полуденная песчанка), рассмотрены здесь как виды. Ниже, говоря об обыкновенной полёвке, мы имеем в виду ее надвидовой комплекс, включающий на рассматриваемой территории обыкновенную и восточноевропейскую полёвок, так как в большинстве исследований этих полёвок не различали.

## ФАУНА И ГЕОГРАФИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГРЫЗУНОВ

В последние десятилетия происходят изменения границ ареалов некоторых грызунов: сокращение численности и исчезновение с территории региона одних видов (полевая мышь, малый суслик и др.) и, наоборот, проникновение других (большая и краснохвостая песчанки – на юго-востоке региона, желтогорлая мышь – на северо-востоке).

Нами выделено 47 вариантов населения, различающихся набором и соотношением численностей составляющих их видов (рисунок).



Карта населения грызунов Западно-Казахстанской области: 1 – постоянное население грызунов отсутствует; 2 – 6 – сообщества, в которых основной доминант: малый суслик (2), домовая мышь (3), водяная крыса (4), тушканчики (5), песчанки (6); 7 – граница Западно-Казахстанской области; 1 – 47 – номера вариантов населения грызунов (см. в тексте)

Наибольшее разнообразие видов грызунов отмечено в северной части региона – в пойме р. Урал (№ 13 – 25 видов) и на сельскохозяйственных землях (№ 4 и 5 – по 24 и 20 видов соответственно). В каждом из других выделов обитают не более 18 видов. Наименьшим числом видов (8) характеризуются чернополынные на солончах восточной окраины ЗКО (№ 34) и поймы Уила (№ 47).

Из 37 видов фауны грызунов ЗКО 12 выступают как доминанты (лидеры, преобладающие по численности). Из их набора в большей части выделов доминируют домовая мышь (в 21 варианте из 47), тамарисовая песчанка (в 11), малый суслик (в 9), емуранчик (в 9), водяная полёвка (в 6), малая лесная мышь (в 5) и степная пеструшка (в 5). Остальные виды – большой суслик, малый тушканчик, большая и

полуденная песчанки, обыкновенная полёвка – входили в состав доминантов не более, чем в трех вариантах населения.

По общности видов, преобладающих в населении грызунов, выделенные 47 вариантов населения можно разделить на 5 групп. При этом выбраны 5 видов, которые лидируют во многих сообществах, в том числе как единственный доминант, формируя монодоминантные сообщества. Все остальные лидирующие виды доминировали в комплексе с другими, образуя полидоминантные сообщества. Деление на эти 5 групп в известной мере условно, поскольку резких границ между ними нет. Признавая, что роль любого вида доминанта в сообществе значима, мы искусственно уделили некоторым важным видам (например, малой лесной мыши или обыкновенной полёвке) меньше внимания, чтобы кратко и емко описать основные закономерности географии населения грызунов в ЗКО.

Итак, доминантом в первой группе является малый суслик: либо один (№ 1, 24, 25, 34), либо со степной пеструшкой идовой мышью (№ 9), или только сдовой мышью (№ 12, 32, 33), либо сдовой мышью и обыкновенной полёвкой (№ 7). В степях севера области (№ 1, 7) и вблизи правого берега р. Урал (№ 7, 9, 12) численность суслика средняя. На западе области в пустынных полынно-типчачково-ковыльных сухих степях (№ 24, 25) и в белополынно-чернополынных на перевыпасах полупустынях Зауралья (№ 32, 33) – высокая.

Во второй группе доминирует домовая мышь (при отсутствии суслика среди доминирующих видов), при этом некоторые ее сообщества (№ 6, 11, 26 – 28) занимают водораздельные степи. В состав доминирующих видов выделов № 6, 26 и 27 входит еще и степная пеструшка, но не ежегодно, а только в годы подъема ее численности. Обилие суслика здесь низкое, а в № 28 он вообще исчезает из состава населения. Остальные сообщества этой группы приурочены к долинным комплексам. Так, монодоминантные варианты населения встречаются в кустарниках по урезу воды и в тростниковых зарослях по рекам и бессточным понижениям (№ 10, 29, 30, 31). В северной части долины р. Урал сдовой мышью содоминирует малая лесная мышь (№ 8), южнее (№ 13, 14) к ним добавляется водяная полёвка, а еще южнее (№ 46) – недавно расселившаяся большая песчанка. По р. Уил доминируют домовая мышь и водяная крыса; на полях, лежащих в северной части ЗКО, – домовая мышь и обыкновенная полёвка (№ 4, 5). Таким образом, в последние десятилетия площадь сообществ с доминированиемдовой мыши увеличилась: они кроме долинных местообитаний дополнительно заняли те части степных водоразделов, где господствовал малый суслик, а также посевные земли, сохраняясь и на заброшенных полях.

В сообществах, относимых к третьей группе вариантов населения, доминирует водяная полёвка при отсутствии в числе доминантовдовой мыши. Отмечено три таких варианта населения, приуроченных к обедненным долинным комплексам. Все они характерны для Зауралья: по р. Утва (№ 3), где в населении кроме водяной полёвки значима роль малой лесной мыши; по оз. Шалкар с питающими его реками и вытекающей р. Солянка (№ 40), а также по бессточным рекам и западинам среднего Зауралья (№ 41).

## ФАУНА И ГЕОГРАФИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГРЫЗУНОВ

В четвертой группе вариантов населения, характерной исключительно для Зауралья, в число видов доминантов входят тушканчики (чаще емуранчик). Сюда нами отнесены как монодоминантные сообщества емуранчика (№ 36, 42, 43), так и полидоминантные – совместно со степной пеструшкой в годы подъема ее численности (№ 2), с большим сусликом (№ 37) или с недавно вселившейся большой песчанкой (№ 44, 45). К этой же группе отнесено население с доминированием малого тушканчика (№ 35).

В пятой группе сообществ грызунов, приуроченных к полупустыням и северным песчаным пустыням, доминирует тамарисковая песчанка. Выделы № 15 – 21 монодоминантны, численность тамарисковой песчанки здесь средняя. В песках (№ 22, 23) в лидеры выходит и полуденная песчанка, численность обеих песчанок возрастает. На участках северной полупустыни Зауралья (№ 38, 39) тамарисковая песчанка доминирует совместно с емуранчиком. Необходимо отметить также, что только в этих двух вариантах населения в ЗКО встречается уральский слепыш.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фаунистический список грызунов Западно-Казахстанской области включает 36 видов, среди которых нет ни одного, встречающегося повсеместно. Наибольшее видовое разнообразие (20–25 видов) отмечено для севера региона: в пойме р. Урал и на пахотных землях, а наименьшее (8 видов) – на его юго-восточных окраинах.

Составленная ГИС населения грызунов ЗКО характеризует состав сообществ в различных частях ЗКО, доминирующие виды, численность каждого вида и некоторые аспекты ее динамики. Это позволяет анализировать разные аспекты географии родентофауны, в том числе составлять для каждого из видов грызунов карты региональных ареалов с оценкой их пространственной структуры. Общее разнообразие населения грызунов ЗКО охарактеризовано 47 вариантами, различающихся по видовому составу и соотношению численностей слагающих их видов.

Отмечено 12 видов грызунов, которые доминируют в населении тех или иных частей ЗКО области. На севере по полям и южнее по степным участкам, лишенным суслика, доминирует домовая мышь (одна или в совокупности с другими видами, чаще с малой лесной мышью); по долинным комплексам с кустарниками или тростниковыми зарослями сообщества с ее доминированием проникают на юг по рекам Урал и Уил до южных границ области. По поймам рек к домовой мыши местами как доминант присоединяется водяная полёвка, которая в Зауралье в пойменных местообитаниях может доминировать одна. Сообщества, в которых доминирует малый суслик (один или с другими видами), широко распространены в средней степной полосе ЗКО. При сокращении численности малого суслика его сообщества сменяются «домово-мышинными». В южной полосе, преимущественно в Предуралье, доминируют песчанки (чаще тамарисковая), а в Зауралье – тушканчики (чаще емуранчик). В динамическом аспекте наблюдается увеличение в последние десятилетия роли сообществ, в которых лидирует домовая мышь. Сходная тенденция прослеживается на территории Калмыкии (Тупикова, 1995; Попов и др., 1995). Однако в сухих степях саратовского Заволжья картина иная. Там домовая мышь на посевах уступила свое первенство малой лесной мыши, которая в на-

стоящее время доминирует среди грызунов природных и антропогенных местообитаний (Опарин и др., 2006; Цветкова, Опарин, 2013).

Данную статью мы посвящаем 90-летию Натальи Владимировны Тупиковой (1923 – 2003), которая внесла огромный вклад в разработку принципов и методов зоологического картографирования, особенно в картографирование животного населения (Тупикова, 1969, 1996; Тупикова, Комарова, 1979; Тупикова и др., 1998, 2007).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области) / под ред. Е. И. Рачковской, Е. А. Волковой, В. Н. Храмова / Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова РАН. СПб., 2003. 424 с.

*Грибова С. Ф., Исаченко Т. И., Липатова В. В., Юрковская Т. К.* Карта растительности Европейской части СССР и Кавказа. Масштаб 1:2 000 000. М. : ГУГК, 1986. 1 л.

Методические рекомендации по паспортизации природных очагов чумы. М. : ГУКИ МЗ СССР, 1976. 18 с.

Млекопитающие России : систематико-географический справочник / под ред. И. Я. Павлинова, А. А. Лисовского. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2012. 604 с.

*Окулова Н. М., Гражданов А. К., Бидашко Ф. Г.* Итоги 70-летнего мониторинга сообществ млекопитающих полупустыни // Актуальные проблемы экологии и природопользования. М. : РУДН, 2013. Вып. 15. С. 30 – 33.

*Опарин М. Л., Опарина О. С., Цветкова А. А.* Влияние распашки на мелких млекопитающих степи // Поволж. экол. журн. 2006. № 1. С. 32 – 39.

*Попов Н. В., Сурвилло А. В., Князева Т. В., Варшавский Б. С., Подсвилов А. В., Санджиев В. Б.-Х., Яковлев С. А.* Биоценоотические последствия антропогенной трансформации ландшафтов Черных земель // Биота и природная среда Калмыкии. М. ; Элиста : ТОО «Коркис», 1995. С. 211 – 221.

*Тупикова Н.В.* Зоологическое картографирование. М. : Изд-во МГУ, 1969. 250 с.

*Тупикова Н. В.* Карта населения грызунов Калмыкии и прилежащих территорий // Биота и природная среда Калмыкии. М. ; Элиста : ТОО «Коркис», 1995. С. 196 – 210.

*Тупикова Н. В.* Опыт создания карты населения грызунов и пищух на территории бывшего СССР: содержание и принципы построения легенды // Успехи соврем. биол. 1996. Т. 116, вып. 2. С. 243 – 254.

*Тупикова Н. В., Комарова Л. В.* Принципы и методы зоологического картографирования. М. : Изд-во МГУ, 1979. 187 с.

*Тупикова Н. В., Варшавский А. А., Хляп Л. А.* Карта и геоинформационная система: «Население грызунов и пищух юга бывшего СССР» // Аридные экосистемы. 1998. Т. 4, № 8. С. 74 – 84.

*Тупикова Н. В., Хляп Л. А., Варшавский А. А.* Карта «Грызуны и пищухи», масштаб 1 : 15 000 000 // Национальный атлас России. М. : Роскартография, 2007. Т. 2. С. 370 – 372.

*Цветкова А. А., Опарин М. Л.* Стенная пеструшка (*Lagurus lagurus* Pallas, 1778) // Поволж. экол. журн. 2013. № 2. С. 231 – 236.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 574.583(282.247.414.5)

### ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников, И. А. Кудрин, М. Ю. Ильин**

*Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского  
Россия, 603950, Н. Новгород, просп. Гагарина, 23  
E-mail: shurganova@bio.unn.ru*

Поступила в редакцию 15.09.13 г.

**Характеристика современного состояния видовой структуры и пространственного размещения сообществ зоопланктона Чебоксарского водохранилища. – Шурганова Г. В., Черепенников В. В., Кудрин И. А., Ильин М. Ю.** – С помощью метода многомерного анализа выделено четыре основных зоопланктоценоза Чебоксарского водохранилища на современном этапе его существования. Проведен анализ видовой структуры зоопланктонных сообществ.

*Ключевые слова:* видовая структура зоопланктоценозов, многомерный анализ, Чебоксарское водохранилище.

**Characterization of the present status of the species structure and spatial distribution of zooplankton communities in the Cheboksary reservoir. – Shurganova G. V., Cherepennikov V. V., Kudrin I. A., and Ilin M. Y.** – Four main zooplankton communities were identified in the Cheboksary reservoir waters at the present stage of its existence by multivariate analysis. The species structure of zooplankton communities is analyzed.

*Key words:* species structure of zooplanktocoenose, multivariate analysis, Cheboksary reservoir.

Проблема континуальности и дискретности биологических сообществ остается актуальной проблемой современной экологии. Водные сообщества менее определены в пространстве, чем наземные, их труднее выделить, указать отличительные признаки, установить их границы и т.д. Кроме того, под воздействием комплекса факторов, в том числе и антропогенных, водные сообщества меняют свою структуру и границы. Наиболее трудно выделить сообщества рек, а также водохранилищ, которые многие авторы считают водоёмами с флуктуациями речных и озёрных условий (Вахтер, 1977; Soballe, Bachmann, 1984).

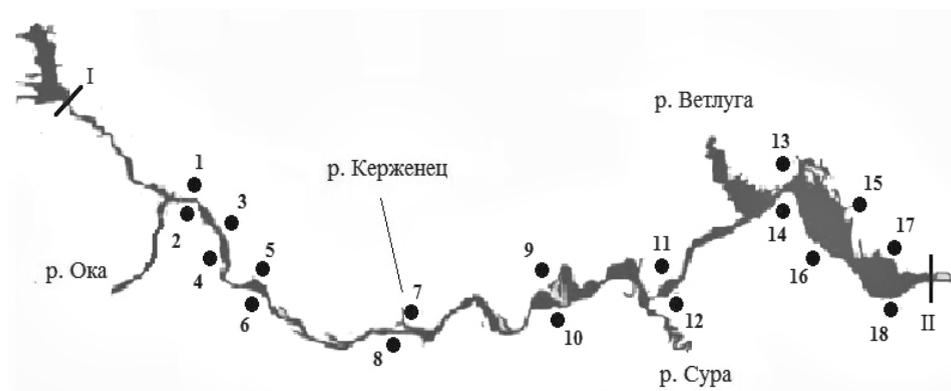
Чебоксарское водохранилище является пятой ступенью Волжского каскада и входит в систему водоёмов Средней Волги. Уникальность этого водохранилища состоит в формировании его за счет двух разнородных по комплексу гидрофизических и гидрохимических характеристик водных потоков, поступающих из Горьковского водохранилища и р. Оки (Шурганова, 2007).

Видовая структура и пространственное размещение зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища достаточно хорошо изучены с момента его образова-

ния на протяжении всего периода его существования (Шурганова, 1989, 2005, 2007; Шурганова, Черепенников, 2006, 2010 и др.)

Уровень водохранилища составляет 63 м НПО БС. С момента его образования активно обсуждается вопрос о поднятии уровня водохранилища до 68 м НПО БС. Поднятие уровня приведет не только к изменению гидрохимического и гидрофизического режима водохранилища, но и неизбежно вызовет существенные изменения видовой структуры населяющих его гидробиоценозов. В связи с этим нам представляется актуальной задача выделения отдельных сообществ зоопланктона и занимаемых ими акваторий Чебоксарского водохранилища, а также характеристика их видовой структуры в настоящее время, что может послужить основой для прогнозирования состояния экосистем после поднятия уровня до 68-метровой отметки.

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, отобранные на Чебоксарском водохранилище в июле 2011 г. Отбор проб производился на постоянных станциях (рис. 1) количественной сетью Джеди (диаметр входного отверстия 18 см, капроновое сито № 64) путем тотального лова от дна до поверхности.



**Рис. 1.** Станции отбора проб зоопланктона на акватории Чебоксарского водохранилища в 2011 г.: I – плотина Горьковской ГЭС; II – плотина Чебоксарской ГЭС; 1, 2 – г. Нижний Новгород, Чкаловская лестница; 3, 4 – г. Нижний Новгород, Артемовские луга; 5, 6 – г. Кстово; 7, 8 – г. Лысково; 9, 10 – с. Фокино; 11, 12 – г. Васильсурск; 13, 14 – г. Козьмодемьянск; 15, 16 – с. Ильинка; 17, 18 – г. Чебоксары

Для идентификации основных зоопланктонных сообществ и установления их пространственного размещения был использован ранее предложенный метод многомерного анализа, подробно описанный в ряде работ (Черепенников и др., 2003; Шурганова и др., 2005; Шурганова, Черепенников, 2011 и др.). В пределах выделенных зоопланктонных сообществ рассчитывался индекс доминирования Ковнацкого – Паляя, учитывающий частоту встречаемости и относительное обилие видов (Баканов, 2006).

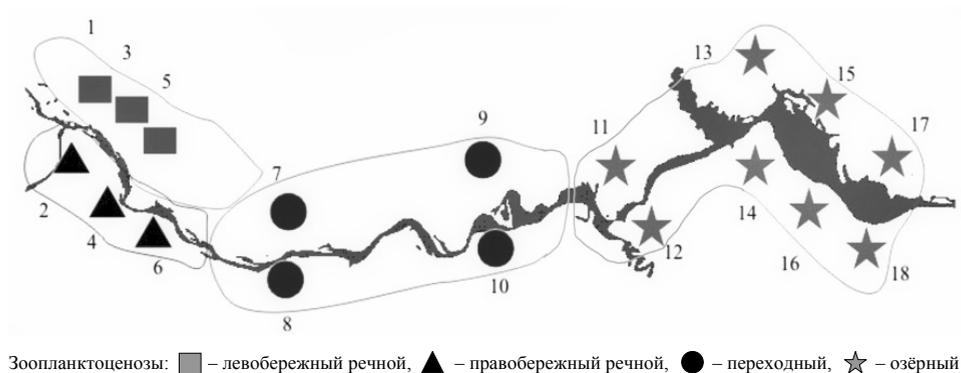
По данным 2011 г., видовое богатство Чебоксарского водохранилища представлено 65 видами. Доминирующее положение по числу видов занимали коло-

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ

вратки, соотношение групп Rotifera: Cladocera: Copepoda было соответственно равно 41.5 : 38.5 : 20.0%. В 2011 г. были идентифицированы виды-вселенцы: *Diaphanosoma orghidani* Negrea 1982, *Diaphanosoma dubium* Manuilova, 1964.

На основе развиваемых нами представлений о видовой структуре сообществ зоопланктона как многомерной динамической системе (Шурганова, 2007) на акватории Чебоксарского водохранилища выявлены пространственно непрерывные области, характеризующиеся сходством видовой структуры, которые мы считаем областями пространственного расположения отдельных планктонных сообществ.

Исходными данными для многомерного анализа были списки видов зоопланктона с указанием численности отдельных видов. На основании мер сходства видовой структуры зоопланктона по станциям отбора проб в 2011 г. на акватории Чебоксарского водохранилища, как и в предыдущие годы, было выделено четыре основных зоопланктоценоза. Достаточно четко выделяются левобережный и правобережный речные зоопланктоценозы и менее четко – переходный и озёрный (рис. 2).



**Рис. 2.** Пространственное размещение зоопланктоценозов на акватории Чебоксарского водохранилища в 2011 г.: Станции отбора проб: 1, 2 – г. Нижний Новгород; 3, 4 – Артемовские луга; 5, 6 – ниже г. Кстово; 7, 8 – ниже г. Лысково; 9, 10 – с. Фокино; 11, 12 – г. Васильсурск; 13, 14 – г. Козьмодемьянск; 15, 16 – с. Ильинка; 17, 18 – г. Чебоксары (чётные значения – правый берег; нечётные значения – левый берег)

Значения индекса доминирования Ковнацкого – Палия для наиболее многочисленных видов выделенных зоопланктоценозов приведены в таблице.

Левобережный речной зоопланктоценоз, как и в предыдущие годы, представляет собой трансформированный и обедненный количественно зоопланктоценоз Горьковского водохранилища с численным преобладанием ракообразных. Правобережный речной зоопланктоценоз, находящийся под формирующим влиянием р. Оки, характеризуется значительным развитием ветвистого рачка *Moina rectirostris*, коловратки *Asplanchna priodonta*. Роль реофильных коловраток рода *Brachionus* снизилась по сравнению с предыдущими годами.

Значения индекса доминирования Ковнацкого – Палия, рассчитанного для наиболее многочисленных видов зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища в 2011 г.

Вид	Индекс
Левобережный зоопланктоценоз	
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	27.39
<i>Copepoda</i> Juv.	17.89
<i>Daphnia galeata</i> G. O. Sars	14.01
<i>Eudiaptomus gracilis</i> Sars	11.66
<i>Chydorus sphaericus</i> O. F. Muller	8.02
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	5.11
<i>Bosmina crassicornis</i>	3.99
Nauplii <i>Copepoda</i>	3.32
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	2.38
<i>Eudiaptomus graciloides</i> Lilljeborg	1.49
Правобережный зоопланктоценоз	
<i>Moina rectirostris</i> Leydig	48.97
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	12.58
<i>Copepoda</i> Juv.	9.67
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	5.43
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	5.02
<i>Bosmina longirostris</i> O. F. Muller	2.35
Nauplii <i>Copepoda</i>	2.02
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	0.96
<i>Bosmina crassicornis</i>	0.91
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	0.66
Переходный зоопланктоценоз	
Nauplii <i>Copepoda</i>	40.94
<i>Copepoda</i> Juv.	25.25
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	13.00
<i>Daphnia galeata</i> G. O. Sars	6.33
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	5.51
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	3.80
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	3.27
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	2.92
<i>Chydorus sphaericus</i> O. F. Muller	2.89
<i>Keratella quadrata</i> Muller	2.52
Озёрный зоопланктоценоз	
<i>Copepoda</i> Juv.	26.02
<i>Daphnia galeata</i> G. O. Sars	20.11
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	15.60
Nauplii <i>Copepoda</i>	12.23
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	6.57
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	4.81
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	3.89
<i>Chydorus sphaericus</i> O. F. Muller	2.81
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	1.79
<i>Daphnia cristata</i> Sars	1.03

что, по-видимому, представляет собой следующий этап направленного изменения видовой структуры зоопланктоценозов.

В переходном зоопланктоценозе, характеризовавшемся ранее лимнофильными и реофильными чертами, доминирующее положение занимают ракообразные, преимущественно науплиальные и копеподитные стадии *Copepoda*, виды родов *Daphnia*, *Bosmina* и др., что указывает на тенденцию преобладания лимнофильных черт. Озёрный зоопланктоценоз, как и в предыдущие годы, является лимнофильным. Здесь доминируют ракообразные, а среди них – Cladocera.

Левобережный речной, переходный и озёрный зоопланктоценозы Чебоксарского водохранилища в 2011 г. можно характеризовать как лимнофильные с преобладанием ракообразных. Различия видовой структуры этих планктонных сообществ стали менее существенными, чем в предыдущие годы. В правобережном зоопланктоценозе усилилась роль ракообразных.

Таким образом, на современном этапе существования Чебоксарского водохранилища на его акватории выделены дискретные по видовой структуре сообщества зоопланктона. Характерно значительное усиление лимнофильных черт во всех сообществах зоопланктона,

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баканов А. И.* Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга : учеб. пособие / под ред. Д. Б. Гелашвили. Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2006. Ч. VI. С. 61 – 116.
- Черепенников В. В., Шурганова Г. В., Артельный Е. В.* Использование многомерного векторного анализа для оценки пространственного размещения зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3 : тез. докл. Междунар. конф. / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 2003. С. 303
- Шурганова Г. В.* Структурная характеристика основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища при промежуточном режиме его заполнения // Наземные и водные экосистемы. Горький : Изд-во Горьков. гос. ун-та, 1989. С. 4 – 10.
- Шурганова Г. В.* Динамика видовой структуры зоопланктона речной части Чебоксарского водохранилища в условиях антропогенного пресса // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2005. Т. 7, № 1. С. 225 – 229.
- Шурганова Г. В.* Динамика видовой структуры зоопланктоценозов в процессе их формирования и развития (на примере водохранилищ Средней Волги Горьковского и Чебоксарского) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Н. Новгород, 2007. 48 с.
- Шурганова Г. В., Черепенников В. В.* Формирование и развитие зоопланктонных сообществ водохранилищ Средней Волги // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2006. Т. 8, № 1. С. 241 – 247.
- Шурганова Г. В., Черепенников В. В.* Динамика видовой структуры зоопланктоценозов двух волжских водохранилищ в процессе их формирования и развития // Журн. Сиб. федерального ун-та. Сер. Биология. 2010. Т. 3, № 3. С. 267 – 277.
- Шурганова Г. В., Черепенников В. В.* Методы выделения и идентификации сообществ гидробионтов // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга : учеб. пособие / под ред. Д. Б. Гелашвили. Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2011. Ч. VII. С. 121 – 155.
- Шурганова Г. В., Черепенников В. В., Артельный Е. В.* Динамика антропогенной сукцессии основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Вестн. Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. Сер. Биология. 2005. Вып. 2 (10). С. 107 – 114.
- Baxter R. M.* Environment effect of dams and impoundments // Annual Rev. Ecol. Systematics. 1977. Vol. 8, № 2. P. 255 – 283.
- Soballe D. M., Bachmann R. W.* Influence of reservoir transit on riverine algal transport and abundance // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1984. Vol. 41. P. 1803 – 1813.