



<http://ecopri.ru>

<http://petrsu.ru>

Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

Т. 7. № 3(28). Сентябрь, 2018

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
В. В. Вапилов
А. Е. Веселов
Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. М. Макаров
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 20. Каб. 208.

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>



© ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», 2012



Содержание Т. 7. № 3. 2018.

От редакции

Новые шаги	3
-------------------	---

Оригинальные исследования

Адамова В. В., Снегин Э. А., Бархатов А. С.	Демографическая и пространственная структура колоний ксерофильных моллюсков-вселенцев на территории г. Белгорода	4 - 12
Белкин В. В., Илюха В. А., Хижкин Е. А., Федоров Ф. В., Морозов А. В., Якимова А. Е.	Видовой состав и распространение рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) в Карелии	13 - 23
Горбач В. В.	Опыт оценки абсолютной численности популяции по распределению числа отловов в эксперименте с мечением на примере имаго перламутровок рода <i>Boloria</i> (Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae)	24 - 33
Золотарёв К. В., Михайлова М. В., Наход К. В., Михайлов А. Н.	Алгоритм анализа распределения тяжелых металлов в тканях рыб на примере щуки	34 - 47
Колбин В. А., Гилёв А. В.	Сходство и различие пойменных орнитокомплексов Урала и Приамурья на примере трех заповедников	48 - 59
Сергазинова З. М., Дупал Т. А., Литвинов Ю. Н., Ержанов Н. Т., Конарбаева Г. А.	Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления фтора у мелких млекопитающих	60 - 74
Ташлыкова Н. А.	Состав и структура фитопланктона прибрежной и центральной частей оз. Арахлей (Забайкальский край) в весенне-летний сезон 2017 г.	75 - 90
Фомина Ю. Ю., Сярки М. Т.	Жизненный цикл рачка <i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863) в Онежском озере	91 - 102

Письма в редакцию

Черлин В. А.	Иван Дмитриевич Стрельников. Часть 1. Удивительная жизнь	103 - 148
--------------	---	-----------



Новые шаги

Уважаемые читатели, авторы и рецензенты!

Формирование выпуска № 3 за сентябрь 2018 г. завершено. В течение двух недель будут оформлены работающие ссылки DOI и выполнена ручная верстка pdf-файлов. Авторы еще могут высказывать свои пожелания по окончательному форматированию текстов.

За последнее время внесен ряд изменений в формат и содержание нашего журнала, призванные улучшить его качество.

Начата практика публикации монографий. С тем, чтобы не сбивать регулярную нумерацию журнала, в дополнительном выпуске № 5 вышла книга о видном русском зоогеографе А. П. Кузьякине.

Создана рубрика «Объявления», в которой отслеживаются события, важные для участников процесса.

Оформлены интерактивные двусторонние чаты между редакцией, авторами и рецензентами публикации, существенно ускоряющие процесс общения. Просим обратить внимание участников на эти новые возможности – и пользоваться чатом, а не электронной почтой.

Организованы два конкурса (на лучшую статью и рецензию) с возможностью для читателей выставить свои оценки той или иной публикации, которые будут учитываться при подведении итогов.

В связи с ростом числа поступающих публикаций изменились некоторые сопроводительные тексты сайта, требования к статьям, в частности рост объема аннотаций до 200 слов.

Расширился состав редколлегии за счет включения иностранных русскоговорящих специалистов.

*С неизменной готовностью к сотрудничеству,
редколлегия электронного журнала «Принципы экологии»*

References



УДК 574.32

Демографическая и пространственная структура колоний ксерофильных моллюсков-вселенцев на территории г. Белгорода

АДАМОВА

Валерия

Владиславовна

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет,
valeriavladislavna@gmail.com

СНЕГИН

Эдуард Анатольевич

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, snegin@bsu.edu.ru

БАРХАТОВ

Анатолий Сергеевич

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет,
barkhatov@bsu.edu.ru

Ключевые слова:

виды-вселенцы
пространственная структура
демографическая структура
популяций
биологические инвазии
ксерофильные моллюски

Аннотация:

При распространении вида за пределы естественного ареала дальнейшее освоение новой территории во многом зависит от экологических характеристик вселенца. Анализ демографической структуры и пространственной гетерогенности популяции чужеродного вида позволяет оценить инвазивный потенциал адвентивных видов. Объект исследования – ксерофильные моллюски *Xeropicta derbentina* и *Brephulopsis cylindrica*, на данный момент известные как чужеродные виды в различных регионах, в том числе на территории юга Среднерусской возвышенности. Исследование демографической и пространственной организации колоний проведено с использованием методов, ранее применявшихся в аналогичных исследованиях популяций наземных моллюсков, в частности *B. cylindrica*. Определены особенности динамики численности и возрастного состава колоний изучаемых видов в течение сезона активности. Выявлены особенности пространственного размещения особей видов-вселенцев в условиях урбанизированного биотопа. Полученные результаты демонстрируют сохранение рассматриваемых экологических параметров популяции за пределами северной границы ареала видов.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: Т. Г. Стойко

Получена: 13 мая 2018 года

Опубликована: 15 октября 2018 года

Введение

Анализ демографической и пространственной структуры популяций чужеродных видов характеризует состояние колоний в новых условиях и позволяет оценить инвазивный потенциал вселенцев. На данный момент на территории юга Среднерусской возвышенности известно существование колоний ксерофильных видов наземных моллюсков: *Xeropicta derbentina* (Krynicky, 1836) и *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), расположенных в пределах г. Белгорода (Снегин и др., 2014, 2017).

Естественным ареалом указанных видов являются территории Крыма, Кавказа и Малой Азии (Шилейко, 1978, 1984). На территории Крыма и Северного Причерноморья популяции данных видов в значительной степени изучены (Крамаренко, 2014), что позволяет сопоставить состояние колоний в различных частях ареала.

Целью работы являлся анализ демографической и пространственной структуры адвентивных колоний наземных моллюсков *X. derbentina* и *B. cylindrica* на территории г. Белгорода.

Материалы

Колонии моллюсков-вселенцев *B. cylindrica* и *X. derbentina* исследовали в течение весенне-осеннего сезона 2017 г. Полевые наблюдения проводили на участке, расположенном в окрестностях мелового карьера в черте г. Белгорода (50°62'64" с. ш.; 36°51'77" в. д.). Участок представляет собой открытую местность с преобладанием рудеральной растительности. Пробы отбирались каждый месяц с мая по сентябрь.

Методы

Для определения демографической структуры и пространственного распределения особей адвентивных колоний использовали метод пробных площадок по схеме, предложенной Крамаренко с соавторами (2014). В пределах обследуемой территории выбирали относительно однородный участок, на котором пробные площадки располагались в виде регулярной сетки: 8 трансект по 20 пробных площадок. Расстояние между площадками составляло 1.5 м. Сбор моллюсков осуществлялся в пределах каждой пробной площадки площадью 0.25 м² (рис. 1).

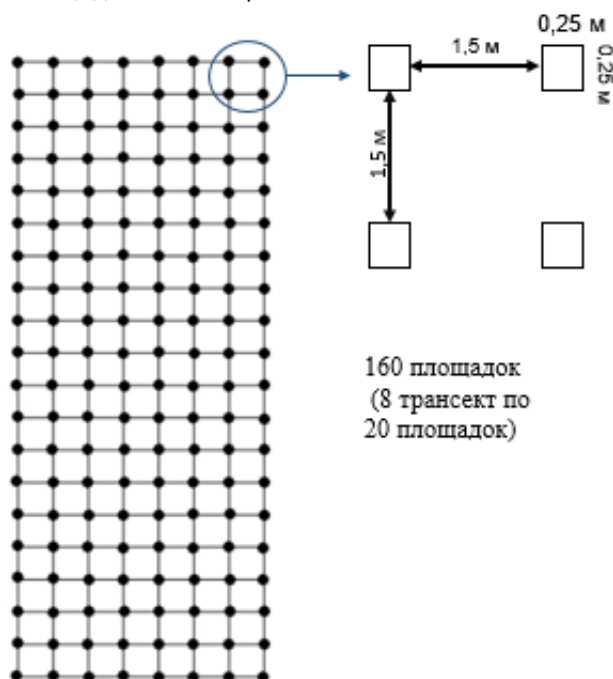


Рис. 1. Схема расположения пробных площадок

Fig. 1. Scheme of the location of sample plots

Абсолютную плотность (D) особей на участке определяли как среднее арифметическое зарегистрированных в границах каждой пробной площадки (x_i) организмов данного вида (Крамаренко, 1995):

$$D = \frac{\sum x_i}{n}$$

Параллельно с определением плотности популяций изучали их возрастную структуру. Особи *B. cylindrica* и *X. derbentina* были разделены на два возрастных класса: ювенильные и адуальные. Адуальными считались половозрелые особи со сформированным отворотом устья.

Для оценки пространственной структуры популяций изучаемых видов использовали глобальный индекс Морана, который рассчитывался по формуле (Anselin, 1995; Крамаренко и др., 2014):

$$I = \left[\frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \right] \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot (x_i - \bar{x}) \cdot (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right].$$

где n – число использованных площадок; x_i – число особей в пределах i -й площадки; x_j – число особей в пределах j -й пробной площадки; $\bar{x}$ – среднее значение количества особей по всей выборке; w_{ij} – дистанция («вес») между i и j пробными площадками в пространстве.

Для статистической обработки демографических данных использовали стандартный пакет программы R [R CoreTeam, 2016]. Расчет индекса Морана произведен в программе ArcGIS 10.2.

Результаты

Результаты полевых наблюдений представлены на рис. 2.

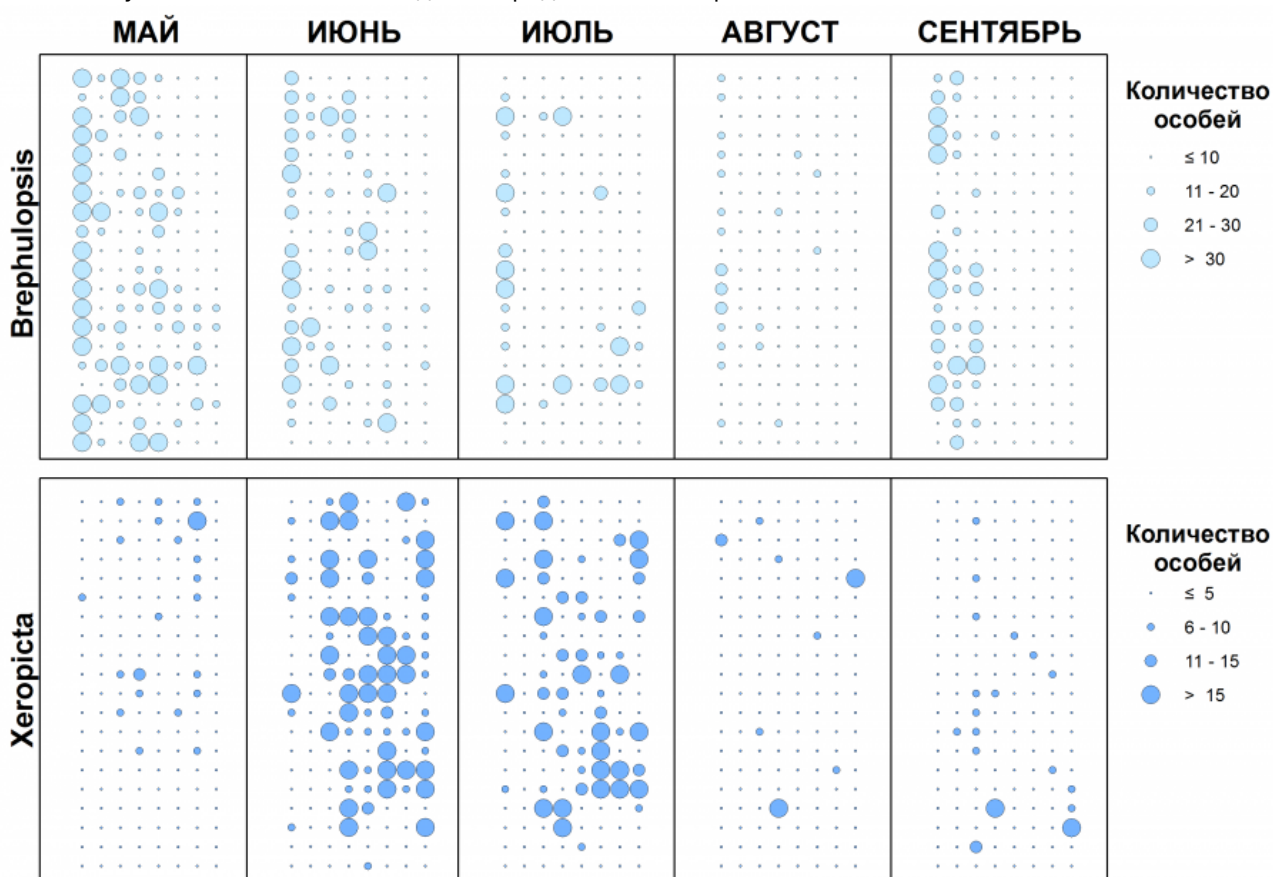


Рис. 2. Ряды наблюдений численности особей на пробных площадках в колониях *B. cylindrica* и *X. derbentina* в течение периода с мая по сентябрь

Fig. 2. Observation series of the number of individuals on sample plots in the colonies of *B. cylindrica* and *X. derbentina* from May to September

За исследуемый период отмечено изменение численности особей и демографического состава колоний *B. cylindrica* и *X. derbentina* в разные месяцы (табл. 1). Для *B. cylindrica* во все месяцы характерно преобладание особей новой генерации. Наиболее высокие показатели плотности с преобладанием ювенильных особей отмечены в мае и июне. Колония другого адвентивного моллюска, *X. derbentina*, имеет умеренную численность. В августе – сентябре отмечено снижение численности и увеличение доли половозрелых особей.

Таблица 1. Показатели плотности популяции и частота размерно-возрастных классов *B. cylindrica* и *X. derbentina*

Месяц	<i>B. cylindrica</i>			<i>X. derbentina</i>		
	D, особей/м ²	ювенильные	адуальные	D, особей/м ²	ювенильные	адуальные
Май	250.3	0.925	0.074	41.2	0.958	0.041
Июнь	149.4	0.877	0.123	136	0.979	0.021
Июль	85.5	0.637	0.353	110.9	0.950	0.05
Август	78.6	0.517	0.483	23.6	0.703	0.297
Сентябрь	145	0.761	0.239	27.9	0.502	0.498

Исследование пространственной структуры показало, что белгородские колонии *B. cylindrica* и *X. derbentina* имеют преимущественно агрегированный тип распределения (табл. 2). В начале и середине лета оба вида демонстрируют агрегированное распределение. Далее наблюдаются некоторые отличия. *B. cylindrica* в течение всего периода активности формирует скопления. У второго вида агрегированные тип распределения наблюдается до начала осени, а в конце сезона особи распределены случайно.

Таблица 2. Оценки локального индекса Морана (I_M) в популяциях изучаемых видов

Месяц	Показатели	<i>B. cylindrica</i>	<i>X. derbentina</i>
Май	I_M	0.27	0.11
	ожидаемое значение критерия, $E[I_M]$	-0.006	-0.006
	критерий значимости z	6.42	2.67
	p-значение	0	0.01
	тип пространственного распределения	агрегированный	агрегированный
Июнь	I_M	0.11	0.16
	$E[I_M]$	-0.006	-0.006
	критерий значимости z	2.65	3.87
	p-значение	0.01	0.0001
	тип пространственного распределения	агрегированный	агрегированный
Июль	I_M	0.13	0.15
	$E[I_M]$	-0.006	-0.006
	критерий значимости z	3.21	3.67
	p-значение	0.001	0.0002
	тип пространственного распределения	агрегированный	агрегированный
Август	I_M	0.28	-0.002
	$E[I_M]$	-0.006	-0.006
	критерий значимости z	6.77	0.12
	p-значение	0	0.91
	тип пространственного распределения	агрегированный	случайный
Сентябрь	I_M	0.4	0.04
	$E[I_M]$	-0.006	-0.006
	критерий значимости z	10.37	1.05
	p-значение	0	0.29
	тип пространственного распределения	агрегированный	случайный

Обсуждение

Известно, что в начале лета для *B. cylindrica* и родственного ему вида *B. bidens* характерно появление новой генерации (Крамаренко, Попов, 1993). В середине лета мы наблюдали значительное снижение численности колонии *B. cylindrica*, что объясняется изменением условий среды, вызванных наступлением сухого и жаркого сезона в летние месяцы, когда большое количество особей, как правило, гибнет (Крамаренко, 1995). Кроме того, в летний период моллюски данного вида зарываются в грунт, что затрудняет их учет (Крамаренко, 1997). Причем такая форма адаптивного поведения более свойственна неполовозрелым особям (Крамаренко, 1997), что обуславливает некоторое преобладание ювенильных моллюсков в колонии *B. cylindrica* после выхода из летнего периода покоя. Снижение численности популяций в конце сезона активности отмечается и в пределах естественного ареала. Так, в Крыму зарегистрированы минимальные значения численности популяции *B. cylindrica* в сентябре – 40 особей/м² (Крамаренко, 1997).

Для *X. derbentina* в пределах нативного ареала характерен однолетний жизненный цикл, при

котором новая генерация появляется весной, а к началу осени моллюски достигают репродуктивной зрелости (Роров, Dragomaschenko, 1997; Крамаренко, 2002). Известно, что в некоторых инвазивных популяциях *X. derbentina* моллюски перестраиваются на двулетний жизненный цикл (Aubry et al., 2005). Однако для белгородской колонии данного вида, как и для крымских популяций, характерен однолетний жизненный цикл. Также на территории, заселенной адвентивной колонией *X. derbentina*, обнаружено большое количество пустых раковин половозрелых особей. По всей видимости, до следующего сезона доживает небольшое количество адуальных особей, которые гибнут в конце весны – начале лета.

Исследование пространственной структуры белгородских колоний во многом подтверждает известные для изучаемых видов закономерности. Для *B. cylindrica* аналогичные результаты оценки пространственной структуры были получены в крымских популяциях (Крамаренко и др., 2014). Считается, что формированию агрегаций ксерофильных моллюсков способствуют условия среды. Температура внутри конгломерата улиток на несколько градусов ниже температуры внешней среды (Шилейко, 2012). Кроме того, агрегированное распределение чаще характерно для популяций моллюсков с высокой численностью и плотностью (Крамаренко и др., 2014). Случайное распределение особей в колонии *X. derbentina* в конце сезона активности, вероятно, можно объяснить завершением летнего периода с высокими температурами, а также снижением численности (см. табл. 1).

Важно также отметить, что на исследуемом участке, занятым *B. cylindrica* и *X. derbentina*, практически отсутствует другой чужеродный моллюск – *Stenomphalia ravergensis*, колонии которого довольно многочисленны в других районах г. Белгорода. Кроме того, этот вид присутствует и на некотором удалении от исследуемого участка (Снегин, Адамова, 2016). Ранее в пределах пробных площадок нами также был проведен анализ пространственной структуры колонии *S. ravergensis*, который показал, что особи распределены случайно ($I_M = [-0.02; 0.06]$ при $p > 0.05$) и на многих пробных площадках вид отсутствует. Возможно, кавказская улитка не выдерживает конкуренции с двумя другими видами-вселенцами. В то же время на данный момент не отмечено распространение *B. cylindrica* и *X. derbentina* на территорию, занятую *S. ravergensis*.

Можно предположить, что *B. cylindrica* и *X. derbentina* в настоящее время доминируют на локальном участке и характеризуются высоким репродуктивным потенциалом, что соответствует одной из стадий инвазионного процесса (Williamson, Fitter, 1996; Colautti, MacIsaac, 2004).

Заключение

Таким образом, на момент исследования численность адвентивных колоний *B. cylindrica* и *X. derbentina* находилась на достаточно высоком уровне, что характерно для многих адвентивных видов на стадии колонизации. Новые генерации изучаемых видов появляются в конце весны, максимальное количество ювенильных особей отмечено в начале лета. Пространственная структура белгородских колоний *B. cylindrica* и *X. derbentina* представляет собой агрегации, что отражает адаптации к аридным условиям естественного ареала.

Библиография

- Крамаренко С. С. Некоторые методы популяционной биологии наземных моллюсков [Some methods of population biology of land snails]. Николаев: Волтрон, 1995. 40 с.
- Крамаренко С. С. Некоторые аспекты экологии наземных моллюсков *Brephulopsis cylindrica* (Gastropoda; Buliminidae) [Some aspects of the land snail *Brephulopsis cylindrica* ecology (Gastropoda; Buliminidae)] // Вестник зоологии. 1997. Т. 31. № 4. С. 51–54.
- Крамаренко С. С. Особенности скрещивания и репродукции наземных моллюсков *Xeropicta derbentina* (Pulmonata; Hygromiidae) на северной границе ареала [The peculiarities of the crossing and reproduction of the land snail *Xeropicta derbentina* (Pulmonata; Hygromiidae) on the northern boundary of its range] // Вестник зоологии. 2002. Т. 36. № 5. С. 55–60.
- Крамаренко С. С. Формирование паттернов пространственно-временной изменчивости наземных моллюсков: мультимасштабный подход: Дис. ... д-ра биол. наук [Patterns of spatio-temporal variation in land snails: a multi-scale approach]. Киев, 2014. 446 с.
- Крамаренко С. С., Кунах О. Н., Жуков А. В., Андруевич Е. В. Анализ паттернов пространственной

Адамова В. В. , Снегин Э. А. , Бархатов А. С. Демографическая и пространственная структура колоний ксерофильных моллюсков-вселенцев на территории г. Белгорода // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 4–12. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7942

организации популяций наземных моллюсков: подход с использованием методов геостатистики [Analysis of the spatial distribution patterns of land snail populations: a geostatistic method approach] // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2014. № 18. С. 5–40.

Крамаренко С. С., Попов В. Н. Изменчивость морфологических признаков наземных моллюсков рода *Brephulopsis* Lindholm, 1925 (Gastropoda, Pulmonata, Buliminidae) в зоне интрогрессивной гибридизации [Variation of morphological traits in land snails, *Brephulopsis* Lindholm, 1925 (Gastropoda; Pulmonata; Buliminidae) in the introgressive hybridisation zone] // Журнал общей биологии. 1993. Т. 54. № 6. С. 682–690.

Снегин Э. А., Адамова В. В. Анализ демографических и морфологических показателей популяций адвентивного моллюска *Stenomphalia raverigiensis* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) в условиях юга Среднерусской возвышенности [Analysis of demographic and morphological parameters of adventitious *Stenomphalia raverigiensis* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) populations in the south of the Central Russian Upland] // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. № 3 (35). С. 149–160.

Снегин Э. А., Адамова В. В., Сычев А. А. Морфо-генетическая изменчивость нативных и адвентивных популяций моллюска *Brephulopsis cylindrica* (Gastropoda, Pulmonata, Enidae) [Morpho-genetic variability of native and adventitious populations of the *Brephulopsis cylindrica* (Gastropoda, Pulmonata, Enidae)] // Ruthenica. 2017. Т. 27. № 3. С. 119–132.

Снегин Э. А., Артемчук О. Ю., Сычев А. А., Адамова В. В. Адвентивные виды наземных моллюсков на юге Среднерусской возвышенности [Adventitious species of land mollusks in the south of the Central Russian Upland] // Биоразнообразие и устойчивость живых систем: Материалы XIII Междунар. экологической конференции / Под ред. А. В. Присного. Белгород: ИД «Белгород» НИУ БелГУ, 2014. С. 156–157.

Шилейко А. А. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. Фауна СССР. Моллюски. Нов. сер. Т. 3. Вып. 6 [Terrestrial molluscs of the superfamily Helicoidea. Fauna of the USSR. Molluscs. Vol. 3. № 6]. Л.: Наука, 1978. 384 с.

Шилейко А. А. Наземные моллюски подотряда Pupillina фауны СССР (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Фауна СССР, Моллюски. Т. 3. Вып. 3 [Terrestrial mollusks of the suborder Pupillina of the USSR fauna (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Fauna of the USSR. Molluscs. Vol. 3. № 3]. Л.: Наука, 1984. 339 с.

Шилейко А. А. Разнообразие наземных моллюсков, их история и адаптация к жизни на суше [The diversity of land snails, their history and adaptation to life on land] // Научный журнал Павлодарского государственного педагогического института. Биологические науки Казахстана. 2012. № 4. С. 44–66.

Anselin L. Local indicators of spatial association – LISA // Geographical analysis. 1995. Vol. 27. № 2. P. 93–115.

Aubry S., Labaune C., Magnin F., Kiss L. Habitat and integration within indigenous communities of *Xeropicta derbentina* (Gastropoda: Hygromiidae) a recently introduced land snail in south-eastern France // Diversity and Distributions. 2005. Vol. 11. № 6. P. 539–547.

Colautti R. I., MacIsaac H. J. A neutral terminology to define ‘invasive’ species // Diversity and distributions. 2004. Vol. 10. № 2. P. 135–141.

Popov V. N., Dragomaschenko L. A. Aspect of the life cycle of land snails of the genus *Xeropicta* Monterosato, 1892 in Crimea (Pulmonata: Hygromiinae) // Heldia. 1997. Vol. 4. P. 263–266.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: [https:// www.R-project.org/](https://www.R-project.org/) (дата обращения: 06.12.2017).

Williamson M. H., Fitter A. The characters of successful invaders // Biological conservation. 1996. Vol. 78. № 1–2. P. 163–170.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00010.

Выражаем благодарность С. С. Крамаренко за консультацию и ценные советы, а также П. А. Украинскому за помощь в проведении теоретических расчетов.

Demographic and spatial structure of invasive xerophilous snails colonies in the territory of Belgorod

ADAMOVA
Valeria

*Belgorod State National Research University,
valeriavladislavna@gmail.com*

SNEGIN
Eduard

*Belgorod State National Research University,
snegin@bsu.edu.ru*

BARKHATOV
Anatoliy

*Belgorod State National Research University,
barkhatov@bsu.edu.ru*

Keywords:

invasive species
spatial structure
demographic structure of populations
biological invasions
xerophilous mollusks

Summary:

When species spread beyond a natural range, further invasion success depends on the ecological characteristics of the invader. The analysis of a demographic structure and spatial heterogeneity of the alien species allows assessing their invasive potential. The object of the study is xerophilic snails *Xeropicta derbentina* and *Brephulopsis cylindrica* currently known as invasive species in various regions, including the South of the Central Russian Upland. The study of the demographic and spatial organization of colonies was carried out using the methods previously used in similar studies of snail's populations, in particular, *B. cylindrica*. Specific characteristics of the population dynamics and age structure of the colonies during the activity season were determined. The spatial distribution of invasive species individuals in the conditions of an urbanized biotope was revealed. The results demonstrate that the studied ecological parameters of the population remain outside the northern boundary of the range of the species.

References

- Anselin L. Local indicators of spatial association – LISA, Geographical analysis. 1995. Vol. 27. No. 2. P. 93–115.
- Aubry S., Labaune C., Magnin F., Kiss L. Habitat and integration within indigenous communities of *Xeropicta derbentina* (Gastropoda: Hygromiidae) a recently introduced land snail in south-eastern France, Diversity and Distributions. 2005. Vol. 11. No. 6. P. 539–547.
- Colautti R. I., MacIsaac H. J. A neutral terminology to define 'invasive' species, Diversity and distributions. 2004. Vol. 10. No. 2. P. 135–141.
- Kramarenko S. S., Kunah O. N., Zhukov A. V., Andrusevich E. V. Analysis of the spatial distribution patterns of land snail populations: a geostatistic method approach, Byulleten' Dal'nevostochnogo malakologicheskogo obshchestva. 2014. No. 18. P. 5–40.
- Kramarenko S. S., Popov V. N. Variation of morphological traits in land snails, *Brephulopsis* Lindholm, 1925 (Gastropoda; Pulmonata; Buliminidae) in the introgressive hybridisation zone, Zhurnal obshchey biologii. 1993. T. 54. No. 6. P. 682–690.
- Kramarenko S. S. Patterns of spatio-temporal variation in land snails: a multi-scale approach. Kiev, 2014. 446 p.
- Kramarenko S. S. Some aspects of the land snail *Brephulopsis cylindrica* ecology (Gastropoda; Buliminidae), Vestnik zoologii. 1997. T. 31. No. 4. P. 51–54.

Kramarenko S. S. Some methods of population biology of land snails. Nikolaev: Voltron, 1995. 40 p.

Kramarenko S. S. The peculiarities of the crossing and reproduction of the land snail *Xeropicta derbentina* (Pulmonata; Hygromiidae) on the northern boundary of its range, *Vestnik zoologii*. 2002. T. 36. No. 5. P. 55–60.

Popov V. N., Dragomaschenko L. A. Aspect of the life cycle of land snails of the genus *Xeropicta* Monterosato, 1892 in Crimea (Pulmonata: Hygromiinae), *Heldia*. 1997. Vol. 4. P. 263–266.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/> (data obrascheniya: 06.12.2017).

Shileyko A. A. SR. Terrestrial molluscs of the superfamily Helicoidea. Fauna of the USSR. Molluscs. Vol. 3. № 6. L.: Nauka, 1978. 384 p.

Shileyko A. A. Terrestrial mollusks of the suborder Pupillina of the USSR fauna (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Fauna of the USSR. Molluscs. Vol. 3. № 3. L.: Nauka, 1984. 339 p.

Shileyko A. A. The diversity of land snails, their history and adaptation to life on land, *Nauchnyy zhurnal Pavlodarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta. Biologicheskie nauki Kazakhstana*. 2012. No. 4. P. 44–66.

Snegin E. A. Adamova V. V. Sychev A. A. Morpho-genetic variability of native and adventitious populations of the *Brephulopsis cylindrica* (Gastropoda, Pulmonata, Enidae), *Ruthenica*. 2017. T. 27. No. 3. P. 119–132.

Snegin E. A. Adamova V. V. Analysis of demographic and morphological parameters of adventitious *Stenomphalia raveriensis* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) populations in the south of the Central Russian Upland, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2016. No. 3 (35). P. 149–160.

Snegin E. A. Artemchuk O. Yu. Sychev A. A. Adamova V. V. Adventitious species of land mollusks in the south of the Central Russian Upland, *Bioraznoobrazie i ustoychivost' zhivyyh sistem: Materialy XIII Mezhdunar. ekologicheskoy konferencii*, Pod red. A. V. Prsnogo. Belgorod: ID «Belgorod» NIU BelGU, 2014. P. 156–157.

Williamson M. H., Fitter A. The characters of successful invaders, *Biological conservation*. 1996. Vol. 78. No. 1–2. P. 163–170.



УДК 599.4:591.9(470.22)

Видовой состав и распространение рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) в Карелии

БЕЛКИН Владимир Васильевич	Институт биологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", hizhkin84@mail.ru
ИЛЮХА Виктор Александрович	Институт биологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", ilyukha.62@mail.ru
ХИЖКИН Евгений Александрович	Институт биологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", hizhkin84@mail.ru
ФЕДОРОВ Федор Валерьевич	Институт биологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", ffyodor@krc.karelia.ru
МОРОЗОВ Артем Владимирович	Институт биологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", artem.morozow@yandex.ru
ЯКИМОВА Алина Евгеньевна	Институт биологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", angelina73@mail.ru

Ключевые слова:

летучие мыши
видовой состав
распространение
относительная численность
мониторинг

Аннотация:

Статья посвящена наименее изученной систематической группе млекопитающих Карелии – рукокрылым (Chiroptera, Vespertilionidae). Цель исследований – определение статуса видов в процессе их инвентаризации традиционными и современными методами исследований. Впервые для Карелии дается комплексная оценка видового состава, относительного обилия (%) и относительной численности

(экз./км маршрута) летучих мышей в период гибернации и летней активности. Мониторинг зимних подземных убежищ проведен в 2009–2018 гг. Он показал, что в Карелии зимует 5 видов рукокрылых (северный кожанок, ночницы Брандта, усатая, водяная и бурый ушан), из которых доминирует северный кожанок: относительное обилие – 65.3 %. В летний период с использованием статического ультразвукового детектора Song Meter SM2 Bat+ и программного обеспечения Kaleidoscope Pro (ver. 3.1.1.) на автомобильных маршрутах в широтном направлении кроме отмеченных зимующих видов зарегистрированы рыжая вечерница, двцветный кожан, ночницы Наттерера и прудовая. В летних учетах также преобладал северный кожанок – относительное обилие 70.4 %, относительная численность – 0.413 экз./км маршрута. Он зарегистрирован до 66°11' с. ш. Другие виды встречаются значительно реже, северные границы их регистрации расположены южнее, а относительная численность составляет 0.001–0.028 экз./км. Исследования показали абсолютное доминирование северного кожанка в сообществах летучих мышей, как на зимовках, так и в период летней активности. Определены северные границы регистрации видов, что меняет прежние представления об их распространении на Европейском Севере России.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: В. П. Снитко

Получена: 22 мая 2018 года

Опубликована: 08 октября 2018 года

Введение

Изучение летучих мышей, ведущих ночной образ жизни в летний период и находящихся в состоянии гибернации в подземных и других убежищах в зимний период года, сопряжено с особыми трудностями (Michaelsen et al., 2013), что и определило слабую изученность рукокрылых на севере Европейской части России – в Мурманской и Архангельской областях, в Республике Карелия (Богдарина, Стрелков, 2003). Большинство сведений по летучим мышам Карелии связано с их случайными встречами (Бианки, 1916; Исаков, 1939; Строганов, 1949; Кузякин, 1950; Марвин, 1959; Зимин, Ивантер, 1969) и лишь отдельные работы (Стрелков, 1958; Лыкова, Коросов, 1995; Богдарина, 2004; Чистяков, Богдарина, 2010) основаны на ограниченных учетных материалах в южной Карелии. Закономерно, что на территории республики этими авторами отмечены лишь северный кожанок *Eptesicus nilssonii* (до 66° с. ш.), водяная ночница *Myotis daubentonii* (до 62° с. ш.), ночницы условной группы Брандта/усатая *M. brandtii/mystacinus* и бурый ушан *Plecotus auritus* (до 63° с. ш.). Очевидно, что определение статуса гладконосых летучих мышей невозможно без проведения инвентаризации видов традиционными и современными методами исследований, чему и посвящена эта работа.

Материалы

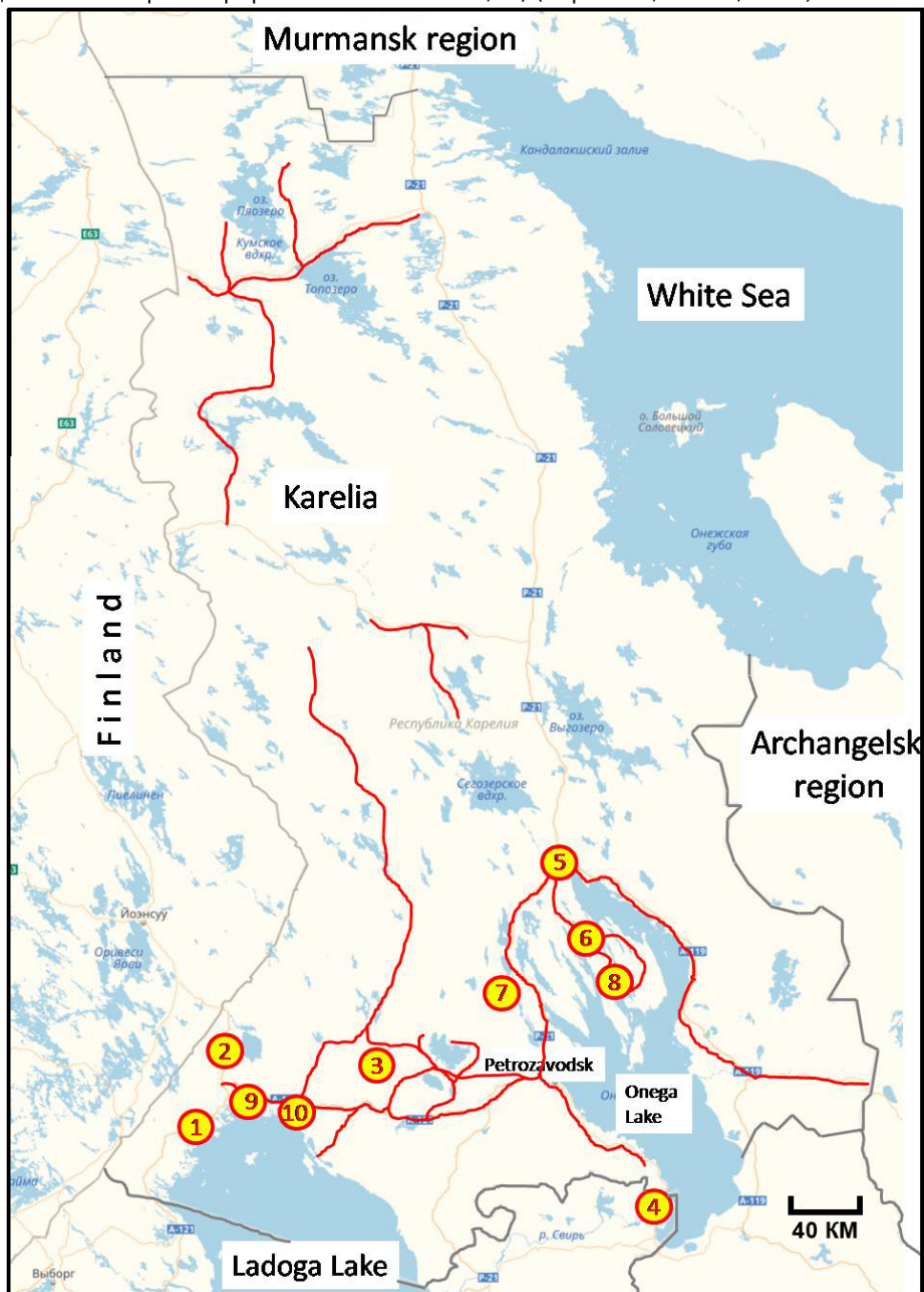
В 2009–2018 гг. обследовано 15 зимних подземных убежищ, часть из которых – в течение 5–8 лет. Всего обнаружено 242 летучих мыши 5 видов. Погибшими найдены 11 экз. (4.5 %).

Протяженность летних ночных автомобильных маршрутов составила 3145 км, из них 680 км – на 17 стандартных учетных трансектах (подзона средней тайги – 440 км, северной тайги – 240 км). Всего зарегистрировано 832 летучих мыши 9 видов.

Методы

Мониторинг зимних подземных убежищ (искусственные пещеры и бывшие военные бетонные сооружения) проведен в Республике Карелия в подзоне средней тайги. Местонахождение обследованных убежищ ограничено 61°–63° с. ш. и 30°–36° в. д. (рисунок). Поиск летучих мышей проводили методом сплошного визуального осмотра зимовок 1–2 раза в течение периода гибернации (сентябрь – май). Определялась видовая принадлежность и численность рукокрылых. В последующем высчитывалась встречаемость (доля убежищ с данным видом, %) и относительное обилие (доля каждого

вида от общего числа зарегистрированных животных, %) (Стрелков, Ильин, 1990).



Места расположения подземных убежищ и маршруты летних учетов летучих мышей в Карелии. 1 – Лахденпохья, 2 – Рускеала, 3 – Сона (4 пещеры), 4 – Щелейки, 5 – Медвежьегорск (3 подземелья), 6 – Шуньга, 7 – Пертнаволоок, 8 – Гижозеро, 9 – Ляскеля, 10 – Питкяранта

Location of underground winter roosts and summer car-transects of bats in Karelia. 1 – Landenpoh'ya, 2 – Ruskeala, 3 – Sona (4 caves), 4 – Shcheleiki, 5 – Medvezh'egorsk (3 caves), 6 – Shunga, 7 – Pertnavolok, 8 – Gizhozero, 9 – Lyaskelya, 10 – Pitkyaranta

Летний учет рукокрылых выполнен в южных районах республики и в западной части Карелии в широтном направлении от 61°10' до 66°11' с. ш. Учеты проводились во второй половине июля – первой половине августа 2016–2017 гг. Видовое разнообразие, распространение и относительную численность рукокрылых (экз./км маршрута) определяли на ночных автомобильных маршрутах по лесным дорогам, берегам водоемов, сельскохозяйственным угодьям, населенным пунктам (см. рисунок). На стандартных трансектах протяженностью 40 км каждый учет начинали через 45 минут после захода солнца (Russ et al., 2003; Jones et al., 2013). На учетах применяли статический ультразвуковой детектор Song Meter SM2

Bat+ с всенаправленным выносным микрофоном. Видовая идентификация осуществлялась с помощью программного обеспечения Kaleidoscope Pro (ver. 3.1.1.). Использовали классификатор для Финляндии, что при низком разнообразии летучих мышей в нашем регионе повышает точность идентификации видов (Rudell et al., 2017). Разделение ночниц Брандта и усатой не проводилось в связи с одинаковой характеристикой издаваемых ими сигналов. Программа позволяет определять долю безальтернативной идентификации видов, а также разделение отдельных файлов эхолокации по реальному времени их регистрации, что облегчает выделение отдельных особей. Временной разрыв между файлами составлял, как правило, от 1 до 60 минут.

Результаты

Исследования показали, что в 13 из 15 обследованных подземных убежищ зимовали летучие мыши – от 1–2 до 25 особей за зимний сезон, в среднем – 6.2 экз. на убежище. Зарегистрировано 5 видов летучих мышей (*E. nilssonii*, *M. daubentonii*, *M. brandtii*, *M. mystacinus*, *P. auritus*). Из общего числа рукокрылых 1.6 % определены как *Myotis sp.*, а 5.0 % отнесены к условной группе *M. brandtii/mystacinus*. Северный кожанок доминировал как по относительному обилию, так и по встречаемости на зимовках (табл. 1).

Установлено, что в 4 бетонных убежищах Лахденпохья и Медвежьегорска северный кожанок составил 94.9 % всех обнаруженных там рукокрылых, тогда как в 9 искусственных пещерах Рускеала, Сона, Щелейки, Шуньга, Пертнаволоок, Гижозеро его относительное обилие было лишь 59.6 %. Все виды ночниц и большинство бурого ушана (86.7 %) обнаружены в искусственных пещерах бывших разработок мрамора, гранита, шунгита, железной и медной руды. В самых северных пещерах и бетонных сооружениях в Медвежьегорском районе найдены только немногочисленные северные кожанки, которые регистрировались не ежегодно во всех убежищах.

Таблица 1. Относительное обилие (% от общего числа учтенных летучих мышей), встречаемость (число мест находок, %) и смертность (% от общего числа зарегистрированных животных данного вида) гладконосых летучих мышей на зимовках в Карелии

Виды	Относительное обилие*	Встречаемость	Смертность
Северный кожанок	65.3	86.7	5.0
Водяная ночница	8.7	20.0	9.5
Бурый ушан	6.2	26.7	0.0
Ночница Брандта	9.1	26.7	4.5
Усатая ночница	4.1	20.0	0.0

Примечание. * – в том числе ночницы условной группы Брандта/усатая (5.0 %) и ближе не определенные (1.6 %).

Учеты с ультразвуковым детектором показали, что северный кожанок – самый многочисленный и широко распространенный вид в Карелии. Он отмечен во всех местах учетов до 66°11' с. ш. Относительное обилие в целом по Карелии – 70.4 %, относительная численность – 0.413 экз./км маршрута (табл. 2).

Водяная ночница зарегистрирована на многих водоемах на маршруте в широтном направлении. Самая северная встреча, которая подтверждена и визуальными наблюдениями, – р. Сельвана (64°58' с. ш.).

Бурый ушан встречался сравнительно редко, но отмечен даже на самом севере республики – окрестности озера Петроярви (66°11' с. ш.) и п. Сосновый (66°01' с. ш.).

Ночницы условной группы Брандта/усатая регистрировались до 64°08' с. ш., но довольно редко.

Прудовая ночница (*M. dasycneme*) встречается значительно реже, чем водяная, и, как и последующие виды, на зимовках в республике не зарегистрирована. Самая северная точка регистрации вида – р. Кюреля (64°57' с. ш.).

У рыжей вечерницы (*Nyctalus noctula*) с продвижением на север, вопреки нашим ожиданиям, относительное обилие не уменьшается. Самая северная точка регистрации вида – р. Кити (65°58' с. ш.).

Двухцветный кожан (*Vespertilio murinus*) также регулярно и повсеместно встречается в учетах. Самые северные места регистрации вида – окрестности п. Калевала (65°12' с. ш.), р. Нурдас и оз. Уносозеро (64°08' с. ш.).

Таблица 2. Относительное обилие (%) и относительная численность (экз./км маршрута) рукокрылых в Карелии по результатам автомобильных учетов с использованием статического

Виды	ультразвукового детектора					
	Относительное обилие			Относительная численность		
	подзона средней тайги	подзона северной тайги	в целом по Карелии	подзона средней тайги	подзона северной тайги	в целом по Карелии
Северный кожанок	72.5	67.2	70.4	0.375	0.483	0.413
Водяная ночница	2.3	2.5	2.4	0.009	0.042	0.021
Прудовая ночница	0.7	2.2	1.3	0.0	0.017	0.006
Бурый ушан	4.9	8.0	6.2	0.021	0.025	0.022
Рыжая вечерница	13.0	16.7	14.5	0.023	0.038	0.028
Двуцветный кожан	6.0	2.5	4.6	0.027	0.017	0.024
Ночница Наттерера	0.4	0.6	0.4	0.002	0.004	0.003
Ночницы Брандта/усатая	0.2	0.3	0.2	0.0	0.004	0.001

Ночница Наттерера (*M. nattereri*) зарегистрирована в нескольких местах южной Карелии. Она неоднократно отмечена в окрестностях д. Каскеснаволоок (61°36′ с. ш.), а также на р. Миккельская (61°44′ с. ш.) и в г. Петрозаводске (61°47′ с. ш.), а севернее всего – на р. Бола (62°55′ с. ш.).

Нетопырь-карлик (*Pipistrellus pipistrellus*) идентифицирован лишь однажды (г. Петрозаводск) с высокой долей альтернативного определения и в таблицу не вошел.

Обсуждение

Низкая численность рукокрылых на зимовках характерна для северных популяций летучих мышей (Ануфриев, 2007; Рыков, 2008; Michaelsen et al., 2013; Белкин и др., 2015). Характерной особенностью распределения рукокрылых по зимовкам, в том числе и в более южных регионах, является слабая заселяемость ночницами убежищ с низкой влажностью воздуха (Lesinski, 1986; Смирнов и др., 2008; Siivonen, Wermundsen, 2008a, Белкин и др., 2015). Стратегия выживания северного кожанка в зимний период, наоборот, направлена на использование широкого спектра убежищ (86.7 %) с большими пределами влажности, температуры воздуха и мест дислокации, а также открытое расположение, а не в шпурах и щелях, и одиночное, а не групповое распределение животных (Белкин и др., 2015, 2016; Хижкин и др., 2018).

Полученные результаты по видовому составу и распространению рукокрылых в Карелии в летний период перекликаются с данными литературы по смежным регионам. Северный кожанок отмечен в Лапландском заповеднике, на севере Мурманской и Архангельской областей (Семенов-Тян-Шанский, 1982; Ильин, Смирнов, 2000; Бойко, 2014). В Норвегии и Финляндии он встречается до 70° с. ш. (Rydell et al., 1994; Siivonen, Sulkava, 1999). Единичные встречи водяной ночницы отмечены в руслах северных рек в Финляндии на границе с Карелией севернее 66° с. ш. (Siivonen, Wermundsen, 2008b). Прудовая ночница добыта в Архангельской области на широте около 63°30′ с. ш. (Марвин, Воловик, 1975). Бурый ушан известен в Мурманской области по единственной встрече на 67°30′ с. ш. (Кузякин, 1950). В Финляндии он зарегистрирован до 64°25′ с. ш. (Siivonen, Wermundsen, 2008b). Усатая ночница встречается в Финляндии до 63° с. ш., ночница Брандта – до 64° с. ш. (Lehmann, 1983). Низкие показатели относительного обилия и относительной численности этих ночниц в Карелии могут быть связаны с приуроченностью ночной активности ночницы Брандта к хвойным и смешанным лесам – 73 % встреч (Wermundsen, Siivonen, 2008b). Двуцветный кожан в Архангельской области встречен на 63° с. ш. (Богдарина, Стрелков, 2003), а в Швеции – даже за Полярным кругом (Ryberg, 1947). Ночница Наттерера встречается в Финляндии до 61°30′ с. ш. (Siivonen, Wermundsen, 2008b), в Швеции – до 63° с. ш. (Mitchell-Jones et al., 1999). На западе Норвегии на 62° с. ш. регистрировались 10 видов рукокрылых, а также выводковые колонии *E. nilssonii*, *M. daubentonii*, *M. mystacinus*, *P. pygmaeus* (Michaelsen, 2016).

По сравнению с аналогичными летними учетами в Тверской области (Емельянова, Христенко, 2013) и в странах центральной Европы (Jones et al., 2013) относительная численность северного кожанка в Карелии, как и следовало ожидать, на порядок выше, а рыжей вечерницы и двуцветного кожанка – в 2–4 раза ниже.

Заключение

Таким образом, полученные материалы по мониторингу рукокрылых в Карелии позволили провести ревизию видового состава этой систематической группы животных и определить их статус на зимовках и в период летней активности. Впервые для Европейского Севера России получены данные по

относительному обилию (%) и относительной численности (экз./км маршрута) рукокрылых в летний период. Показано абсолютное доминирование северного кожанка в сообществах летучих мышей как на зимовках, так и в период летней активности. Определены северные границы регистрации видов до 66° с. ш., что меняет прежние представления о распространении некоторых видов рукокрылых на Европейском Севере России.

Библиография

Ануфриев А. И. Зимовка летучих мышей в Якутии [Hibernacula of bats in Yakutia] // Plecotus et al. 2007. № 10. С. 55–61.

Белкин В. В., Панченко Д. В., Тирронен К. Ф., Якимова А. Е., Федоров Ф. В. Экологический статус рукокрылых (Chiroptera) на зимовках в Восточной Фенноскандии [Ecological status of bats (Chiroptera) in winter shelters in Eastern Fennoscandia] // Экология. 2015. № 5. С. 374–380.

Белкин В. В., Илюха В. А., Якимова А. Е., Морозов А. В. Современные находки усатой ночницы (*Myotis mystacinus*) и обыкновенного ежа (*Erinaceus europeas*) на северном пределе их ареалов [Present findings of the whiskered bat (*Myotis mystacinus*) and European hedgehog (*Erinaceus europeas*) at the northern limit of their ranges] // Териофауна России и сопредельных территорий: Материалы междунар. совещ. М., 2016. С. 37.

Бианки В. Предварительные заметки о летучих мышах в России [Preliminary notes about bats in Russia] // Ежегодник Зоологического музея АН СССР. Петроград, 1916. Т. XXI. С. 73–82.

Богдарина С. В. Заметки о рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) острова Валаам [Notes about bats (Chiroptera, Vespertilionidae) on the island of Valaam] // Plecotus et al. 2004. № 7. С. 18–21.

Богдарина С. В., Стрелков П. П. Распространение рукокрылых (Chiroptera) на севере европейской России [Distribution of Chiroptera in northern European Russia] // Plecotus et al. 2003. № 6. С. 7–28.

Бойко Н. С. Северный кожанок [The northern bat] // Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. Кемерово: Азия-принт, 2014. С. 559–560.

Емельянова А. А., Христенко Е. А. Метод мобильного акустического ультразвукового мониторинга фауны рукокрылых [The method of mobile acoustic ultrasonic monitoring of bats fauna] // Вестник ОГУ. 2013. № 6 (155). С. 149–154.

Зимин В. Б., Ивантер Э. В. Фаунистический обзор наземных позвоночных заповедника «Кивач» [Faunistic survey of terrestrial vertebrates of the Kivach Reserve] // Труды заповедника «Кивач». Вып. 1. Петрозаводск, 1969. С. 22–64.

Ильин В. Ю., Смирнов Д. Г. Особенности распространения оседлых видов рукокрылых (Chiroptera: Vespertilionidae) на востоке Русской равнины и в смежных регионах [Features of distribution of sedentary species of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) in the East European Plain and in adjacent regions] // Экология. 2000. № 2. С. 118–124.

Исаков Ю. А. Материалы по фауне млекопитающих средней и северной Карелии [Materials on the mammals fauna of middle and northern Karelia] // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 1939. Т. XVIII. Вып. 2–3. С. 37–50.

Кузякин А. П. Летучие мыши (систематика, образ жизни и польза для сельского и лесного хозяйства) [Bats (taxonomy, lifestyle and usefulness for agriculture and forestry)]. М.: Советская наука, 1950. 442 с.

Лыкова В. В., Коросов А. В. Абиотические факторы среды в жизни рукокрылых Карелии [Abiotic environmental factors in the life of the bats of Karelia] // Контроль состояния и регуляция функций биосистем. Петрозаводск, 2006. С. 98–103.

Белкин В. В. , Илюха В. А. , Хижкин Е. А. , Федоров Ф. В. , Морозов А. В. , Якимова А. Е. Видовой состав и распространение рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) в Карелии // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 13–23. DOI: 10.15393/j1.art.2018.8042

Марвин М. Я. Млекопитающие Карелии [Mammals of Karelia]. Петрозаводск: Гос. изд. Карельской АССР, 1959. 236 с.

Марвин М. Я. Воловик Л. Н. Насекомоядные, рукокрылые, зайцеобразные и грызуны Архангельской области [Insectivores, bats, lagiformes and rodents of the Arkhangelsk region] // Фауна Урала и Европейского Севера. Сб. 3. Свердловск, 1975. С. 3–79.

Рыков А. М. Рукокрылые [Bats] // Компоненты экосистем и биоразнообразия карстовых территорий европейского Севера России (на примере заповедника «Пинежский»). Архангельск, 2008. С. 293–294.

Семенов-Тянь-Шанский О. И. Звери Мурманской области [Mammals of Murmansk Region]. Мурманск: Мурманское кн. изд-во, 1982. 175 с.

Смирнов Д. Г., Вехник В. П., Курмаева Н. М., Шепелев А. А., Ильин В. Ю. Пространственная структура сообщества рукокрылых (Chiroptera: Vespertilionidae), зимующих в искусственных подземельях Самарской Луки [Spatial Structure of the community of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) hibernating in artificial caves of Samarskaya Luka] // Известия РАН. Сер. Биол. 2008. № 2. С. 243–252.

Стрелков П. П. Материалы по зимовкам летучих мышей в европейской части СССР [Materials on bat winter roosts in the European Soviet Union] // Труды Зоологического института АН СССР. 1958. Т. XXV. С. 255–303.

Стрелков П. П., Ильин В. Ю. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) юга Среднего и Нижнего Поволжья [Bats (Chiroptera, Vespertilionidae) in the south of Middle and Lower Volga regions] // Фауна, систематика и эволюция млекопитающих. Рукокрылые, грызуны. Тр. ЗИН АН СССР. Л., 1990. Т. 225. С. 42–167.

Строганов С. У. Определитель млекопитающих Карелии [Mammals indicator of Karelia]. Петрозаводск: Изд. Карело-финского гос. университета, 1949. 199 с.

Хижкин Е. А., Белкин В. В., Илюха В. А., Морозов А. В. Сохранение летучих мышей горного парка «Рускеала» как возможное направление экотуризма [Preservation of bats in the mountain park "Ruskeala" as a possible ecotourism direction] // Сборник трудов Института физической культуры, спорта и туризма. Туризм и образование: исследования и проекты. Петрозаводск, 2018 (в печати).

Чистяков Д. В., Богдарина С. В. Новые находки зимовок рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) на северо-западе России [New data on bat winter roosts (Chiroptera, Vespertilionidae) in the North-West of Russia] // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2010. Сер. 3. Вып. 3. С. 3–8.

Jones K. E., Russ J. A., Bashta A.-T., Bilhari Z., Catto C., Csósz I., Gorbachev A., Gyórfi P., Hughes A., Ivashkiv I., Koryagina N., Kurali A., Langton S. D., Collen A., Mărginean G., Pandourski I., Parsons S., Prokofev I., Szodoray-Parádi A., Szodoray-Parádi F., Tilova E., Hawkins (Walters) C., Weatherill A., Zavarzin O. Indicator bats program: a system for the global acoustic monitoring of bats // Biodiversity monitoring and conservation: bridging the gap between global commitment and local action. John Wiley-Blackwell, 2013. P. 213–247.

Lehmann R. *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1819) and *Myotis Brandtii* (Eversmann, 1845) in Finland // Myotis. 1983–1984. Vol. 21–22. P. 96–101.

Lesinski G. Ecology of Bats Hibernating Underground in Central Poland // Acta Theriol. 1986. Vol. 31. P. 507–521.

Michaelsen T. C., Olsen O., Grimstad K. J. Roosts used by in late autumn and winter at northern latitudes in Norway // Folia Zool. 2013. Vol. 62 (4) P. 297–303.

Michaelsen T. C. Summer temperature and precipitation govern bat diversity at northern latitudes in Norway // Mammalia. 2016. Vol. 80 (1). P. 1–9.

Mitchell-Jones A. J., Amori G., Bogdanowicz W., Krystufek B., Reijnders P. J., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J. B., Vohralik V., Zima J. The Atlas of European Mammals. London, 1999. 484 p.

Белкин В. В. , Илюха В. А. , Хижкин Е. А. , Федоров Ф. В. , Морозов А. В. , Якимова А. Е. Видовой состав и распространение рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) в Карелии // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 13–23. DOI: 10.15393/j1.art.2018.8042

Rudell J., Nyman S., Eklöf J., Jones G., Russo D. Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: a request for prudence // Ecological indicators. 2017. Vol. 78. P. 416–420.

Russ J. M. Seasonal patterns in activity and habitat use by bats (*Pipistrellus spp.* and *Nyctalus leisleri*) in Northern Ireland, determined using a driven transect / J. M. Russ, M. Briffa, W. I. Montgomery // J. Zool. Lond. 2003. Vol. 259. P. 289–299.

Ryberg O. Studies on bats and bat parasites. Stockholm, 1947. 330 p.

Rydell J. First record of breeding bats above the Arctic Circle: northern bats at 68–70° N in Norway // J. Zool. 1994. Vol. 233 (2). P. 335–339.

Siivonen Y., Sulkava S. Mammals of the North. Otava, Helsinki, 1999. 224 p.

Siivonen Y., Wermundsen T. Characteristics of winter roosts of but species in southern Finland // Mammalia. 2008a. Vol. 72. P. 50–56.

Siivonen Y., Wermundsen T. Distribution and foraging habitats of bats in northern Finland: *Myotis daubentonii* occurs north of the Arctic Circle // Vespertilio. 2008b. Vol. 12. P. 41–48.

Wermundsen T., Siivonen Y. Seasonal variations in use of winter roosts by five bat species in south-east Finland // Central European J. Biology. 2010. Vol. 5 (2) P. 262–273.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 0221-2017-00-46, № 0221-2017-0052), при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00-646 и программы Президиума РАН № 41 (проект № 0221-2018-0002).

Species diversity and distribution of Chiroptera (Vespertilionidae) in Karelia

BELKIN
Vladimir

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, hizhkin84@mail.ru

ILYUKHA
Viktor

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, ilyukha.62@mail.ru

KHIZHKIN
Evgeniy

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, hizhkin84@mail.ru

FYODOROV
Fyodor

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, ffyodor@krc.karelia.ru

MOROZOV
Artem

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, artem.morozow@yandex.ru

YAKIMOVA
Alina

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, angelina73@mail.ru

Keywords:

Bats
species composition
distribution
relative abundance
monitoring

Summary:

The article deals with the least studied systematic group of mammals of Karelia – bats (Chiroptera, Vespertilionidae). The aim of the study was to determine the status of the species in the process of their inventory by traditional and modern research methods. For the first time the comprehensive assessment of the species composition, relative abundance (%) and relative number (ind./km of the route) of bats during the period of hibernation and their summer activity in Karelia is presented. Monitoring of winter underground shelters was carried out in 2009–2018. It was shown that five species of bats winter in Karelia; they are the northern bat, the Brandt's bat, the whiskered bat, the Daubenton's bat, the brown long-eared bat. The northern bat predominates: its relative abundance is 65.3 %. In the summer the common noctule parti-coloured bat, the Natterer's bat and the pond bat were registered in addition to wintering species mentioned above. It was done the road routes in the latitudinal direction using static ultrasound detector Song Meter SM2 Bat+ and Kaleidoscope Pro (ver. 3.1.1.) software on. In the summer surveys the northern bat dominated: its relative abundance is 70.4 %, relative number – 0.413 ind./km of the route. It was registered up to 66°11'N. Other species are much less common, the northern boundaries of their registration are located southwards, and their relative number is 0.001–0.028 ind./km of the route. Studies showed the absolute dominance of the northern bat in bat communities, both in wintering and during in summer activity. Northern boundaries of the species registration were determined. It changes the old ideas about their distribution and spread in the European North of Russia.

References

Anufriev A. I. Hibernacula of bats in Yakutia, Plecotus et al. 2007. No. 10. P. 55–61.

Belkin V. V. Ilyukha V. A. Yakimova A. E. Morozov A. V. Present findings of the whiskered bat (*Myotis mystacinus*) and European hedgehog (*Erinaceus europeas*) at the northern limit of their ranges, Teriofauna Rossii i

sopredel'nyh territoriy: Materialy mezhdunar. sovesch. M., 2016. P. 37.

Belkin V. V. Panchenko D. V. Tirronen K. F. Yakimova A. E. Fedorov F. V. Ecological status of bats (Chiroptera) in winter shelters in Eastern Fennoscandia, *Ekologiya*. 2015. No. 5. P. 374–380.

Bianki V. Preliminary notes about bats in Russia, *Ezhegodnik Zoologicheskogo muzeya AN SSSR*. Petrograd, 1916. T. XXI. P. 73–82.

Bogdarina S. V. Strelkov P. P. Distribution of Chiroptera in northern European Russia, *Plecotus et al.* 2003. No. 6. P. 7–28.

Bogdarina S. V. Notes about bats (Chiroptera, Vespertilionidae) on the island of Valaam, *Plecotus et al.* 2004. No. 7. P. 18–21.

Boyko N. S. The northern bat, *Krasnaya kniga Murmanskoy oblasti*. Izd. 2-e, pererab. i dop. Kemerovo: Aziya-print, 2014. P. 559–560.

Chistyakov D. V. Bogdarina S. V. New data on bat winter roosts (Chiroptera, Vespertilionidae) in the North-West of Russia, *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*. 2010. Ser. 3. Vyp. 3. P. 3–8.

Emel'yanova A. A. Hristenko E. A. The method of mobile acoustic ultrasonic monitoring of bats fauna, *Vestnik OGU*. 2013. No. 6 (155). P. 149–154.

Hizhkin E. A. Belkin V. V. Ilyuha V. A. Morozov A. V. Preservation of bats in the mountain park "Ruskeala" as a possible ecotourism direction, *Sbornik trudov Instituta fizicheskoy kul'tury, sporta i turizma. Turizm i obrazovanie: issledovaniya i proekty*. Petrozavodsk, 2018 (v pečati).

Il'in V. Yu. Smirnov D. G. Features of distribution of sedentary species of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) in the East European Plain and in adjacent regions, *Ekologiya*. 2000. No. 2. P. 118–124.

Isakov Yu. A. Materials on the mammals fauna of middle and northern Karelia, *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody*. 1939. T. XVIII. Vyp. 2–3. P. 37–50.

Jones K. E., Russ J. A., Bashta A. T., Bilhari Z., Catto C., Csősz I., Gorbachev A., Győrfi P., Hughes A., Ivashkiv I., Koryagina N., Kurali A., Langton S. D., Collen A., Mărginean G., Pandourski I., Parsons S., Prokofev I., Szodoray-Parádi A., Szodoray-Parádi F., Tilova E., Hawkins (Walters) C., Weatherill A., Zavarzin O. Indicator bats program: a system for the global acoustic monitoring of bats, *Biodiversity monitoring and conservation: bridging the gap between global commitment and local action*. John Wiley-Blackwell, 2013. P. 213–247.

Kuzyakin A. P. Bats (taxonomy, lifestyle and usefull for agriculture and forestry). M.: Sovetskaya nauka, 1950. 442 p.

Lehmann R. *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1819) and *Myotis Brandtii* (Eversmann, 1845) in Finland, *Myotis*. 1983–1984. Vol. 21–22. P. 96–101.

Lesinski G. Ecology of Bats Hibernating Underground in Central Poland, *Acta Theriol.* 1986. Vol. 31. P. 507–521.

Lykova V. V. Korosov A. V. Abiotic environmental factors in the life of the bats of Karelia, *Kontrol' sostoyaniya i regulyaciya funkciy biosistem*. Petrozavodsk, 2006. P. 98–103.

Marvin M. Ya. Volovik L. N. Insectivores, bats, lagiformes and rodents of the Arkhangelsk region, *Fauna Urala i Evropeyskogo Severa*. Sb. 3. Sverdlovsk, 1975. P. 3–79.

Marvin M. Ya. Mammals of Karelia. Petrozavodsk: Gop. izd. Karel'skoy ASSR, 1959. 236 p.

Michaelsen T. C. Summer temperature and precipitation govern bat diversity at northern latitudes in Norway,

Mammalia. 2016. Vol. 80 (1). P. 1–9.

Michaelsen T. C., Olsen O., Grimstad K. J. Roosts used by in late autumn and winter at northern latitudes in Norway, *Folia Zool.* 2013. Vol. 62 (4) P. 297–303.

Mitchell-Jones A. J., Amori G., Bogdanowicz W., Krystufek B., Reijnders P. J., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J. B., Vohralik V., Zima J. The Atlas of European Mammals. London, 1999. 484 p.

Rudell J., Nyman S., Eklöf J., Jones G., Russo D. Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: a request for prudence, *Ecological indicators*. 2017. Vol. 78. P. 416–420.

Russ J. M. Seasonal patterns in activity and habitat use by bats (*Pipistrellus* spp. and *Nyctalus leisleri*) in Northern Ireland, determined using a driven transect, J. M. Russ, M. Briffa, W. I. Montgomery, *J. Zool. Lond.* 2003. Vol. 259. P. 289–299.

Ryberg O. Studies on bats and bat parasites. Stockholm, 1947. 330 p.

Rydell J. First record of breeding bats above the Arctic Circle: northern bats at 68–70° N in Norway, *J. Zool.* 1994. Vol. 233 (2). P. 335–339.

Rykov A. M. Bats, Komponenty ekosistem i bioraznoobraziya karstovykh territoriy evropeyskogo Severa Rossii (na primere zapovednika «Pinezhskiy»). Arhangel'sk, 2008. P. 293–294.

Shanskiy O. I. Mammals of Murmansk Region. Murmansk: Murmanskoe kn. izd-vo, 1982. 175 p.

Siivonen Y., Sulkava S. Mammals of the North. Otava, Helsinki, 1999. 224 p.

Siivonen Y., Wemundsen T. Distribution and foraging habitats of bats in northern Finland: *Myotis daubentonii* occurs north of the Arctic Circle, *Vespertilio*. 2008b. Vol. 12. P. 41–48.

Siivonen Y., Wermundsen T. Characteristics of winter roosts of but species in southern Finland, *Mammalia*. 2008a. Vol. 72. P. 50–56.

Smirnov D. G. Vehnik V. P. Kurmaeva N. M. Shepelev A. A. Il'in V. Yu. Spatial Structure of the community of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) hibernating in artificial caves of Samarskaya Luka, *Izvestiya RAN. Ser. Biol.* 2008. No. 2. P. 243–252.

Strelkov P. P. Il'in V. Yu. Bats (Chiroptera, Vespertilionidae) in the south of Middle and Lower Volga regions, Fauna, sistematika i evolyuciya mlekopitayuschiy. Rukokrylye, gryzuny. Tr. ZIN AN SSSR. L., 1990. T. 225. P. 42–167.

Strelkov P. P. Materials on bat winter roosts in the European Soviet Union, *Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR*. 1958. T. XXV. P. 255–303.

Stroganov S. U. Mammals indicator of Karelia. Petrozavodsk: Izd. Karelo-finskogo gop. universiteta, 1949. 199 p.

Wermundsen T., Siivonen Y. Seasonal variations in use of winter roosts by five bat species in south-east Finland, *Central European J. Biology*. 2010. Vol. 5 (2) P. 262–273.

Zimin V. B. Ivanter E. V. Faunistic survey of terrestrial vertebrates of the Kivach Reserve, *Trudy zapovednika «Kivach»*. Vyp. 1. Petrozavodsk, 1969. P. 22–64.



УДК УДК 574.34:595.789:57.087.1

Опыт оценки абсолютной численности популяции по распределению числа отловов в эксперименте с мечением на примере имаго перламутровок рода *Boloria* (Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae)

ГОРБАЧ

Вячеслав Васильевич

Петрозаводский государственный университет,
gorbach@psu.karelia.ru

Ключевые слова:

метод мечения с повторным отловом особей
распределение Пуассона
геометрическое распределение
стохастическая модель динамики численности Джолли – Себера
Boloria freija
Boloria aquilonaris

Аннотация:

Абсолютную численность популяций животных оценивают по результатам экспериментов с мечением особей. Популяции дневных чешуекрылых обычно изучают методом Джолли – Себера, использующем в качестве математической основы стохастическую модель. Однако не всегда удается получить исходные данные, удовлетворяющие минимальным требованиям к объему выборки, периодичности и пропорциональности отловов. В таких случаях остается возможность оценить абсолютную численность по одному из известных законов распределения частот. В данной работе рассмотрены способы оценки абсолютной численности популяций. Исходные выборки получены методом мечения с повторными отловами по схеме Джолли – Себера в пространственно обособленных группировках бабочек-перламутровок рода *Boloria*. Исследования проводили на болотах Близкое и Осоковое в заповеднике «Кивач» летом 1995, 1996 и 2016 гг. Всего помечено 261 имаго *Boloria freija* и 3628 имаго *B. aquilonaris*, число повторных отловов составило 274 и 968 соответственно. В качестве теоретических платформ взяты распределение Пуассона и геометрическое распределение. Общая задача состояла в том, чтобы по доле меченых особей в отловах определить число особей, которые не попались ни разу. Предложен скрипт для расчета абсолютной численности и ее доверительных интервалов по Пуассонову и геометрическому распределениям и оценки адекватности эмпирических частот теоретическим моделям на языке R. Установлено, что Пуассонова модель, предполагающая равную вероятность отлова любой особи, более адекватна экспериментальным данным. Соответствие эмпирических частот этому распределению можно рассматривать в качестве меры изолированности популяции. Сходство Пуассоновых значений абсолютной численности с оценками, сделанными по модели Джолли – Себера, которая предполагает наличие входящих и выходящих потоков особей, ставит под сомнение рекомендации по изначальному выбору определенных методов для «закрытых» и «открытых» популяций. Геометрическую модель используют для описания процессов с непостоянной вероятностью совершения событий, т. е. она

должна лучше соответствовать «открытой» системе Джолли – Себера, но на практике эта модель дала сильно завышенные оценки, особенно в приложении к большим по объему выборкам.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Получена: 10 апреля 2018 года

Опубликована: 25 сентября 2018 года

Введение

В основе одного из наиболее распространенных подходов к оценке абсолютной численности популяций животных лежит метод мечения с повторным отловом особей (MRR-техника: mark – release – recapture). К настоящему времени описано множество модификаций постановки MRR-эксперимента для различных таксономических и экологических групп объектов и выработано немало рекомендаций по использованию математических моделей для аппроксимации результатов исследований. Из руководств на русском языке наиболее популярным среди зоологов остается сводка Г. Коли (1979), из англоязычных изданий – монографии Ч. Кребса (Krebs, 1999), Т. Саусвуда и П. Хендерсона (Southwood, Henderson, 2000). Общий принцип всех предлагаемых алгоритмов состоит в том, чтобы по доле меченых особей в отловах определить число особей, которые не были отловлены ни разу, непременным требованием к выборке является случайность отлова любой особи.

Популяции бабочек обычно изучают методом Джолли – Себера, использующем в качестве математической основы стохастическую модель. Пожалуй, это наиболее информативный подход, который по серии многократно повторяемых отловов позволяет оценить целый ряд скрытых демографических переменных, в частности абсолютную численность, численность для каждой даты исследования, скорость роста и т. д. Вместе с тем этот метод обладает рядом особенностей, которые снижают его эффективность. Практика применения указывает на чувствительность используемой модели к малым выборкам, периодичности и пропорциональности отловов (Горбач, 2013). В первом случае бывает невозможно провести расчеты из-за пропуска повторных отловов меченых особей в малочисленных популяциях, другие затруднения обычно возникают из-за неблагоприятных для лета бабочек погодных условий, которые нередко увеличивают временные интервалы между запланированными этапами (датами) мечения или вынуждают досрочно завершить очередной этап, не дав отловить достаточное число особей. В случаях подобных сбоев в ходе эксперимента остается возможность оценить абсолютную численность по одному из известных законов распределения частот. Правильная стратегия в этом случае состоит не в том, чтобы использовать для расчетов какую-либо модель, бездумно принимая на веру лежащую в ее основе гипотезу, а в том, чтобы из имеющихся вариантов выбрать наилучший по адекватности экспериментальным данным (Коли, 1979).

Цель настоящей работы состоит в сравнении оценок абсолютной численности и в обобщении опыта использования дискретных распределений для описания частот отловов особей в экспериментах с перламутровками рода *Boloria*. В качестве теоретической платформы мы выбрали две модели – распределение Пуассона и геометрическое распределение, которое в случае с бабочками лучше других описывает результаты экспериментов.

Материалы

Объектами изучения стали два вида бабочек-перламутровок рода *Boloria* – *B. freija* (Thunberg, 1791) и *B. aquilonaris* (Stichel, 1908). Это типичные ледниковые реликты лесной зоны, населяющие в Карелии сфагновые болота. Поскольку болотные массивы представляют собой местообитания островного типа, то и популяции изучаемых видов распадаются на пространственно разобщенные группировки, приуроченные к отдельным выделам. Исследования проводили в заповеднике «Кивач» на сопредельных болотах Близкое и Осоковое, ранее рассматриваемых нами как единый массив (Горбач, 1998, 2011). Данные для анализа выбирали, учитывая дифференциацию объектов по численности: *B. aquilonaris* является обычным болотным видом, тогда как *B. freija* – одним из малочисленных. То же касается и рассматриваемых сезонов: 1995 г. стал самым удачным для *B. aquilonaris* за последние десятилетия, численность же *B. freija* была настолько низкой, что не имело смысла начинать эксперимент, в сезоне 1996 г. она достигла локального максимума, в 2016 г. соответствовала обычному для этого вида уровню. Общий объем выборки составляет 3889 меченых бабочек (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Распределение частот отлова перламутровок *B. freija* и оценки абсолютной численности вида на исследуемой территории

Table 1. Distribution of the Freija fritillary captures and the estimates of the absolute number of the butterflies in the study area

<i>k</i>	1996			2016		
	самцы	самки	имаго	самцы	самки	имаго
1	61	42	103	19	18	37
2	37	29	66	17	11	28
3	10	3	13	7	3	10
4	1		1	1	1	2
5				1		1
Распределение Пуассона						
<i>Np</i> , экз.	178	131	307	60	51	110
lim, экз.	159÷206	114÷157	276÷338	54÷70	43÷69	100÷125
χ^2	2.638	7.123	8.445	1.424	0.244	1.081
<i>p</i>	0.450	0.028	0.037	0.840	0.970	0.897
Геометрическое распределение						
<i>Ng</i> , экз.	305	228	524	97	86	182
lim, экз.	266÷365	194÷282	469÷599	84÷118	69÷121	159÷214
χ^2	10.197	14.307	23.625	6.125	1.975	7.477
<i>p</i>	0.017	<0.001	<0.001	0.190	0.578	0.113
Стохастическая модель динамики численности Джолли – Себера						
<i>Njs</i> , экз.	216	114	314	119	102	198
<i>SE</i> , экз.	121	61	141	64	81	93

Примечание. *k* – частотные классы эмпирического распределения (число отловов особи), *Ng*, *Np*, *Njs* – абсолютная численность, lim – доверительный интервал, *SE* – стандартная ошибка, χ^2 и *p* – оценка и значимость отличий эмпирического и теоретического распределений (критерий Пирсона), жирным шрифтом указаны значимые различия $p < \alpha = 0.05$.

Note. *k* are classes of the empirical frequencies (number of captures of the individual); *Ng*, *Np*, *Njs* - absolute numbers by Poisson, geometric and Jolly – Seber models, accordingly; lim - confidence interval; *SE* - standard error; χ^2 and *p* - estimate and significance of differences between empirical and theoretical distributions (Pearson's criterion), significant differences ($p < \alpha = 0.05$) are indicated in bold.

Таблица 2. Распределение частот отлова перламутровок *B. aquilonaris* и оценки абсолютной численности вида на исследуемой территории

Table 2. Distribution of the Cranberry fritillary captures and the estimates of the absolute number of the butterflies in the study area

<i>k</i>	1995			1996		
	самцы	самки	имаго	самцы	самки	имаго
1	941	985	1926	690	514	1237
2	109	132	241	106	82	188
3	12	9	21	8	5	13
4		2	2			
Распределение Пуассона						
<i>Np</i> , экз.	4963	4847	9789	3198	2374	5813
lim, экз.	4340÷5847	4285÷5622	8919÷10892	2795÷3747	2054÷2849	5239÷6538
χ^2	0.723	2.342	0.328	0.898	1.653	2.146
<i>p</i>	0.697	0.504	0.954	0.638	0.199	0.342
Геометрическое распределение						
<i>Ng</i> , экз.	9534	9277	18778	6096	4521	11094
lim, экз.	8285÷11305	8152÷10832	17031÷20990	5278÷7196	3879÷5474	9942÷12548
χ^2	0.256	3.315	2.784	4.765	5.409	9.418
<i>p</i>	0.880	0.346	0.426	0.092	0.067	0.009
Стохастическая модель динамики численности Джолли – Себера						
<i>Njs</i> , экз.	3762	3420	7203	2041	1590	3761
<i>SE</i> , экз.	1643	1344	2106	1028	783	1442

Примечание. Обозначения см. в табл. 1.

For notations see Table 1.

Методы

Методология получения выборок подробно описана ранее (Горбач, 2013), она стандартна для подхода Джолли – Себера и полностью соответствует требованиям MRR-эксперимента. Общая задача

при оценке абсолютной численности состояла в том, чтобы, зная частоту повторных отловов меченых особей ($k = 1, 2, 3, 4, \dots$), найти частоту нулевого класса ($k = 0$), т. е. определить число особей, которые в ходе эксперимента не попались ни разу. Размер этого класса, а следовательно, и величина искомой переменной (суммы всех частот) зависит от характера распределения.

Распределение Пуассона предполагает постоянную вероятность отлова особей, которая возможна только в «закрытой» популяции при очень низкой, в идеале – нулевой смертности за время эксперимента. Распределение частот представляет собой аппроксимацию биномиального распределения для случаев, когда $p \ll q$ (Коросов, 2007), где p – вероятность найти объект нужного качества, в нашем случае – отловить меченую особь, q – вероятность не найти такой объект, $0 < p \leq 1$ и $q = 1 - p$. Случайная величина принимает при этом целочисленные значения с вероятностью $P_k = e^{-\lambda} \cdot \lambda^k / k!$, где λ – параметр распределения, $k!$ – факториал числа k , e – основание натурального логарифма. Абсолютная численность рассчитывается по формуле $Np = s/\mu$, где s – общее число отловов, μ – средняя арифметическая распределения с нулевым классом, которая задается равенством $M = \mu/(1 - e^{-\mu})$. Нахождение значения переменной μ составляет определенную сложность, поскольку данное уравнение имеет прямое решение лишь в случаях, когда средняя арифметическая усеченного (эмпирического) распределения $M > 2$. Тогда используют интерполяционные многочлены Лагранжа, в иных случаях искомое значение подбирают методом проб и ошибок (Коли, 1979). Проще эта задача решается средствами оптимизации, встроенными в компьютерные программы, например с помощью пакета «Поиск решения» в среде MS Excel или функции optimize в среде R.

Геометрическое распределение используют для описания процессов, в которых вероятность совершения тех или иных событий не постоянна (Коли, 1979). Считают, что эта модель будет адекватной экспериментальным данным при неравной предрасположенности особей к попаданию в ловушки. Геометрическое распределение является предельным случаем отрицательного биномиального распределения с функцией вероятности $P_k = p \cdot q^k$. Абсолютная численность рассчитывается как $Ng = n \cdot (s - n)/(s - 1)$, где n – число меченых особей.

Погрешности оценок определяли простым непараметрическим бутстрепом с числом итераций $B = 5000$ (Шитиков, 2012; Шитиков, Розенберг, 2013). Построив вариационный ряд бутстрепированных значений средней, методом процентилей находили границы ее доверительных интервалов (рис. 1). Пределы изменчивости Np и Ng оценивали по этим экстремумам, приняв $s = n \cdot M_{lim}$, где M_{lim} – минимальное или максимальное значение бутстрепированной средней. Адекватность моделей исходным данным определяли по критерию Пирсона (χ^2), сравнивая эмпирические частоты с теоретическими распределениями. Частоты соответствующих теоретических распределений (A_k) вычисляли по общей формуле $A_k = N \cdot P_k$, где N – абсолютная численность. Вклад отличий нулевых классов в значение критерия принимали равным нулю, допустив, что число непойманных особей a_0 действительно соответствует рассчитанному значению A_0 . Параметры распределений определены как $\lambda = M$, $p = 1 - (s - n)/(s - 1)$. Использован алгоритм расчетов на языке R (см. [скрипт](#)). Число частотных классов теоретического распределения приравнено к числу классов эмпирической выборки, остатки их «хвостов» слиты с частотой A_k последнего класса. При расчете числа степеней свободы учитывали наличие нулевых классов. Оценка абсолютной численности методом Джолли-Себера выполнена в соответствии с ранее опубликованной методикой (Горбач, 2013), в том числе была реализована процедура оптимизации путем подгонки модельных параметров под биологически разумные значения.

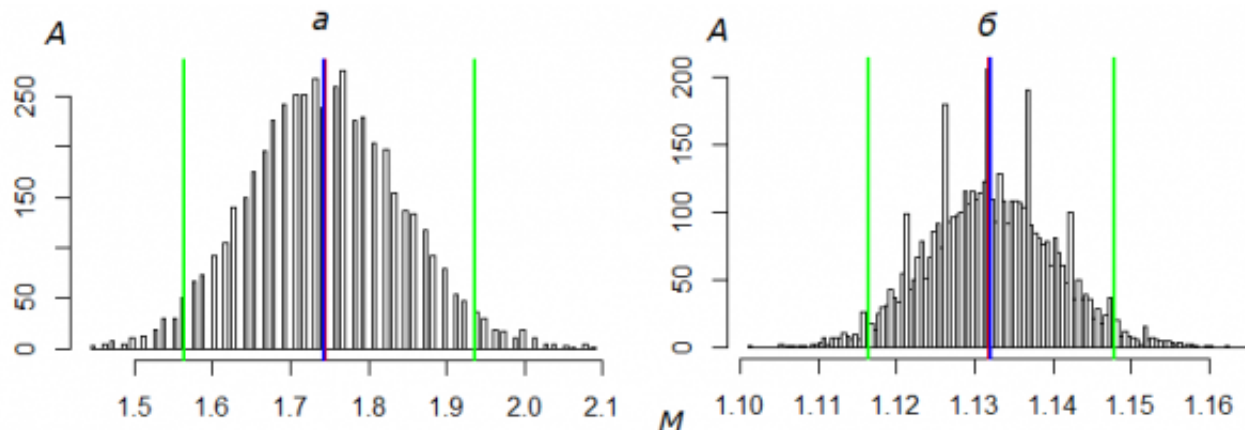


Рис. 1. Распределение значений средней арифметической числа отловов M , полученных бутстреп-методом для имаго *B. freija* 2016 г. (а) и *B. aquilonaris* 1995 г. (б). A – число выборок ($\Sigma A = B = 5000$), красной линией указано значение M исходной выборки, синей – значение M , скорректированное бутстрепом, зелеными – границы доверительного интервала $M_{min} \div M_{max}$

Fig. 1. Distribution of the arithmetic mean value (M) of capture numbers obtained by the bootstrap method for all Freija fritillaries in 2016 (a) and all Cranberry fritillaries in 1995 (б). A is the number of samples ($\Sigma A = B = 5000$), the red line indicates the M value of the original sample, the blue line is the M corrected by bootstrap, the green lines are the confidence interval $M_{min} \div M_{max}$

Результаты

Результаты оценки абсолютной численности и последующего анализа распределений частот отловов бабочек в MRR-эксперименте позволили прийти к следующим заключениям: 1) наиболее высокие значения численности дает геометрическая модель, они в полтора-два раза выше Пуассоновых оценок; 2) значения, полученные методом Пуассона, лучше сходятся с модельными оценками Джолли – Себера; 3) распределение Пуассона более адекватно экспериментальным данным. Вместе с тем имеется и несколько отклонений от общих трендов. Так, оценки абсолютной численности, сделанные методом Джолли – Себера по выборкам 2016 г., более сходны с геометрическими оценками (см. табл. 1); отловы самцов *B. aquilonaris* в 1995 г. геометрическая модель аппроксимирует лучше, чем распределение Пуассона (см. табл. 2).

Общая закономерность в распределении эмпирических частот состоит в недостатке особей, отловленных один раз, и избытке особей, отловленных два раза, по сравнению с теоретическими предсказаниями (рис. 2). Предельный вариант наблюдали у самок *B. freija* в 1996 г.: отмеченная непропорциональность привела к существенным расхождениям с теоретическими частотами и значимо сказалась на распределении обобщенных частот для всех особей вида в этот сезон. Лишь у упомянутых выше самцов *B. aquilonaris* эмпирические частоты $a_1 = 941$, $a_2 = 109$ и $a_3 = 12$ смогли попасть в коридор из предсказанных частот $Ap \div Ag$: $931 \div 944$, $113 \div 105$ и $10 \div 13$.

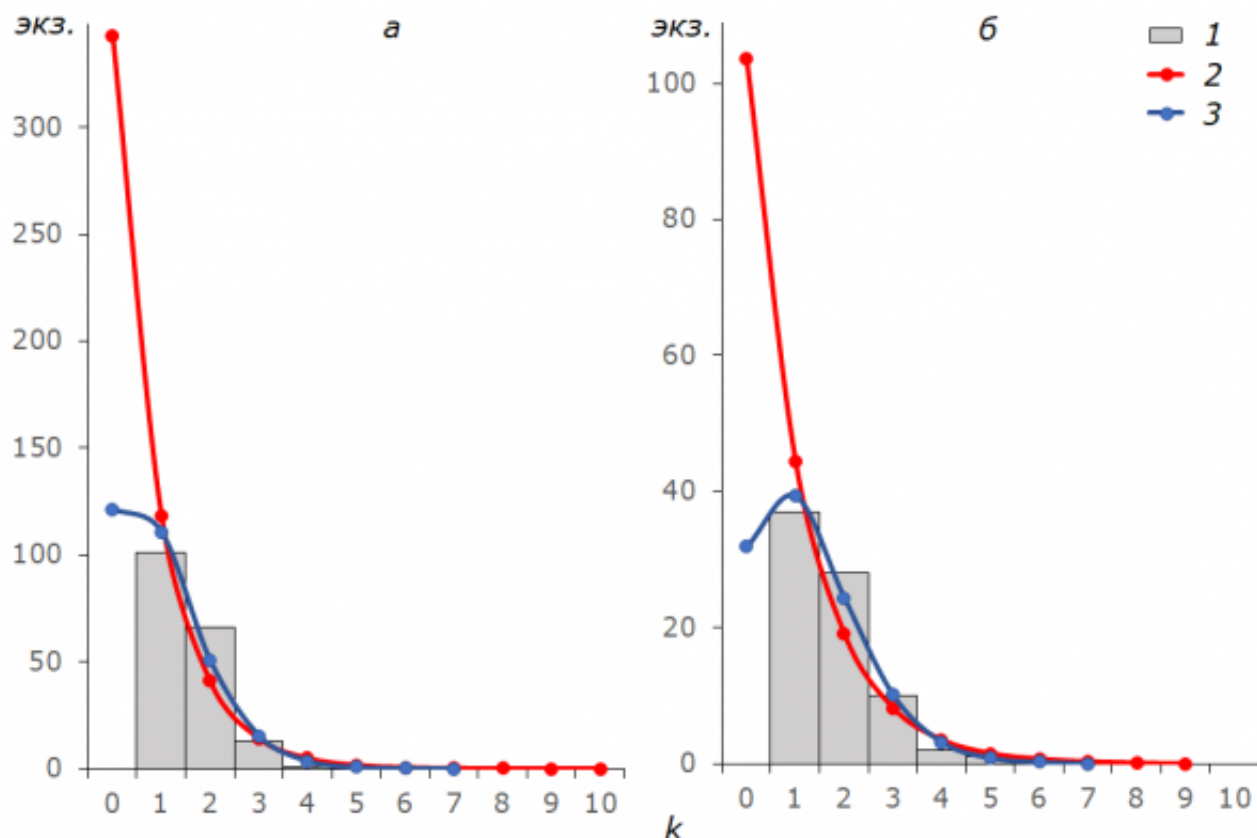


Рис. 2. Частота отловов особей для выборок имаго *B. freija* 1996 (а) и 2016 г (б). k – число отловов особи (частотные классы), 1 – эмпирические частоты а, 2 – частоты геометрического распределения A_g , 3 – частоты распределения Пуассона A_p

Fig. 2. The frequencies of captures for all Freija fritillaries in 1996 (а) and 2016 (б). k – the capture number of the specimens (classes of frequencies), 1 – empirical frequencies а, 2 – frequencies of the geometric distribution A_g , 3 – the Poisson's frequencies A_p

Обсуждение

Стохастическая модель динамики численности Джолли – Себера предсказывает весьма высокий уровень элиминации изученных группировок бабочек за счет гибели и эмиграции особей (Горбач, 2013). Следовательно, требование равной вероятности отловов нарушается, означая, что оценки абсолютной численности, рассчитанные методом Пуассона, не могут быть вполне адекватными и геометрическая модель, допускающая непостоянство вероятности, должна описывать полученные выборки лучше. Между тем результаты сравнения распределений расходятся с этим предположением. Сходство оценок по модели Джолли – Себера, предусматривающей неустойчивость хода демографических процессов, и модели Пуассона свидетельствует о вполне хорошем описательном потенциале последней, указывая на ее вполне приемлемую толерантность к нарушениям равновероятности отловов в ходе эксперимента. Отдавая предпочтение Пуассоновым оценкам, следует подчеркнуть, что здесь речь идет о пространственно обособленных группировках с естественным образом ограниченными входящими и выходящими потоками особей. Соответствие частот распределению Пуассона помимо прочего может служить своего рода индикатором «закрытости» подобных популяционных систем.

К оценкам на основе геометрической модели следует относиться осторожно, как к неоправданно высоким, особенно в случаях больших выборок. С ростом населения снижается вероятность повторных отловов, чем меньше средняя, тем больше прирост нулевого класса и выше оценка численности. Например, если судить по рассчитанной численности *B. aquilonaris* (см. табл. 2), то получается, что в 1995 г. средняя плотность населения в скоплениях должна составлять около 500 имаго за сезон на учетную площадку 50 × 50 м (Горбач, 2011), но общее число отловленных на этих площадках особей было существенно меньше: оно не превышало 300 при среднем показателе в 50 экз. Дрейф эмпирических частот в сторону геометрического распределения можно трактовать как проявление разного рода демографических возмущений, в частности роста миграционных потоков. Однако в

упомянутом выше случае с самцами *B. aquilonaris* причина была иная, связанная с условиями получения выборки. Дело в том, что неординарное поведение этого вида позволяло продолжать эксперимент при ухудшении погодных условий, когда бабочки переставали летать, – они оставались на соцветиях сабельника, поэтому, обходя скопления этого растения, можно было собирать, метить и возвращать их обратно. При этом существенно уменьшалась доля самцов, многие из которых, в отличие от самок, скрывались в нижнем ярусе растительности, становясь недоступными. Дней с неустойчивой или пасмурной погодой в сезоне 1995 г. было больше половины, поэтому указанная особенность повлияла на общую выборку, и соответствие геометрическому распределению следует рассматривать здесь как следствие изменчивости вероятности отлова самцов в различных условиях.

Ответ на вопрос, почему значения абсолютной численности *B. freija* в 2016 г., рассчитанные методом Джолли – Себера, сильно отклоняются от Пуассоновых оценок, заключен в нестабильности стохастической модели, прилагаемой к малым выборкам. Участие случайных событий в формировании вариант существенно возрастает, усиливая диспропорции в распределении числа отловов. В результате модельные параметры, используемые для расчета переменных, принимают невозможные с биологической точки зрения значения. Несоответствие их реальности давало заведомо заниженные итоговые оценки, вплоть до того, что рассчитанная абсолютная численность была меньше числа меченых особей. Введение в модель биологически разумных ограничений сделало эти параметры более адекватными, но при этом значения численности стали неоправданно высокими. Понять справедливость этого заключения можно, сравнив равноценные по объему выборки *B. freija*, полученные для самок в 1996 г. и всех имаго в 2016 г. (см. табл. 1). Во втором случае метод Джолли – Себера дал значение абсолютной численности в 1.7 раза больше. Если же сопоставить обобщенные выборки этого вида, а в том и другом сезоне удавалось отлавливать почти всех замеченных бабочек, то видно, что в 2016 г. обилие было по меньшей мере в два раза ниже, чем в 1996 г. Таким образом, остается констатировать, что и здесь Пуассонова модель более реалистично отражает наблюдаемую действительность.

Отмеченная диспропорция между частотами отловов в выборках и их предсказанными вероятностями (см. рис. 2) говорит в пользу «закрытости» исследованных группировок. Обычно уменьшение числа встреч немеченых особей на фоне роста повторных отловов наблюдается при довольно стабильном составе населения, когда особи подолгу остаются на тех участках, где были помечены, а прирост за счет выхода свежих бабочек из куколок и иммиграции незначителен. В качестве иллюстрации можно предложить выборку *B. freija*. В сезоне 1996 г. плотность населения этой перламутровки была сравнительно высокой, но тем не менее удавалось отлавливать всех встреченных бабочек. В результате число впервые отловленных особей с каждым посещением местообитания уменьшалось, а встречаемость меченых росла. У самок оседлость проявилась в большей мере, поскольку они, по сравнению с самцами, не так активны поначалу и начинают расселяться, лишь отложив значительную часть яиц в месте своего отрождения. При росте населения, как в случае с *B. aquilonaris*, возможность отлова каждой замеченной бабочки падает, и, вследствие того, что многие из них остаются немечеными, влияние оседлости на частоту отловов минимизируется. При уменьшении объема выборок, подобно *B. freija* в 2016 г., перестает работать закон больших чисел, и распределение частот оказывается сильно зависимым от случайности каждой встречи.

Заключение

Частоту отловов бабочек в MRR-эксперименте при изучении пространственно обособленных группировок лучше всего описывает распределение Пуассона. Оценки абсолютной численности, рассчитанные на основе этой модели, представляются наиболее адекватными: в целом они довольно хорошо согласуются со значениями, полученными методом Джолли – Себера. В случае малых выборок аппроксимация экспериментальных данных распределением Пуассона, по-видимому, остается единственно возможным способом получения адекватных оценок численности населения. Смещение эмпирических частот в сторону геометрического распределения может быть индикатором динамичности демографических процессов, – рост элиминации неизбежно уменьшает долю повторных отловов, а активное пополнение популяции ведет к увеличению доли впервые отловленных особей. Рассматривая соответствие распределению Пуассона в качестве меры обособленности группировки, нужно понимать, что локальная оседлость особей может менять характер эмпирического распределения, увеличивая частоту повторных отловов, так, что отличия от теоретического распределения становятся значимыми. Расхождение с Пуассоновой моделью в таком случае будет аргументом в пользу большей «закрытости» изучаемой популяционной системы.

Горбач В. В. Опыт оценки абсолютной численности популяции по распределению числа отловов в эксперименте с мечением на примере имаго перламутровок рода *Boloria* (Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae) // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 24–33. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7763

Библиография

Горбач В. В. Сезонная динамика численности и половой состав популяции перламутровки *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, Nymphalidae) [Seasonal dynamics and sex ration in a population of the butterfly *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, Nymphalidae)] // Зоологический журнал. 1998. Т. 77. № 5. С. 576–581.

Горбач В. В. Пространственная структура популяции и подвижность имаго перламутровки *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, Nymphalidae) [Spatial distribution and mobility of butterflies in a population of the Cranberry Fritillary *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, Nymphalidae)] // Экология. 2011. № 4. С. 289–296. doi: 10.1134/S1067413611040060.

Горбач В. В. Изучение динамики численности методом Джолли – Себера на примере имаго булавоусых чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera: Hesprioidea et Papilionoidea) [The study of population dynamics by the Jolly – Seber method in the butterflies (Insecta, Lepidoptera: Hesprioidea et Papilionoidea)] // Принципы экологии. 2013. Т. 2. № 2. С. 14–28. doi: 10.15393/j1.art.2013.2601.

Коли Г. Анализ популяций позвоночных [Analysis of vertebrate populations]. М.: Мир, 1979. 362 с.

Коросов А. В. Специальные методы биометрии [Special methods of biometry]. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 364 с.

Шитиков В. К. Использование рандомизации и бутстрепа при обработке результатов экологических наблюдений [Use of randomization and bootstrap in processing the result of ecological observations] // Принципы экологии. 2012. № 1. С. 4–24. doi: 10.15393/j1.art.2012.481.

Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R [Randomization and bootstrap: statistical analysis in biology and ecology using R]. Тольятти: Кассандра, 2013. 314 с. URL: <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A32/Stare.htm> (дата обращения: 21.03.2018).

Krebs C. J. Ecological Methodology. Menlo Park: Addison-Wesley, 1999. 620 p. URL: <http://www.zoology.ubc.ca/~krebs/books.html> (дата обращения 31.03.2018).

Southwood T. R. E., Henderson P. A. Ecological methods. Oxford: Wiley-Blackwell, 2000. 592 p.

On the estimation of the absolute population size from the distribution of captures in the MRR-experiment on the example of the fritillary butterflies of genus *Boloria* (Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae)

**GORBACH
Vyacheslav**

Petrozavodsk State University, gorbach@psu.karelia.ru

Keywords:

mark-recapture method
Poisson's distribution
geometric distribution
stochastic model of population
dynamics by Jolly – Seber
Boloria freija
Boloria aquilonaris

Summary:

The absolute size of an animal population is estimated from the experiments with marked specimens. Populations of butterflies are usually studied by the Jolly – Seber method, which uses the stochastic model as a mathematical basis. However, the initial data that correspond to the minimum requirements for sample size, periodicity and proportionality of captures are not always possible to obtain. In such cases, it remains to estimate the absolute number by one of the known laws of frequency distribution. In this article we consider the techniques of estimation of the absolute population size. The original samples were obtained by the mark-recapture method according to the Jolly-Seber scheme in insular local populations of fritillary butterflies of the genus *Boloria*. Studies were carried out in the mires Blizkoe and Osokovoe in Kivach Reserve in the summer of 1995, 1996 and 2016. In total, 261 imagos of *B. freija* and 3628 of *B. aquilonaris* were marked; the number of recaptures was 274 and 968, respectively. Poisson and geometric distributions were taken as theoretic platforms. The general task was to determine the number of individuals that were not captured based on the proportion of marked specimens in the sample. A script is proposed for calculating the absolute size and its confidence intervals for Poisson and geometric distributions as well as estimating the adequacy of empirical frequencies to theoretic models in the language R. It was established that the Poisson model assuming an equal probability of capture of any specimen is more adequate to the experimental data. The conformity of the empirical frequencies to the Poisson distribution can be considered as a measure of isolation of the population. The Poisson values of the absolute size were similar to the estimates by the Jolly – Seber model, which presumes the existence of inbound and outbound streams of individuals. It calls in question the recommendations for initial choosing certain methods for "closed" and "open" populations. The geometric model is used to describe the processes with non-constant probability of events, i. e. it should better correspond to the "open" Jolly – Seber system. But in practice this model gave highly inflated values, especially when applied to larger samples.

References

- Gorbach V. V. Seasonal dynamics and sex ration in a population of the butterfly *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, Nymphalidae), Zoologicheskii zhurnal. 1998. T. 77. No. 5. P. 576–581.
- Gorbach V. V. Spatial distribution and mobility of butterflies in a population of the Cranberry Fritillary *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, Nymphalidae), Ekologiya. 2011. No. 4. P. 289–296. doi: 10.1134/S1067413611040060.
- Gorbach V. V. The study of population dynamics by the Jolly – Seber method in the butterflies (Insecta,

Gorbach V. On the estimation of the absolute population size from the distribution of captures in the MRR-experiment on the example of the fritillary butterflies of genus *Boloria* (Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae) // *Principy èkologii*. 2018. Vol. 7. № 3. P. 24–33.

Lepidoptera: Hesprioidea et Papilionoidea), *Principy ekologii*. 2013. T. 2. No. 2. P. 14–28. doi: 10.15393/j1.art.2013.2601.

Koli G. Analysis of vertebrate populations. M.: Mir, 1979. 362 p.

Korosov A. V. Special methods of biometry. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2007. 364 p.

Krebs C. J. Ecological Methodology. Menlo Park: Addison-Wesley, 1999. 620 p. URL: <http://www.zoology.ubc.ca/~krebs/books.html> (data obrascheniya 31.03.2018).

Shitikov V. K. Rozenberg G. S. Randomization and bootstrap: statistical analysis in biology and ecology using R. Tol'yatti: Kassandra, 2013. 314 p. URL: <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A32/Stare.htm> (data obrascheniya: 21.03.2018).

Shitikov V. K. Use of randomization and bootstrap in processing the result of ecological observations, *Principy ekologii*. 2012. No. 1. P. 4–24. doi: 10.15393/j1.art.2012.481.

Southwood T. R. E., Henderson P. A. Ecological methods. Oxford: Wiley-Blackwell, 2000. 592 p.



УДК 574.522

Алгоритм анализа распределения тяжелых металлов в тканях рыб на примере щуки

**ЗОЛОТАРЁВ
Константин
Владимирович**

ФГБНУ "Научно-исследовательский институт
биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича"
(ИБМХ), fireaxe@mail.ru

**МИХАЙЛОВА
Марина Викторовна**

ФГБНУ "Научно-исследовательский институт
биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича"
(ИБМХ), m_mikhailova@mail.ru

**НАХОД
Кирилл Викторович**

ФГБНУ "Научно-исследовательский институт
биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича"
(ИБМХ), g-s2011@mail.ru

**МИХАЙЛОВ
Антон Николаевич**

ФГБНУ "Научно-исследовательский институт
биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича"
(ИБМХ), myhas84@mail.ru

Ключевые слова:

тяжелые металлы
распределение
щука
анализ соотношений
алгоритм

Аннотация:

С целью изучения распределения тяжелых металлов между тканями рыб и поиска адекватных математических приемов для его оценки создан алгоритм анализа экспериментальных данных по содержанию тяжелых металлов в тканях рыб. Первый этап анализа по данному алгоритму – расчет средних соотношений содержания всех анализируемых металлов для каждой пары тканей в каждой рыбе; второй этап – расчет средних соотношений содержания отдельно для каждого анализируемого металла в каждой паре органов и тканей для всех рыб. Работоспособность алгоритма проверялась на полученных в ходе работы данных о содержании тяжелых металлов в тканях обыкновенной щуки (*Esox lucius*) водоемов бассейна Верхней Волги. Значения содержания были получены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. В ходе 1-го этапа анализа были обнаружены более-менее достоверные средние соотношения содержания тяжелых металлов для отдельно взятых рыб, однако общие закономерности распределения тяжелых металлов по тканям щуки выявить не удалось. Есть вероятность, что при расширении и оптимизации выборки рыб общие закономерности распределения тяжелых металлов по тканям рыб могут быть найдены. В ходе 2-го этапа анализа статистически достоверно было выявлено, что у щуки кобальт (Co) значительно сильнее накапливается в костях по сравнению с гонадами и мышцами, а кадмий (Cd) – в сердце по сравнению другими тканями, особенно мышцами. Кроме того, медь (Cu) существенно слабее накапливается в мышцах по сравнению с другими исследуемыми тканями.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: Р. У. Высоцкая

Рецензент: Г. Г. Соколова

Получена: 02 апреля 2018 года

Опубликована: 08 октября 2018 года

Введение

Тяжелые металлы – химические элементы, имеющие, как правило, высокую атомную массу и обладающие свободными энергетическими d-подуровнями, благодаря чему могут выступать в качестве акцепторов пар электронов при образовании донорно-акцепторных связей. В качестве доноров электронов могут выступать важные биологически активные соединения, содержащие атомы N, S и O с парами электронов: белки, аминокислоты, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты. Поэтому ионы тяжелых металлов относятся к приоритетным загрязнителям окружающей среды (Yohannes et al., 2013). Содержание тяжелых металлов в тканях рыб – важный показатель экологического состояния населенного ими водоема. Этот показатель подлежит регулярному мониторингу во многих странах мира, например в Европейском союзе (European Parliament..., 2008). Во многих научных публикациях, в том числе за последние годы, проводится не просто измерение, а попытки выявить достоверность различий по содержанию металлов между тканями рыб одного вида (Türkmen et al., 2013) либо общий уровень загрязненности металлами отдельных тканей и всей рыбы (Vaseem et al., 2013).

Распределение металлов между тканями рыб важно с точки зрения понимания физиологических процессов обмена металлами между тканями и защиты от вредного воздействия ионов металлов. Можно проследить, что проникновение металлов в организм рыбы осуществляется в основном через жабры, затем значительная часть их переносится в физиологически активные ткани – печень, почки (Boalt et al., 2014). Однако более точных представлений о том, какая часть массы того или иного металла задерживается в жабрах, какая попадает в эти и другие ткани, на сегодняшний день нет. Отсутствие таких представлений обусловлено, в частности, отсутствием адекватных математических приемов и показателей для определения ранга загрязненности тяжелыми металлами какой-либо ткани. Дело в том, что содержание ряда металлов (например, Zn и Hg) имеет разный порядок, поэтому вычислять среднее арифметическое между ними некорректно. Также некорректно и использовать среднее геометрическое, т. е. корень степени n из произведения n значений содержания, однако оно применяется в качестве т. н. индекса загрязненности металлами той или иной ткани (metal pollution index, MPI) в ряде исследований (Subotić et al., 2013; Vaseem et al., 2013). Этот индекс изначально был предназначен для целых организмов (AMA, 1992) и использовался для оценки общего уровня загрязненности металлами двустворчатого моллюска (Usero et al., 1996), но для более тонкого анализа распределения металлов по тканям данный показатель не будет адекватным.

Цель исследования – изучение распределения тяжелых металлов между тканями рыб и поиск адекватных математических приемов для его оценки.

Материалы

Для проверки работоспособности алгоритма и получения предварительных выводов о распределении металлов по тканям была выбрана обыкновенная щука (*Esox lucius*). Это распространенная в водоемах средней полосы хищная рыба, способная накапливать по пищевой цепи тяжелые металлы, потребляя их с добычей, поэтому распределение металлов по ее тканям представляется показательным и интересным. 32 особи взрослой щуки (18 самцов и 14 самок, возраст 3–6 лет) были выловлены в проточных водоемах бассейна р. Волга (различные участки Угличского вдхр.) на территории Тверской области. Рыбы подвергались анестезии на льду, затем с помощью пинцетов и скальпелей проводилось вскрытие и отбор образцов жабр, печени, селезенки, мышц, костей (позвонки), сердца, гонад. Образцы тканей (около 1 г) очищались от лишних тканей и хранились в замороженном виде.

Методы

Авторами был создан алгоритм, позволяющий автоматически рассчитывать различные средние соотношения содержания металлов между тканями рыб и их среднеквадратичные отклонения. С целью проверки работоспособности алгоритма и получения предварительных выводов о распределении металлов по тканям с помощью метода масс-спектрометрии в индуктивно-связанной плазме были выполнены количественные измерения содержания различных металлов в органах и тканях рыб (на

примере щуки).

Алгоритм анализа распределения

Алгоритм реализуется на платформе Visual Basic в приложении к Microsoft Excel и выдает 2 промежуточных и 3 результирующих массива данных. При наличии достаточной выборки по рыбам (вид, пол, возраст) такой способ анализа данных дает возможность понять, в каких органах и тканях тяжелые металлы накапливаются сильнее или слабее, а также существует ли разница в распределении тех или иных металлов, ионы которых имеют в значительной степени сходные химические свойства.

Первый этап анализа по данному алгоритму (рис. 1) – расчет средних соотношений содержания всех анализируемых металлов для каждой пары тканей в каждой рыбе. В алгоритм заложено создание для каждой рыбы 2-мерного массива, в который заносятся средние по металлам соотношения содержания каждого из них в одной ткани к содержанию в другой. Массив представляет собой матрицу и заполняется при прохождении двойного цикла; в наружном цикле меняется «ткань-числитель» (т. е. та, содержание металлов в которой при расчете среднего отношения берется в числителе), во внутреннем – «ткань-знаменатель». Затем аналогичным образом создается 2-мерный массив среднеквадратичных отклонений соотношений содержания металлов. Полученные данные выводятся в таблицу Microsoft Excel, после чего на следующем этапе программа создает 3 двумерных массива, 1 из которых является матрицей сумм соответственных соотношений (т. е. с одинаковыми «числителями» и «знаменателями»), другой – матрицей сумм среднеквадратичных отклонений, третий – матрицей количеств этих соотношений. Далее программа производит расчет средних по всем рыбам соотношений всех металлов между тканями и соответствующих значений относительной погрешности путем деления среднеквадратичных отклонений на средние соотношения, учитывая возможность отсутствия данных по той или иной ткани в той или иной рыбе.

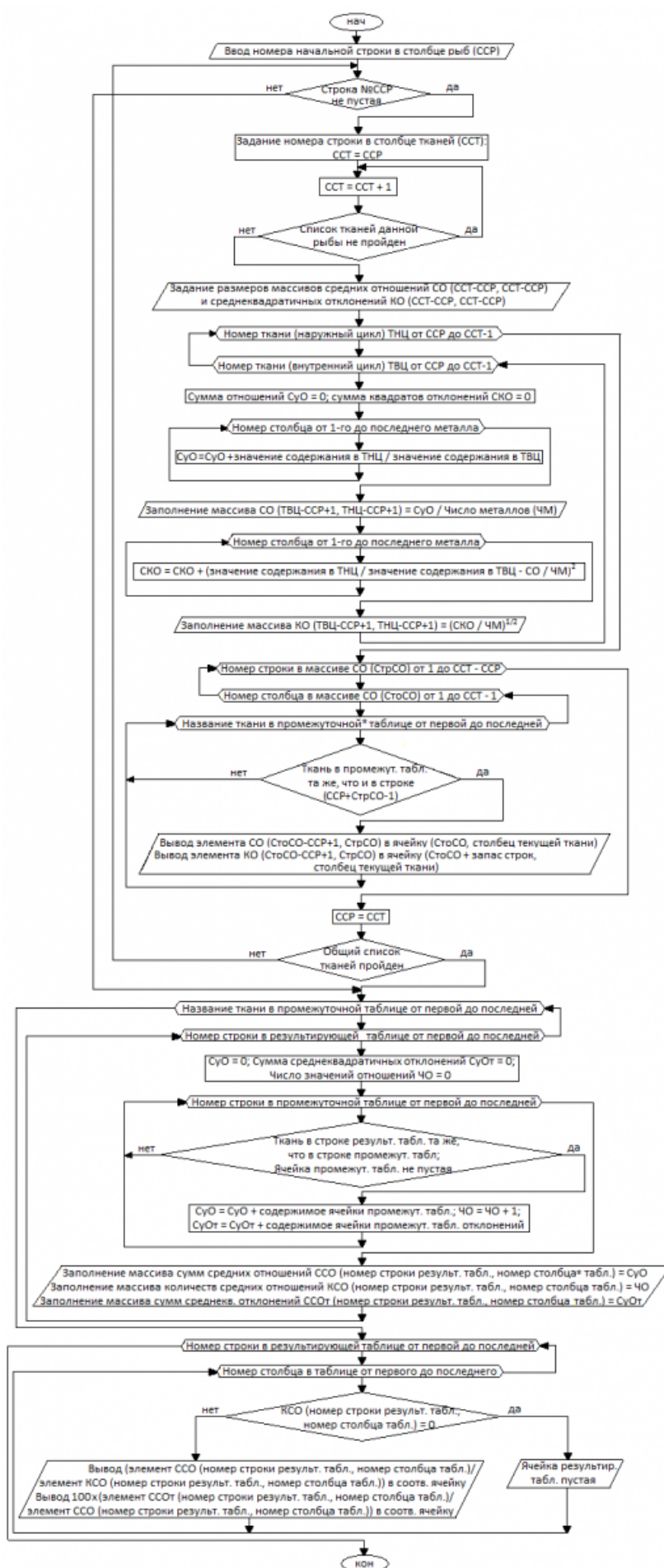


Рис. 1. Блок-схема 1-го этапа анализа распределения тяжелых металлов по тканям рыб. Исходные данные помещаются в таблицу Microsoft Excel так, чтобы названия тканей были расположены построчно (ткани 1-й рыбы, сразу затем 2-й и т.д.), а металлы располагались по столбцам.

*В промежуточных таблицах, расположенных справа от исходной, по столбцам необходимо выписать все исследуемые ткани в любом порядке (данная ткань и будет являться переменной в массиве), а построчно список тканей копируется из исходной таблицы. В результирующих таблицах (справа от промежуточных) названия столбцов копируются из промежуточных, а названия строк те же, что названия столбцов

Figure 1. The flowchart of the first stage of the analysis of the distribution of heavy metals in fish tissues. The original data are placed in a Microsoft Excel spreadsheet so that the names of the tissues are arranged line by line (the tissues of the 1st fish, then the 2nd, etc.), and the metals are arranged in columns.

* In the intermediate tables located to the right of the original table, all the concerned tissues must be placed in columns in any order (this tissue will be a variable in the array), and the list of tissues is copied line by line from the original table. In the resulting tables (to the right of the intermediate tables) the column names are copied from the intermediate columns, and the row names are the same as the column names

Второй этап (рис. 2) – расчет средних соотношений содержания отдельно для каждого анализируемого металла по каждой паре органов и тканей для всех рыб. В алгоритм заложено циклическое суммирование для каждого металла соотношения его содержания по каждой паре тканей по всем рыбам соответственно, а также подсчет количества этих пар. Затем происходит расчет и вывод матриц средних соотношений для каждого металла.

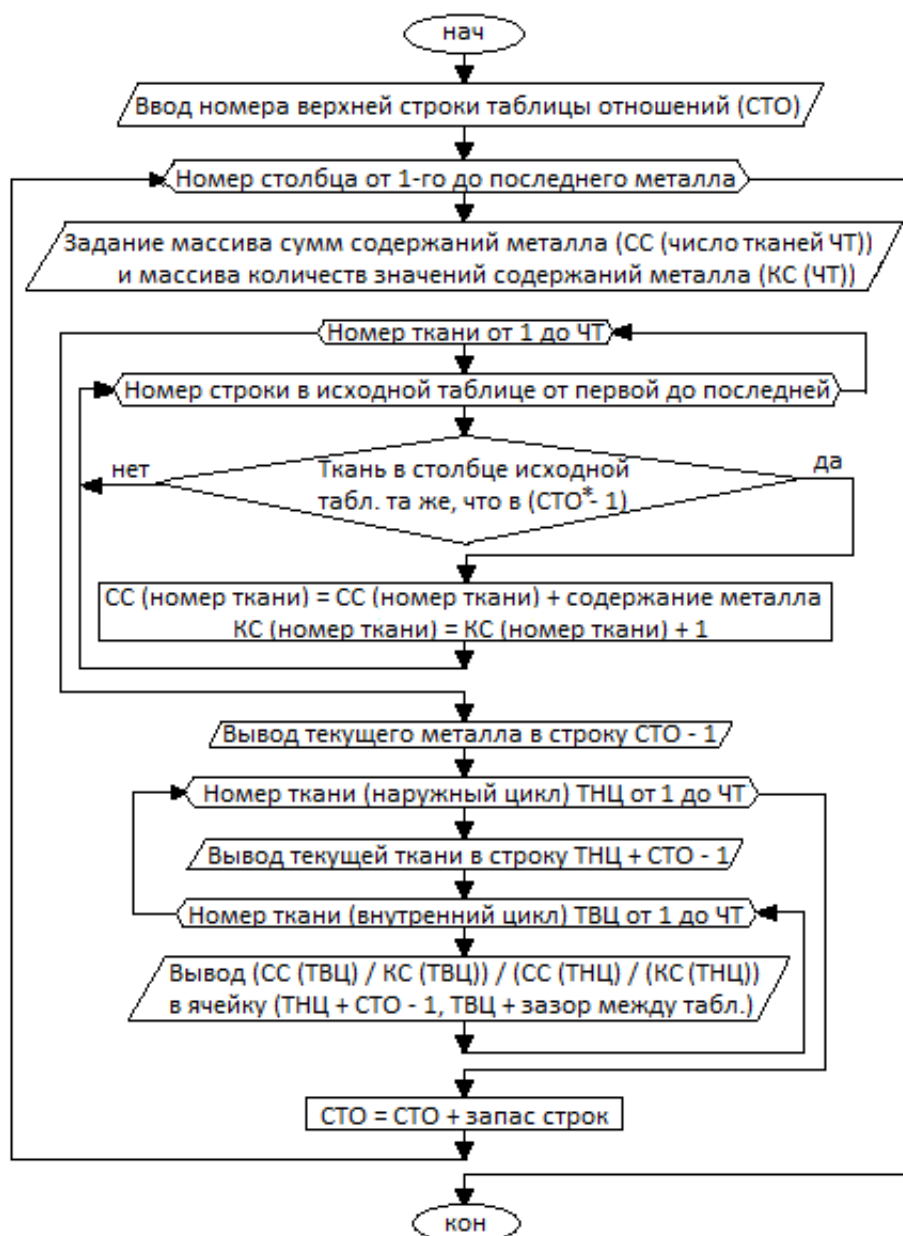


Рис. 2. Блок-схема 2-го этапа анализа распределения тяжелых металлов по тканям рыб. Исходные данные помещаются в таблицу Microsoft Excel так, чтобы названия тканей были расположены построчно (ткани 1-й рыбы, сразу затем 2-й и т.д.), а металлы располагались по столбцам. В результирующей серии таблиц (одна под другой для каждого металла, столбцы общие) по столбцам необходимо выписать все исследуемые ткани в любом порядке (данная ткань и будет являться переменной в массиве). Эта серия таблиц должна начинаться со 2-й строки таблицы Excel, а таблица исходных данных – с первой (шапка таблицы – одна строка). *Начальное значение СТО не меняется в ходе выполнения цикла

Figure 2. The flowchart of the second stage of the analysis of distribution of heavy metals in fish tissues. The original data are placed in a Microsoft Excel spreadsheet so that the names of the tissues are arranged line by line (the tissues of the 1st fish, then the 2nd, etc.), and the metals are arranged in columns. In the resulting series of tables (one under the other for each metal, the columns are common), it is necessary to put out all the studied tissues in any order in the columns (this tissue will be a variable in the array). This series of tables should begin with the second line of the Excel table, and the table of the original data - from the first one (table head is one line). * The initial value of the ratio table top row number is constant during the cycle run.

Растворение образцов тканей (пробоподготовка)

Пробоподготовку проводили путем растворения в особо чистой HNO_3 при микроволновом

нагревании в печи Milestone Start D согласно методике, предлагаемой производителем печи (Milestone, 2008): образец ткани (0.5–1 г) предварительно взвешивали, заливали кислотой до объема 8 мл и нагревали в печи при 200 °С в течение 30 мин, затем охлаждали до 60 °С и разбавляли деионизованной водой в 12 раз (до безопасной для измерительного прибора концентрации HNO_3 5 %).

Измерение содержания металлов

Концентрации ионов металлов в полученных пробах измерялись с помощью октопольного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7500се. Рабочие параметры: давление аргона 7 ат, температура охлаждающей воды 12 °С, остальные определялись на каждой серии измерений в ходе настройки. Калибровка прибора производилась по стандартным растворам измеряемых ионов. Значения содержания металлов в образцах тканей вычислялись в мкг/кг ткани для Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sn, Sb, Hg, Pb с учетом разбавления и массы образцов.

Результаты

В ходе 1-го этапа анализа были обнаружены более-менее достоверные средние соотношения содержания тяжелых металлов для отдельно взятых особей рыб. Например, у одной из рыб (самка, возраст 4 года, масса 1.2 кг) соотношение металлов в мышце и селезенке составило 0.37 ± 0.15 , а в мышцах и жабрах 0.54 ± 0.40 , т. е. можно говорить, что у данной рыбы тяжелые металлы накапливались в мышцах слабее, чем в селезенке и жабрах. Такие данные могут быть полезными, например, при выявлении причинно-следственных связей между патологиями рыб и массовым действием тяжелых металлов в той или иной физико-химической форме в водоеме на рыбу. Однако если говорить об общих закономерностях распределения тяжелых металлов по тканям щуки, их выявить не удалось, т. к. относительные погрешности средних соотношений всех металлов по всем рыбам оказались весьма высокими.

В ходе 2-го этапа анализа были получены соотношения содержания отдельных металлов по каждой паре тканей (таблица). При анализе этих данных достоверно выявлены особенности распределения некоторых металлов по тканям, характерные для всех рыб данной выборки:

- Среднее соотношение содержания Co в костях и гонадах составило 1095, в костях и мышцах – 931. При анализе исходных данных получилось, что для всех рыб 1-е соотношение лежало в интервале от 383 до 2170, 2-е – от 639 до 3243.
- Среднее соотношение содержания Cd в сердце и мышцах составило 229. При анализе исходных данных было видно, что если в любой из этих тканей содержание превышало 5 мкг/кг, то это происходило именно в сердце, причем кратность превышения содержания в сердце по сравнению с мышцами составляла от 226 до 3230. Таких рыб было 4 из 32 (т. е., судя по всему, имело место разовое попадание Cd в тело щуки, наиболее значительное количество которого оседало в сердце). В среднем в сердце Cd накапливался также значительнее, чем в гонадах (среднее соотношение 92), жабрах (122), печени (156).
- Отмечено более низкое накопление Cu в мышцах по сравнению с остальными тканями (см. таблицу).

Средние соотношения содержания меди между тканями щуки*

Cu							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	3.198	0.415	9.138	4.140	0.036	0.963
гонады	0.313	1.000	0.130	2.857	1.295	0.011	0.301
жабры	2.410	7.706	1.000	22.020	9.976	0.086	2.320
сердце	0.109	0.350	0.045	1.000	0.453	0.004	0.105
печень	0.242	0.772	0.100	2.207	1.000	0.009	0.233
мышцы	27.988	89.509	11.615	255.764	115.873	1.000	26.949
селезенка	1.039	3.321	0.431	9.491	4.300	0.037	1.000
Cr							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	6.417	5.639	2.836	7.757	8.659	14.518
гонады	0.156	1.000	0.879	0.442	1.209	1.349	2.262
жабры	0.177	1.138	1.000	0.503	1.376	1.535	2.574
сердце	0.353	2.263	1.989	1.000	2.736	3.053	5.120
печень	0.129	0.827	0.727	0.366	1.000	1.116	1.871
мышцы	0.115	0.741	0.651	0.328	0.896	1.000	1.677
селезенка	0.069	0.442	0.388	0.195	0.534	0.596	1.000
Mn							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка

кость	1.000	0.096	0.556	0.016	0.041	0.004	0.063
гонады	10.414	1.000	5.788	0.166	0.429	0.047	0.653
жабры	1.799	0.173	1.000	0.029	0.074	0.008	0.113
сердце	62.691	6.020	34.840	1.000	2.583	0.280	3.930
печень	24.273	2.331	13.490	0.387	1.000	0.108	1.522
мышцы	223.766	21.487	124.356	3.569	9.219	1.000	14.028
селезенка	15.952	1.532	8.865	0.254	0.657	0.071	1.000
Fe							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.001	0.540	0.030	0.010	0.007	0.187
гонады	826.198	1.000	446.237	24.978	8.106	5.907	154.291
жабры	1.851	0.002	1.000	0.056	0.018	0.013	0.346
сердце	33.077	0.040	17.865	1.000	0.325	0.236	6.177
печень	101.925	0.123	55.051	3.081	1.000	0.729	19.034
мышцы	139.872	0.169	75.546	4.229	1.372	1.000	26.121
селезенка	5.355	0.006	2.892	0.162	0.053	0.038	1.000
Co							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.001	0.282	0.008	0.001	0.001	0.002
гонады	1095.883	1.000	308.678	9.074	1.048	1.177	1.761
жабры	3.550	0.003	1.000	0.029	0.003	0.004	0.006
сердце	120.765	0.110	34.016	1.000	0.115	0.130	0.194
печень	1045.750	0.954	294.558	8.659	1.000	1.123	1.681
мышцы	931.261	0.850	262.309	7.711	0.891	1.000	1.497
селезенка	622.201	0.568	175.256	5.152	0.595	0.668	1.000
Ni							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.510	0.615	0.460	0.590	0.539	0.648
гонады	1.960	1.000	1.207	0.903	1.157	1.056	1.271
жабры	1.625	0.829	1.000	0.748	0.959	0.875	1.053
сердце	2.172	1.108	1.337	1.000	1.282	1.169	1.408
печень	1.694	0.864	1.042	0.780	1.000	0.912	1.098
мышцы	1.857	0.947	1.143	0.855	1.096	1.000	1.204
селезенка	1.542	0.787	0.949	0.710	0.911	0.831	1.000
Zn							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.824	2.360	1.013	0.960	0.341	0.789
гонады	1.214	1.000	2.866	1.231	1.166	0.414	0.958
жабры	0.424	0.349	1.000	0.429	0.407	0.144	0.334
сердце	0.987	0.813	2.329	1.000	0.948	0.336	0.778
печень	1.041	0.857	2.458	1.055	1.000	0.355	0.821
мышцы	2.934	2.416	6.925	2.973	2.818	1.000	2.314
селезенка	1.268	1.044	2.993	1.285	1.218	0.432	1.000
As							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.927	2.556	0.567	2.642	1.015	1.905
гонады	1.079	1.000	2.759	0.612	2.851	1.095	2.056
жабры	0.391	0.363	1.000	0.222	1.033	0.397	0.745
сердце	1.764	1.635	4.510	1.000	4.661	1.790	3.362
печень	0.379	0.351	0.968	0.215	1.000	0.384	0.721
мышцы	0.986	0.913	2.519	0.559	2.604	1.000	1.878
селезенка	0.525	0.486	1.342	0.297	1.386	0.533	1.000
Mo							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.585	2.018	2.018	2.353	0.398	0.998
гонады	1.709	1.000	3.448	3.449	4.022	0.681	1.706
жабры	0.496	0.290	1.000	1.000	1.166	0.197	0.495
сердце	0.496	0.290	1.000	1.000	1.166	0.197	0.495
печень	0.425	0.249	0.857	0.858	1.000	0.169	0.424
мышцы	2.510	1.469	5.064	5.065	5.907	1.000	2.506
селезенка	1.002	0.586	2.021	2.021	2.357	0.399	1.000
Cd							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.054	0.040	4.944	0.032	0.022	1.628
гонады	18.606	1.000	0.752	91.986	0.590	0.401	30.292
жабры	24.757	1.331	1.000	122.393	0.786	0.534	40.306
сердце	0.202	0.011	0.008	1.000	0.006	0.004	0.329
печень	31.510	1.693	1.273	155.778	1.000	0.679	51.300
мышцы	46.386	2.493	1.874	229.321	1.472	1.000	75.519

селезенка	0.614	0.033	0.025	3.037	0.019	0.013	1.000
Sn							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.104	2.526	1.802	0.997	8.149	0.729
гонады	9.601	1.000	24.247	17.297	9.576	78.238	7.002
жабры	0.396	0.041	1.000	0.713	0.395	3.227	0.289
сердце	0.555	0.058	1.402	1.000	0.554	4.523	0.405
печень	1.003	0.104	2.532	1.806	1.000	8.170	0.731
мышцы	0.123	0.013	0.310	0.221	0.122	1.000	0.090
селезенка	1.371	0.143	3.463	2.470	1.368	11.173	1.000
Sb							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	0.896	0.459	2.001	0.148	0.414	0.932
гонады	1.116	1.000	0.512	2.232	0.165	0.462	1.039
жабры	2.177	1.952	1.000	4.356	0.323	0.902	2.028
сердце	0.500	0.448	0.230	1.000	0.074	0.207	0.466
печень	6.751	6.052	3.101	13.507	1.000	2.797	6.289
мышцы	2.413	2.163	1.108	4.829	0.357	1.000	2.248
селезенка	1.073	0.962	0.493	2.148	0.159	0.445	1.000
Hg							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	1.507	2.022	1.950	1.584	1.065	2.644
гонады	0.664	1.000	1.342	1.294	1.051	0.706	1.754
жабры	0.495	0.745	1.000	0.964	0.784	0.527	1.308
сердце	0.513	0.773	1.037	1.000	0.812	0.546	1.356
печень	0.631	0.951	1.276	1.231	1.000	0.672	1.669
мышцы	0.939	1.416	1.899	1.832	1.488	1.000	2.483
селезенка	0.378	0.570	0.765	0.738	0.599	0.403	1.000
Pb							
Ткань	кость	гонады	жабры	сердце	печень	мышцы	селезенка
кость	1.000	1.489	1.966	1080.050	1.568	1.064	2.579
гонады	0.672	1.000	1.320	725.411	1.053	0.715	1.732
жабры	0.509	0.757	1.000	549.422	0.798	0.541	1.312
сердце	0.001	0.001	0.002	1.000	0.001	0.001	0.002
печень	0.638	0.950	1.254	688.910	1.000	0.679	1.645
мышцы	0.940	1.399	1.848	1015.162	1.474	1.000	2.424
селезенка	0.388	0.577	0.762	418.804	0.608	0.413	1.000

Примечание. * - «ткань-числитель» в соотношении находится в столбце, «ткань-знаменатель» - в строке таблицы.

Обсуждение

При расширении и оптимизации выборки рыб могут быть выявлены общие закономерности распределения тяжелых металлов по тканям щуки. Водоемы бассейна верхней Волги существенно не загрязнены ионами тяжелых металлов, там отсутствуют металлургические или иные производства, способные генерировать такое загрязнение. Загрязненность Угличского вдхр. среди водоемов верхней Волги считается не самой высокой (Экологические проблемы..., 2001). Согласно последним данным экомониторинга Угличского вдхр., аномальных зон загрязнения воды тяжелыми металлами не выявлено (Григорьева и др., 2016). При беглом анализе исходных значений содержания металлов в тканях было видно, что для ряда металлов (Co, Ni, Cd и др.) эти значения являлись следовыми (не более 5 мкг/кг), однако у многих рыб имели место резкие (на 2-3 порядка вверх) скачки содержания, не воспроизводимые ни для других металлов в данной ткани, ни для этого же металла в других тканях. Это может объясняться разовыми попаданиями того или иного металла в организм щуки (например, по пищевой цепи) и разными скоростями его биоаккумуляции и выведения из разных тканей. Наличие таких резких скачков внесло основной вклад в высокую относительную погрешность каждого из средних соотношений. Тем не менее представляется, что у рыб, населяющих экосистемы с повышенным содержанием сразу нескольких тяжелых металлов (что часто имеет место, например, в водоемах вблизи мест добычи, обработки и захоронения железа, цветных металлов, а также угля), подобные скачки менее вероятны, а значит, больше вероятность получить достоверные соотношения по данному алгоритму.

Касательно результатов 2-го этапа анализа:

- В токсикологической литературе есть данные о том, что кобальт более всего накапливается именно в костях (Bingham et al., 2001). При этом, если проанализировать средние соотношения

в костях и гонадах только для самцов (1034) и только для самок (1074), получается, что нет существенной разницы по накоплению Co в гонадах особей щуки разного пола.

- В литературе имеются данные о способности иона Cd^{2+} замещать Ca^{2+} в связывающих его белках (Marchetti, 2013). Такая способность вызвана, скорее всего, близостью радиусов ионов Cd^{2+} (0.109 нм) и Ca^{2+} (0.114 нм). Ясно, что сердечная мышца содержит значительное количество кальциевых каналов, где, скорее всего, в основном накапливался кадмий.
- Подобные результаты описаны в литературе при исследовании накопления меди в тканях различных пресноводных рыб (Gül et al., 2011; Zubcov et al., 2012).

Заключение

Созданный алгоритм позволяет выявить средние соотношения общей массы тяжелых металлов между тканями для отдельных особей рыб, а при расширении и оптимизации выборки – установить общие токсикологические закономерности распределения металлов. Для отдельных металлов удалось выявить объяснимые закономерности по распределению Co, Cd, Cu между некоторыми тканями.

Библиография

Григорьева И. Л., Лупанова И. А., Крутенко С. А. Современное состояние качества воды Угличского водохранилища по данным мониторинговых наблюдений [Current state of the water quality in Uglich water reservoir according to monitoring observations data] // Тезисы докладов X Всероссийской конференции по анализу объектов окружающей среды. Углич: Филигрань, 2016. С. 40.

Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография [Ecological problems of the Upper Volga]. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. 427 с.

AMA (Agencia de Medio Ambiente). Determinacion del contenido de pesticidas en aguas y de metales en organismos vivos (Determining the pesticide content in waters and the metal content in living organisms). Seville, Spain: AMA, 1992.

Bingham E., Cohrssen B., Powell C. H. Patty's Toxicology. Vol. 1-9. 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. Available at: <http://toxnet.nlm.nih.gov/>

Boalt E., Miller A., Dahlgren H. Distribution of cadmium, mercury, and lead in different body parts of Baltic herring (*Clupea harengus*) and perch (*Perca fluviatilis*): implications for environmental status assessments // Marine Pollution Bulletin. 2014. Vol. 78. № 1-2. P. 130-136.

European Parliament and the Council of the EU. Directive 2008/56/EC, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) // Official Journal of the European Union. 2008. L164. P. 19-40.

Gül A., Yılmaz M., Benzer S., Taşdemir L. Investigation of zinc, copper, lead and cadmium accumulation in the tissues of Sander lucioperca (L., 1758) living in Hirfanlı Dam Lake, Turkey // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2011. Vol. 87. № 3. P. 264-266.

Marchetti C. Role of calcium channels in heavy metal toxicity // ISRN Toxicology. Vol. 2013. P. 1-9.

Milestone Inc. Animal tissue. Application field: Clinical / Pharmaceutical. Digestion Application Note DG-CL-02. Shelton, CT, USA: Milestone Inc., 2008.

Subotić S., Višnjić Jeftić Ž., Spasić S., Hegediš A., Krpo-Četković J., Lenhardt M. Distribution and accumulation of elements (As, Cu, Fe, Hg, Mn, and Zn) in tissues of fish species from different trophic levels in the Danube River at the confluence with the Sava River (Serbia) // Environmental Science and Pollution Research International. 2013. Vol. 20. № 8. P. 5309-5317.

Türkmen M., Tepe Y., Türkmen A., Kemal Sangün M., Ateş A., Genç E. Assessment of heavy metal contamination in various tissues of six ray species from İskenderun Bay, northeastern Mediterranean Sea // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2013. Vol. 90. № 6. P. 702-707.

Золотарёв К. В. , Михайлова М. В. , Наход К. В. , Михайлов А. Н. Алгоритм анализа распределения тяжелых металлов в тканях рыб на примере щуки // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 34-47. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7742

Usero J., González-Regalado E., Gracia I. Trace Metals in the Bivalve Mollusc *Chamelea gallina* from the Atlantic Coast of Southern Spain // Marine Pollution Bulletin. 1996. Vol. 32. № 3. P. 305-310.

Vaseem H., Banerjee T. K. Contamination of metals in different tissues of rohu (*Labeo rohita*, Cyprinidae) collected from the Indian River Ganga // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2013. Vol. 91. № 1. P. 36-41.

Yohannes Y. B., Ikenaka Y., Nakayama S. M., Saengtienchai A., Watanabe K., Ishizuka M. Organochlorine pesticides and heavy metals in fish from Lake Awassa, Ethiopia: Insights from stable isotope analysis // Chemosphere. 2013. Vol. 91. № 6. P. 857-863.

Zubcov E., Zubcov N., Ene A., Biletschi L. Assessment of copper and zinc levels in fish from freshwater ecosystems of Moldova // Environmental Science and Pollution Research International. 2012. Vol. 19. № 6. P. 2238-2247.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы.

Algorithm to analyse distribution of heavy metals in fish tissues on the example of northern pike

**ZOLOTARYOV
Konstantin**

*Institute of Biomedical Chemistry (IBMC),
fireaxe@mail.ru*

**MIKHAILOVA
Marina**

*Institute of Biomedical Chemistry (IBMC),
m_mikhailova@mail.ru*

**NAKHOD
Kirill**

*Institute of Biomedical Chemistry (IBMC),
g-s2011@mail.ru*

**MIKHAILOV
Anton**

*Institute of Biomedical Chemistry (IBMC),
myhas84@mail.ru*

Keywords:

heavy metals
distribution
pike
ratio analysis
algorithm

Summary:

The paper deals with an algorithm created to analyze the heavy metals content in fish tissues. We developed it to study the distribution of heavy metals in fish tissues as well as to find appropriate mathematical approaches for its assessment. The algorithm consists of two steps. The first one is calculation of mean ratios of all the metals content being studied for every pair of tissues of each fish. The second one is calculation of mean ratios of an every single metal content for every pair of tissues of all the fishes. The operability of the algorithm was tested with the values of heavy metals concentrations in the northern pike (*Esox lucius*) tissues of the Upper Volga basin. These results were obtained using the inductively coupled plasma mass spectrometry. During the first step of the analysis more or less statistically reliable mean ratios of heavy metals content for individual fishes were obtained, but no common regularities of heavy metals distribution between pike tissues were revealed. These regularities can be found in expanding and optimizing the sample of fishes. At the second step it was statistically reliably stated that in pike Co accumulates in bones much more than in gonads or muscles, and Cd accumulates much more in heart than in other tissues especially in muscles. Besides, Cu accumulates much less in muscles than in other studied tissues.

References

- AMA (Agencia de Medio Ambiente). Determinacion del contenido de pesticidas en aguas y de metales en organismos vivos (Determining the pesticide content in waters and the metal content in living organisms). Seville, Spain: AMA, 1992.
- Bingham E., Cohrssen B., Powell C. H. Patty's Toxicology. Vol. 1–9. 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. Available at: <http://toxnet.nlm.nih.gov/>
- Boalt E., Miller A., Dahlgren H. Distribution of cadmium, mercury, and lead in different body parts of Baltic herring (*Clupea harengus*) and perch (*Perca fluviatilis*): implications for environmental status assessments, Marine Pollution Bulletin. 2014. Vol. 78. No. 1–2. P. 130–136.
- Ecological problems of the Upper Volga. Yaroslavl': Izd-vo YaGTU, 2001. 427 p.
- European Parliament and the Council of the EU. Directive 2008/56/EC, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive), Official Journal of the European Union. 2008. L164. P. 19–40.

Gül A., Yılmaz M., Benzer S., Taşdemir L. Investigation of zinc, copper, lead and cadmium accumulation in the tissues of Sander lucioperca (L., 1758) living in Hirfanlı Dam Lake, Turkey, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2011. Vol. 87. No. 3. P. 264–266.

Grigor'eva I. L. Lupanova I. A. Krutenko S. A. Current state of the water quality in Uglich water reservoir according to monitoring observations data, *Tezisy dokladov X Vserossiyskoy konferencii po analizu ob'ektov okruzhayushey sredy*. Uglich: Filigran', 2016. P. 40.

Marchetti C. Role of calcium channels in heavy metal toxicity, *ISRN Toxicology*. Vol. 2013. P. 1–9.

Milestone Inc. Animal tissue. Application field: Clinical, Pharmaceutical. Digestion Application Note DG-CL-02. Shelton, CT, USA: Milestone Inc., 2008.

Subotić S., Višnjić Jeftić Ž., Spasić S., Hegediš A., Krpo-Četković J., Lenhardt M. Distribution and accumulation of elements (As, Cu, Fe, Hg, Mn, and Zn) in tissues of fish species from different trophic levels in the Danube River at the confluence with the Sava River (Serbia), *Environmental Science and Pollution Research International*. 2013. Vol. 20. No. 8. P. 5309–5317.

Türkmen M., Tepe Y., Türkmen A., Kemal Sangün M., Ateş A., Genç E. Assessment of heavy metal contamination in various tissues of six ray species from İskenderun Bay, northeastern Mediterranean Sea, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2013. Vol. 90. No. 6. P. 702–707.

Usero J., González-Regalado E., Gracia I. Trace Metals in the Bivalve Mollusc *Chamelea gallina* from the Atlantic Coast of Southern Spain, *Marine Pollution Bulletin*. 1996. Vol. 32. No. 3. P. 305–310.

Vaseem H., Banerjee T. K. Contamination of metals in different tissues of rohu (*Labeo rohita*, Cyprinidae) collected from the Indian River Ganga, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2013. Vol. 91. No. 1. P. 36–41.

Yohannes Y. B., Ikenaka Y., Nakayama S. M., Saengtienchai A., Watanabe K., Ishizuka M. Organochlorine pesticides and heavy metals in fish from Lake Awassa, Ethiopia: Insights from stable isotope analysis, *Chemosphere*. 2013. Vol. 91. No. 6. P. 857–863.

Zubcov E., Zubcov N., Ene A., Biletschi L. Assessment of copper and zinc levels in fish from freshwater ecosystems of Moldova, *Environmental Science and Pollution Research International*. 2012. Vol. 19. No. 6. P. 2238–2247.



УДК 574.9 + 574.472

Сходство и различие пойменных орнитокомплексов Урала и Приамурья на примере трех заповедников

КОЛБИН
Василий Анфимович

ФГБУ "Государственный природный заповедник
"Вишерский", kgularis@mail.ru

ГИЛЁВ
Алексей Валерьевич

Институт экологии растений и животных УрО РАН,
gilev123@yandex.ru

Ключевые слова:

Северный Урал
р. Вишера
Приамурье
р. Нора
р. Селемджа
р. Горин
видовой состав
сообщество птиц

Аннотация:

В работе проведено сравнение сообществ птиц на речных участках пойм р. Вишеры (Северный Урал) и рек Селемджа и Горин (Амурская область, Хабаровский край). Выявлено достаточно высокое сходство по видовому составу между Уральскими и Приамурскими участками (I_s 0.48 и 0.46) и низкое перекрытие по обилию (I_{sc} 0.19 и 0.14). Доля представителей отряда воробьинообразных во всех трех сравниваемых участках составила 75–78 %. По результатам факторного анализа различия проявились в высокой значимости семейств вьюрковых, славковых и отряда ржанкообразных на Вишерском Урале, в большой значимости семейств овсянковых, мухоловковых, синиц и отряда дятлообразных в Приамурье. Сравнение орнитокомплексов приречных участков пойм Вишерского Урала и Северного Приамурья показало, что структурные различия сообществ в первую очередь определяются разницей регионов по широте. Удаленность Вишерского заповедника от зоны широколиственных лесов проявляется в доминировании здесь экологически не связанных с ними таксонов: вьюрковых, славковых и ржанкообразных. Высокая значимость в Приамурье овсянок, мухоловок и других дендрофильных видов связана с более южным расположением и распространенностью широколиственных лесов в регионе. Эти различия регионов наглядно отражаются в значениях индекса полидоминантности: в наиболее северном – Вишерском – заповеднике они минимальные, в самом южном – Комсомольском – они максимальные. Меридиональные различия между орнитокомплексами проявляются в видовом составе сообществ, причем среди околородных птиц эта разница минимальна.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Получена: 14 ноября 2017 года

Опубликована: 08 октября 2018 года

Введение

Сравнение однотипных природных сообществ различных регионов представляет значительный научный интерес, поскольку позволяет осмыслить зависимость структуры комплексов от факторов

среды и исторических аспектов их формирования, но, к сожалению, работ такого плана относительно не много (Преображенская, 1982). Кроме того, такое сопоставление наглядно проявляет особенности функционирования экосистем в свете широтной, меридиональной и региональной зональности распределения организмов. За более чем 30 лет работы в заповедниках Урала и Приамурья был собран достаточно большой материал по населению птиц приречных участков пойм во время обследования рек с лодок. Представляется интересным сравнение имеющихся данных по столь удаленным регионам. Расстояние между Комсомольским и Норским заповедниками составляет около 500 км, между Вишерским и Норским – 4200 км, между Вишерским и Комсомольским – 4700 км. Комсомольский и Норский заповедники находятся на восточной и западной границах распространения представителей маньчжурской (амурской) фауны (Воробьев, 1954; Куренцов, 1965; Колбин, 2008). В Вишерском заповеднике, расположенном на Северном Урале, наблюдается преобладание представителей сибирской фауны (Колбин, 2011, 2016).

Материалы

Данные, послужившие основой для работы, собраны во время сплавов на лодках по рекам Комсомольского, Норского и Вишерского заповедников и сопредельных с ними территорий. В трех пойменных комплексах в общей сложности выявлено 195 видов птиц: из них на р. Горин – 106; на реках Норского заповедника – 132; в бассейне р. Вишеры – 112. Сравнительно низкое видовое разнообразие на р. Горин – в самом южном регионе, очевидно, соответствует наименьшей протяженности лодочных маршрутов.

Комсомольский заповедник расположен близ устья левого притока р. Амур – р. Горин (40 км ниже г. Комсомольск-на-Амуре Хабаровского края). Долина реки Горин (390 км) в пределах территории заповедника имеет юго-восточное направление. Ширина ее в северной части заповедника около 2 км, на юге, в устье реки долина расширяется до 4–5 км. В Комсомольском заповеднике сплавы по р. Горин в гнездовое время проводили в период с 1984 по 1991 г. Протяженность маршрутов в данном регионе составила 430 км.

Норский заповедник расположен в междуречье рек Селемджа (647 км) и Нора (305 км), занимает южные отроги хр. Джагды (бассейн р. Бурунда, 187 км) и прилегающую часть Амуро-Зейской равнины в Селемджинском районе Амурской области. Пойменные леса более чем на 90 % пройдены пожарами. В районе слияния рек Нора, Червинка и Селемджа образовалась своеобразная дельтоподобная система с сотнями протоков и островов, меняющих свое расположение после крупных наводнений. Для рек характерен быстрый подъем и спад уровня воды в зависимости от дождей. В Норском заповеднике сплавы по рекам Нора, Бурунда и Селемджа проводили с 2000 по 2014 г. Протяженность маршрутов составила 920 км.

Вишерский заповедник расположен на северо-востоке Пермского края в верховьях р. Вишера (415 км). Для Вишеры, так же как и для рек Приамурья, характерны высокое половодье, дождевые паводки и низкая летняя межень. В Вишерском заповеднике и в Красновишерском районе сплавы по рекам Вишера, Велс и Язьва проходили с 2002 по 2016 г. Протяженность маршрутов составила 1220 км.

Методы

Сплавы проводили на весельных лодках в гнездовое время – с середины мая до начала июля. Во время таких маршрутов учитывали всех встреченных птиц, отмеченных визуально и по голосам.

Встречаемость птиц по результатам учетов с лодки рассчитывали в парах на 10 км реки. При этом нетерриториальные виды, которые не охраняют свою территорию, объединяли в пары условно. Для тех видов, которые многократно учитывались в разные годы, рассчитывали среднюю встречаемость, для оценки варьирования данных вычисляли стандартное отклонение.

Учеты птиц с лодки – удобный способ изучения фауны из-за легкости перемещения и возможности обследования значительных территорий, поэтому неудивительно, что этот подход применяли многие исследователи (Кистяковский, Смогоржевский, 1964, 1973; Пронкевич, 2013).

Вода затрудняет определение расстояния до слышимой птицы, поэтому целесообразно вычисление встречаемости, а не плотности населения. Объединение в одной выборке обитателей водной и наземной среды также вносит дополнительные сложности при интерпретации полученных данных. Обычно сплавы занимают продолжительное время и охватывают время как с высокой активностью птиц, так и с низкой, поэтому существенная часть малопоющих лесных птиц не учитывается, хотя околотовные виды выявляются полнее. Вследствие этого очевидно, что полученная информация не подходит для достоверной характеристики численности птиц пойменных лесов

конкретного региона, но в качестве относительных показателей для сравнительного анализа она может использоваться. С другой стороны, большая протяженность водных маршрутов позволяет выявлять значительное количество видов за сравнительно короткое время.

Для характеристики сообществ рассчитывали индексы полидоминантности на основе индекса Симпсона (Песенко, 1982; Бигон и др., 1989):

$$S_{\lambda'} = \left(\sum_{i=1}^s p_i^2 \right)^{-1}, \quad 1 \leq S_{\lambda'} < \infty,$$

где p_i – доля i -го вида в генеральной совокупности, включающей S видов, или вероятность его встречи в соответствующем населении. Согласно Ю. А. Песенко (1982), данные индексы наиболее пригодны для исследования биоразнообразия многовидовых сообществ.

Степень сходства различных сообществ оценивалась по индексу Сьеренсена для качественных данных:

$$I_s = \frac{2a}{(a+b) + (a+c)},$$

где a – число видов, входящих в оба списка, b и c – число видов, входящих только в 1-й или только во 2-й список.

Для количественных данных использовался индекс Сьеренсена – Чекановского:

$$I_{sc} = \sum_i \min(p_{ij}, p_{ik}),$$

где p_{ij} – доля i -го вида в выборке J , p_{ik} – доля i -го вида в выборке K (Czekanowski, 1909; Sørensen, 1948; по Песенко, 1982). Данная формула рекомендована Ю. А. Песенко для сопоставления различных экологических выборок, поскольку напрямую измеряет мощность пересечения сравниваемых множеств.

Для анализа размещения гнезд использовались собственные наблюдения и литературные данные (Рябицев, 2014).

Достоверность различий между выборками оценивалась с помощью критерия Хи-квадрат. Анализ вклада разных систематических групп в наблюдаемые различия проводили методом главных компонент. Все расчеты выполняли средствами пакетов Microsoft Office Excel 2003–2007 и Statistica 6.

Результаты

На р. Горин и на реках Норского заповедника у 28 видов птиц доля в пойменном сообществе превысила 1 % (рис. 1, 2), на реках Вишера и Язьва такое превышение отмечено только у 20 видов (рис. 3). Индексы полидоминантности оказались в бассейне р. Вишеры также самыми низкими (табл. 1), что связано с уменьшением разнообразия таежной растительности по сравнению с широколиственными лесами, это подтверждают максимальные их значения на р. Горин.

Перекрытие рассматриваемых пойменных комплексов по индексам Сьеренсена – Чекановского для количественных и качественных данных соответствует ожиданиям: сходство между реками Приамурья оказалось высоким, а между реками Урала и Приамурья низким. Причем перекрытие по видовому составу между тремя территориями имело более высокие значения, что определяется меньшей изменчивостью видовых списков без учета обилия.

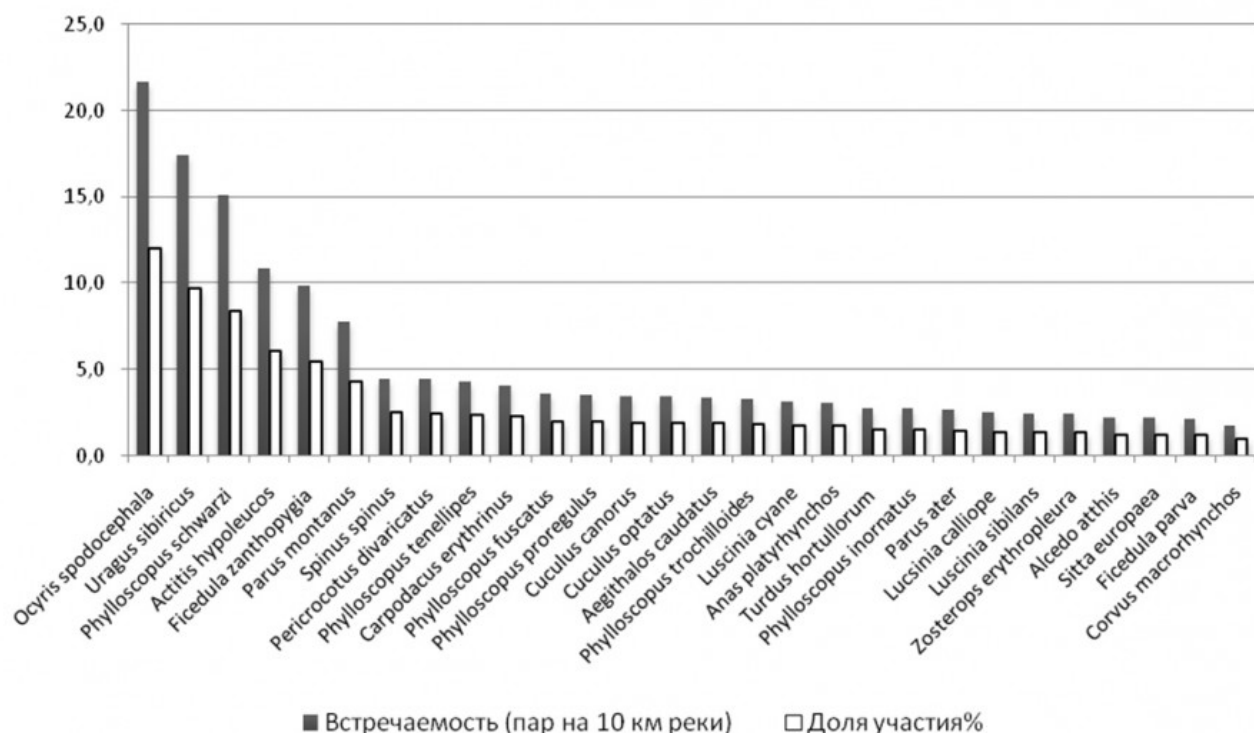


Рис. 1. Встречаемость птиц в пойменных сообществах рек Норского заповедника
Fig. 1. The occurrence of birds in the floodplane communities in the rivers of Norsky nature reserve

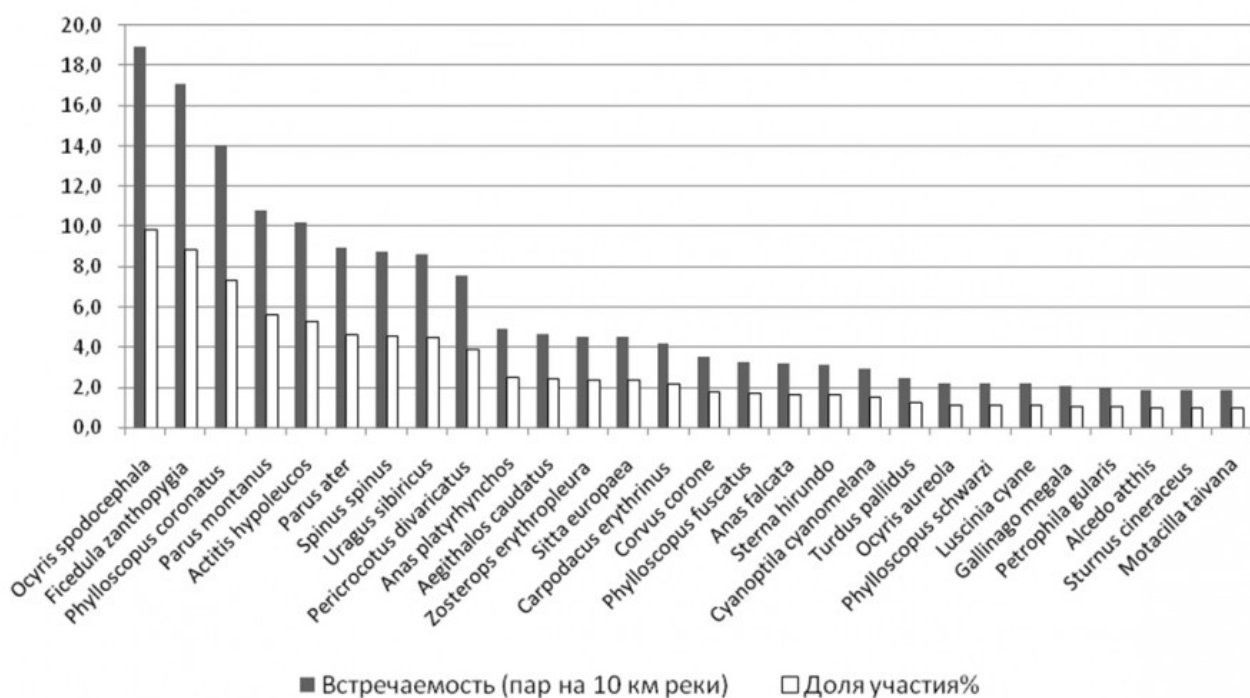


Рис. 2. Встречаемость птиц в пойменных сообществах р. Горин
Fig. 2. The occurrence of birds in abundance in floodplane communities of the river Gorin

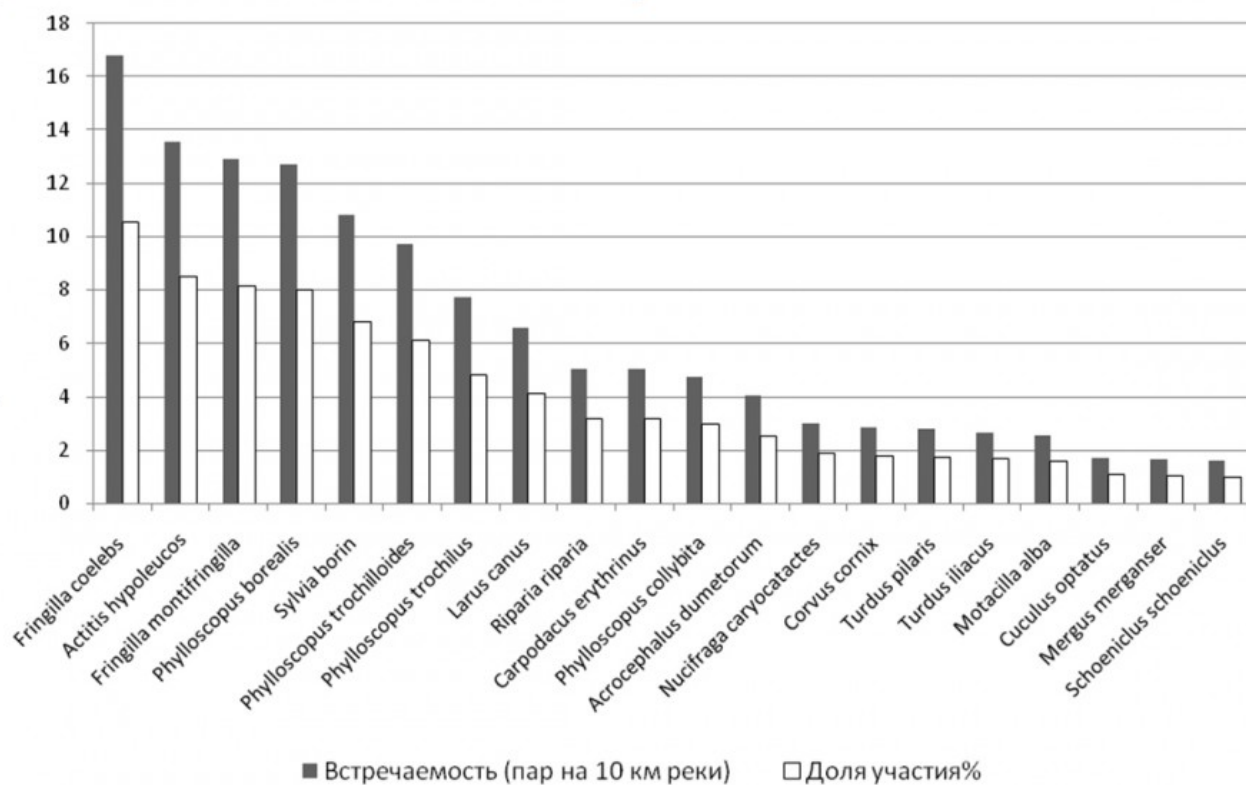


Рис. 3. Встречаемость птиц в пойменных сообществах р. Вишеры
Fig. 3. The occurrence of birds in the floodplane communities of the river Vishera

Таблица 1. Показатели разнообразия и сходства пойменных орнитокомплексов

Сравниваемые реки	Индекс полидоминантности	Показатели сходства		
		Вишера	Нора	Горин
Вишера, Велс, Язьва	19.9	-	0.19	0.14
Нора, Бурунда, Селемджа	21.2	0.48	-	0.59
Горин	23.4	0.46	0.78	-

Примечание. Над главной диагональю – индекс сходства Сьеренсена – Чекановского для количественных данных (обилие видов), под главной диагональю – индекс сходства Сьеренсена для качественных данных (видовой состав).

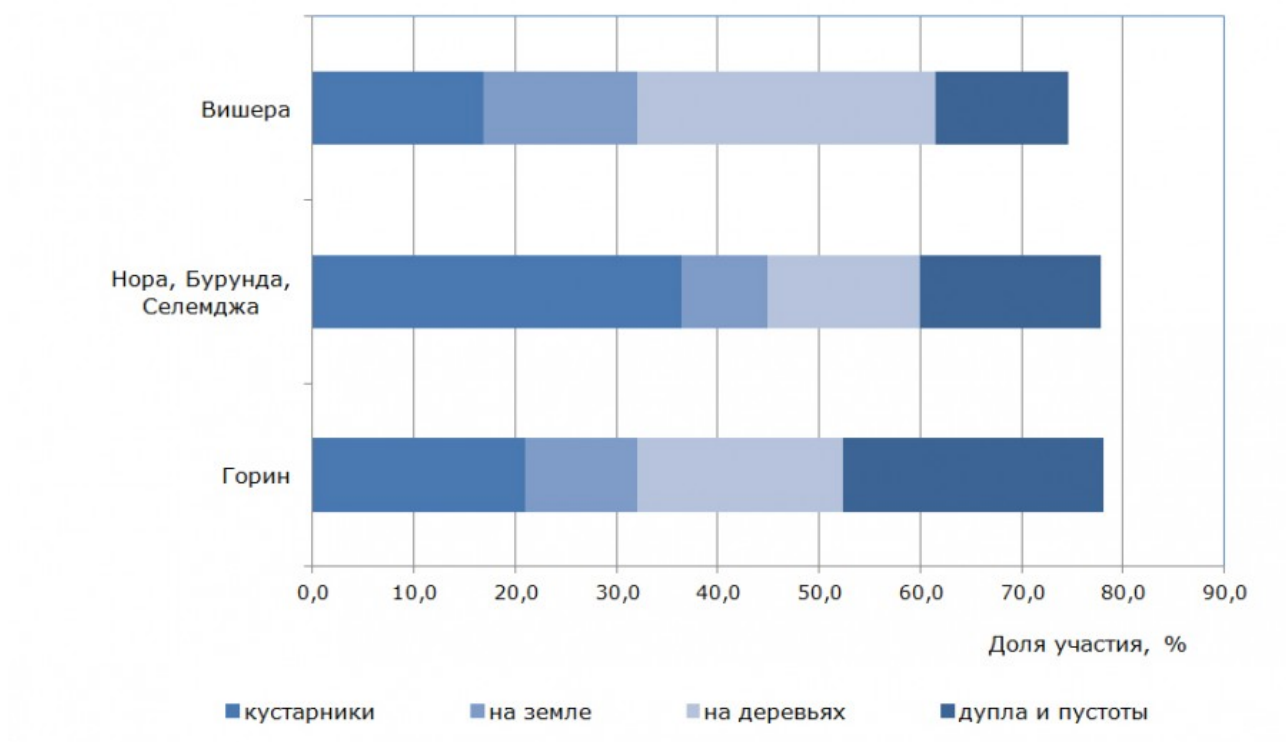


Рис. 4. Распределение воробьинообразных птиц по местам размещения гнезд
Fig. 4. The distribution of birds of the order of passerines by the locations of nests

Таблица 2. Доли отрядов и семейств птиц по встречаемости в %

№	Отряды	Семейства	Вишера	Нора	Горин
1	Passeriformes	Sylviidae	32.6	20.2	11.5
2		Fringillidae	23.9	15.4	12.1
3		Emberizidae	1.7	12.2	12.2
4		Turdidae	5.4	6.5	4.1
5		Paridae	0.6	5.8	10.7
6		Sittidae	0.1	1.2	2.4
7		Aegithalidae	0.1	1.9	2.4
8		Motacillidae	2.5	1.6	1.4
9		Corvidae	4.1	1.5	3.7
10		Campephagidae	0	2.5	3.9
11		Zosteropidae	0	1.3	2.4
12		Muscicapidae	0.1	7.5	9.4
13		Hirundinidae	3.3	0.01	0
14		Прочие	0.3	0.4	1.6
		Сумма	74.6	78.0	77.8
15	Charadriiformes		16.8	6.9	8.4
16	Anseriformes		2.5	5.8	4.2
17	Cuculiformes		2	4.1	1.5
18	Falconiformes		1	1.3	1.2
19	Piciformes		0.4	1.4	1.6
20	Columbiformes		0.4	0.2	0.8
21	Coraciiformes		0	1.2	1.4
22	Gruiformes		1	0.1	0.5
23	Прочие		1.4	1.0	2.6

По табл. 2 следует отметить, что семейства и даже отряды птиц представлены в достаточно высокой степени экологически близкими видами, и поэтому различия в систематической структуре сообществ отражают также и различия в их экологической структуре. Различия между выборками оценивались по абсолютным значениям встречаемости различных систематических групп птиц и оказались статистически значимы (Хи-квадрат = 5127.34, df = 44, $p < 0.001$). Для оценки вклада разных групп птиц в наблюдаемые различия использован метод главных компонент (рис. 5).

С первой компонентой связано 83.41 % дисперсии. Основной вклад в нее вносят доминирующие группы птиц: славковые, вьюрковые, ржанкообразные. Можно утверждать, что первая компонента – это

характеристика доминирования. Однако следует отметить, что доля этих групп существенно выше на Вишере. Поэтому первая компонента, на наш взгляд, характеризует и различия в обилии доминирующих групп. Вторая компонента объясняет 10.87 % дисперсии. Основной вклад в нее вносят группы овсянок, синиц, мухоловок, дятлообразных. Она характеризует различия в обилии этих групп – их заметно меньше в первом сообществе (р. Вишера), чем в двух других. Остальные группы оказываются вблизи 0 и не вносят существенного вклада в наблюдаемые различия.

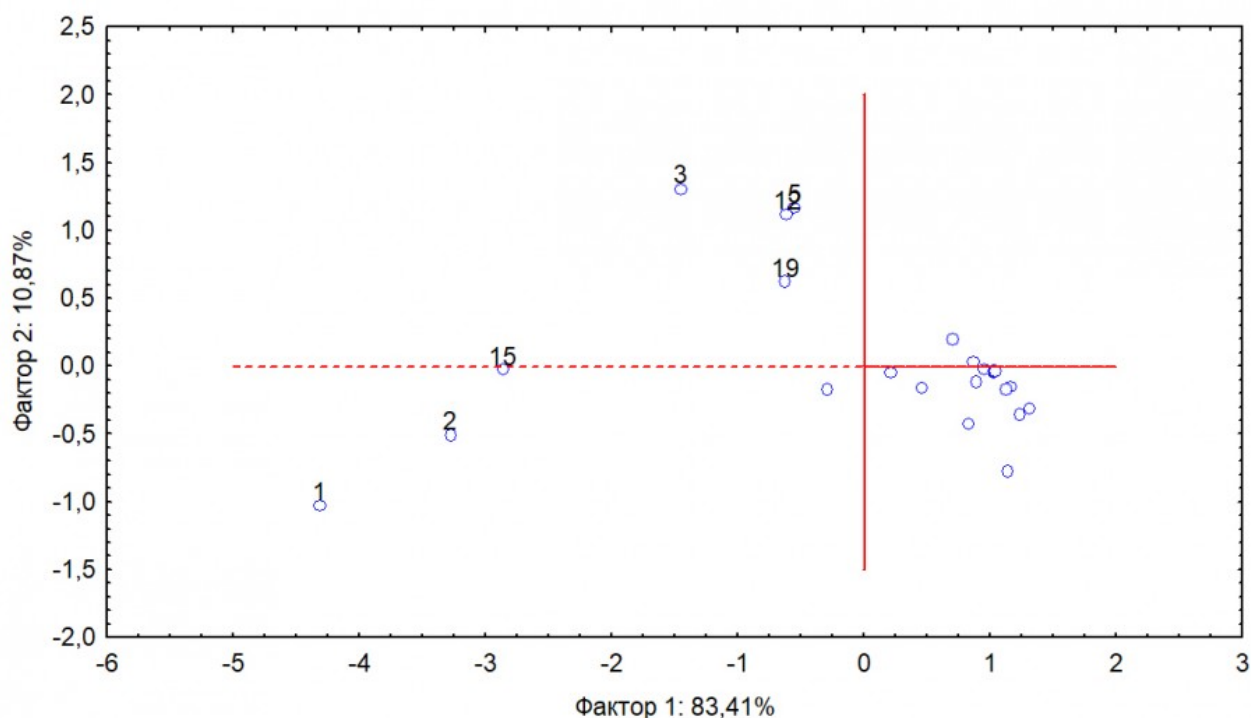


Рис. 5. Ординация систематических групп птиц (отрядов и семейств) в осях двух первых главных компонент. Цифры соответствуют номерам групп в табл. 2

Fig. 5. Ordination of systematic groups of birds (orders and families) in the axes of the first two main components. The numbers correspond to the group numbers in Table 2

Таким образом, с первым фактором связаны многочисленные группы, доля которых на Вишере примерно вдвое больше, чем на Дальнем Востоке. Со вторым фактором – группы, доля которых на Вишере существенно меньше, чем на Дальнем Востоке.

На Урале заметно выше доля *Sylviidae*, *Fringillidae*, *Hirundinidae* и отряда *Charadriiformes*. На Дальнем Востоке выше доля *Emberizidae*, *Paridae*, *Sittidae*, *Aegithalidae*, *Muscicapidae* и отряда *Piciformes*. Доля прочих групп достаточно низка, и вариации их присутствия в выборках могут все же оказаться случайными и незначимыми.

Доля представителей отряда воробьинообразных *Passeriformes* в целом оказалась очень близкой на всех трех сравниваемых участках: 74.6 % на р. Вишере, 78.0 % в бассейне р. Селемджи и 77.8 % на р. Горин. Естественно, что это наводит на мысль о высоком сходстве состава сообществ птиц исследуемых регионов при данном уровне усреднения видовых показателей.

Обсуждение

Самым массовым семейством на реках Вишера и Селемджа были славковые *Sylviidae* (см. рис. 5), на р. Горин они третьи по значимости. При этом необходимо отметить, что в Приамурье отсутствуют представители рода *Sylvia*, играющие заметную роль в пойменных комплексах Урала и имеющие европейское (средиземноморское) происхождение. На Дальнем Востоке, по всей видимости, их экологические ниши в значительной мере занимают пеночки *Phylloscopus*, которые имеют наибольший вес в рамках этого семейства в трех регионах, а также мухоловки *Muscicapidae*. Доля пеночек составила на р. Вишере 21.9 % (доминант пеночка-таловка *Ph. borealis* 8%); на р. Норе 18.5 % (доминант толстоклювая пеночка *Ph. schwarzi* 8.4 %); на р. Горин 10.6 % (доминант светлоголовая пеночка *Ph.*

coronatus 7.3 %).

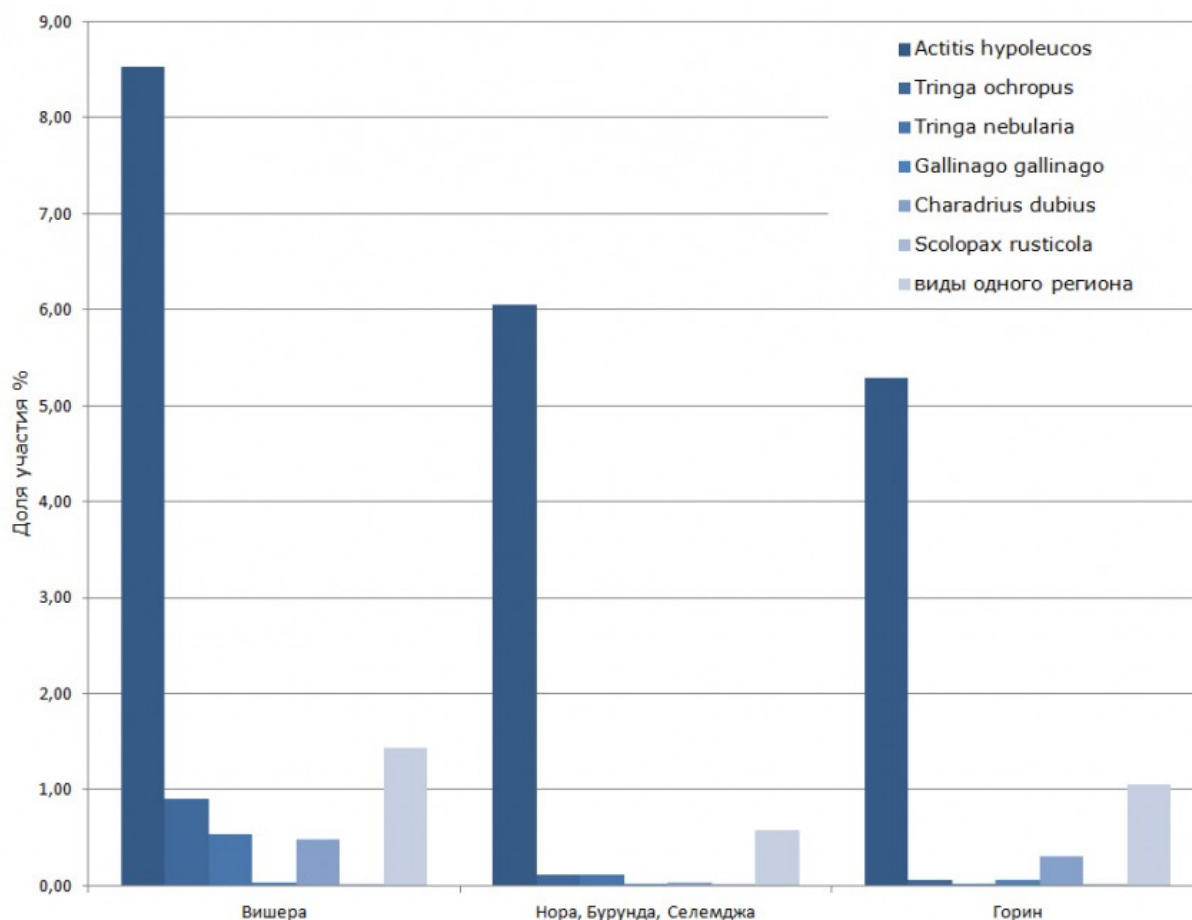


Рис. 6. Распределение птиц подотряда куликов по обилию
Fig. 6. Distribution of bird's suborder of waders by their abundance

Наиболее массовым видом пойм Приамурья является сеголовая овсянка *Ocyris spodocephala* с долей участия 12 % в Норском и 9.9 % в Комсомольском заповедниках. По результатам учетов в пойменных комплексах, овсянковые *Emberizidae* в целом имеют высокую значимость для Приамурья и низкую для Вишерского Урала (см. табл. 2, рис. 5).

Еще значительнее были различия в рамках семейства мухоловковых. Вероятно, такая разница в значимости представителей этого таксона связана как с широтными, так и с меридиональными различиями регионов. Как известно, видовое богатство и численность птиц снижается к северу и югу от зоны широколиственных лесов (Гладков, 1958). В Приамурье желтоспинная мухоловка *Ficedula zanthopygia* – фоновый вид пойменных лесов: 5.5 % на р. Селемдже и 8.9 % на р. Горин. На р. Вишере же можно говорить только о присутствии 3 видов мухоловок. По всей видимости, в показателях обилия мухоловок проявляется прямая связь этой группы с широколиственными и смешанными лесами: на р. Вишере широколиственные породы отсутствуют как таковые, а в долине р. Горин они нередко доминируют в фитоценозах. Кроме того, возможно, высокая значимость мухоловок компенсирует отсутствие славков в Приамурье, экологические ниши которых отчасти заняли представители этой группы.

Доля семейства синиц *Paridae* на Урале также значительно ниже, чем в Приамурье (см. табл. 2), возможно, здесь нашло отражение снижение численности пухляка *Parus montanus*, проявившееся в Европе и значительной части Сибири в последние десятилетия (Преображенская, 2017). Вероятно, выявленные различия в значимости группы дендрофильных видов (синицы, поползни, длиннохвостые синицы) связаны как с широтными различиями, так и с большей нарушенностью лесов Приамурья: в Норском заповеднике свыше 90 % лесов пройдены пожарами, в Комсомольском – свыше 30 %.

Показатели обилия семейства дроздовых *Turdidae* (см. табл. 2) были весьма близки. Очевидно, что

представители этого таксона выполняют в пойменных сообществах сравниваемых регионов одинаковую роль, при этом дрозды Приамурья, имеющие маньчжурское и сибирское происхождение, являются аналогами преимущественно европейских дроздов бассейна р. Вишеры. Единственным общим видом, который регистрировался в пойменных комплексах Урала и Приамурья, был пестрый дрозд *Zoothera varia*.

В рамках семейства трясогузок *Motacillidae* изучаемые регионы показали высокое сходство, причем 3 вида встречены как на Урале, так и в Приамурье: это белая трясогузка *Motacilla alba*, горная трясогузка *M. cinerea* и пятнистый конек *Anthus hodgsoni*, хотя последний вид на р. Вишере только присутствует (менее 0.1 %). По всей видимости, такая картина объясняется привязанностью трясогузок к околородным станциям. А группировка околородных птиц вследствие преобладания видов-транспалеарктов весьма сходна на востоке и на западе таежной зоны Евразии. Эта тенденция также заметна в рамках подотряда куликов и в других таксонах.

Отличия в рамках отряда наиболее наглядно проявляются в отсутствии на Урале представителей экзотических семейств личинкоедов *Campephagidae* и белоглазок *Zosteropidae*, которые обычны в поймах рек Селемджа и Горин. Причем в пойме р. Горин, в самом южном регионе, доля этих таксонов наиболее высока, что, видимо, коррелирует с высокой значимостью в местных долинных лесах широколиственных пород деревьев.

Анализ сообществ птиц в рамках отряда воробьинообразных по местам размещения гнезд (см. рис. 4) показал, что в наиболее страдающих от пожаров поймах Норского заповедника доминируют виды, гнездящиеся в кустарниках и дуплах. Наибольшая доля дуплогнездников выявлена в самом южном – Комсомольском – заповеднике. А в наиболее сохранившихся пойменных лесах Вишерского заповедника преобладают виды, гнездящиеся в кронах деревьев.

Доля представителей отряда ржанкообразных *Charadriiformes* на р. Вишере выше, чем на реках Селемджа и Горин (см. табл. 2). При этом необходимо отметить, что помимо подотряда куликов *Limicoli* и широко распространенных речных крачек *Sterna hirundo* (0.7 %) на р. Вишере обычны на гнездовании сизые чайки *Larus canus* (4.1 %), которых на реках Приамурья отмечали только на пролете. Очевидно, это связано с широтными различиями сравниваемых территорий. Поэтому в рамках данного отряда целесообразно сопоставление показателей обилия куликов, суммарная доля которых составила на р. Вишере 11.9 %, на р. Норе 6.9 %, на р. Горин 6.8 %. Везде доминировал перевозчик *Actitis hypoleucos* (рис. 6), встречаемость его на р. Вишере составила 13.6 пары на 10 км реки, на р. Норе – 10.9, на р. Горин – 10.2. Очевидно, что сообщества куликов имеют весьма сходный состав: кроме перевозчика в той или иной степени представлен еще один речной кулик – малый зуек *Charadrius dubius*, также повсеместно встречаются большой улит *Tringa nebularia* и черныш *T. ochropus* – виды пойменных лугов и болот, которые регулярно посещают реки. Достаточно значимы виды, характерные для конкретного региона: для р. Вишера это кулик-сорока *Haematopus ostralegus* 0.6 % и мородунка *Xenus cinereus* 0.5 %; для р. Нора дальневосточный кроншнеп *Numenius madagascariensis* 0.6 %, для р. Горин лесной дупель *Gallinago megala* 1.1 %.

На р. Вишере отсутствуют ракшеобразные *Coraciiformes*, которые в Приамурье представлены зимородком и широкооротом. Очевидно, что это различие имеет чисто широтный характер.

Заметной была разница в значимости представителей дятлообразных *Piciformes*: на р. Вишере их оказалось меньше, чем на реках Селемджа и Горин (см. табл. 2, рис. 5). Данные наземных учетов показывают по этой группе меньшую разницу.

Заключение

Сравнение орнитокомплексов пойм Вишерского Урала и Северного Приамурья показало, что неоднородность сообществ в первую очередь определяется разницей регионов в теплообеспеченности. В Вишерском заповеднике, расположенном в средней и северной тайге, преобладают выюровые, славковые и ржанкообразные. В Приамурье высока значимость овсянок, мухоловок и других дендрофильных видов, что связано с более южным расположением и распространенностью широколиственных лесов в регионе.

Широтные различия участков отображает индекс полидоминантности: в наиболее северном – Вишерском – заповеднике значения минимальные, в самом южном – Комсомольском – максимальные.

Меридиональные различия в степени континентальности, во влагообеспеченности проявляются в видовом составе сообществ, причем среди околородных птиц эта разница минимальна. На уровне таксонов различие обозначилось через наличие в Приамурье двух экзотических семейств.

Библиография

- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества [Ecology. Individuals, Populations and Communities]. М.: Мир, 1989. Т. 2. 477 с.
- Воробьев К. А. Птицы Уссурийского края [Birds of Ussuri region]. М., 1954. 360 с.
- Гладков Н. А. О географической изменчивости численности видов и численности особей [On the geographical variability of the number of species and numbers of individuals] // Проблемы зоогеографии суши. Материалы совещания по зоогеографии суши. Львов, 1958. С. 57-63.
- Кистяковский А. Б., Смогоржевский Л. А. Новые данные о границах китайского орнитофаунистического комплекса по р. Бурея [New data on the boundaries of China ornithofaunistic complex on the river Bureya] // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. М., 1964. № 3. С. 26-29.
- Кистяковский А. Б. , Смогоржевский Л. А. Материалы по фауне птиц Нижнего Амура [Materials on the fauna of birds of the Lower Amur] // Вопросы географии Дальнего Востока. Хабаровск, 1973. Сб. 11. С. 182-224.
- Колбин В. А. Орнитогеографический обзор населения птиц Комсомольского и Норского заповедников [Ornithogeographical review of the bird communities of Komsomolsky and Norsky nature reserves] // Сборник статей к 10-летию Норского заповедника. Благовещенск; Февральск: ОАО «ПКИ «Зея», 2008. С. 92-106.
- Колбин В. А. Географический обзор населения птиц заповедника «Вишерский» [Geographical review of the bird community of Vishersky nature reserve] // Особо охраняемые природные территории в жизни региона: Материалы межрегион. конф. Пермь, 2011. С. 75-83.
- Колбин В. А. Сообщества птиц Вишерского заповедника и сопредельных территорий [The bird communities of Vishersky nature reserve and adjacent territories] // Русский орнитологический журнал. 2016. Т. 25. Экспресс-выпуск 1376. С. 4767-4785.
- Куренцов А. И. Зоогеография Приамурья [Zoogeography of the Amur Land]. М.; Л.: Наука, 1965. 154 с.
- Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies]. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Преображенская Е. С. Меридиональная изменчивость летнего населения птиц южной тайги [Meridional variability of summer bird community of the southern taiga] // Размещение и численность позвоночных Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 48-69.
- Преображенская Е. С. Динамика численности некоторых массовых зимующих птиц в лесах Европейской России с 1980-х по 2010-е годы [Dynamics of the number of some wintering birds in the forests of European Russia from the 1980s to the 2010s] // Динамика численности птиц в наземных ландшафтах. 30-летие программ мониторинга зимующих птиц России и сопредельных регионов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. С. 54-64.
- Пронкевич В. В. Численность и распределение водоплавающих и околоводных птиц на реке Горин в поздневесенний период 2012 года [The number and distribution of swimming and semiaquatic birds on the river Gorin in the late-spring period 2012] // Амурский зоологический журнал. 2013. Т. V. № 2. С. 195-198.
- Рябицев В. К. Птицы Сибири: Справочник-определитель: В 2 т. [Birds of Siberia: reference book determinant]. М.; Екатеринбург: Кабинетный ученый, 2014. Т. 1. 438 с.
- Czekanowski J. Zur differential Diagnose der Neandertalgruppe // Korrespbl. Dtsch. Ges. Anthropol. 1909. Bd. 40. S. 44-47.

Sørensen T. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation on Danich commons // Kgl. Dan. videnskab. selskab. biol. skr. 1948. Bd. 5. № 4. S. 1–34.

Similarities and differences in floodplain bird communities of the Urals and the Amur basin on the example of three nature reserves

KOLBIN
Vasily

Vishersky nature reserve, kgularis@mail.ru

GILYOV
Alexey

*Institute of Plant and Animal Ecology
Russian Academy of Sciences, gilev123@yandex.ru*

Keywords:

Northern Ural
the Vishera river
the Amur basin
the Nora river
the Seledzha river
the Gorin river
species composition
community of birds

Summary:

The paper deals with the comparison of bird communities in the rivers floodplains of Vishera (Northern Urals, reserve "Vishersky"), Seledzha and Nora (Amur region, reserve "Norsky") and Gorin (Khabarovsk region, reserve "Komsomolsky"). A fairly high similarity in the species composition between the Urals and the Amur basin (I_s 0.48 and 0.46) as well as a low overlap in abundance (I_{sc} 0.19 and 0.14) were revealed. The proportion of the representatives of passerine birds in the nature reserves was comparable: 74.6% on the river Vishera, 78.0% and 77.8% on the rivers Seledzha and Gorin, respectively. Differences between regions, according to the results of factor analysis, were manifested in the high significance of some taxa. At that, the representatives of Fringillidae, Silvidae and Charadriiformes have a high significance in the Urals, while in Amur region those of Emberizidae, Muscicapidae, Paridae and Piciformes are highly significant. The structural diversity of the communities is primarily determined by the regional differences in latitude. Latitudinal differences of the studied regions are clearly manifested in the values of diversity indexes: in the Northern reserve "Vishersky" they are the smallest, whereas in the southern reserve "Komsomolsky" they are the greatest. The meridional differences between ornithocomplexes are manifested in the species composition of the communities, at that among the semiaquatic birds this difference is minimal.

References

- Bigon M. Taunsend K. Ecology. Individuals, Populations and Communities. M.: Mir, 1989. T. 2. 477 p.
- Czekanowski J. Zur differential Diagnose der Neandertalgruppe, Korrespbl. Dtsch. Ges. Anthropol. 1909. Bd. 40. S. 44–47.
- Gladkov N. A. On the geographical variability of the number of species and numbers of individuals, Problemy zoogeografii sush. Materialy soveschaniya po zoogeografii sush. L'vov, 1958. P. 57–63.
- Kistyakovskiy A. B. Smogorzhevskiy L. A. Materials on the fauna of birds of the Lower Amur, Voprosy geografii Dal'nego Vostoka. Khabarovsk, 1973. Sb. 11. P. 182–224.
- Kistyakovskiy A. B. Smogorzhevskiy L. A. New data on the boundaries of China ornithofaunistic complex on the river Bureya, Nauchnye doklady vysshey shkoly. Biol. nauki. M., 1964. No. 3. P. 26–29.
- Kolbin V. A. Geographical review of the bird community of Vishersky nature reserve, Osobo ohranyaemye prirodnye territorii v zhizni regiona: Materialy mezhregion. konf. Perm', 2011. P. 75–83.
- Kolbin V. A. Ornithogeographical review of the bird communities of Komsomolsky and Norsky nature reserves, Sbornik statey k 10-letiyu Norskogo zapovednika. Blagoveschensk; Fevral'sk: OAO «PKI «Zeya», 2008. P.

92–106.

Kolbin V. A. The bird communities of Vishersky nature reserve and adjacent territories, *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal*. 2016. T. 25. Ekspress-vypusk 1376. P. 4767–4785.

Kurencov A. I. Zoogeography of the Amur Land. M.; L.: Nauka, 1965. 154 p.

Pesenko Yu. A. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies. M.: Nauka, 1982. 287 p.

Preobrazhenskaya E. S. Dynamics of the number of some wintering birds in the forests of European Russia from the 1980s to the 2010s, *Dinamika chislennosti ptic v nazemnyh landshaftah. 30-letie programm monitoringa zimuyuschih ptic Rossii i sopredel'nyh regionov*. M.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2017. P. 54–64.

Preobrazhenskaya E. S. Meridional variability of summer bird community of the southern taiga, *Razmeschenie i chislennost' pozvonochnykh Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, 1982. P. 48–69.

Pronkevich V. V. The number and distribution of swimming and semiaquatic birds on the river Gorin in the late-spring period 2012, *Amurskiy zoologicheskiy zhurnal*. 2013. T. V. No. 2. P. 195–198.

Ryabicev V. K. Birds of Siberia: reference book determinant. M.; Ekaterinburg: Kabinetnyy uchenyy, 2014. T. 1. 438 p.

Sørensen T. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation on Danich commons, *Kgl. Dan. videnskab. selskab. biol. skr.* 1948. Bd. 5. No. 4. S. 1–34.

Vorob'ev K. A. Birds of Ussuri region. M., 1954. 360 p.



УДК 502.1(574)

Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления фтора у мелких млекопитающих

СЕРГАЗИНОВА
Зарина Мухтаровна

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, mszarinam@mail.ru

ДУПАЛ
Тамара Александровна

Институт систематики и экологии животных СО РАН, dupalgf54@gmail.com

ЛИТВИНОВ
Юрий Нарциссович

Институт систематики и экологии животных СО РАН, litvinov@eco.nsc.ru

ЕРЖАНОВ
Нурлан Тельманович

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, dirni@mail.ru

КОНАРБАЕВА
Галина Акмулдиновна

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, konarbaeva@issa.nsc.ru

Ключевые слова:

мелкие млекопитающие
видовой состав
численность
биоиндикация
фтор
алюминиевое производство

Аннотация:

Исследована фауна и население природных степных сообществ мелких млекопитающих на участках с разной техногенной нагрузкой в промышленной зоне алюминиевого производства г. Павлодара. Мелкие млекопитающие распределены по территории неравномерно. Установлено снижение уровня численности мелких млекопитающих, обеднение видового состава и нарушение структуры доминирования животных по мере приближения к источникам загрязнения. Выявлена тенденция увеличения накопления фтора в организмах животных по мере приближения к источникам загрязнения. У узкочерепной полевки, степной мышовки и сеголетков джунгарского хомячка наблюдается тенденция линейного увеличения накопления фтора в костях, так же как и в почве, по мере приближения к заводам. Пик концентрации фтора в данных случаях приходится на ближайшее расстояние от заводов. Самые высокие средние концентрации валового фтора обнаружены у степной мышовки. В качестве наиболее подходящих видов-биоиндикаторов токсического загрязнения алюминиевой промышленности могут быть рекомендованы узкочерепная полевка и степная мышовка, что обусловлено их относительно высокой численностью и встречаемостью практически на всех обследуемых участках.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Получена: 04 мая 2018 года

Опубликована: 08 октября 2018 года

Введение

В условиях глобального перманентного загрязнения биосферы особую актуальность приобретает проблема изучения возможности существования организма в субтоксичных условиях среды и поиска порога, за которым изменения биосистем приобретают необратимый характер (Ивантер, Медведев, 2007). Для выявления последствий загрязнения окружающей среды на растения и почву, на воду и природные популяции животных, на здоровье человека необходимы оценки этих изменений. Поэтому при мониторинге загрязнений окружающей среды целесообразно использовать модельные объекты, которые будут соответствовать поставленным задачам. В качестве таких объектов используются мышевидные грызуны (Ивантер, Ивантер, 1981). Благодаря высокой численности и интенсивному размножению, оседлости и небольшому участку обитания, а также высокой чувствительности к внешним агентам они являются незаменимым инструментом экологического мониторинга (Гилева, 1997; Бердюгин, Большаков, 2005; Guillermo Espinosa-Reyes et al., 2014; Rodriguez-Estival, Smits, 2016).

К настоящему времени работ, посвященных биоиндикационным исследованиям на техногенных участках Казахстана, очень мало. По данным А. С. Аталиковой (2009), в Центральном Казахстане под воздействием вредных выбросов Темиртауского промышленного комплекса установлено значительное уменьшение биоразнообразия мелких млекопитающих и снижение их численности. У животных происходит накопление тяжелых металлов во внутренних органах, что приводит к развитию патологических изменений в тканях и органах кроветворения (Шаймарданова, 2010).

Алюминиевое производство Казахстана расположено в г. Павлодаре и включает предприятия АО «Алюминий Казахстана» и АО «Казахстанский электролизный завод». В результате деятельности заводов сформировались участки с максимальными показателями концентрации фтора в почвах города и его окрестностях, превышающими фоновые значения (Макарина, 2015; Сергазинова и др., 2017). Известно, что фтор является одним из ядовитых газов, относящихся к элементам первого класса опасности (Фомин, 2001) и имеющих двойственную биологическую функцию. С одной стороны, фтор жизненно необходим для организма человека и животных, но в строго определенных концентрациях, а с другой стороны, может быть причиной различных заболеваний (Габович, Минх, 1979; Иванов, 1994). При изучении нарушений репродуктивной системы у женщин, проживающих вблизи алюминиевых производств, отмечен высокий процент патологий (Кузьмин, 2007). Установлено, что у беременных женщин соединения фтора проникают через плаценту, накапливаются в организме плода и оказывают токсическое действие в постэмбриональный период, вызывая ухудшение кровоснабжения, торможение деления клеток, ослабление функциональной активности остеокластов и остеобластов, в результате чего замедляется рост костей и в длину, и в толщину (Донских, 2013). Длительное избыточное поступление фтора в организм приводит к снижению умственной способности у детей и различным психическим расстройствам у взрослых (Trivedi et al., 2007; Tang et al., 2008). Поэтому проблема влияния загрязнения алюминиевого производства на окружающую среду и здоровье человека на территории Северного Казахстана стоит очень остро. Чтобы оценить скорость и количество накопления фтора в организме человека и животных, необходимы модельные объекты, которыми могут быть мелкие млекопитающие.

Цель данной работы состоит в исследовании структуры населения и численности мелких млекопитающих на участках с разной техногенной нагрузкой в промышленной зоне алюминиевого производства г. Павлодара. На основе этих данных необходимо выделить модельные виды для изучения концентрации фтора в организме животных.

Материалы

Исследования проводили в зоне действия двух крупных предприятий АО «Алюминий Казахстана» и АО «Казахстанский электролизный завод».

Расстояние между заводами около 10 км. Рядом с Павлодарским алюминиевым заводом (ПАЗ) располагается теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), входящая в состав предприятия. Завод находится на юго-востоке города на расстоянии около 2 км от жилого микрорайона. Алюминиевый завод и ТЭЦ выбрасывают до 90 % от общего количества загрязняющих веществ в год, что приводит к наибольшим концентрациям в почвах вредных элементов (Панин и др., 2006).

АО «Казахстанский электролизный завод» (КЭЗ) располагается на расстоянии 13.5 км от города в

юго-восточном направлении (Ибрагимов, Пак, 2009). Основными загрязнителями подобного производства являются фторидные соединения, которые могут рассеиваться в радиусе 50 км, а также окиси углерода, диоксид серы и пыль (Чибиряк, 1996; Ермиенко, 2010).

Полевые работы проводились в 2016–2017 гг. на 12 пробных участках в схожих биотопах в пределах трех зон техногенной нагрузки, расположенных в западном и восточном направлениях, на разном удалении от источников загрязнения. Зоны выделяли на основании данных статьи С. В. Мухачевой (2005): импактная зона до 0.5–3 км, буферная – 3–5 км, фоновая – 20–25 км. В импактной зоне выбрано пять пробных участков – И₁, И₂, И₃, И₄, И₅; в буферной три – Б₆, Б₇, Б₈; в фоновой четыре – Ф₉, Ф₁₀, Ф₁₁, Ф₁₂ (рис. 1). Кроме того, в качестве контрольной зоны выделен участок, расположенный на расстоянии около 200 км от г. Павлодара. Участок размещался в окрестностях с. Троицкое, в 15 км от г. Карасук Новосибирской области (Карасукский стационар Института систематики и экологии животных СО РАН, К_к).

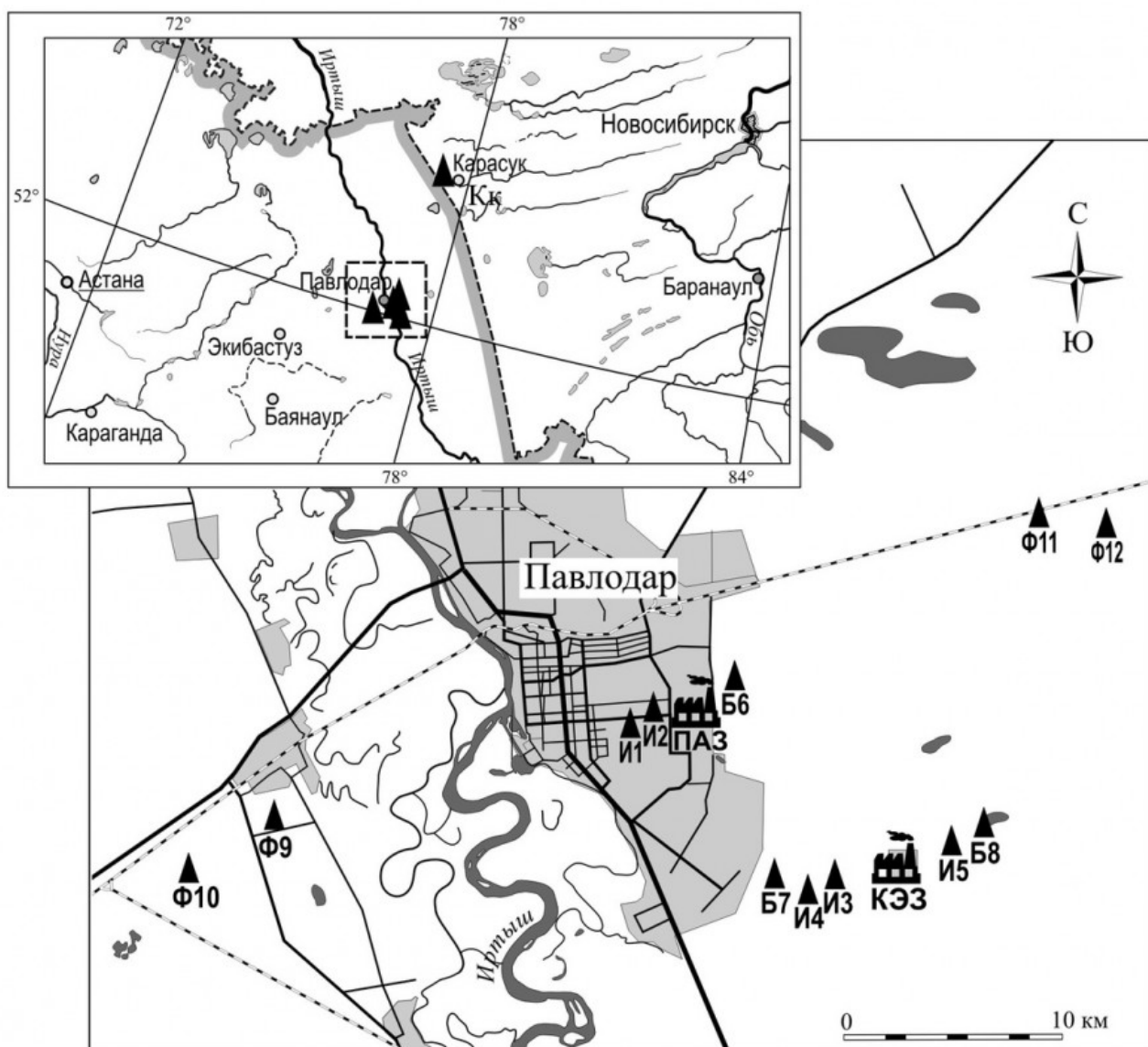


Рис. 1. Район исследования и участки отлова мелких млекопитающих. Ф₉, Ф₁₀, Ф₁₁, Ф₁₂ – фоновая зона; Б₆, Б₇, Б₈ – буферная зона, И₁, И₂, И₃, И₄, И₅ – импактная зона; ПАЗ – алюминиевый завод; КЭЗ – электролизный завод; Карасук (К_к) – контрольный участок

Fig. 1. Study area and small mammal catching areas. Ф₁₁, Ф₁₂ – background zone; Б₆, Б₇, Б₈ – buffer zone, И₁, И₂, И₃, И₄, И₅ – impact zone; ПАЗ – aluminum plant; КЭЗ – electrolysis plant; Karasuk (K_k) – control plot

На территории импактной зоны пробные участки располагались в разнотравно-полынной (И₁, И₂),

разнотравно-ковыльно-полынной (I_3 , I_4) и разнотравно-типчаковой (I_5) степях. Буферная зона представлена типчаково-полынной (B_6), полынно-ковыльной (B_7) и разнотравно-типчаковой степями (B_8), а фоновая – типчаково-полынной (Φ_9 , Φ_{10}) и полынной степями (Φ_{11} , Φ_{12}). Контрольная территория в окрестностях с. Троицкое (K_K) представлена следующими биотопами: типчаково-злаково-разнотравная степь, небольшой участок ковыльно-типчаковой степи вдоль лесополосы, участок пахотного поля, заросший злаково-разнотравной растительностью, и берег оз. Кротово, заросший злаково-разнотравной растительностью (Дупал, 2010). Этот участок был выбран на основании сходства ландшафтно-экологических условий до начала антропогенных воздействий и его можно рассматривать как зону регионального фона (Дупал, 2008). Как техногенная, так и контрольная территории располагаются в пределах южной части Западно-Сибирской низменности и представлены равнинным рельефом.

Методы

Для отлова и учета мелких млекопитающих использован метод ловчих канавок, дающий наиболее массовый и репрезентативный материал (Новиков, 1953), что особенно важно при дальнейшей статистической обработке (Песенко, 1982). Отловы проводились весь бесснежный период, с мая по сентябрь, 2016–2017 гг., в течение 10–20 дней каждого месяца. В дно ловчей канавки длиной 50 м и глубиной 10–12 см вкапывали пять пластиковых или железных конусов высотой 45–50 см и диаметром 25 см на расстоянии 10 м между ними и по 5 м за крайние конусы (Наумов, 1955). В качестве конусов были использованы обычные 5-литровые емкости со срезанным дном. Канавки проверяли ежедневно рано утром. В качестве числовых характеристик видов в сообществе применяли индекс доминирования (процент или доля вида в сообществе (и. д.)) и показатель численности (п. ч.), рассчитанный на 100 конусо-суток (к/с) (Кузякин, 1962; Литвинов и др., 2010).

Систематический перечень видов, их русские и латинские названия даны по справочнику «Систематика современных млекопитающих» (Павлинов, 2006) с некоторыми поправками по КATALOGу мировой фауны млекопитающих (Wilson, Reeder, 2005).

Добытых животных обрабатывали по стандартным методикам (Ралль, 1947; Новиков, 1953; Тупилова, 1964). Животных и их внутренние органы взвешивали, измеряли экстерьерные и интерьерные показатели, определяли состояние генеративной системы. Возраст зверьков устанавливали по комплексу признаков с учетом размеров и массы тела, состояния половой системы, краниологических признаков, степени стертости зубов и сношенности мехового покрова (Дунаева, 1955). Так, для узкочерепной полевки самцов массой тела больше 20 г, длиной тела меньше 100 мм с хорошо развитым межглазничным гребнем черепа и весом семенника более 100 мг, а также беременных и с плацентарными пятнами самок относили к половозрелым сеголеткам. Неполовозрелых самцов и самок массой тела менее 20 г относили к группе неполовозрелых сеголетков. Перезимовавшие половозрелые полевки имели массу тела более 30 г, длину тела от 110 до 120 мм, на черепе относительно узкое межглазничное пространство, хорошо выраженные теменные и затылочные гребни, широко расставленные скуловые дуги. Особей степной мышовки массой тела около 7 г и длиной тела около 55 мм относили к половозрелым сеголеткам, при этом у самцов размер семенных пузырьков составлял 9.3 мм, а самки были беременными и/или с плацентарными пятнами. Самцов и самок массой тела менее 6 г и длиной тела около 53.7 мм относили к группе неполовозрелых сеголетков. У самцов данной возрастной группы длина семенных пузырьков составляла 3.6 мм, а у самок отмечена матка нитевидной формы. Перезимовавшие степные мышовки имели массу тела около 8 г, длину тела около 61 мм, у самцов размер семенных пузырьков составлял 11.6 мм, самки также были беременными и/или с плацентарными пятнами. Нами также учитывалось время рождения грызунов. Как правило, у самцов и самок, родившихся весной и в начале лета, половое созревание наступает через несколько недель после рождения. Зверьки, родившиеся в конце лета и осенью, обычно созревают после зимовки. Половое созревание мелких грызунов колеблется от 3–4 недель до 7–12 месяцев. Массу и длину тела, физиологическое состояние и признаки черепа использовали для всех видов мелких млекопитающих. По этим показателям мы выделили три возрастные группы: перезимовавшие, сеголетки половозрелые и сеголетки неполовозрелые.

Определение содержания фтора в костной ткани животных проводили в лаборатории биогеохимии почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН методом потенциометрии с помощью фтор-селективного электрода (Хаземова, 1983; Методика измерений..., 2012). Проанализировано 76 объединенных проб костного материала от 156 особей мелких грызунов доминирующих видов. Пробы анализируемого материала объединяли по возрасту животных и участку отлова, т.е. по зонам

техногенной нагрузки и контрольной территории. Половозрелых и неполовозрелых сеголетков объединили в одну группу из-за малочисленности каждой из них.

Результаты

Численность и население мелких млекопитающих. Всего за время исследований отработано 7892 к/с в техногенной и 1535 к/с на контрольной территориях. Отловлено 497 особей мелких млекопитающих 20 видов, 12 родов, 5 семейств и 2 отрядов.

Показатель суммарного обилия мелких млекопитающих во всех зонах техногенной нагрузки в период массового размножения был весьма низок (2.9 особи на 100 к/с), в то время как на контрольной территории численность выше в шесть раз и составляет 17.5 особи на 100 к/с (табл. 1). В зоне техногенной нагрузки отмечена тенденция уменьшения видового разнообразия и показателя численности по мере приближения к источникам загрязнения. Тем не менее распределение мелких млекопитающих на всех территориях техногенного воздействия, независимо от расстояния до заводов, неравномерное. Так, на фоновых наветренных участках (Φ_9 , Φ_{10}), характеризующихся меньшим влиянием от выбросов промышленных предприятий, население мелких млекопитающих представлено 12 видами с общим показателем численности 4.3 особи на 100 к/с. В то же время на подветренных участках (Φ_{11} , Φ_{12}), где вредное воздействие от выбросов выражено в большей степени, отмечено всего семь видов, а суммарное обилие составляет 1.6 особи на 100 к/с. В буферной зоне алюминиевого завода (B_6), характеризующейся понижениями в рельефе и более густым и высоким травостоем, показатель численности мелких млекопитающих самый высокий – 7.7 особи на 100 к/с, а видовое богатство достигает шести видов. В то же время в импактной зоне, т.е. в непосредственной близости от алюминиевого завода на пробных участках I_1 , I_2 , количество видов достигает девяти с более низким показателем численности (1.8 особи на 100 к/с). В буферной (B_7 , B_8) и импактной (I_3 , I_4 , I_5) зонах электролизного завода отмечено по девять и восемь видов соответственно, с одинаково невысоким показателем численности (2.6 особи на 100 к/с).

На фоновых наветренных территориях (Φ_9 , Φ_{10}) доминирует узкочерепная полевка (56.7 %), а на подветренных (Φ_{11} , Φ_{12}) – обыкновенная слепушонка (43.5 %) и степная мышовка (25.1 %). На буферных участках алюминиевого завода (B_6) абсолютно доминируют узкочерепная полевка (64.1%) и тундряная бурозубка (15.4 %), а электролизного завода (B_7 , B_8) – степная мышовка (30.7 %) и джунгарский хомячок (25 %). В населении импактной зоны алюминиевого завода (I_1 , I_2) преобладают обыкновенная (39.1 %) и узкочерепная (21.7 %) полевки, а в импактной зоне электролизного (I_3 , I_4 , I_5) – степная мышовка (62.5 %) и джунгарский хомячок (16.7 %). На контрольной территории (K_K) доминируют узкочерепная полевка (44.4 %), тундряная бурозубка (15.3 %) и мышь-малютка (10.4 %).

Итак, на большей части территории техногенной зоны, как и на контрольном участке, преобладает узкочерепная полевка, предпочитающая открытые степные ландшафты (Млекопитающие..., 1978). В буферной зоне электролизного завода отмечается уменьшение индекса доминирования узкочерепной полевки, а в импактной зоне он не встречается. Доминирующее положение в этих зонах КЭЗ занимает степная мышовка, которая предпочитает ковыльные степи с задернованной почвой. Кроме того, данный вид отмечен на всех фоновых участках и на буферном участке алюминиевого завода. На контрольной территории степная мышовка за период исследований не встречена. Среди землероек на техногенной территории ведущее положение занимает тундряная бурозубка, которая встречена в импактных, буферных и фоновых участках. Реже встречается малая белозубка, отмеченная также во всех трех зонах, а обилие обыкновенной, малой и крошечной бурозубок совсем незначительно. Низкая численность землероек на техногенной территории, а в особенности в импактных сообществах, обусловлено прежде всего деградацией кормовых ресурсов – почвенных беспозвоночных (Безель, 2006). В то же время на контрольной территории обилие насекомоядных значительно выше, а тундряная, малая и обыкновенная бурозубки занимают доминантное и содоминантное положение. На техногенной территории структура доминирования мелких млекопитающих характеризуется значительной монодоминантностью. Больше половины всего населения здесь занимают узкочерепная полевка и степная мышовка (37 и 23 %), а на долю остальных видов приходится всего 39 %. На контрольной территории структура доминирования характеризуется большей выравненностью. Доминируют здесь три вида – узкочерепная полевка, тундряная бурозубка и мышь-малютка (44, 15 и 10 %), и совсем немного уступают им обыкновенная и малая бурозубки (по 9 %).

Нарушение структуры доминирования сообществ мелких млекопитающих и их низкая численность на техногенной территории указывает на низкую продуктивность местообитаний по сравнению с контролем. Схожая тенденция наблюдается и на территории Гиссарской долины в окрестностях

Таджикского алюминиевого завода, Южно-Минусинской котловины в районе действия двух крупнейших алюминиевых заводов Саянского промышленного комплекса, а также Центрального Казахстана в районе Темиртауского промышленного комплекса (Джураев, 1993; Чибиряк, 1996; Аталикова, 2009; Преловский, 2015).

Таблица 1. Население мелких млекопитающих в зонах техногенной нагрузки и на контрольной территории

Вид	Импактная зона						Буф.
	И ₁ , И ₂		И ₃ , И ₄ , И ₅		Б ₆		
	п	п. ч.*	п	п. ч.	п	п.	
Малая бурозубка (<i>Sorex minutus</i> L., 1766)	1	0.08	0	0	0	0	
Средняя бурозубка (<i>S. caecutiens</i> Laxmann, 1785)	0	0	0	0	0	0	
Тундрная бурозубка (<i>S. tundrensis</i> Merriam, 1900)	1	0.08	0	0	6	1.2	
Обыкновенная бурозубка (<i>S. araneus</i> L., 1758)	0	0	1	0.05	0	0	
Крошечная бурозубка (<i>S. minutissimus</i> Zimmermann, 1780)	0	0	0	0	0	0	
Малая белозубка (<i>Crocidura suaveolens</i> Pall., 1811)	2	0.2	1	0.05	1	0.2	
Краснощекий суслик (<i>Spermophilus erythrogenys</i> , Brandt, 1841)	1	0.08	0	0	0	0	
Степная мышовка (<i>Sicista subtilis</i> Pall., 1773)	0	0	30	1.6	5	1.0	
Джунгарский хомячок (<i>Phodopus sungorus</i> Pall., 1773)	2	0.2	8	0.4	0	0	
Обыкновенная слепушонка (<i>Ellobius talpinus</i> Pall., 1770)	0	0	2	0.1	0	0	
Красная полевка (<i>Myodes rutilus</i> Pall., 1779)	0	0	0	0	0	0	
Степная пеструшка (<i>Lagurus lagurus</i> Pall., 1773)	0	0	4	0.2	1	0.2	
Водяная полевка (<i>Arvicola amphibius</i> L., 1758)	0	0	0	0	0	0	
Полевка-экономка (<i>Microtus oeconomus</i> Pall., 1776)	0	0	0	0	0	0	
Узкочерепная полевка (<i>M. gregalis</i> Pall., 1779)	5	0.4	1	0.05	25	4.9	
Обыкновенная полевка (<i>M. arvalis</i> Pall., 1779)	9	0.8	1	0.05	1	0.2	
Восточноевропейская полевка (<i>M. levis</i> Miller, 1908)	1	0.08	0	0	0	0	
Мышь-малютка (<i>Micromys minutus</i> Pall., 1771)	0	0	0	0	0	0	
Полевая мышь (<i>Apodemus agrarius</i> Pall., 1771)	0	0	0	0	0	0	
Малая лесная мышь (<i>A. uralensis</i> Pall., 1811)	1	0.08	0	0	0	0	
Всего	23	1.8	48	2.6	39	7.7	

Примечание. * п. ч. – показатель численности

Накопление фтора в почве промышленной зоны ПАЗ и КЭЗ

В результате деятельности предприятий происходит накопление фтора в почве и по мере приближения к заводам площадь загрязненных участков увеличивается. Исследования Л. А. Макариной (2015) выявили участки почвы с максимальными содержаниями фтора, которые превышают фоновые значения (0.1 мг/кг) в 492–847 раз. Наибольшие значения содержания фтора наблюдаются в импактных зонах обоих предприятий (14.5–15.3 мг/кг) и в буферной зоне электролизного завода (12 мг/кг), что превышает норму ПДК (до 10 мг/кг) (Гигиенические нормативы..., 2015) и фоновые значения (6.3 мг/кг) (Сергазинова и др., 2017).

Вокруг электролизного завода санитарно-защитная зона не имеет плотного лесного барьера, который мог бы усваивать частично продукты загрязнения. Имеющиеся древесные насаждения, как правило, молодые и редкие в отличие от окрестностей алюминиевого завода. Вследствие этого фтор за счет более дренированных почв может быстрее вымываться со степных участков в сторону жилых территорий (п. Жетекши, с. Красноармейка, с. Кенжеколь) и негативно сказываться на здоровье населения. Степные растительные сообщества способны накапливать и выносить высокие концентрации фтора, что делает опасным содержание скота в данных районах из-за его потенциальной токсичности. Тем не менее выпас скота интенсивно ведется на прилегающих территориях обоих заводов, что может приводить к повышению уровня фтора в организме животных и как следствие в продуктах питания (молоке, мясе) (Сергазинова и др., 2017).

Содержание фтора в костной ткани грызунов. Анализ фауны и населения мелких млекопитающих на техногенной территории показал, что больше половины всего населения здесь занимают узкочерепная полевка (31 %) и степная мышовка (23%), а также относительно высока доля джунгарского хомячка (10 %) и степной пеструшки (6 %). Данные виды в сравнении с другими более равномерно распределены по зонам техногенной нагрузки. Поэтому для изучения содержания фтора в костной ткани были выбраны эти четыре вида. Аккумуляция фтора в костях грызунов разных видов происходит неодинаково (табл. 2). У узкочерепной полевки и степной мышовки наблюдается тенденция линейного увеличения накопления фтора в костях, так же как и в почве, по мере приближения к заводу. Пик концентрации фтора в данных случаях приходится на ближайшее расстояние от заводов.

Таблица 2. Концентрация фтора в костях грызунов (мг/кг золы), 2016-2017 гг.

Вид	n	Возраст	Контрольная зона		Зона техногенной нагрузки					
					фоновая зона		буферная зона		импактная зона	
			n	F (M ± m)	n	F (M ± m)	n	F (M ± m)	n	F (M ± m)
Узкочерепа я полевка	70	перезимовавшие	1	22.3	-	-	4	63.2±34.4	-	-
		сеголетки	17	48.8±11.526	16	144.8±27	16	146.1±61.1	6	175.4±88.7
Степная мышовка	48	перезимовавшие	-	-	-	-	6	420.0±66.0	6	1447.2±674.8
		сеголетки	-	-	3	275.6	9	334.8±194.6	24	550.2±269.3
Джунгарский хомячок	22	перезимовавшие	-	-	1	500.9	2	142.9	1	1049.8
		сеголетки	-	-	3	54.4±20.77		90.6±66.0	8	254.0±118.3
Степная пеструшка	13	перезимовавшие	-	-	1	8.5	1	1196.5	2	251.8±76.6
		сеголетки	-	-	4	104.0±35.3		108.5±80.9	2	107.92

У степной мышовки обнаружены самые высокие средние концентрации валового фтора в костной ткани. Более того, на фоновых территориях значения фтора выше (275.6 мг/кг), чем у других видов животных, в том числе и с импактных зон. Более высокая концентрация фтора у степной мышовки может быть связана со смешанным характером питания этого вида. В отдельные сезоны года в питании степной мышовки могут преобладать животные корма (Млекопитающие, 1977). Из литературы известно, что у насекомых фтор может накапливаться до критических значений. Так, на расстоянии 1 км от алюминиевого завода содержание фтора в хитиновом покрове насекомых может быть выше в 17–35 раз, чем на контроле (Селиховкин, 2013; Dewey, 1973). Видимо, поэтому максимальное содержание фтора в объединенной пробе костей степной мышовки наблюдается с подветренной стороны импактной зоны электролизного завода (I₅) – 2122.1 мг/кг, куда ветром приносит насекомых. С наветренной стороны содержание фтора значительно ниже (I₃, I₄) – 43.6 мг/кг. Как показано в табл. 2, накопление фтора в костной ткани степной мышовки связано с возрастом животных: более высокие концентрации у перезимовавших особей, чем у сеголетков, причем в импактной зоне отмечено почти трехкратное превышение. Известно, что концентрации фтора в тканях животных с возрастом только нарастают (Ермаков, Тютиков, 2008).

Среднее содержание валового фтора в костях перезимовавших особей узкочерепа полевой на контрольной территории составило 22.3 мг/кг, а в буферной зоне этот показатель выше почти в три раза (63.2 мг/кг). У сеголетков из фоновых (p < 0,01) и буферных зон также отмечено трехкратное увеличение содержания фтора по сравнению с контролем, а в импактной зоне этот показатель выше в 3.6 раза (175.4 мг/кг). Максимальное значение содержания фтора в костях узкочерепа полевой отмечено в буферной зоне алюминиевого завода (Б6) – 831.5 мг/кг, что может быть связано с тем, что данный участок располагался с подветренной стороны завода. Кроме того, наличие здесь древесно-кустарниковой растительности может служить геохимическим барьером, в котором происходит накопление фтора.

В отличие от первых двух видов, у перезимовавших особей джунгарского хомячка содержание фтора в костной ткани имеет большой разброс, самые высокие значения наблюдаются в импактной (1049.8 мг /кг) и в фоновой (500.9 мг /кг) зонах, а минимальное – в буферной (142.9 мг/кг). Аналогичный большой разброс содержания фтора в костях отмечен у взрослых особей степной пеструшки. Здесь самые высокие значения отмечены в буферной зоне (1196.5 мг/кг), значительно меньше в импактной (251.8 мг/кг), а минимум характерен для фоновой территории – 8.5 мг/кг. Только у сеголетков джунгарского хомячка наблюдается тенденция увеличения фтора в костях по мере приближения к заводу: в импактных зонах значения почти в 5 раз выше, чем на фоновых (254.0 и 54.4 мг/кг соответственно). Однако у сеголетков степной пеструшки во всех трех зонах техногенной нагрузки отмечены практически одинаковые показатели (104.0–107.92 мг/кг).

Обсуждение

Анализ показывает, что увеличение накопления фтора в организмах этих животных с приближением к источнику выбросов происходит неравномерно, а скачкообразно. С одной стороны, это может быть связано с недостаточной выборкой, но, возможно, и с природными условиями территории. По данным В. А. Преловского (2015), концентрация фтора в окружающей среде может значительно изменяться в зависимости не только от расстояния до источника эмиссий, но и от рельефа, структуры и

свойств почвенного покрова, типа растительности, а также хозяйственного использования территории. Установлено, что накопление поллютантов зависит от удерживающих способностей почв и подстилающих пород, вследствие чего их содержание вдали от источника может быть значительно выше, чем вблизи его (Давыдова, 2007).

Показатели содержания фтора в костной ткани грызунов на подветренной стороне импактной зоны (И₅) значительно выше, чем на наветренной стороне (И₃, И₄). У степной пеструшки эти показатели выше в два раза, у степной мышовки в три, а у джунгарского хомячка в 4.5 раза. Аналогичная тенденция наблюдается и на фоновых участках. Так, в костях узкочерепной полевки содержание фтора на фоновых территориях с подветренной стороны почти в два раза выше, чем на аналогичных участках, но с наветренной стороны (255.2 и 132.5 мг/кг соответственно). Такая же тенденция наблюдается и у джунгарского хомячка (501 и 54 мг/кг соответственно).

Дальнейшее увеличение мощностей алюминиевого производства Северного Казахстана прогнозируемо приведет к усилению техногенной нагрузки на окружающие экосистемы и увеличению концентраций фтора в почвах и в организме животных. Так, в результате более длительного негативного воздействия алюминиевых заводов Саянского промышленного комплекса на экосистемы Южно-Минусинской котловины произошло постепенное накопление вредных веществ во всех ее компонентах и расширение общей зоны загрязнения. Эти накопления проявляются в аномально высоких концентрациях фтора в организмах животных даже на значительном расстоянии от заводов (Преловский, 2015).

Заключение

Техногенное воздействие алюминиевого производства г. Павлодара приводит к снижению уровня численности мелких млекопитающих, обеднению видового состава и нарушению структуры доминирования животных. Установлено что по мере приближения к источникам загрязнения в населении мелких млекопитающих снижается не только суммарное обилие, но и видовое богатство. Максимальные значения показателя численности зарегистрированы в буферной зоне алюминиевого завода, где для зверьков сформированы оптимальные условия в виде понижения в рельефе и более высокой и густой растительности. Количество видов выше всего на фоновых наветренных участках и значительно меньше на подветренных. Мелкие млекопитающие распределены по территории неравномерно.

В зоне техногенной нагрузки фтор в костных тканях грызунов аккумулируется неодинаково. Самые высокие средние концентрации валового фтора обнаружены у степной мышовки. У узкочерепной полевки, степной мышовки и сеголетков джунгарского хомячка наблюдается тенденция линейного увеличения накопления фтора в костях, так же как и в почве, по мере приближения к заводу. Пик концентрации фтора в данных случаях приходится на ближайшее расстояние от заводов. Однако у перезимовавших особей степной пеструшки, наоборот, содержание фтора в буферной зоне выше, чем в импактной. У перезимовавших особей джунгарского хомячка максимальные значения наблюдаются на фоновой и импактной территориях и значительно меньше в буферной. Выявленная нами тенденция снижения уровня численности мелких млекопитающих, обеднения видового состава и увеличения накопления фтора в костной ткани животных по мере приближения к заводам согласуется с данными по другим промышленным зонам алюминиевого производства.

В качестве наиболее подходящего биоиндикатора фторового загрязнения исследуемой территории можно рекомендовать узкочерепную полевку, что обусловлено ее относительно высокой численностью и встречаемостью практически на всех обследуемых участках. В районе электролизного завода, где отсутствует узкочерепная полевка, в качестве биоиндикатора может быть рекомендована доминирующая здесь степная мышовка.

Библиография

Аталикова А. С. Оценка и биомониторинг негативного воздействия на окружающую среду Темиртауского промышленного комплекса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Assessment and biomonitoring of the negative impact on the environment of the Temirtau industrial complex]. Алматы, 2009. 20 с.

Безель В. С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты [Ecological Toxicology: Population and biocenotic aspects]. Екатеринбург: Гощицкий, 2006. 280 с.

Бердюгин К. И., Большаков В. Н. Млекопитающие в экологическом мониторинге [Mammals in

Сергазинова З. М. , Дупал Т. А. , Литвинов Ю. Н. , Ержанов Н. Т. , Конарбаева Г. А. Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления фтора у мелких млекопитающих // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 60–74. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7902

environmental monitoring] // Методы экологического мониторинга: большой специальный практикум: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 236 с.

Габович Р. Д., Минх А. А. Гигиенические проблемы фторирования питьевой воды [Hygienic problems of fluoridation of drinking water]. М.: Медицина, 1979. 200 с.

Гигиенические нормативы к безопасности окружающей среды (почве): Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 25 июня 2015 [Hygienic standards for environmental safety (soil)]. URL: https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo_respubliki_kazahstan_premier_ministr_rk/ohrana_okrujayuschey_sredyi (дата обращения: 20.12.2017).

Гилева Э. А. Эколого-генетический мониторинг с помощью грызунов (уральский опыт) [Ecological-genetic monitoring through the use of rodents (Ural experience)]. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. 105 с.

Давыдова Н. Д. Техногенные потоки и дифференциация веществ в геосистемах [Technogenic flows and differentiation of substances in geosystems] // Географические исследования Сибири. Новосибирск, 2007. Т. 2. С. 261–277.

Джураев М. И. Экологический анализ поражения животных Гиссарской долины техногенным фтором [Ecological analysis of the destruction of animals of the Gissar valley with technogenic fluorine]: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1993. 26 с.

Донских И. В. Влияние фтора и его соединений на здоровье населения (обзор данных литературы) [Effect of fluoride and its compounds on human health (review of literature data)] // Бюллетень ВЧНЦ СО РАМН. 2013. № 3 (91). Ч. 2. С. 179–185.

Дунаева Т. Н. К изучению биологии размножения обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus* L.) [To the study of reproductive biology of the common shrew (*Sorex araneus* L.)] // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. 1955. Т. 60. № 6. С. 27–43.

Дупал Т. А. Глава 9: Млекопитающие [Chapter 9: Mammals] // Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. С. 234–239.

Дупал Т. А. Популяционная динамика и изменения структуры сообщества мелких млекопитающих Северной Кулунды [Population dynamics and changes in the structure of the community of small mammals of North Kulunda] // Зоологический журнал. 2008. Т. 87. № 5. С. 609–613.

Ермаков В. В., Тютиков С. Ф. Геохимическая экология животных [Geochemical ecology of animals]. М.: Наука, 2008. 315 с.

Ермиенко А. В. Влияние деятельности электролизного завода на экологическую обстановку Павлодарского района (Республика Казахстан): Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Influence of the activity of an electrolysis plant on the ecological situation of Pavlodar region (Republic of Kazakhstan)]. Омск, 2010. 18 с.

Ибрагимов А. Т., Пак Р. В. Электрометаллургия алюминия. Казахстанский электролизный завод [Electrometallurgy of aluminum. Kazakhstan electrolysis plant]. Павлодар: Дом печати, 2009. 261 с.

Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: В 6 кн. [Ecological geochemistry of elements: In 6 books]. М.: Недра, 1994. Кн. 2. 300 с.

Ивантер Э. В., Ивантер Т. В. Биоценотические группировки мелких млекопитающих в коренных и антропогенных ландшафтах Приладожья [Biocenotic groups of small mammals in the indigenous and anthropogenic landscapes of Lake Ladoga] // Влияние антропогенных факторов на структуру и функционирование биогеоценозов: Сб. материалов конф. Калинин: Изд-во КГУ, 1981. С. 47–50.

Сергазинова З. М. , Дупал Т. А. , Литвинов Ю. Н. , Ержанов Н. Т. , Конарбаева Г. А. Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления фтора у мелких млекопитающих // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 60–74. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7902

Ивантер Э. В., Медведев Н. В. Экологическая токсикология природных популяций птиц и млекопитающих Севера [Ecological toxicology of natural populations of birds and mammals of the North]. М.: Наука, 2007. 229 с.

Кузьмин Д. В. Сравнительный анализ показателей репродуктивного здоровья женщин, проживающих в районах расположения алюминиевого производства [Comparative analysis of indicators of reproductive health of women living in areas where aluminum production is located] // Гигиена и санитария. 2007. № 3. С. 13–15.

Кузякин А. П. Зоогеография СССР [Zoogeography of the USSR] // Ученые записки Московского пед. института. 1962. Т. 59. Вып. 1. С. 3–182.

Литвинов Ю. Н. Элементы пространственной организации сообществ мелких млекопитающих Сибири [Elements of spatial organization of small mammal communities in Siberia] // Труды Института систематики и экологии животных СО РАН. Вып. 46. Сообщества и популяции животных: морфологический и экологический анализ. Новосибирск; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 17–49.

Макарина Л. А. Оценка содержания фтора в почвах в зоне влияния АО «Алюминий Казахстана» и АО «Казахстанский электролизный завод» [Estimation of fluorine content in soils in the zone of influence of JSC "Aluminum of Kazakhstan" and JSC "Kazakhstan electrolysis plant"] // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией: В 2 т. Томск: Изд-во ТПУ, 2015. Т. 1. С. 634–636.

Методика измерений массовых концентраций фторид ионов в питьевых, природных и сточных водах потенциометрическим методом [Method for measuring mass concentrations of fluoride ions in drinking, natural and waste waters by potentiometric method]. М., 2012. 13 с.

Млекопитающие Казахстана: В 4 т. [Mammals of Kazakhstan]. Т. 1. Ч. 2. Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1977. 536 с.

Млекопитающие Казахстана: В 4 т. [Mammals of Kazakhstan]. Т. 1. Ч. 3. Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1978. 492 с.

Мухачева С. В. Особенности питания рыжей полевки (*Gletrionomys glareolus*, Shreber, 1780) в условиях техногенного загрязнения среды обитания [Peculiarities of feeding of the red vole (*Gletrionomys glareolus*, Shreber, 1780) in the conditions of technogenic pollution of its habitat] // Сибирский экологический журнал. 2005. № 3. С. 523–533.

Наумов Н. П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок [Study of the mobility and abundance of small mammals by means of trapping grooves] // Вопросы краевой и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. М., 1955. С. 179–202.

Новиков Г. А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных [Field research on the ecology of terrestrial vertebrates]. М., 1953. 502 с.

Павлинов И. Я. Систематика современных млекопитающих [Systematics of modern mammals]. М.: Изд-во МГУ, 2006. 297 с.

Панин М. С., Ажаев Г. С., Э. А. Гельдымамедова. Загрязнение снежного покрова ртутью на территории города Павлодара [Pollution of snow cover with mercury in the city of Pavlodar] // Вестник ПГУ. Серия «Биологическая». Павлодар, 2004. С. 61–64.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies]. М.: Мысль, 1982. 288 с.

Сергазинова З. М. , Дупал Т. А. , Литвинов Ю. Н. , Ержанов Н. Т. , Конарбаева Г. А. Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления фтора у мелких млекопитающих // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 60–74. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7902

Преловский В. А. Антропогенная трансформация структуры населения наземных позвоночных животных Южно-Минусинской котловины: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук [Anthropogenic transformation of the structure of the population of terrestrial vertebrates of the South Minusinsk depression]. Иркутск, 2015. 24 с.

Ралль Ю. М. Методика полевого изучения грызунов и борьба с ними [Method of field study of rodents and their control]. Ростов н/Д, 1947. 158 с.

Селиховкин А. В. Ответные реакции насекомых-дендрофагов на промышленное загрязнение воздуха [Response of dendrophagous insects to industrial air pollution] // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2013. Т. 5. № 1. С. 48–76.

Сергазинова З. М., Дупал Т. А., Ержанов Н. Т. Накопление фтора в костях грызунов в промышленной зоне г. Павлодар [Accumulation of fluoride in the bones of rodents in the industrial zone of Pavlodar] // Вестник. Астана. 2017. № 2 (117). С. 287–297.

Тупикова Н. В. Изучение размножения и возрастного состава популяций мелких млекопитающих [Study of reproduction and age composition of small mammals populations] // Методы изучения природных очагов болезни человека. М.: Медицина, 1964. С. 154–191.

Фомин Г. С., Фомин Ф. Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам [The soil. Quality control and environmental safety according to international standards]. М.: Протектор, 2001. 304 с.

Хазимова Л. А., Радовская Т. Л., Круглова Н. В., Качалкова Т. К. Определение фтора в растительном материале [Determination of fluorine in plant material] // Агрохимия. 1983. № 6. С. 66–72.

Чибиряк М. В. Популяция домового мыши в условиях техногенного загрязнения среды фтором: Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Population of the house mouse in conditions of man-caused contamination of the environment with fluoride]. Екатеринбург, 1996. 22 с.

Шаймарданова Б. Х. Оценка качества урбанизированных территорий (на примере г. Павлодара) и прогнозирование экологической безопасности среды обитания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Assessment of the quality of urbanized areas (based on the example of Pavlodar) and prediction of environmental safety of habitat]. Алматы, 2010. 50 с.

Dewey J. E. Accumulation of fluorides by insects near an emission source in western Montana // Environ. Entomol. 1973. № 2. P. 179–180.

Guillermo Espinosa-Reyes, Gonzalez-Mille D. J., Ilizaliturri-Hernandez C. A. et al. Effect of mining in biotic communities of villa de la Paz San Luis Potosi, Mexico // BioMed Research International. 2014. 13 p. DOI: org/10.1155/2014/65046.

Rodriguez-Estival Jaime, Smits Judit T. G. Small mammals as sentinels of oil sands related contaminants and health effects in northeastern Alberta, Canada // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2016. № 124. P. 285–295.

Tang Q.-Q., Du J., Ma H.-H., Jiang S.-J., Zhou X.-J. Fluoride and children's intelligence: a meta analysis // Biol. Trace Elem. Res. 2008. Vol. 126. P. 115–120.

Trivedi M. H., Verma R. J., Chinoy N. J. et al. Effect of high fluoride water on intelligence of school children in India // Fluoride. 2007. Vol. 40. P. 178–183.

Wilson D. E., Reeder D. M. (editors). Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed). Johns Hopkins University Press, 2005. URL: <http://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/>

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность директору института ИПА СО РАН, д. б. н. А. И. Сысо за ценные советы при планировании исследования и ведущему инженеру В. В. Демину за помощь в проведении анализов определения фтора в костной ткани грызунов. Исследования выполнены при частичной финансовой поддержки РФФИ, грант 17-04-00269.

Impact of emissions of aluminum production in Northern Kazakhstan on the species structure and nature of fluorine accumulation in small mammals

**SERGAZINOVA
Zarina**

*Pavlodar State University named after S. Toraygyrov,
mszarinam@mail.ru*

**DUPAL
Tamara**

*Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS,
dupalgf54@gmail.com*

**LITVINOV
Yuri**

*Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS,
litvinov@eco.nsc.ru*

**ERZHANOV
Nurlan**

*Pavlodar State University named after S. Toraygyrov,
dirni@mail.ru*

**KONARBAEVA
Galina**

*Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS,
konarbaeva@issa.nsc.ru*

Keywords:

small mammals
species composition
abundance
bioindication
fluorine
aluminum production

Summary:

In the industrial zone of aluminum production in Pavlodar the fauna and population of the natural steppe communities of small mammals were studied in areas with different man-made burden. Small mammals are distributed unevenly across the territory. It was stated that the number of small mammals was decreased, the species composition was depleted, and the structure of animals dominance as they approach the sources of pollution was disturbed. A tendency to increase the accumulation of fluorine in animal organisms as they approach the emission sources was revealed. In the narrow-skulled voles, southern birch mice and juveniles of the Asian hamster there is a tendency to a linear increase in the accumulation of fluorine in the bones, as well as in the soil as it approaches the plants. The peak concentration of fluoride in these cases falls on the closest distance from the factory. The highest average concentration of total fluorine was found in southern birch mice. The narrow-skulled voles and southern birch mice can be recommended as the most suitable species-bioindicators of toxic pollution of the aluminum industry. This is due to their relatively high number and occurrence in almost all the studied areas.

References

- Atalikova A. S. Assessment and biomonitoring of the negative impact on the environment of the Temirtau industrial complex. Almaty, 2009. 20 p.
- Berdyugin K. I. Bol'shakov V. N. Mammals in environmental monitoring, Metody ekologicheskogo monitoringa: bol'shoy special'nyy praktikum: Ucheb. posobie. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2005. 236 p.
- Bezel' V. S. Ecological Toxicology: Population and biocenotic aspects. Ekaterinburg: Goschickiy, 2006. 280 p.
- Chibiryak M. V. Population of the house mouse in conditions of man-caused contamination of the environment with fluoride. Ekaterinburg, 1996. 22 p.
- Davydova N. D. Technogenic flows and differentiation of substances in geosystems, Geograficheskie issledovaniya Sibiri. Novosibirsk, 2007. T. 2. P. 261–277.

Sergazinova Z., Dupal T., Litvinov Y., Erzhanov N., Konarbaeva G. Impact of emissions of aluminum production in Northern Kazakhstan on the species structure and nature of fluorine accumulation in small mammals // *Principy èkologii*. 2018. Vol. 7. № 3. P. 60–74.

Dewey J. E. Accumulation of fluorides by insects near an emission source in western Montana, *Environ. Entomol.* 1973. No. 2. P. 179–180.

Donskih I. V. Effect of fluoride and its compounds on human health (review of literature data), *Byulleten' VSNC SO RAMN*. 2013. No. 3 (91). Ch. 2. P. 179–185.

Dunaeva T. N. To the study of reproductive biology of the common shrew (*Sorex araneus* L.), *Byulleten' MOIP. Otd. Biol.* 1955. T. 60. No. 6. P. 27–43.

Dupal T. A. Chapter 9: Mammals, *Bioraznoobrazie Karasuksko-Burlinskogo regiona (Zapadnaya Sibir')*. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010. P. 234–239.

Dupal T. A. Population dynamics and changes in the structure of the community of small mammals of North Kulunda, *Zoologicheskii zhurnal*. 2008. T. 87. No. 5. P. 609–613.

Dzhuraev M. I. Ecological analysis of the destruction of animals of the Gissar valley with technogenic fluorine: *Avtoref. dip. ... kand. biol. nauk*. Ekaterinburg, 1993. 26 p.

Ermakov V. V. Tyutikov S. F. *Geochemical ecology of animals*. M.: Nauka, 2008. 315 p.

Ermienko A. V. Influence of the activity of an electrolysis plant on the ecological situation of Pavlodar region (Republic of Kazakhstan). Omsk, 2010. 18 p.

Fomin G. S. Fomin F. G. *The soil. Quality control and environmental safety according to international standards*. M.: Protektor, 2001. 304 p.

Gabovich R. D. Minh A. A. *Hygienic problems of fluoridation of drinking water*. M.: Medicina, 1979. 200 p.

Gileva E. A. *Ecological-genetic monitoring through the use of rodents (Ural experience)*. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 1997. 105 p.

Guillermo Espinosa-Reyes, Gonzalez-Mille D. J., Ilizaliturri-Hernandez C. A. et al. Effect of mining in biotic communities of villa de la Paz San Luis Potosi, Mexico, *BioMed Research International*. 2014. 13 p. DOI: [org/10.1155/2014/65046](https://doi.org/10.1155/2014/65046).

Hazemova L. A. Radovskaya T. L. Kruglova N. V. Kachalkova T. K. Determination of fluorine in plant material, *Agrokhimiya*. 1983. No. 6. P. 66–72.

Hygienic standards for environmental safety (soil). URL: https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo_respubliki_kazahstan_premier_ministr_rk/ohrana_okrujayuschey_sredyi (data obrascheniya: 20.12.2017).

Ibragimov A. T. Pak R. V. *Electrometallurgy of aluminum. Kazakhstan electrolysis plant. Pavlodar: Dom pechaty*, 2009. 261 p.

Ivanov V. V. *Ecological geochemistry of elements: In 6 books*. M.: Nedra, 1994. Kn. 2. 300 p.

Ivanter E. V. Ivanter T. V. *Biocenotic groups of small mammals in the indigenous and anthropogenic landscapes of Lake Ladoga, Vliyanie antropogennykh faktorov na strukturu i funkcionirovanie biogeocenozy: Sb. materialov konf.* Kalinin: Izd-vo KGU, 1981. P. 47–50.

Ivanter E. V. Medvedev N. V. *Ecological toxicology of natural populations of birds and mammals of the North*. M.: Nauka, 2007. 229 p.

Kuz'min D. V. Comparative analysis of indicators of reproductive health of women living in areas where aluminum production is located, *Gigiena i sanitariya*. 2007. No. 3. P. 13–15.

Sergazinova Z., Dupal T., Litvinov Y., Erzhanov N., Konarbaeva G. Impact of emissions of aluminum production in Northern Kazakhstan on the species structure and nature of fluorine accumulation in small mammals // *Principy èkologii*. 2018. Vol. 7. № 3. P. 60–74.

Kuzyakin A. P. Zoogeography of the USSR, *Uchenye zapiski Moskovskogo ped. instituta*. 1962. T. 59. Vyp. 1. P. 3–182.

Litvinov Yu. N. Elements of spatial organization of small mammal communities in Siberia, *Trudy Instituta sistematiki i ekologii zhivotnyh SO RAN*. Vyp. 46. Soobshchestva i populyacii zhivotnyh: morfologicheskii i ekologicheskii analiz. Novosibirsk; M.: Tovariщество nauchnykh izdaniy KMK, 2010. P. 17–49.

Makarina L. A. Estimation of fluorine content in soils in the zone of influence of JSC "Aluminum of Kazakhstan" and JSC "Kazakhstan electrolysis plant", *Problemy geologii i osvoeniya nedr: Trudy XIX Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyaschennogo 70-letnemu yubileyu Pobedy sovetskogo naroda nad fashistskoy Germaniye: V 2 t.* Tomsk: Izd-vo TPU, 2015. T. 1. C. 634–636.

Mammals of Kazakhstan. T. 1. Ch. 2. Alma-Ata: «Nauka» KazSSR, 1977. 536 p.

Mammals of Kazakhstan. T. 1. Ch. 3. Alma-Ata: «Nauka» KazSSR, 1978. 492 p.

Method for measuring mass concentrations of fluoride ions in drinking, natural and waste waters by potentiometric method. M., 2012. 13 p.

Muhacheva S. V. Peculiarities of feeding of the red vole (*Gletrionomys glareolus*, Shreber, 1780) in the conditions of technogenic pollution of its habitat, *Sibirskiy ekologicheskii zhurnal*. 2005. No. 3. C. 523–533.

Naumov N. P. Study of the mobility and abundance of small mammals by means of trapping grooves, *Voprosy kraevoy i eksperimental'noy parazitologii i medicinskoy zoologii*. M., 1955. P. 179–202.

Novikov G. A. Field research on the ecology of terrestrial vertebrates. M., 1953. 502 p.

Panin M. S. Azhaev G. S. Pollution of snow cover with mercury in the city of Pavlodar, *Vestnik PGU. Seriya «Biologicheskaya»*. Pavlodar, 2004. P. 61–64.

Pavlinov I. Ya. Systematics of modern mammals. M.: Izd-vo MGU, 2006. 297 p.

Pesenko Yu. A. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies. M.: Mysl', 1982. 288 p.

Prelovskiy V. A. Anthropogenic transformation of the structure of the population of terrestrial vertebrates of the South Minusinsk depression. Irkutsk, 2015. 24 p.

Rall' Yu. M. Method of field study of rodents and their control. Rostov n/D, 1947. 158 p.

Rodriguez-Estival Jaime, Smits Judit T. G. Small mammals as sentinels of oil sands related contaminants and health effects in northeastern Alberta, Canada, *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2016. No. 124. P. 285–295.

Selihovkin A. V. Response of dendrophagous insects to industrial air pollution, *Mezhdisciplinarnyy nauchnyy i prikladnoy zhurnal «Biosfera»*. 2013. T. 5. No. 1. P. 48–76.

Sergazinova Z. M. Dupal T. A. Erzhanov N. T. Accumulation of fluoride in the bones of rodents in the industrial zone of Pavlodar, *Vestnik. Astana*. 2017. No. 2 (117). P. 287–297.

Shaymardanova B. H. Assessment of the quality of urbanized areas (based on the example of Pavlodar) and prediction of environmental safety of habitat. Almaty, 2010. 50 p.

Tang Q, Q., Du J., Ma H, H., Jiang S, J., Zhou X, J. Fluoride and children's intelligence: a meta analysis, *Biol. Trace Elem. Res.* 2008. Vol. 126. P. 115–120.

Trivedi M. H., Verma R. J., Chinoy N. J. et al. Effect of high fluoride water on intelligence of school children in

Sergazinova Z., Dupal T., Litvinov Y., Erzhanov N., Konarbaeva G. Impact of emissions of aluminum production in Northern Kazakhstan on the species structure and nature of fluorine accumulation in small mammals // Principy èkologii. 2018. Vol. 7. № 3. P. 60–74.

India, Fluoride. 2007. Vol. 40. P. 178–183.

Tupikova N. V. Study of reproduction and age composition of small mammals populations, Metody izucheniya prirodnih ochagov bolezni cheloveka. M.: Medicina, 1964. P. 154–191.

Wilson D. E., Reeder D. M. (editors). Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed). Johns Hopkins University Press, 2005. URL: <http://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/>



УДК 574.583

Состав и структура фитопланктона прибрежной и центральной частей оз. Арахлей (Забайкальский край) в весенне-летний сезон 2017 г.

ТАШЛЫКОВА

Наталия

Александровна

Ключевые слова:

фитопланктон
структура
количественные характеристики
пелагиаль
литораль
оз. Арахлей
Забайкальский край

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии
СО РАН, NatTash2005@yandex.ru*

Аннотация:

Мелководная прибрежная зона в наибольшей степени подвержена антропогенному воздействию и выполняет функцию барьера между водосборной территорией и пелагическими районами водоемов. В результате гидробиологического обследования оз. Арахлей весной и летом 2017 г. изучены таксономическая структура, доминирующий комплекс, экологическая характеристика и количественные показатели фитопланктона прибрежной и центральной частей озера. Установлено, что фитопланктон озера насчитывает 97 таксонов рангом ниже рода. Его основу (86.6 %) составляют представители четырех отделов: диатомовые, зеленые, золотистые и цианобактерии. К наиболее часто встречаемым видам прибрежья и открытой части озера отнесены 12 видов, из которых половина были постоянны для весеннего и летнего планктона 2017 г. Сравнительный анализ флористического состава водорослей планктона пелагической и литоральной частей обнаружил их схожесть (коэффициент сходства 41–65 %). Применение кластерного анализа позволило выявить альгоценозы, сходные по биотопу: водоемы заплесковой зоны (наибольшее количество представителей отдела Cyanobacteria), группа станций мелководья (низкое таксономическое разнообразие, преобладание бентосных форм диатомей), группа станций с высшей водной растительностью (высокое разнообразие золотистых водорослей, низкое – хлорококковых; присутствие в планктоне факультативно планктонных видов) и станции глубоководной зоны (высокое разнообразие хлорококковых водорослей). Неравномерность распределения количественных характеристик обусловлена расположением поясов растительности в изучаемых частях оз. Арахлей. Отмечена тенденция возрастания численности и биомассы фитопланктона от станций с отсутствием высшей водной растительности к станциям с присутствием растений. Высокие значения индексов Шеннона и Пиелу указывают на сложную структуру и высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества, а их сезонное распределение демонстрирует отклик фитопланктоценоза на природно-климатические изменения условий среды.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Введение

Мелководная прибрежная зона формируется под влиянием водосбора и открытой части водного объекта. Она в наибольшей степени подвержена антропогенному воздействию и выполняет функцию барьера между водосборной территорией и пелагическими районами водоемов (Schlosser, Karr, 1981; Decamps et al., 2004; Чекрыжева, Калинкина, 2016). При исследовании прибрежных зон особое внимание отводится фитопланктону (Петрова, 1975; Вислянская, 1982; Протопопова, 2011; Дудакова и др., 2015; Чекрыжева, Калинкина, 2016; Nozaki, 2001; Nozaki et al., 2002; Taniguchi et al., 2005; Zębek, 2007; Turner et al., 2011; Asma' Jamal et al., 2014) как основному продуценту органического вещества и первичному звену в трофической цепи, наиболее чутко реагирующему на изменения условий обитания и объективно отражающему особенности структурно-функциональной организации гидробиоценозов (Трифенова, 1990). Участвуя в трансформации органических и минеральных веществ, поступающих с водосбора, водоросли выполняют основную их функцию в самоочищении вод, способствуя устойчивости водных экосистем (Соловьева, Корнева, 2012).

Данная работа проводится в рамках изучения организации литоральных сообществ в условиях изменяющегося климата и антропогенных воздействий, что определило цель проводимых исследований – изучение таксономической структуры, доминирующего комплекса, экологических характеристик и количественных показателей фитопланктона прибрежной и центральной частей оз. Арахлей.

Материалы

Озеро Арахлей входит в состав Ивано-Арахлейской территориально-аквальной системы, расположенной на юге Витимского плоскогорья (рис. 1а). Это самый крупный водоем системы. Площадь его зеркала 58.2 км², объем водных масс 0.63 км³, максимальная глубина 17 м, средняя – 10.4 м (Ивано-Арахлейские озера..., 2013).

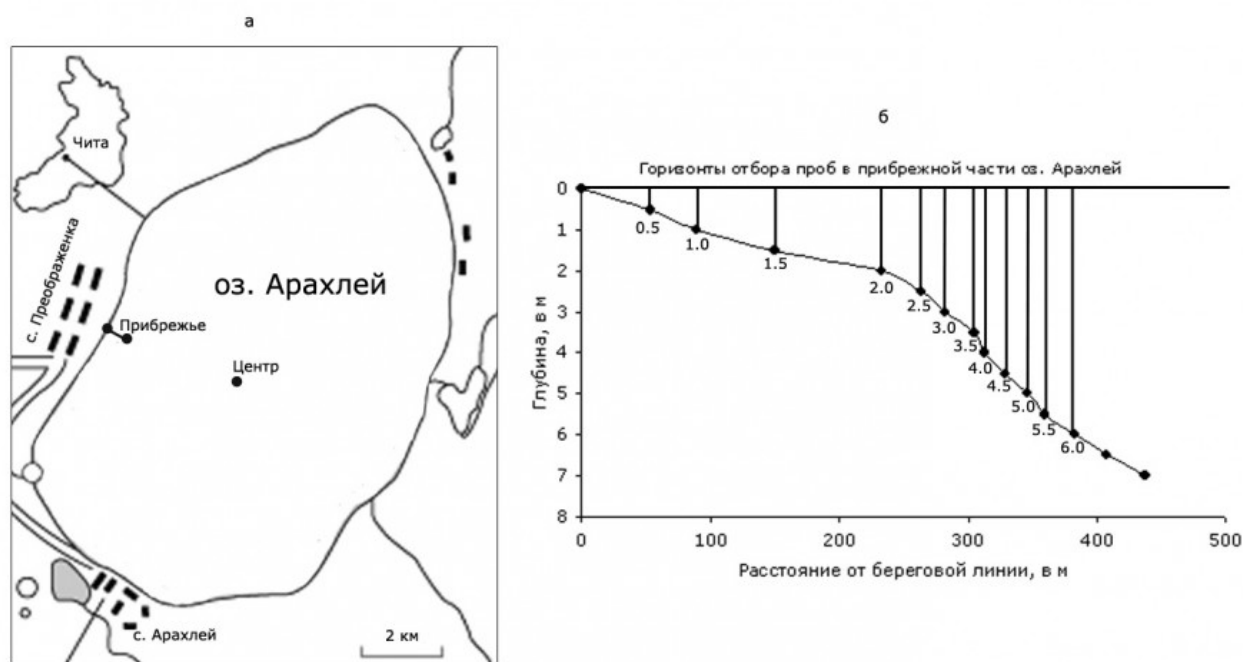


Рис. 1. Карта-схема отбора проб в оз. Арахлей: а – карта-схема оз. Арахлей, б – схема разреза и отбора проб в прибрежье озера

Fig. 1. Schematic map of sampling in Lake Arakhley: a – schematic map of Lake Arakhley, b – scheme of cutting and sampling in the littoral part

Материалом для работы послужили результаты исследований планктонной флоры, проведенные в

прибрежной и центральной частях оз. Арахлей в весенний (31.05–01.06) и летний (31.07–06.08) сезоны 2017 г.

Одновременно с отбором фитопланктонных проб проводилось исследование некоторых физико-химических параметров воды с использованием многопараметрического прибора контроля качества воды Aquareader. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические параметры обследованных станций оз. Арахлей

Глубина, м	T		EC		TDS		ORP		pH		Turb		Sal	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ЗПВ*	25.8	23.4	361	223	234	144	155	294	7.96	-	19.1	25.3	0.1	0.11
0.5*	18.2	22.8	237	256	154	167	148	244.8	8.05	-	29.3	27	0.11	0.12
1*	10.8	22.6	215	235	139	152	14.1	246	8.21	-	18.7	-	0.1	0.11
1.5*	11	21.1	214	-	139	-	210	-	8.11	-	23.3	-	0.1	-
2*	10.5	21.1	210	-	136	-	198	-	8.2	-	21.4	-	0.1	-
2.5*	10	21.1	210	274	136	177	205	213.3	8.2	-	21.5	-	0.1	0.12
3*	9.6	22.4	209	219	136	142	175	-	8.15	-	18.6	-	0.1	0.11
3.5*	9.5	-	208	-	135	-	148	-	8.1	-	19.1	-	0.1	-
4*	9.1	22	210	-	136	-	137	-	8.06	-	14.3	-	0.1	-
4.5*	9.6	22.5	209	-	135	-	92.4	-	8.12	-	19.7	-	0.1	-
5*	9.2	23	211	-	137	-	137	-	7.92	-	15.9	-	0.1	-
5.5*	9.9	22.5	216	-	141	-	153	-	8.2	-	15.8	-	0.1	-
6*	11.1	22.4	216	-	139	-	206	-	8.21	-	24	-	0.1	-
13.6*	10.5	21.5	-	-	138	-	184	-	8.18	-	15.2	-	0.1	-

Примечание. ЗПВ – водоемы заплесковой зоны (глубина 0.05 м); T – температура, °C; EC – электропроводность, мкСм/см; TDS – общее количество растворенного вещества, мг/л; ORP – окислительно-восстановительный потенциал, милливольты, mV; pH – активный водородный показатель; Turb – мутность, ЕМФ; Sal – соленость, ppt; дата отбора: 1 – 31.05–01.06; 2 – 31.07–06.08; «-» – данные отсутствуют; «*» – физико-химические параметры приведены для поверхностного горизонта.

По степени минерализации воды оз. Арахлей относятся к группе пресных. Состав воды гидрокарбонатный магниевый-кальциевый (Ивано-Арахлейские озера..., 2013). В период проводимых исследований общее количество растворенного вещества в озере не превышало 154 (май – июнь) и 177 (июль – август) мг/л, что соответствует ранее полученным данным 1993–2011 гг. (Ивано-Арахлейские озера..., 2013). В соответствии со значениями минерализации изменялись и значения электропроводности (214.09 ± 8.15 (весна) и 246.0 ± 24.04 (лето) мкСм/см). Значение pH воды в прибрежье варьировало от 7.92 до 8.21. Диапазон измеренных величин мутности весной составил от 14.3 до 29.3 ЕМФ.

Формирование термического режима оз. Арахлей в период открытой воды обусловлено метеорологическими условиями (Обязов, 2011). Прогрев вод в озере начинается в середине апреля подо льдом и заканчивается в приповерхностном слое воды (0–6 м) к середине июля – началу августа (Ивано-Арахлейские озера..., 2013). В период исследования средняя температура воды в прибрежье весной составляла 9.65 ± 2.24 °C, летом – 22.19 ± 0.86 °C. В центральной части водоема – 7.48 ± 0.44 °C и 17.5 ± 4.89 °C соответственно.

Необходимо также указать, что в прибрежной части озера на глубинах 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 4.5 м (в мае – июне) и на глубинах 3.5; 4.0; 6.0 м (в июле – августе) отмечены сообщества растительности, представленные роголистником и рдестами. Такое распределение сообществ гидрофитов соответствует поясам растительности оз. Арахлей (Базарова, 2003).

Методы

Ввиду достаточно высокой прозрачности воды (3.50 м (май – июнь) и 5.76 м (июль – август)) отбор проб в прибрежной части водоема проводился с поверхностного горизонта. Схема разреза и сетка станций отбора проб представлены на рис. 16. В центральной части озера (геометрический центр водоема, глубина 13.6 м) сбор материала вели в приповерхностном слое, на глубинах, равных половине прозрачности, прозрачности, полторы прозрачности и у дна. Пробы, отобранные с каждого горизонта, сливали в чистую емкость, тщательно перемешивали и отбирали одну интегрированную пробу.

Методика отбора и обработки материала представлена в табл. 2.

Таблица 2. Методы, использованные при изучении фитопланктона оз. Арахлей

Параметры	Методы/приборы	Литература
-----------	----------------	------------

Определение / оценка	Отбор проб	Батометр Паталаса, объем пробы 1 литр	Садчиков, 2003
	Консервирование	4 % формальдегид	
	Пробоподготовка	Осадочный метод концентрирования	
	таксономического состава	Микроскоп Nikon Eclipse E200-F (1000 $\times$) (Япония)	Монографии, сводки, определители, приведенные в работе Н. А. Ташлыковой (2009); уточнение синонимов – система сайта AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2017)
	численности	Метод Гензена	
	биомассы	Метод «истинного объема»	
	значение отдельных видов	По частоте встречаемости	
	эколого-географической характеристики	Географическая приуроченность, местообитание, соленость среды, кислотность среды	
	ценотической структуры альгоценозов	Индекс разнообразия Шеннона	
	выравненность видов в сообществе	Индекс Пиелу	
	степень флористического сходства	Коэффициент Серенсена	
	Статистическая обработка данных	Кластеризация, построение диаграммы размаха, корреляционный анализ с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r)	

При кластеризации использовалось расстояние Пирсона с применением алгоритма одиночной связи, что позволило сравнить флористическую и ценотическую структуру сообществ разных участков озера, выраженную как число видов и численность определенных таксономических групп фитопланктона.

Результаты

За обследованный период в фитопланктоне обнаружено 97 видов, разновидностей и форм водорослей (Cyanobacteria – 18, Bacillariophyta – 30, Chrysophyta – 10, Charophyta – 5, Chlorophyta – 26, Dinophyta – 4, Euglenophyta – 4).

Наиболее богаты видами диатомовые (30.9 %), зеленые (26.8 %), цианобактерии (18.6 %) и золотистые водоросли (10.3 %), они составляли 86.6 % от общего таксономического разнообразия. Альгофлора прибрежья оз. Арахлей представлена богаче, чем пелагиали. Количество таксонов, встреченных в береговой зоне, составило 79, против 39 в центральной.

К наиболее часто встречаемым видам прибрежья и открытой части озера (интервал 50–100 %) относились: из диатомовых – *Lindavia comta* (Kützing) Nakov, Gullory, Julius, Theriot & Alverson, *Fragilaria crotonensis* Kitton, *F. radians* (Kützing) D. M. Williams & Round, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère in Jahn et al., *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Nitzschia graciliformis* Lange-Bertalot & Simonsen, из золотистых – *Chrysococcus rufescens* Klebs, *Dinobryon cylindricum* O. E. Imhof, *D. divergens* O. E. Imhof, *D. sertularia* O. E. Imhof, *Kephyrion spirale* (Lackey) Conrad, из зеленых – *Oocystis marssonii* Lemmermann. Из них шесть (*L. comta*, *F. crotonensis*, *C. placentula*, *D. cylindricum*, *D. divergens*, *K. spirale*) были постоянными для весеннего и летнего планктона 2017 г.

Анализ сходства альгофлоры продемонстрировал близость планктонных сообществ берегового и центрального участков. Коэффициент сходства по Серенсену в мае – июне составил 61 %, в июле – августе – 45 %. Различие в таксономическом составе фитопланктона между отдельными станциями прибрежной части оз. Арахлей было незначительным. Коэффициент видового сходства варьировал от 40 до 81 %. Дендрограмма, полученная в результате анализа, позволила выделить четыре кластера, объединяющих альгоценозы, сходные по биотопу (рис. 2).

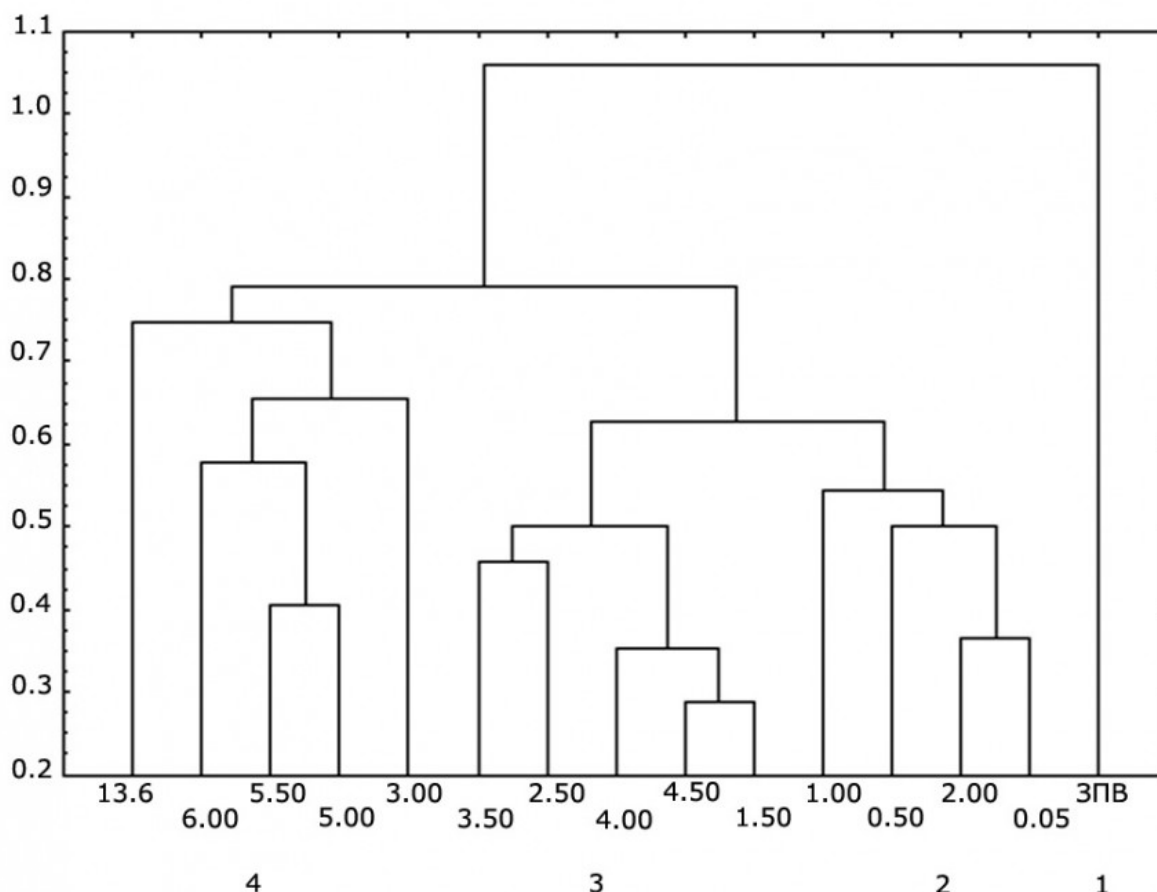


Рис. 2. Дендрограмма биоценотического сходства альгофлоры оз. Арахлей (весенний период) (расстояние Пирсона, одиночная связь): 1–4 – номера выделенных кластеров

Fig. 2. Dendrogram of the hierarchical cluster analysis of the algoflora of Lake Arakhley (spring) (Pearson distance, Single Linkage): 1–4 – numbers of selected clusters

Первый кластер позволил выявить специфичность состава водорослей станции «водоемы заплесковой зоны» (ЗПВ). Здесь обнаружено наибольшее количество представителей отдела Cyanobacteria, некоторые из них, например виды рода *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (*O. geminata* Schwabe ex Gomont, *O. woronichinii* Anissimova, *O. tenuissima* C. Agardh ex Forti), не были встречены на станциях других групп. Второй кластер объединил станции мелководной зоны прибрежного участка. Эта группа станций характеризовалась низким таксономическим разнообразием (19–23 вида (включая разновидности и формы)) и преобладанием бентосных форм диатомей (более 50 %). Коэффициент сходства водорослей в этом кластере изменялся от 35 до 78 %. В третий кластер вошли станции, характеризовавшиеся наличием высшей водной растительности. Они отличались от ассоциаций других станций высоким разнообразием золотистых водорослей (10 видов) и низким – хлорококковых водорослей (1–2 вида). Кроме того, присутствие растительности способствовало увеличению числа водорослей в группе за счет поступления в планктон факультативно планктонных видов. Коэффициент сходства для этой группы изменялся от 57 до 81 %. Четвертый кластер включил станции глубоководной зоны прибрежья и центральную станцию пелагиали. В этом объединении станций отмечено высокое разнообразие хлорококковых водорослей (10–13 видов).

Эколого-географический анализ показал, что в составе фитопланктона озера преобладали космополитные виды (89 %), преимущественно бентосно-планктонные и бентосные формы (63.6 %). При этом в прибрежье доля бентосных и планктонно-бентосных видов была в 2–2.5 раза выше, чем на центральной станции. По отношению к солености воды наиболее разнообразны индифференты, составляющие 86.8 % от общего числа видов. По отношению к кислотности среды преобладали алкалофилы (54.2 %) при значительной доле индифферентов (45.8 %).

Количественное развитие водорослей в мае – июне было невысоким и создавалось

преимущественно мелкоразмерными золотистыми водорослями. В июле – августе их численность и биомасса возрастали на порядок, так как в толще воды отмечалось массовое развитие крупных форм диатомей (рис. 3, 4).

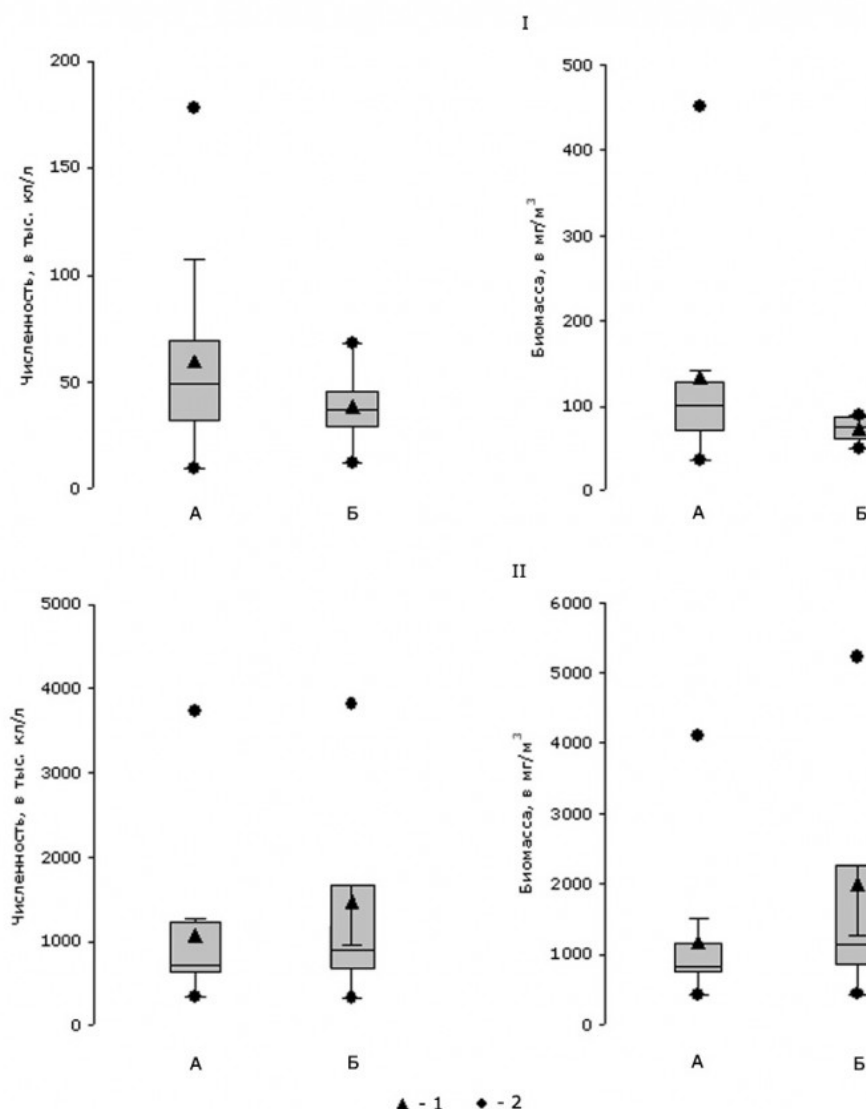


Рис. 3. Диаграмма размаха показателей количественного развития водорослей оз. Арахлей в исследуемые сезоны 2017 г.: I – весна, II – лето; А – побережье, Б – центр; 1 – среднее, 2 – минимум/максимум

Fig. 3. Diagram of the range of indicators of quantitative development of algae in Lake Arakhley in the studied seasons of 2017: I – spring, II – summer; A – coastal area, B – the center; 1 – mean, 2 – minimum/maximum

В оба сезона исследования наибольшие значения численности и биомассы фитопланктона выявлены на станциях побережья. Здесь отмечалась тенденция постепенного увеличения количественных показателей от станций мелководной зоны до станций, характеризовавшихся наличием высшей водной растительности (2.5–4.5 м). В мае – июне максимальные значения характеристик количественного развития водорослей (461.52 тыс. кл/л; 453.37 мг/м³) отмечались на станции с глубиной 3.0 м, в июле – августе (3733.4 тыс. кл/л, 4105.01 мг/м³) – на станции с глубиной 4.0 м. На следующей станции наблюдалось резкое снижение численности и биомассы. Так, в мае – июне на 3.5 м численность водорослей определялась в 37.51 тыс. кл/л, при биомассе 36.9 мг/м³, в июле – августе значения численности и биомассы на глубине 4.5 м соответствовали 341.3 тыс. кл/л и 433.52 мг/м³. Затем с увеличением глубины количественные показатели вновь возрастали. Особенно отчетливо это прослеживалось в июле – августе: 5.0 м (604.8 тыс. кл/л, 751.01 мг/м³) → 5.5 м (688 тыс. кл/л, 844 мг/м³) →

6.0 м (1184 тыс. кл/л, 1099.22 мг/м³). Фитопланктону мелких водоемов заплесковой зоны было свойственно обильное развитие водорослей (188.48 тыс. кл/л, 147.36 мг/м³) в весенний период, когда значения температуры доходили до 25.8 °С. Летом численные показатели водорослей соответствовали средним значениям станций побережья.

Структуру альгоценозов, как в прибрежной, так и в пелагической части водоема, в весенний период исследований (31.05–01.06) определяли золотистые (10–75 % от общей численности и 30–92 % от общей биомассы) и диатомовые (20–85 % от общей численности и 10–60 % от общей биомассы) водоросли (рис. 4). Среди золотистых доминировали *D. cylindricum*, *D. divergens*, *C. rufescens*, среди диатомей – *L. compta*, *F. crotonensis*. Летний период (31.07–06.08) характеризовался преобладанием в фитопланктоне диатомово-золотистого комплекса. Представители Bacillariophyta создавали от 60 до 85 % от общей численности и от 50 до 95 % от общей биомассы. Основу их количественных характеристик определяла *F. crotonensis*, составляя 50–99 % от общей численности и 70–98 % от общей биомассы водорослей планктона. Vegetация золотистых водорослей значительно снизилась. Они составляли не более 25–30 % от общих количественных показателей.

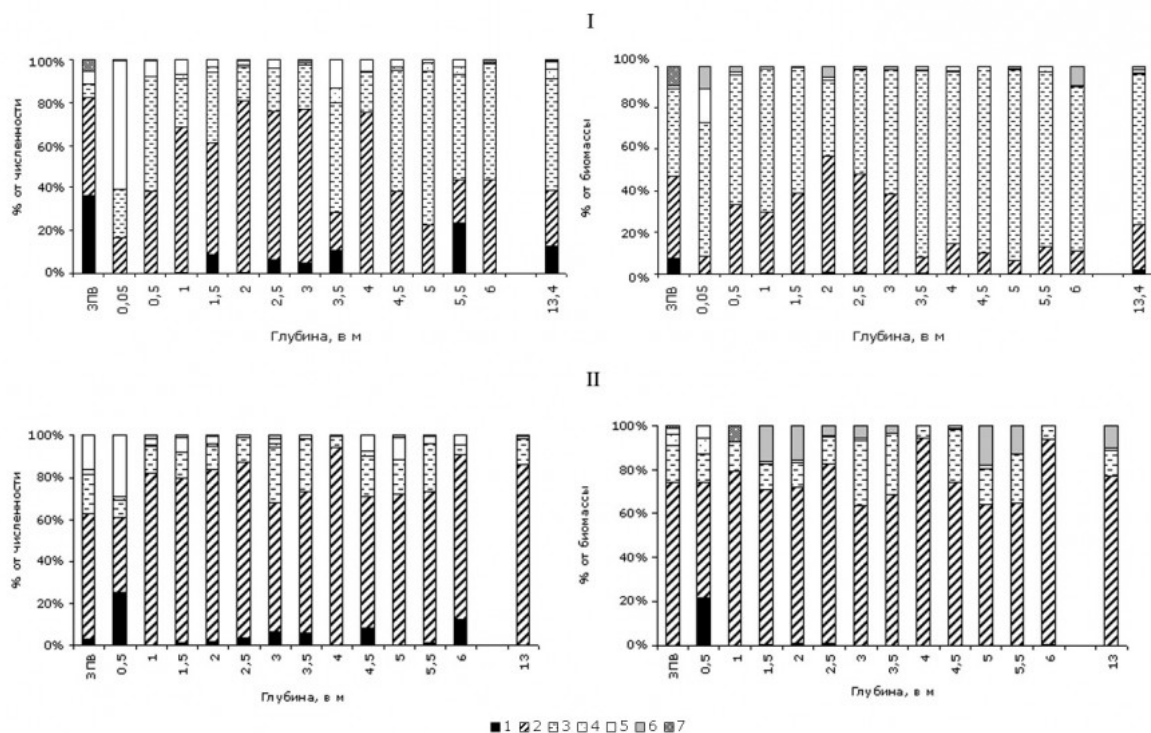


Рис. 4. Доля основных групп водорослей в фитопланктоне оз. Арахлей в 2017 г.: I – весна, II – лето; 1 – Cyanobacteria, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chrysophyta, 4 – Charophyta, 5 – Chlorophyta, 6 – Dinophyta, 7 – Euglenophyta

Fig. 4. The share of the main algae groups in the phytoplankton of Lake Arakhley in 2017: I – spring, II – summer; 1 – Cyanobacteria, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chrysophyta, 4 – Charophyta, 5 – Chlorophyta, 6 – Dinophyta, 7 – Euglenophyta

Оценка биоразнообразия в фитопланктоноценозах прибрежной и центральной частей оз. Арахлей проводилась с помощью индексов Шеннона и Пиелу. Фитопланктон озера характеризовался высокими значениями данных индексов, что указывает на сложность и высокое разнообразие сообщества. В весенний сезон в прибрежной части индекс Шеннона изменялся от 1.91 до 3.69, индекс Пиелу – в пределах 0.42–0.82; в центральной – 3.11 и 0.76 соответственно. Летом значение индекса Шеннона было несколько ниже и составляло в литорали 0.43–1.97; в пелагиали – 1.38. Индекс Пиелу в прибрежье варьировал от 0.13–0.84, на центральной станции определялся в 0.28. Такие значения показателей соответствуют сезонному распределению водорослей, так как известные, что максимальные значения индекса Шеннона фиксируются весной и осенью, минимальные – зимой и летом. Проведенный анализ корреляционных связей количественных показателей фитопланктона

(численность и биомасса фитопланктона, основных отделов, доминирующих и массовых видов, число таксонов) с некоторыми абиотическими характеристиками среды (глубина, температура, прозрачность, активный водородный показатель, мутность, общее количество растворенного вещества, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал, соленость) показал, что основными факторами, влияющими на развитие фитопланктона в пелагиали являются глубина, температура, прозрачность, активный водородный показатель, окислительно-восстановительный потенциал и электропроводность (табл. 3).

Таблица 3. Корреляционные связи количественных показателей фитопланктона с некоторыми абиотическими характеристиками среды в обследованной пелагической зоне оз. Арахлей ($p < 0.05$).

Показатель		Значение	Показатель		Значение
Глубина		0.706	Температура		0.721
	численность Chrysophyta			численность Chrysophyta	
	биомасса Bacillariophyta	0.818		численность Bacillariophyta	-0.756
	биомасса Chrysophyta	-0.870		биомасса Chrysophyta	0.710
	численность <i>D. cylindricum</i>	-0.854		число таксонов	0.751
	численность <i>C. rufescens</i>	-0.798			0.851
	биомасса <i>L. comta</i>	0.952		численность <i>K. spirale</i>	
	биомасса <i>D. cylindricum</i>	-0.849		биомасса <i>L. comta</i>	-0.833
	биомасса <i>C. rufescens</i>	-0.799		мутность	
				численность Euglenophyta	-0.819
				биомасса Euglenophyta	-0.787
Прозрачность	численность Dinophyta	-0.873	Активный водородный показатель	численность Dinophyta	-0.865
	численность Euglenophyta	-0.845		численность Euglenophyta	-0.807
	биомасса Chlorophyta	-0.914		биомасса Chlorophyta	-0.889
	биомасса Dinophyta	-0.928		биомасса Dinophyta	-0.918
	биомасса Euglenophyta	-0.904		биомасса Euglenophyta	-0.871
	биомасса <i>C. rufescens</i>	-0.711		численность <i>C. rufescens</i>	-0.794
				биомасса <i>C. rufescens</i>	-0.795
	численность <i>C. rufescens</i>	-0.795		биомасса <i>K. spirale</i>	-0.877
	биомасса <i>K. spirale</i>	-0.876			
		0.894			
	численность Dinophyta			численность Dinophyta	-0.885
		0.748			
	численность			численность	-0.812

Euglenophyta		Euglenophyta	
биомасса		биомасса	
Bacillariophyta	-0.735	Chlorophyta	-0.840
биомасса	0.884	биомасса	
Chlorophyta		Dinophyta	-0.825
биомасса	0.925	биомасса	
Dinophyta		Euglenophyta	-0.789
биомасса	0.814	численность <i>C. rufescens</i>	-0.822
Euglenophyta		биомасса	
биомасса	0.833	<i>C. rufescens</i>	-0.822
<i>C. rufescens</i>		биомасса	
биомасса	0.904	<i>K. spirale</i>	-0.893
<i>K. spirale</i>			
биомасса	0.763		
<i>D. cylindricum</i>			

Для литорали оз. Арахлей выявлено низкое число высоких достоверных корреляционных связей биотических параметров фитопланктона с перечисленными выше морфометрическими, гидрофизическими и гидрохимическими характеристиками (табл. 4). Преимущественно корреляционные зависимости отмечены для численных характеристик второстепенных групп и видов фитопланктона, обуславливающих таксономическое разнообразие водорослей.

Таблица 4. Корреляционные связи количественных показателей фитопланктона с некоторыми абиотическими характеристиками среды в обследованной литоральной зоне оз. Арахлей ($p < 0.05$)

Показатель			Показатель		
		Значение			Значение
Электропроводность	биомасса		биомасса		
	численность Chlorophyta	-0.8850	Dinophyta	0.9247	
	биомасса				
	<i>K. spirale</i>	-0.8927	численность <i>C. rufescens</i>	0.8827	
Прозрачность	биомасса				
	Chlorophyta	-0.914	численность Dinophyta	0.8945	
	биомасса		биомасса		
	Dinophyta	-0.9281	Chlorophyta	0.8837	
	биомасса				
	Euglenophyta	-0.9037	Общее количество растворенного вещества	численность Chlorophyta	0.9938
pH	биомасса		Глубина	биомасса <i>L. comta</i>	0.9524
	Chlorophyta	-0.8889			
	биомасса				
	Dinophyta	-0.9180			

Обсуждение

Сравнение полученных результатов с материалами ранее проведенных исследований (1966–1976, 1975–1985, 2008–2009 гг.) показало, что количество обнаруженных таксонов несколько ниже, чем ранее. Так, в 2017 г. в фитопланктоне отмечено 97 видов, разновидностей и форм водорослей, в 2008–2009 гг. – 110, в 1966–1976 гг. – 144 (Морозова, 1975, 1981; Оглы, 1993, 1995; Ивано-Арахлейские озера..., 2013).

Таксономическое разнообразие, как и при исследованиях 1960–1980-х (Морозова, 1975, 1981; Оглы, 1993, 1995) и 2000-х гг. (Ивано-Арахлейские озера..., 2013), определяли диатомовые, зеленые, цианобактерии, золотистые, харовые, динофитовые и эвгленовые водоросли. Аналогичное распределение водорослей по основным группам наблюдалось при изучении фитопланктона литоральной зоны водоемов Сибири и некоторых озер Европейской части России (Вислянская, 1982; Касперовичене, Каросене, 2005; Зарубина и др., 2005; Помазкина и др., 2010; Чекрыжева, Калинкина,

2016; Русановская и др., 2017 и др.).

Состав доминирующего комплекса в оз. Арахлей на протяжении более чем 50 лет стабилен (Морозова, 1975, 1981; Оглы, 1993, 1995; Ивано-Арахлейские озера..., 2013). Годовые изменения состава обусловлены колебаниями уровня режима водоема. Для маловодных годов характерно доминирование *Cyclotella comta* Kützing (в настоящее время *L. comta* (Guiry, Guiry, 2017)), для многоводных – *Asterionella formosa* Hassall (Морозова, Шишкин, 1973). Так, в 1966–1969 гг. в альгоценозе озера преобладала *C. comta* (Морозова, 1975; Морозова, Шишкин, 1973), в 1970–1971 гг. – *A. formosa* (Морозова, Шишкин, 1973; Морозова, 1981), в 1990–1995 гг. – *A. formosa* (Оглы, 1993, 1995), в 2008–2009 гг. – *Puncticulata radiosa* (Kützing) H. Hakansson (в настоящее время *L. comta* (Guiry, Guiry, 2017)) (Ивано-Арахлейские озера..., 2013), в 2017 г. – *L. comta*. Такое распределение доминирующих видов соответствует чередующимся фазам гидрологического цикла в озере: в 1962 г. уровень достиг максимума и со следующего года начал снижаться; в 1967–1968 гг. падение уровня сменилось его подъемом, продолжавшимся до 1972 г. Следующая маловодная фаза продолжалась до 1980 г. Последующий рост уровня длился 4–6 лет. До 1990–1991 гг. его колебания происходили на достаточно высоких отметках. В начале 1990-х гг. уровень начал понижаться, достигнув к 2008 г. близких к абсолютному минимуму отметок (Обязов, 2011).

Несмотря на то, что изученные зоны озера являются биотопами, которые отличаются рядом абиотических и биотических факторов, состав фитопланктона был сходен, что подтверждается значениями коэффициента сходства (45–61 %). Как отмечают Зарубина и др. (2005), постоянные процессы водообмена между литоралью и пелагиалью способствуют обмену видами между открытыми участками литорали, зарослями и собственно пелагиалью.

Количественное развитие водорослей в центральной части оз. Арахлей весной и летом 2017 г. соответствовало данным, полученным в 1967–1971 (Морозова, Шишкин, 1973) и 2008–2009 гг. (Ивано-Арахлейские озера..., 2013). Однако соотношение основных групп фитопланктона было несколько иным. Так, в 1966–1971 гг. фитопланктон носил преимущественно диатомовый характер (до 80 % среднегодовой биомассы). В его составе эпизодически усиливали свою роль синезеленые водоросли *Microcystis pulvereae* (H. C. Wood) Forti и *Holopedia geminata* Lagerheim. К примеру, в июле 1966 г. валовая продукция фитопланктона в момент обогащения *H. geminata* составляла 680 г/м² С против 413 г/м² С в июне того же года (Морозова, Шишкин, 1973). В 2008 г. лидирующее положение в весеннем фитопланктоне принадлежало золотистым и зеленым водорослям (50–95 % от общего количества), в 2009 г. – только золотистым (80 % от общей численности и биомассы). В летний период 2008–2009 гг. численность водорослей создавалась преимущественно диатомеями (75 %) (Ивано-Арахлейские озера..., 2013).

Анализ корреляционных связей показал, что в пелагиали основными для развития доминирующих групп и видов водорослей планктона из гидрофизических и гидрологических факторов являются глубина, температура и прозрачность. В прибрежной части водоема прозрачность воды, активный водородный показатель и окислительно-восстановительный потенциал обуславливали вегетацию преимущественно второстепенных групп водорослей с низкими количественными показателями, создающими таксономическое разнообразие фитопланктона озера. На определяющее действие освещенности, зависящее от изменения уровня воды и динамики водных масс, для фитопланктона оз. Арахлей указывалось в работе Б. А. Шишкина (1972). При исследованиях 1966–1971 и 2008–2009 гг. (Морозова, 1981; Ивано-Арахлейские озера..., 2013) отмечено существенное влияние температурного фактора, обуславливающего вертикальное распределение максимальных значений численности и биомассы фитопланктона в пелагиали озера. Подобные результаты, касающиеся значимости приведенных выше абиотических параметров, получены при проведении лабораторных и стационарных исследований для других водоемов (Трифонов, 1990; Абакумов, Израильский, 2012; Девяткин и др., 2012; Дудакова и др., 2015; Даценко и др., 2017; Smith, 1986; Zhu et al., 2018; Kremer et al., 2017).

Заключение

Проведенные исследования фитопланктона озера Арахлей показали, что таксономический состав водорослей в прибрежной части озера сравнительно богаче, чем в центральной. Количество таксонов фитопланктона, обнаруженных в прибрежной части оз. Арахлей, составило 79, в центральной – 39. Основу таксономического разнообразия прибрежного и пелагического фитопланктона составляли диатомовые, зеленые, золотистые водоросли и цианобактерии. К наиболее часто встречаемым видам прибрежья и открытой части озера отнесены 12 видов (*L. comta*, *F. crotonensis*, *F. radians*, *U. ulna*, *C.*

placentula, *N. graciliformis*, *C. rufescens*, *D. cylindricum*, *D. divergens*, *D. sertularia*, *K. spirale*, *O. marssonii*), из которых 6 были постоянны для весеннего и летнего планктона 2017 г. Анализ сходства альгофлоры продемонстрировал близость планктонных сообществ берегового и центрального участков (коэффициент сходства по Серенсену изменялся от 45 до 61 %). Проведенная кластеризация позволила выявить четыре кластера, объединяющих альгоценозы, сходные по биотопу: водоемы заплесковой зоны, станции мелководной зоны прибрежья, станции с наличием высшей водной растительности и станции глубоководной зоны. Количественное развитие водорослей в весенний период было невысоким и создавалось преимущественно мелкоразмерными золотистыми водорослями. Летом их численность и биомасса возрастали на порядок, так как в толще воды отмечалось массовое развитие крупных форм диатомей. Проведенный корреляционный анализ показал, что в исследуемые периоды основным из гидрофизических и гидрологических факторов, определяющим развитие фитопланктона в прибрежной и центральной зонах озера, является освещенность воды. Высокие значения индексов Шеннона и Пиелу указывают на сложность структуры и высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества, а их сезонное распределение демонстрирует отклик фитопланктоценоза на природно-климатические изменения условий среды.

Библиография

- Абакумов А. И., Израильский Ю. Г. Влияние условий среды на распределение фитопланктона в водоеме [Influence of environmental conditions on the distribution of phytoplankton in a reservoir] // Матем. биол. и биоинформ. 2012. Т. 7. № 1. С. 274–283.
- Базарова Б. Б. Структура и продуктивность растительности водных экосистем Восточного Забайкалья (на примере озер бассейна реки Хилок): Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Structure and productivity of plants in the aquatic ecosystems of the Eastern Transbaikalia (by the example of the lakes of the Khilok river basin): the author's abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences]. Улан-Удэ, 2003. 18 с.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Biodiversity of algae-indicators of the environment]. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Вислянская И. Г. Фитопланктон // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего [Limnological research on the gulf Big Onego of Onega Lake]. Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1982. С. 70–81.
- Даценко Ю. С., Пуклаков В. В., Эдельштейн К. К. Анализ влияния абиотических факторов на развитие фитопланктона в малопроточном стратифицированном водохранилище [Analysis of the influence of abiotic factors on the development of phytoplankton in a small-flow stratified reservoir] // Труды КарНЦ РАН. 2017. № 10. С. 73–85.
- Десяткин В. Г., Метелева Н. Ю., Митропольская И. В. Адаптация фитопланктона к гидрофизическим факторам [Adaptation of phytoplankton to hydrophysical factors] // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы IV междунар. науч. конф. Минск, 2011. С. 58.
- Десяткин В. Г., Метелева Н. Ю., Вайновский П. А. О роли фитопланктона в формировании кислородного режима водоема в связи с климатическими вариациями [On the role of phytoplankton in the formation of the oxygen regime of a reservoir in connection with climatic variations] // Вода: химия и экология. 2012. № 12 (54). С. 68–74.
- Дудакова Д. С., Родионова Н. В., Протопопова Е. В., Капустина Л. Л., Бардинский Д. С. Состав и динамика гидробионтов литорали бухты Петрокрепость Ладожского озера [Composition and dynamics of hydrobionts of the littoral of the bay Petrokrepost of Lake Ladoga] // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 2. С. 53–70.
- Зарубина Е. Ю., Яныгина Л. В., Бурмистрова Щ. С., Митрофанова Е. Ю., Ким Г. В., Котовщиков А. В., Крылова Е. Н., Ковешников М. И. Литоральные биоценозы как один из факторов устойчивости экосистемы Телецкого озера [Littoral biocenoses as one of the factors of the stability of the ecosystem of Teletskoye Lake] // Ползуновский вестник. 2005. № 4. С. 201–207.

Ташлыкова Н. А. Состав и структура фитопланктона прибрежной и центральной частей оз. Арахлей (Забайкальский край) в весенне-летний сезон 2017 г. // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 75–90. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7403

Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика) [Ivano-Arakhleyskie lakes at the turn of the century (state and dynamics)] / Под ред. Н. М. Пронина. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 337 с.

Касперовичене Ю., Каросене Ю. Структурно-функциональная характеристика эпифитона и фитопланктона литоральной зоны оз. Сперва (Литва) [Structural and functional characteristics of the epiphyton and phytoplankton of the littoral zone of Sperva Lake (Lithuania)] // Вестник ТюмГУ. 2005. № 5. С. 70–77.

Кожова О. М. Формирование фитопланктона [Formation of phytoplankton] // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. М.: Наука, 1970. С. 27–160.

Морозова Т. Н. Сезонные и годовые изменения фитопланктона Ивано-Арахлейских озер: Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Seasonal and annual changes in the phytoplankton of Ivano-Arakhley Lakes: the author's abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences]. Иркутск, 1975. 29 с.

Морозова Т. Н. Фитопланктон озера Арахлей [Phytoplankton of Lake Arakhley] // Биологическая продуктивность. Новосибирск: Наука, 1981. С. 19–30.

Морозова Т. Н., Шишкин Б. А. Годовые изменения фитопланктона некоторых Ивано-Арахлейских озер [Annual change of phytoplankton some Ivano-Arakhleysky Lakes] // Лимнологические исследования в Забайкалье. Чита, 1973. С. 57–70.

Обязов В. А. Гидрологический режим озер Забайкалья в условиях меняющегося климата (на примере Ивано-Арахлейских озер) [Hydrological regime of the Transbaikalia Lakes in the conditions of a changing climate (by the example of Ivano-Arakhley Lakes)] // Водное хозяйство России. 2011. № 3. С. 4–14.

Оглы З. П. Фитопланктон разнотипных озер Забайкалья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Phytoplankton of the different types of Transbaikalia Lakes: the author's abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences]. СПб., 1993. 24 с.

Оглы З. П. Многолетние наблюдения за фитопланктоном озер Центрального Забайкалья [Long-term observations of the phytoplankton of Central Transbaikalia Lakes] // Проблемы экологии Прибайкалья: Материалы Междунар. конф. Новосибирск: Наука, 1995. С. 177–186.

Одум Ю. Основы экологии [Fundamentals of Ecology]. М: Мир, 1975. 740 с.

Петрова Н. А. Фитопланктон литоральной зоны Онежского озера [Phytoplankton of the littoral zone of Onega Lake] // Литоральная зона Онежского озера. Л.: Наука, 1975. С. 138–144.

Помазкина Г. В., Белых О. И., Домышева В. М., Сакирко М. В., Гнатовский Р. Ю. Структура и динамика фитопланктона в южном Байкале (Россия) [Structure and dynamics of phytoplankton in southern Baikal (Russia)] // Альгология. 2010. Т. 20. № 1. С. 56–72.

Протопопова Е. В. Фитопланктон литоральной зоны Ладожского озера [Phytoplankton of the littoral zone of Ladoga Lake] // Литоральная зона Ладожского озера. СПб.: Нестор-История, 2011. С. 102–128.

Русановская О. О., Кобанова Г. И., Шимараева С. В., Пислегина Е. В., Кращук Л. С., Зилов Е. А. Оценка качества вод Среднего и Северного Байкала по состоянию прибрежного фитопланктона [Assessment of the water quality of the Middle and Northern Baikal by coastal phytoplankton status] // XXI век. Техносферная безопасность. 2017. Т. 2. № 2. С. 30–37.

Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона [Methods of studying freshwater phytoplankton]. М.: Университет и школа, 2003. 157 с.

Соловьева В. В., Корнева Л. Г. Характеристика сапробности мелководий и пелагиали Волжского плеса Рыбинского водохранилища по фитопланктону [Characteristics of the saprobity of shallow waters and

Ташлыкова Н. А. Состав и структура фитопланктона прибрежной и центральной частей оз. Арахлей (Забайкальский край) в весенне-летний сезон 2017 г. // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 75–90. DOI: 10.15393/j1.art.2018.7403

pelagic of the Volga River in the Rybinsk Reservoir by phytoplankton] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. Т. 21. № 21 (140). С. 34–39.

Ташлыкова Н. А. Экологические особенности развития фитопланктона дельтовых протоков реки Селенги и сора Черкалово (оз. Байкал): Дис. ... канд. биол. наук [Ecological features of the phytoplankton development in the Selenga River delta and Cherkalovo bay (Lake Baikal): Dis. ... cand. biol. science]. Улан-Удэ, 2009. 207 с.

Трифонов И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона [Ecology and succession of lake phytoplankton]. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. 182 с.

Чекрыжева Т. А., Калинкина Н. М. Структура и сезонная динамика фитопланктонных сообществ в открытой и закрытой литорали Онежского озера (Пингуба, Пухтинская бухта) [Structure and seasonal dynamics of phytoplankton communities in the open and closed littoral of Onega Lake (Pinghuba, Pukhtinskaya Bay)] // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 12. С. 86–95.

Шишкин Б. А. Об основных закономерностях межгодовых изменений режима Ивано-Арахлейских озер [On the main regularities of the interannual changes in the regime of Ivano-Arakhley lakes] // Зап. Заб. фил. геогр. об-ва СССР. Вып. 80. Чита, 1972. С. 151–162.

Asma' Jamal, Fatimah Md. Yusoff, Sanjoy Banerjee, Shariff M. Littoral and limnetic phytoplankton distribution and biodiversity in a tropical Man-Made Lake, Malaysia // Advanced Studies in Biology. 2014. Vol. 6. No 4. P. 149–168. URL: <http://ddx.doi.org/10.12988/asb.2014.4631>.

Decamps H., Pinay G., Naiman R. J., Petts G. E., McClain M. E., Ilkowska H., Hanley T. A., Holmes R. M., Quinn J., Gibert J., Planty Tabacchi A.-M., Schiemer F., Tabacchi E., Zalewski M. Riparian zones: where biogeochemistry meets biodiversity in management practice // Polish Journal of Ecology. 2004. Vol. 52. No 1. P. 3–18.

Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 10.06.2017–10.09.2017).

Kremer C. T., Thomas M. K., Litchman E. Temperature and size scaling of phytoplankton population growth rates: Reconciling the Eppley curve and the metabolic theory of ecology // Limnology and oceanography. 2017. Vol. 62. No 4. P. 1658–1670.

Nozaki K. Abrupt change in primary productivity in a littoral zone of Lake Biwa with the development of a filamentous green-algal community // Freshwater Biology. 2001. No 46 (5). P. 587–602. URL: <http://ddx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00696.x>.

Nozaki K., Morino H., Munehara H., Sideleva V. G., Nakai K., Yamauchi M., Kozhova O. M., Nakanishi M. Composition, biomass, and photosynthetic activity of the benthic algal communities in a littoral zone of Lake Baikal in summer // Limnology. 2002. No 3. P. 175–180.

Schlosser I. J., Karr I. R. Water quality in agricultural watersheds: impact of riparian vegetation during baseflow // Wat. Res. Bull. 1981. No 17. P. 233–240.

Shanon C. E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana, 1963. 117 p.

Smith V. H. Light and nutrient effects on the relative biomass of blue-green algae in lake phytoplankton // Canadian journal of fisheries and aquatic sciences. 1986. No 43 (1). P. 148–153. URL: <http://doi.org/10.1139/f86-016>.

Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant ecology // Biol. Sci. 1948. Vol. 5. P. 25–39.

Taniguchi G. M., Bicudo D. C., Senna P. A. C. Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifíton em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu // Brazilian Journal of Botany. 2005. Vol. 28. No 1. P.

137–147. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042005000100011>.

Turner M. A., Robinson G. O. C., Townsend B. E., Hann B. J., Amaral J. A. Ecological effects blooms filamentous green algae in the littoral zone of an acid lake // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2011. No 52 (10). P. 2264–2275. URL: <http://dx.doi.org/10.1139/f95-817>.

Zhu R., Wang H., Chen J., Shen H., Deng X. Use the predictive models to explore the key factors affecting phytoplankton succession in Lake Erhai, China // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25. No 2. P. 1283–1293. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0512-2>.

Zębek E. Qualitative and quantitative changes of diatoms with relation to physiochemical water parameters in the littoral zone of the urban Lake Jeziorak Mały // Oceanological and Hydrobiological Studies. 2007. Vol. XXXVI. No 4. P. 3–22.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы «Биоразнообразие природных и природно-техногенных экосистем Забайкалья (Центральной Азии) как индикатор динамики региональных изменений климата» подтемы «Выявление структурно-функциональной организации литоральных сообществ в условиях изменяющегося климата и антропогенных воздействий с использованием экспедиционных и стационарных исследований» проекта ФНИ № IX.137.1.1.

Выражаю свою искреннюю признательность и благодарность моим коллегам – сотрудникам лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН к. б. н. П. В. Матафонову и к. б. н. Г. Ц. Цыбекмитовой за помощь в отборе проб.

Composition and structure of phytoplankton in the coastal and central parts of Arakhley Lake (Zabaikalsky territory) in spring and summer 2017

**TASHLYKOVA
Natalya**

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of
the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
NatTash2005@yandex.ru*

Keywords:

phytoplankton
structure
quantitative characteristics
pelagial
littoral
Arakhley Lake
Zabaikalsky territory

Summary:

Shallow coastal areas are exposed by human influence to the greatest extent and act as a barrier between the catchment area and pelagic areas of reservoirs. Hydrobiological examination of Lake Arakhley was carried out in spring and summer 2017. As a result, taxonomic structure that dominates the complex, ecological characteristics and quantity of phytoplankton of the coastal and central part of the lake were studied. It was established that phytoplankton of the lake has 97 taxa below genus. The representatives of four divisions: Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta and Cyanobacteria form its basis (86.6 %). 12 species, half of which were constant for spring and summer 2017 plankton, are the most frequent types of coastal waters and the open part of the lake. Comparative analysis of the floral composition of algae plankton in pelagic and littoral parts found their similarity (similarity coefficient 41–65 %). Cluster analysis revealed algocenosis similar in biotope: reservoirs of splash zone (the largest number of Cyanobacteria), a group of shallow stations (low taxonomic diversity, preponderance of benthic forms of diatoms), a group of stations with higher aquatic vegetation (high diversity of Chrysophyta, low one of Chlorococcales; the presence of the facultative planktonic species in the plankton) and deep zone stations (high diversity of green algae of Chlorococcales). The uneven distribution of quantitative characteristics is due to the location of vegetation belts in the studied parts of the lake. The tendency of increasing number and biomass of phytoplankton from stations without higher aquatic vegetation to those with plants was noted. High index values of Shannon and Pielou specifies a complex structure and high biodiversity of phytoplankton community, and their seasonal distribution demonstrates the response of phytoplanktons to the climate change of environment.

References

- Abakumov A. I. Izrail'skiy Yu. G. Influence of environmental conditions on the distribution of phytoplankton in a reservoir, *Matem. biol. i bioinform.* 2012. T. 7. No. 1. P. 274–283.
- Asma' Jamal, Fatimah Md. Yusoff, Sanjoy Banerjee, Shariff M. Littoral and limnetic phytoplankton distribution and biodiversity in a tropical Man-Made Lake, Malaysia, *Advanced Studies in Biology*. 2014. Vol. 6. No 4. P. 149–168. URL: <http://ddx.doi.org/10.12988/asb.2014.4631>.
- Barinova S. S. Medvedeva L. A. Anisimova O. V. Biodiversity of algae-indicators of the environment. Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
- Bazarova B. B. Structure and productivity of plants in the aquatic ecosystems of the Eastern Transbaikalia (by the example of the lakes of the Khilok river basin): the author's abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences. Ulan-Ude, 2003. 18 p.
- Chekryzheva T. A. Kalinkina N. M. Structure and seasonal dynamics of phytoplankton communities in the open

and closed littoral of Onega Lake (Pinghuba, Pukhtinskaya Bay), *Trudy KarNC RAN*. 2016. No. 12. P. 86–95.

Dacenko Yu. S. Puklakov V. V. Edel'shteyn K. K. Analysis of the influence of abiotic factors on the development of phytoplankton in a small-flow stratified reservoir, *Trudy KarNC RAN*. 2017. No. 10. P. 73–85.

Decamps H., Pinay G., Naiman R. J., Petts G. E., McClain M. E., Ilkowska H., Hanley T. A., Holmes R. M., Quinn J., Gibert J., Planty Tabacchi A. M., Schiemer F., Tabacchi E., Zalewski M. Riparian zones: where biogeochemistry meets biodiversity in management practice, *Polish Journal of Ecology*. 2004. Vol. 52. No 1. P. 3–18.

Devyatkin V. G. Meteleva N. Yu. Mitropol'skaya I. V. Adaptation of phytoplankton to hydrophysical factors, *Ozernye ekosistemy: biologicheskie processy, antropogennaya transformatsiya, kachestvo vody: Materialy IV mezhdunar. nauch. konf. Minsk*, 2011. P. 58.

Devyatkin V. G. Meteleva N. Yu. Vaynovskiy P. A. On the role of phytoplankton in the formation of the oxygen regime of a reservoir in connection with climatic variations, *Voda: himiya i ekologiya*. 2012. No. 12 (54). P. 68–74.

Dudakova D. S. Rodionova N. V. Protopopova E. V. Kapustina L. L. Bardinskiy D. S. Composition and dynamics of hydrobionts of the littoral of the bay Petrokrepost of Lake Ladoga, *Trudy KarNC RAN*. 2015. No. 2. P. 53–70.

Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> (data obrascheniya: 10.06.2017–10.09.2017).

Ivano-Arakhleyskie lakes at the turn of the century (state and dynamics), *Pod red. N. M. Pronina*. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2013. 337 p.

Kasperovichene Yu. Karosene Yu. Structural and functional characteristics of the epiphyton and phytoplankton of the littoral zone of Sperva Lake (Lithuania), *Vestnik TyumGU*. 2005. No. 5. P. 70–77.

Kozhova O. M. Formation of phytoplankton, *Formirovanie prirodnih usloviy i zhizni Bratskogo vodohranilisha*. M.: Nauka, 1970. P. 27–160.

Kremer C. T., Thomas M. K., Litchman E. Temperature and size scaling of phytoplankton population growth rates: Reconciling the Eppley curve and the metabolic theory of ecology, *Limnology and oceanography*. 2017. Vol. 62. No 4. P. 1658–1670.

Morozova T. N. Shishkin B. A. Annual change of phytoplankton some Ivano-Arakhleysky Lakes, *Limnologicheskie issledovaniya v Zabaykal'e*. Chita, 1973. P. 57–70.

Morozova T. N. Phytoplankton of Lake Arakhley, *Biologicheskaya produktivnost'*. Novosibirsk: Nauka, 1981. P. 19–30.

Morozova T. N. Seasonal and annual changes in the phytoplankton of Ivano-Arakhley Lakes: the author's abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences. Irkutsk, 1975. 29 p.

Nozaki K. Abrupt change in primary productivity in a littoral zone of Lake Biwa with the development of a filamentous green-algal community, *Freshwater Biology*. 2001. No 46 (5). P. 587–602. URL: <http://ddx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00696.x>.

Nozaki K., Morino H., Munehara H., Sideleva V. G., Nakai K., Yamauchi M., Kozhova O. M., Nakanishi M. Composition, biomass, and photosynthetic activity of the benthic algal communities in a littoral zone of Lake Baikal in summer, *Limnology*. 2002. No 3. P. 175–180.

Obyazov V. A. Hydrological regime of the Transbaikalia Lakes in the conditions of a changing climate (by the example of Ivano-Arakhley Lakes), *Vodnoe hozyaystvo Rossii*. 2011. No. 3. P. 4–14.

Odum Yu. Fundamentals of Ecology. M: Mir, 1975. 740 p.

Ogly Z. P. Long-term observations of the phytoplankton of Central Transbaikalia Lakes, *Problemy ekologii Pribaykal'ya: Materialy Mezhdunar. konf.* Novosibirsk: Nauka, 1995. P. 177–186.

Ogly Z. P. Phytoplankton of the different types of Transbaikalia Lakes: the author's abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences. SPb., 1993. 24 p.

Petrova N. A. Phytoplankton of the littoral zone of Onega Lake, *Litoral'naya zona Onezhskogo ozera*. L.: Nauka, 1975. P. 138–144.

Pomazkina G. V. Belyh O. I. Domysheva V. M. Sakirko M. V. Gnatovskiy R. Yu. Structure and dynamics of phytoplankton in southern Baikal (Russia), *Al'gologiya*. 2010. T. 20. No. 1. P. 56–72.

Protopopova E. V. Phytoplankton of the litoral zone of Ladoga Lake, *Litoral'naya zona Ladozhskogo ozera*. SPb.: Nestor-Istoriya, 2011. P. 102–128.

Rusanovskaya O. O. Kobanova G. I. Shimaraeva S. V. Pislegina E. V. Kraschuk L. S. Zilov E. A. Assessment of the water quality of the Middle and Northern Baikal by coastal phytoplankton status, *HII vek. Tehnosfernaya bezopasnost'*. 2017. T. 2. No. 2. P. 30–37.

Sadchikov A. P. Methods of studying freshwater phytoplankton. M.: Universitet i shkola, 2003. 157 p.

Schlosser I. J., Karr I. R. Water quality in agricultural watersheds: impact of riparian vegetation during baseflow, *Wat. Res. Bull.* 1981. No 17. P. 233–240.

Shanon C. E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana, 1963. 117 p.

Shishkin B. A. On the main regularities of the interannual changes in the regime of Ivano-Arakhley lakes, *Zap. Zab. fil. geogr. ob-va SSSR. Vyp.* 80. Chita, 1972. P. 151–162.

Smith V. H. Light and nutrient effects on the relative biomass of blue-green algae in lake phytoplankton, *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*. 1986. No 43 (1). P. 148–153. URL: <http://doi.org/10.1139/f86-016>.

Solov'eva V. V. Korneva L. G. Characteristics of the saprobity of shallow waters and pelagic of the Volga River in the Rybinsk Reservoir by phytoplankton, *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2012. T. 21. No. 21 (140). P. 34–39.

Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant ecology, *Biol. Sci.* 1948. Vol. 5. P. 25–39.

Taniguchi G. M., Bicudo D. C., Senna P. A. C. Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifíton em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu, *Brazilian Journal of Botany*. 2005. Vol. 28. No 1. P. 137–147. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042005000100011>.

Tashlykova N. A. Ecological features of the phytoplankton development in the Selenga River delta and Cherkalovo bay (Lake Baikal): Dis. ... cand. biol. science. Ulan-Ude, 2009. 207 p.

Trifonova I. S. Ecology and succession of lake phytoplankton. L.: Nauka. Leningr. otd-nie, 1990. 182 p.

Turner M. A., Robinson G. O. C., Townsend B. E., Hann B. J., Amaral J. A. Ecological effects blooms filamentous green algae in the littoral zone of an acid lake, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2011. No 52 (10). P. 2264–2275. URL: <http://ddx.doi.org/10.1139/f95-817>.

Vislyanskaya I. G. Limnological research on the gulf Big Onego of Onega Lake. L.: Zool. in-t AN SSSR, 1982. P.

70–81.

Zarubina E. Yu. Yanygina L. V. Burmistrova Sch. S. Mitrofanova E. Yu. Kim G. V. Kotovschikov A. V. Krylova E. N. Koveshnikov M. I. Littoral biocenoses as one of the factors of the stability of the ecosystem of Teletskoye Lake, *Polzunovskiy vestnik*. 2005. No. 4. P. 201–207.

Zhu R., Wang H., Chen J., Shen H., Deng X. Use the predictive models to explore the key factors affecting phytoplankton succession in Lake Erhai, China, *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25. No 2. P. 1283–1293. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0512-2>.

Zębek E. Qualitative and quantitative changes of diatoms with relation to physiochemical water parameters in the littoral zone of the urban Lake Jeziorak Mały, *Oceanological and Hydrobiological Studies*. 2007. Vol. XXXVI. No 4. P. 3–22.



УДК УДК 595.34:591.1(282.247.211)

Жизненный цикл рачка *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863) в Онежском озере

ФОМИНА
Юлия Юрьевна

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
rambler7780@rambler.ru*

СЯРКИ
Мария Тагевна

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
msyarki@yandex.ru*

Ключевые слова:

веслоногий рачок
Eudiaptomus gracilis
жизненный цикл
зоопланктон
Онежское озеро
Республика Карелия

Аннотация:

В условиях изменения климата и сдвигов сезонных сроков особую актуальность приобретает исследование годовой цикличности планктона и его основных компонентов. *Eudiaptomus gracilis* является одним из основных видов доминантного комплекса пелагического зоопланктона Онежского озера и присутствует в нем круглогодично. Он участвует в формировании биоресурсов и является важным элементом кормовой базы рыб-планктонофагов. На основе многолетних наблюдений был выполнен анализ жизненного цикла популяций рачка из разных районов Онежского озера. Получены среднемноголетние траектории сезонной динамики численности возрастных групп *Eudiaptomus gracilis*. Показано, что дициклический характер популяционной динамики сохраняется как в центральной части водоема, так и в крупных заливах, но имеет свои особенности, связанные и термическим режимом, и уровнем трофии. Трофическая обстановка определяет летние численности и биомассы популяции рачка, которые различаются в 1.5-2 раза по районам. Максимальные показатели отмечены в Кондопожской губе, что связано с антропогенным эвтрофированием. Жизненный цикл популяции в Петрозаводской губе имеет особенности, связанные с гидродинамическим режимом залива. Подробно было изучено состояние популяции в подледный период. Показано, что начало размножения зависит от состояния льда и снежного покрова на нем. Отмечены скопления рачков в пелагиали центральной части озера в июне. Сравнение с данными прошлого века показало, что, несмотря на колебания антропогенной нагрузки и климатические изменения в последние десятилетия, заметных изменений в характере годовой цикличности *Eudiaptomus gracilis* не отмечено.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Получена: 20 апреля 2018 года

Опубликована: 08 октября 2018 года

Введение

Онежское озеро – одно из великих озер Европы, в условиях изменяющегося климата и антропогенной нагрузки требует особого внимания и мониторинга экосистемы (Ladoga and Onego...,

2010; Румянцев и др., 2012 и др.). В последние десятилетия в водоеме отмечены тенденции к более поздним срокам установления ледяного покрова и более ранним срокам очищения ото льда, в результате продолжительность безледоставного периода увеличилась на 20–30 суток (Ефремова, Пальшин, 2017). Кроме того, в центральной части озера и Петрозаводской губе отмечено снижение численности и биомассы глубоководного макрозообентоса (Калинкина и др., 2016). Поэтому становится актуальным изучение естественной годовой цикличности планктона и его элементов.

Вид *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863) относится к типу членистоногие (Arthropoda), классу ракообразные (Crustacea), подклассу Copepoda, к отряду Calaniformes, к семейству Diaptomidae (подсемейство Diaptominae Sars, 1903), к роду *Eudiaptomus* Kiefer, 1932 (Определитель..., 2010).

E. gracilis – палеарктический, эвриотопный вид, типичный обитатель крупных и малых озер и рек зоны тундры и тайги (Куликова, 2017). Один из наиболее распространенных видов каланоидных копепод в озерах Германии (Bohonak et al., 2006; Zeller et al., 2006), в озере Женева на границе Швейцарии и Франции (Anneville et al., 2007), в озере Выртсъярв в Эстонии (Haberman, Virro, 2004) и других водоемах Европы. В последние десятилетия отмечен как инвазионный вид в Италии (Visconti, Manca, 2010) и Турции (Bozkurti, Akin, 2012). По данным Т. П. Куликовой (2004, 2007, 2010, 2012), вид отмечен в 439 водоемах из 556 исследованных в Карелии.

Цикл развития в каждом водоеме имеет свои особенности (Ривьер, 2012). Отмечено, что в некоторых озерах вид моноцикличен, в мезотрофных водоемах средней и южной Карелии полицикличен (Филимонова, 1965).

В Онежском озере *Eudiaptomus gracilis* – массовый вид, встречается от пелагиали до литорали во всех районах озера.

Рачок является важным элементом трофической цепи. *Eudiaptomus* относится к грубым фильтраторам. Он имеет широкий пищевой спектр: детрит, споры грибов, пыльца, но предпочитает водорослей и коловраток. Младшие копеподиты используют в пищу размером 1–12 μm , старшие копеподиты и взрослые рачки – 1–39 μm (Zánkai, 1994; Šorf, Brandl, 2012). *Eudiaptomus gracilis* является ценным кормовым объектом для рыб-планктофагов и элементом формирования биоресурсов озера (Сярки, 2008).

Цель работы – изучение жизненного цикла веслоногого рачка *Eudiaptomus gracilis* в пелагиали различных районов Онежского озера.

Материалы

В основу работы положен материал комплексных съемок лаборатории гидробиологии ИВПС КарНЦ РАН с 1988 по 2017 г. в период вегетации (июнь – октябрь) (Сярки, Куликова, 2012; Сярки и др., 2015). Пробы зоопланктона были отобраны в пелагиали Онежского озера, в центральной его части (Центральное Онего – 3 станции, залив Большое Онего – 2 станции, 250 проб) и больших северо-западных заливах (Кондопожский залив – 2 станции, 224 пробы, Петрозаводский залив – 2 станции, 248 проб) (рис. 1).

Зимнее состояние описано по материалам, полученным в рамках российско-швейцарского мультидисциплинарного проекта «Lake Ladoga: life under ice interplay of under-ice processes by global change» в марте 2015–2017 гг. (в одни и те же даты) на одной станции в центральной части Петрозаводской губы.

Центральный район озера и залив Большое Онего в настоящее время имеют олиготрофный статус планктонной системы, что подтверждается низким уровнем общего фосфора (10 мкг/л) и Chl *a* (2.7 мкг/л). Химический состав вод Петрозаводской губы формируется в основном за счет речного стока (95 % – река Шуя), обогащенного биогенами, железом и гумусом. Загрязнение губы происходит под влиянием промышленно-бытовых стоков, дренажных, ливневых вод города. Концентрация общего фосфора составляет 18 мкг/л, содержание Chl *a* 3.3 мкг/л, по этим показателям залив имеет мезотрофный статус. Для Кондопожского залива характерно антропогенное загрязнение и эвтрофирование, обусловленное многолетним влиянием сточных вод Кондопожского ЦБК, в вершинной части залива могут быть отмечены высокие концентрации общего фосфора (до 172 мкг/л) и Chl *a* (21 мкг/л) (Крупнейшие..., 2015). Однако, по сравнению с 1980-ми годами, в последние десятилетия объем сточных вод в заливах уменьшился примерно в 1.5 раза (Калинкина и др., 2017).

Термический режим в заливах и центральной части различается из-за высокой пространственной гетерогенности озера. Так, весенний прогрев и образование вертикальной стратификации в Петрозаводской и Кондопожской губах происходит примерно на месяц раньше, чем в центральном и глубоководном районах. Сезонная динамика температуры Петрозаводской губы имеет свои

особенности, связанные с активной гидродинамикой залива.

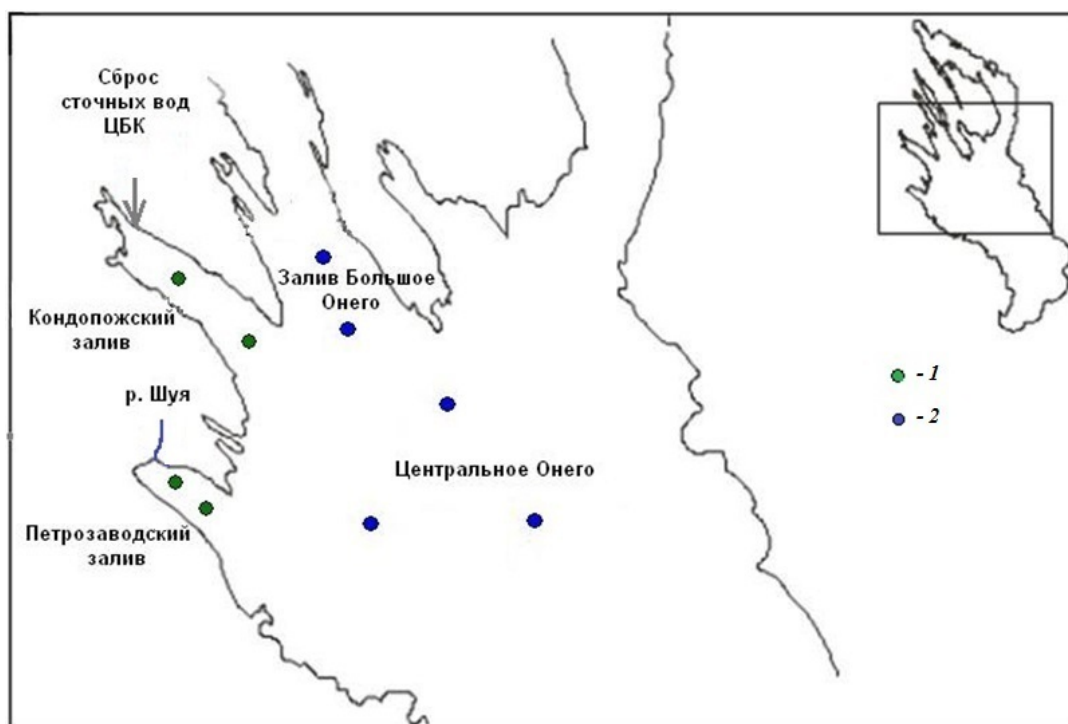


Рис. 1. Схема расположения станций на Онежском озере. 1 – станции в заливах; 2 – станции в центральном и глубоководном районах

Fig. 1. The scheme of stations location on Lake Onega. 1 – stations in the bays; 2 – stations in the central and deepwater parts

Методы

Пробы зоопланктона отбирали планктонной сетью Джеди (с диаметром отверстий 100 мкм) фракционно по слоям (5–0, 10–5, 25–10, 50–25, 75–50, 100–75 м) и фиксировали 4 % формалином. Сбор и обработку материала проводили по стандартной методике (Методические рекомендации..., 1984).

Численность *Eudiaptomus gracilis* просчитывали по размерно-возрастным группам: младшие копеподиты (I–III стадии), старшие копеподиты (IV–V стадии), самцы, самки, самки с яйцами. Науплии не идентифицировались до вида и в расчетах не учитывались.

При вычислении биомассы зоопланктона использовались размеры и индивидуальные веса, рассчитанные для Онежского озера (Куликова, Сярки, 1994).

Для сопоставимости данных из районов с различными глубинами анализировались величины численности в столбе воды под квадратным метром.

Для получения плавных кривых сезонной динамики показателей временные ряды сглаживались методом скользящего среднего. Для этого данные ранжировались по показателю сезонности (сутки с начала года). Ввиду высокой изменчивости и нерегулярности рядов применялся метод скользящего среднего в модификации двойного сглаживания, который позволяет выявить основные особенности динамики рядов (Сярки, 2013).

Результаты

Eudiaptomus gracilis встречается в планктоне круглогодично, частота встречаемости его в пробах 80–90 %. Почти во все сезоны годы рачок *Eudiaptomus gracilis* – массовый вид, особенно велика его роль в зимнем планктоне, когда он может достигать 80 % от общей численности зоопланктона. Было установлено, что в Онежском озере рачок имеет две генерации, т. е. является дициклическим видом.

Жизненный цикл вида имеет определенные закономерности. В зимний период у *Eudiaptomus gracilis*, в отличие от близкородственного вида *E. graciloides* (Lilljeborg, 1888), отсутствует диапауза (Jiménez-Melero et al., 2005; Bohonak et al., 2006). Первое размножение начинается в феврале – марте, подо льдом, но еще не носит массового характера. Численность самок в этот период несколько выше

(0.12 ± 0.08 тыс. экз./м³), чем самцов (0.08 ± 0.04 тыс. экз./м³). Взрослые рачки образуют скопления в слое ниже 15 м.

Размножение и скорость развития эудиаптомуса зависит от температурных и трофических условий, которые, в свою очередь, определяются состоянием льда и снежного покрова на нем. В марте 2015 г. снег практически растаял; т. к. лед хорошо пропускает солнечную радиацию, то весенний прогрев воды привел к началу подледной конвекции и быстрому развитию водорослей. Улучшение трофических и температурных условий обусловило ускоренное развитие науплий и копепоидов. Доля самок с яйцами в популяции составляла в среднем 10 % от общей численности (или 22 % от количества самок), старших и младших копепоидов по 10 %. В 2016 и 2017 гг. при толстом снежном покрове прогрев воды не начался, подледная конвекция отсутствовала, поэтому популяция находилась в зимнем состоянии. Самки уже начали откладывать яйца, но копепоидов было еще мало 1–2 % (рис. 2).

Зимой численность изменяется от 0.1–0.2 тыс. экз./м³ (1.8–3.0 тыс. экз./м²) до 0.4–0.5 тыс. экз./м³ (11.5–13.3 тыс. экз./м²), а биомасса – от 0.003–0.005 г/м³ (0.06–0.12 г/м²) до 0.02–0.03 г/м³ (0.55–0.65 г/м²).

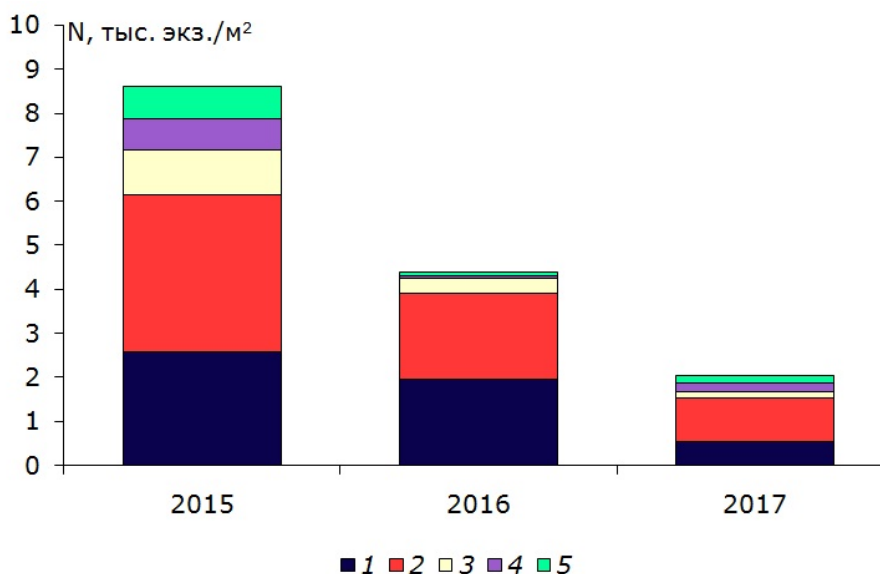


Рис. 2. Численность (N, тыс. экз./м²) и структура популяции *Eudiaptomus gracilis* в марте 2015, 2016, 2017 гг. 1 – самцы, 2 – самки, 3 – самки с яйцами, 4 – старшие копепоиды, 5 – младшие копепоиды
Fig. 2. Abundance (N, th. ind./m²) and population structure of *Eudiaptomus gracilis* in March 2015, 2016, 2017. 1 – males, 2 – females, 3 – females with eggs, 4 – late copepodites, 5 – early copepodites

После схода льда начинается прогрев воды, и образуется термобар. Количественные показатели и структура популяции рачка в это время различаются по районам (табл. 1). Численность *Eudiaptomus gracilis* в заливах схожа, биомасса в Кондопожской губе несколько выше за счет большего количества взрослых рачков. В центральной части численность больше почти в 2 раза, а биомасса – примерно в 3–4 раза, в результате скопления взрослых особей. Высокая доля взрослых рачков отражает задержку в развитии популяции в центральной части из-за разности термических режимов.

Таблица 1. Средняя численность, биомасса и структура популяции по районам в июне
Table 1. Average abundance, biomass and structure of the population by areas in June

Район	Численность, тыс. экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Численность, тыс. экз./м ³
Центральная часть	7.7 ± 1.5	0.35 ± 0.06	0.11 ± 0.02
Петрозаводская губа	3.8 ± 1.9	0.08 ± 0.03	0.15 ± 0.07
Кондопожская губа	4.4 ± 2.4	0.13 ± 0.06	0.11 ± 0.07

В центральной части озера доля взрослых рачков превышает долю копепоидов вплоть до июля (рис. 3). Активный рост числа младших копепоидов происходит в первой декаде июля. Достигают максимума во второй половине июля, в среднем 14.1 тыс. экз./м² (0.2 тыс. экз./м³). Волны первой и второй генераций сливаются для младших копепоидов и явно выражены для старших. К началу

сентября численность копепоидитов превышает количество взрослых особей, т. е. развитие продолжается в октябре и второй максимум взрослых рачков будет позднее.

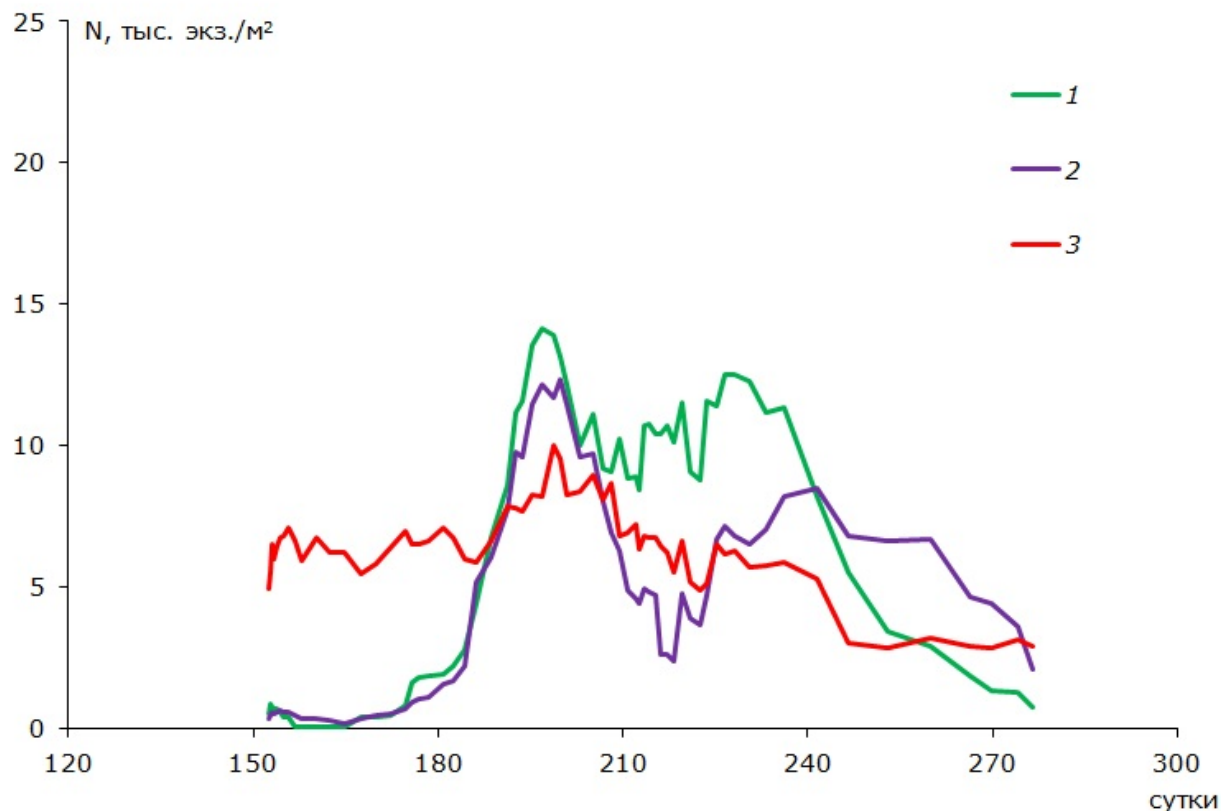


Рис. 3. Динамика численности (N , тыс. экз./м²) возрастных групп *Eudiaptomus gracilis* в центральном и глубоководном районах. 1 – младшие копепоидиты, 2 – старшие копепоидиты, 3 – взрослые рачки

Fig. 3. Dynamics of the abundance (N , th. ind./m²) of *Eudiaptomus gracilis* age groups in the central and deepwater parts of Lake Onega. 1 – early copepodites, 2 – late copepodites, 3 – adult copepods

В губах, где температурный режим и уровень трофии несколько отличается от пелагиали центрального района и залива Большое Онего, общий характер сезонной динамики рачка сохраняется, но у него есть особенности. Так, в июне в Петрозаводском и Кондопожском заливах развитие популяций начинается раньше и в них уже велика доля копепоидитных стадий (см. табл. 1).

Активный рост количества младших копепоидитов происходит в Кондопожской губе в первой декаде июля, максимум – в начале августа. Поскольку трофическая обстановка в Кондопожской губе значительно лучше, чем в центральном районе и в Петрозаводской губе, численность младших стадий составляет в среднем 23.8 тыс. экз./м² (0.7 тыс. экз./м³). Волны генераций младших и старших копепоидитов хорошо выражены (рис. 4Б). К началу сентября взрослые рачки начинают преобладать над копепоидитами, следовательно, развитие летнего поколения завершается к ноябрю. В целом численность и биомасса популяции выше, чем в других районах озера (табл. 2) из-за повышенного уровня трофии в результате антропогенного эвтрофирования (Тимакова и др., 2014).

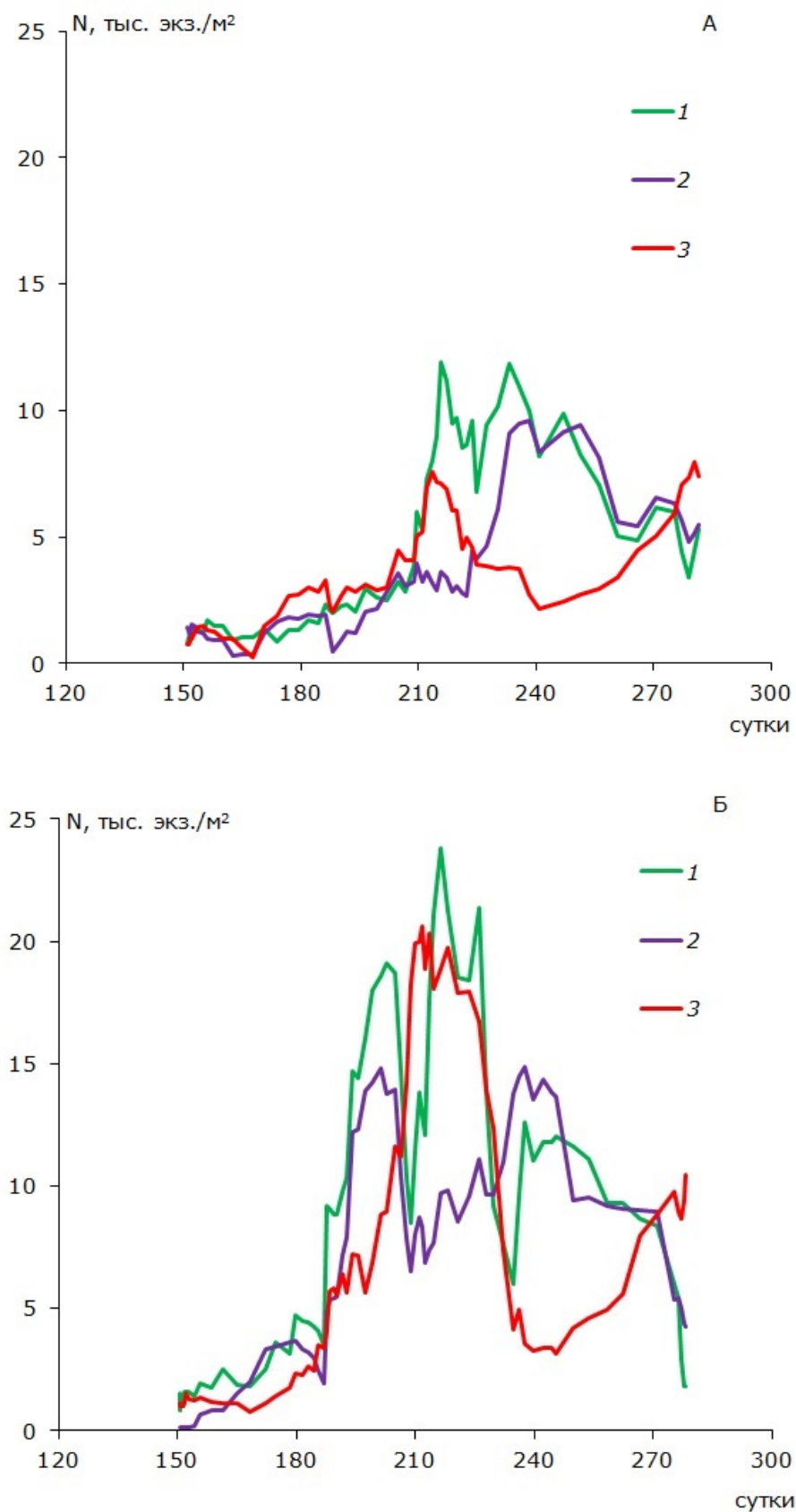


Рис. 4. Динамика численности (N, тыс. экз./м²) возрастных групп в Петрозаводском (А) и Кондопожском (Б) заливах. 1 – младшие копеподиты, 2 – старшие копеподиты, 3 – взрослые рачки
 Fig. 4. Dynamics of the abundance (N, th. ind./m²) of *Eudiaptomus gracilis* age groups in Petrozavodskaya (A) and Kondopozhskaya (Б) Bays. 1 – early copepodites, 2 – late copepodites, 3 – adult copepods

Таблица 2. Максимальные показатели популяций *Eudiaptomus gracilis* в летний период

Table 2. Maximum values of *Eudiaptomus gracilis* populations in summer

Район	Численность, тыс. экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Численность, тыс. экз./м ³
Центральная часть	50–53	1.50–1.80	0.6–1.8
Петрозаводская губа	40–49	1.00–1.10	1.7–2.0
Кондопожская губа	51–73	1.80–2.80	1.8–2.4

Популяция рачка в Петрозаводской губе не достигает максимумов, отмеченных в центральной части озера и Кондопожской губе (табл. 2). Развитие и рост численности младших стадий начинается только к концу июля. Волны генераций для младших копеподитов не ярко выражены, для старших копеподитов сливаются и пики в них не выделяются (рис. 4А). К началу августа достигает первого максимума. В это же время отмечаются максимальные значения у взрослых рачков первой генерации. К сентябрю количество взрослых рачков преобладает над копеподитами, и к ноябрю популяция переходит к зимнему состоянию. Особенности динамики популяции в Петрозаводской губе, возможно, определяются двумя причинами. Первая – это влияние темных вод р. Шуя, которые оказывают негативное воздействие на экосистему залива (Калинкина и др., 2016). Вторая – активная гидродинамика в июле, которая разрушает вертикальную стратификацию, в результате чего температура поверхностных слоев воды сильно варьирует. Ранее было показано, что структура всего зоопланктонного сообщества Петрозаводской губы в июле характеризуется также высокой изменчивостью (Сярки, Фомина, 2014).

Были рассмотрены другие факторы, также влияющие на сезонную динамику рачка.

Соотношение самцов и самок в июне, а также в августе, сентябре и октябре примерно 1:1, только в июле, когда идет активное размножение, 1:2 (в среднем 50 % самок с яйцами от количества самок). В вегетационный период взрослые рачки сосредоточены в основном в верхнем, 5 метровом, слое или в слое от 10 до 25 метров (от 10 до 50 метров на глубоководных станциях). У эудиаптомуса отмечается агрегированность в распределении, самки с яйцами располагаются в более глубоких слоях (ниже 25 метров, на глубоководных станциях ниже 50 метров). По данным J.-E. Svensson (1997), самки с яйцами избегают поверхностных вод в связи с хищничеством рыб, поскольку пигментированные яйца визуальнее более заметны и легко обнаруживаются.

Скорость прироста численности популяции можно оценить по количеству яиц.

Количество яиц в кладке у *Eudiaptomus gracilis* легко определить, т. к. яйца некоторое время носятся в яйцевой сумке. Надо принять во внимание время откладки яиц, когда количество яиц еще мало, но, как правило, это небольшой промежуток времени, поэтому сумки с 2–3 яйцами не учитываются.

Максимально отмеченное количество яиц в сумке мало зависело от трофии района. Величины в олиготрофном центральном районе (21) и в более трофной по условиям Кондопожской губе (22) были близки к показателям Петрозаводской губы (23).

Сезонные различия были выражены сильнее, т. к. трофические и температурные условия существования самок вызывают изменение среднего количества яиц в кладке (рис. 5). Так, подо льдом в марте 2017 г. среднее количество яиц в сумке было 6.7 (медиана 6, максимум 10). В центральном районе такое же количество яиц (6.7) сохранялось в июне (максимум 12). По мере прогрева воды и значительного улучшения трофической обстановки в первой декаде августа среднее количество яиц в кладках выросло до 13.2 (медиана 12.5, максимум 21). К осени среднее количество яиц в кладке снижалось (10.2) при отдельных случаях больших кладок (21).

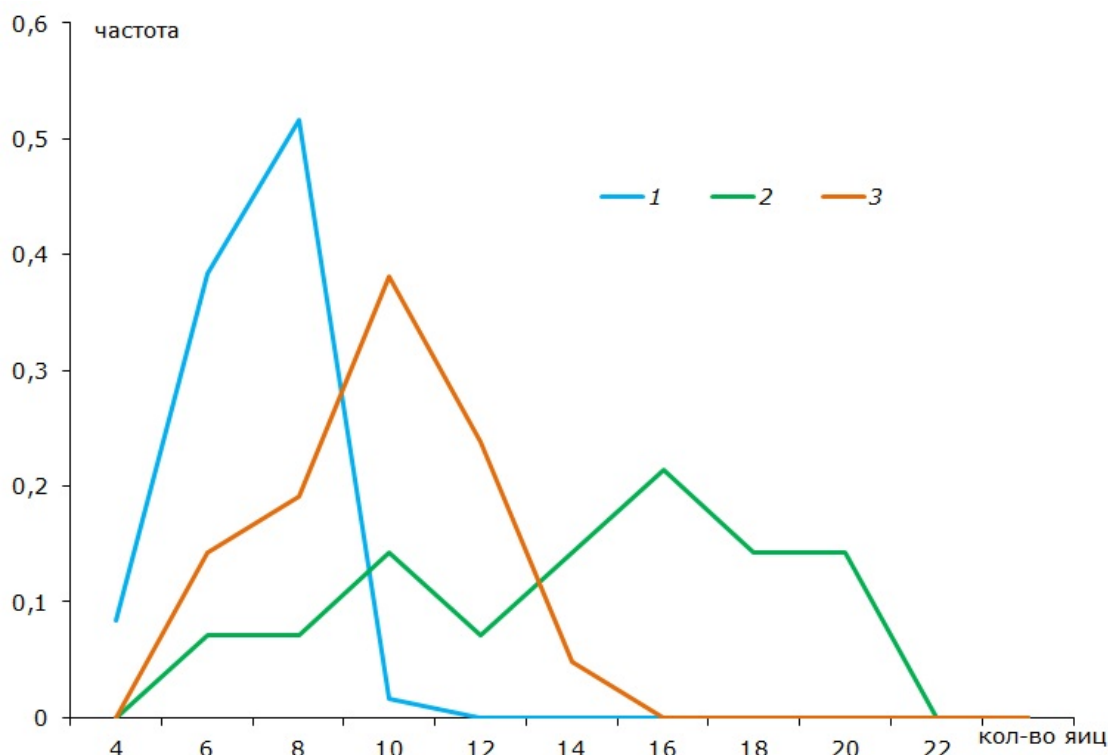


Рис. 5. Распределение частот количества яиц в кладке в различные сезоны. 1 – июнь, 2 – август, 3 – сентябрь

Fig. 5. Frequency distribution of eggs number in egg-laying in different seasons. 1 – June, 2 – August, 3 – September

Температурный режим определяет скорость развития рачков. В холодном центральном и глубоководном районах развитие популяции не заканчивается к сентябрю и доля взрослых особей меньше доли копепоидов. В губах температурные условия лучше и к сентябрю большая часть популяции состоит из взрослых особей.

Обсуждение

По нашим данным, сезонная динамика рачка *Eudiaptomus gracilis* в последние годы (2014–2017 гг.) имеет сходный характер (по срокам и количественным параметрам) с цикличностью, наблюдаемой в прошлом веке. Можно предположить, что на фоне высокой межгодовой изменчивости и широкой нормы реакции эудиаптомуса климатические изменения последних лет заметного влияния на жизненный цикл рачка не оказали.

Заключение

Показано, что дициклический характер популяционной динамики сохраняется как в центральной части водоема, так и в крупных заливах. Трофическая обстановка определяет максимальные летние показатели численности и биомассы популяции рачка. Сроки развития генераций рачков зависят от температурного режима района. Показаны скопления рачков в пелагиали центральной части озера в июне. В Петрозаводской губе активное летнее развитие рачка задерживается почти на месяц по сравнению с другими районами, что, возможно, связано с особенностями гидродинамического режима залива. Сдвиги сроков сезонных явлений пока не оказывают влияния на характер годовой цикличности рачка в Онежском озере.

Библиография

Ефремова Т. В., Пальшин Н. И. Ледовая фенология и термическая структура озер северо-запада России в период ледостава (по данным многолетних наблюдений) [Ice phenology and thermal structure of the lakes of northwestern Russia during the freeze-up (according to the data of long-term observations)] // Озера

Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы 1-й Международной конференции (11–15 сентября 2017 г.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. С. 222–228.

Калинкина Н. М., Сидорова А. И., Полякова Т. Н., Белкина Н. А., Березина Н. А., Литвинова И. А. Снижение численности глубоководного макрозообентоса Онежского озера в условиях многофакторного воздействия [Decrease in abundance of deep-water macrozoobenthos in Lake Onega in conditions of multifactorial impact] // Принципы экологии. 2016. № 2. С. 43–61.

Калинкина Н. М., Теканова Е. В., Сярки М. Т. Экосистема Онежского озера: реакция водных сообществ на антропогенные факторы и климатические изменения [Ecosystem of Lake Onega: the reaction of aquatic communities to anthropogenic factors and climatic changes] // Водное хозяйство России. 2017. № 1. С. 4–18.

Крупнейшие озера-водохранилища Северо-Запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях [The largest lakes-reservoirs of the North-West of the European part of Russia: the current state and changes in ecosystems under climatic and anthropogenic influences]. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 375 с.

Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Белого моря [Zooplankton of water bodies of White Sea basin]. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 325 с.

Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера [Zooplankton of water bodies of Lake Onega basin]. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 223 с.

Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна реки Шуя [Zooplankton of water bodies of Shuya River basin]. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 124 с.

Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов Республики Карелия (Россия): История изучения, основные направления исследований, видовой состав, библиография [Zooplankton of water bodies of the Republic of Karelia (Russia): History of the study, main research directions, species composition, bibliography]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 125 с.

Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов северной части бассейна Ладожского озера [Zooplankton of water bodies of Lake Ladoga basin]. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. 192 с.

Куликова Т. П., Сярки М. Т. Размерно-весовая характеристика массовых видов ракообразных и коловраток Онежского озера (справочно-информационный материал) [Size and weight characteristics of mass species of crustaceans and rotifers of Lake Onega (reference and information material)]. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1994. 16 с.

Методические материалы по сбору и обработке материалов в гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция [Methodical materials on collection and processing of materials in hydrobiological research on freshwater reservoirs. Zooplankton and its products] / Ред. Г. Г. Винберг, Г. М. Лаврентьева. Л.: ГосНИОРХ, 1984. С. 33.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон [Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh water in European Russia. Т. 1. Zooplankton] / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.

Ривьер И. К. Холодноводный зоопланктон озер бассейна Верхней Волги [Cold-water zooplankton in lakes of Upper Volga basin]. Ижевск: Пермьяков С. А., 2012. 390 с.

Румянцев В. А., Драбкова В. Г., Измаилова А. В. Великие озера мира [Great Lakes of the World]. СПб.: Лема, 2012. 370 с.

Сярки М. Т. Изучение траектории сезонной динамики планктона с помощью метода двойного сглаживания [Study of the seasonal dynamics trajectory of plankton using the method of double smoothing] //

Принципы экологии. 2013. № 1 (5). С. 61–67.

Сярки М. Т. Оценка рыбопродуктивности по состоянию кормовой базы. Зоопланктон [Assessment of fish productivity according to the state of the food reserve. Zooplankton] // Биологические ресурсы Онежского озера / Под ред. В. И. Кухарева, А. А. Лукина. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С. 54–67.

Сярки М. Т., Куликова Т. П. «Зоопланктон Онежского озера» [Zooplankton of Lake Onega]: Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012621150. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС КарНЦ РАН) (RU). Дата регистрации в реестре баз данных 9 ноября 2012 г.

Сярки М. Т., Теканова Е. В., Чекрыжева Т. А. «Планктон пелагиали Онежского озера» [Plankton of the pelagic on Lake Onega]: Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620274. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС КарНЦ РАН) (RU). Дата регистрации в реестре баз данных 13 февраля 2015 г.

Сярки М. Т., Фомина Ю. Ю. Особенности сезонных явлений в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера [Features of seasonal phenomena in the zooplankton in Petrozavodskaya Bay of Lake Onega] // Принципы экологии. 2014. Т. 3. № 3. С. 36–43.

Тимакова Т. М., Куликова Т. П., Литвинова И. А., Полякова Т. Н., Сярки М. Т., Теканова Е. В., Чекрыжева Т. А. Изменение биоценозов Кондопожской губы Онежского озера под влиянием сточных вод целлюлозно-бумажного комбината [Change in the biocenosis in Kondopozhskaya bays of Lake Onega under the influence of sewage from a pulp and paper mill] // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 1. С. 74–82.

Филимонова З. И. Низшие ракообразные планктона озер Карелии [Lower crustaceans of plankton in lakes of Karelia] // Фауна озер Карелии. Беспозвоночные. М.; Л.: Наука, 1965. С. 111–146.

Anneville O., Molinero J. C., Souissi S., Balvay G., Gerdeaux D. Long-term changes in the copepod community of Lake Geneva // Oxford J. of Plankton Research. Supplement 1. 2007. Vol. 29. P. 49–59.

Bohonak A. J., Holl M. D., Santer B., Zeller M., Kearns C. M., Hairston N. G. The population genetic consequences of diapause in *Eudiaptomus* copepods // Arch. Hydrobiol. 2006. Vol. 167 (1–4). P. 183–202.

Bozkurti A., Akin Ş. First record of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars, 1863) (Copepoda: Diaptomida) in the inland waters of Turkey // Turk. J. Zool. 2012. Vol. 36 (4). P. 503–511.

Haberman J., Virro T. Zooplankton // Lake Võrtsjärv / Eds. J. Haberman, E. Pihu, A. Raukas. Tallinn: Encyclopedia Publishers Ltd, 2004. P. 233–251.

Jiménez-Melero R., Santer B., Guerrero F. Embryonic and naupliar development of *Eudiaptomus gracilis* and *Eudiaptomus graciloides* at different temperatures: comments on individual variability // Journal of Plankton Research. 2005. Vol. 27 (3). P. 1175–1187.

Ladoga and Onego – Great European Lakes. Observations and Modelling / Eds. L. Rukhovets, N. Filatov. Chichester, UK: Springer, 2010. P. 302.

Šorf M., Brandl Z. The rotifer contribution to the diet of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars, 1863) (Copepoda: Calanoida) // Crustaceana. 2012. Vol. 85 (12–13). P. 1421–1429.

Svensson J.-E. Sex differences in habitat distribution of a planktonic copepod, *Eudiaptomus gracilis* // Ecography. 1997. Vol. 20. № 4. P. 407–416.

Visconti A., Manca M. The invasive appearance of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars 1863) in Lago Maggiore // J.

Limnol. 2010. Vol. 69 (2). P. 353–357.

Zánkai N. P. Feeding of copepodite and adult stages of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars, 1863) (Copepoda, Calanoida) on mixed plastic beads // Crustaceana. 1994. Vol. 66 (1). P. 90–109.

Zeller M., Reusch T. B. H., Lampert W. A comparative population genetic study on calanoid freshwater copepods: Investigation of isolation-by-distance in two *Eudiaptomus* species with a different potential for dispersal // Limnol. Oceanogr. 2006. Vol. 51 (1). P. 117–124.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания Института водных проблем Севера КарНЦ РАН.

Life cycle of the copepod *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863) in Lake Onega

**FOMINA
Yuliya**

*Northern Water Problems Institute
Karelian Research Centre, rambler7780@rambler.ru*

**SYARKI
Maria**

*Northern Water Problems Institute
Karelian Research Centre, msyarki@yandex.ru*

Keywords:

copepod
Eudiaptomus gracilis
life cycle
zooplankton
Lake Onega
the Republic of Karelia

Summary:

In the context of climate changes and seasonal shifts the study of the annual cyclicality in the plankton community and its elements is very important. *Eudiaptomus gracilis* is the main species in Lake Onega pelagic zooplankton and can be found in the lake all the year round. It takes part in the formation of bioresources, besides it is an important element of planktivorous fish food reserve. On the basis of the long-term observations the life cycle of the crustacean populations from the different areas of the lake was analyzed. Annual trajectories of the seasonal dynamics of age groups were obtained. It was shown that the dicyclic character of the population dynamics in the central part and large bays of Lake Onega is similar, but there are some features connected to the thermal regime and trophic levels. The trophic state determines the maximum summer levels of crustacean population abundance and biomass, which vary 1.5-2 times by areas. The maximum values were recorded in the Kondopozhskaya Bay, they are connected with the anthropogenic eutrophication. The features of the population life cycle in Petrozavodskaya Bay are associated with the hydrodynamic regime of the bay. The state of the population in a subglacial period was studied in detail. It was shown that the beginning of the reproduction depends on the state of ice and snow cover. In comparison with the data of the last century, no noticeable changes in the nature of the annual cyclicality of *Eudiaptomus gracilis* were observed, despite fluctuations in the anthropogenic load and climatic changes in recent decades.

References

- Šorf M., Brandl Z. The rotifer contribution to the diet of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars, 1863) (Copepoda: Calanoida), *Crustaceana*. 2012. Vol. 85 (12–13). P. 1421–1429.
- Anneville O., Molinero J. C., Souissi S., Balvay G., Gerdeaux D. Long-term changes in the copepod community of Lake Geneva, *Oxford J. of Plankton Research. Supplement 1*. 2007. Vol. 29. P. 49–59.
- Bohonak A. J., Holl M. D., Santer B., Zeller M., Kearns C. M., Hairston N. G. The population genetic consequences of diapause in *Eudiaptomus* copepods, *Arch. Hydrobiol.* 2006. Vol. 167 (1–4). P. 183–202.
- Bozkurti A., Akin Ş. First record of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars, 1863) (Copepoda: Diaptomida) in the inland waters of Turkey, *Turk. J. Zool.* 2012. Vol. 36 (4). P. 503–511.
- Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh water in European Russia. T. 1. Zooplankton, *Pod red. V. R. Alekseeva, P. Ya. Calolihina. M.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK*, 2010. 495 p.
- Efremova T. V. Pal'shin N. I. Ice phenology and thermal structure of the lakes of northwestern Russia during the

Fomina Y., Syarki M. Life cycle of the copepod *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863) in Lake Onega // *Principy èkologii*. 2018. Vol. 7. № 3. P. 91–102.

freeze-up (according to the data of long-term observations), *Ozera Evrazii: problemy i puti ih resheniya: Materialy 1-y Mezhdunarodnoy konferencii (11–15 sentyabrya 2017 g.)*. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 2017. C. 222–228.

Filimonova Z. I. Lower crustaceans of plankton in lakes of Karelia, *Fauna ozer Karelii. Bespozvonochnye*. M.; L.: Nauka, 1965. P. 111–146.

Haberman J., Virro T. Zooplankton, Lake Võrtsjärv, Eds. J. Haberman, E. Pihu, A. Raukas. Tallinn: Encyclopedia Publishers Ltd, 2004. P. 233–251.

Jiménez-Melero R., Santer B., Guerrero F. Embryonic and naupliar development of *Eudiaptomus gracilis* and *Eudiaptomus graciloides* at different temperatures: comments on individual variability, *Journal of Plankton Research*. 2005. Vol. 27 (3). P. 1175–1187.

Kalinkina N. M. Sidorova A. I. Polyakova T. N. Belkina N. A. Berezina N. A. Litvinova I. A. Decrease in abundance of deep-water macrozoobenthos in Lake Onega in conditions of multifactorial impact, *Principy ekologii*. 2016. No. 2. P. 43–61.

Kalinkina N. M. Tekanova E. V. Syarki M. T. Ecosystem of Lake Onega: the reaction of aquatic communities to anthropogenic factors and climatic changes, *Vodnoe hozyaystvo Rossii*. 2017. No. 1. P. 4–18.

Kulikova T. P. Syarki M. T. Size and weight characteristics of mass species of crustaceans and rotifers of Lake Onega (reference and information material). Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 1994. 16 p.

Kulikova T. P. Zooplankton of water bodies of Lake Onega basin. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2007. 223 p.

Kulikova T. P. Zooplankton of water bodies of Lake Ladoga basin. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2012. 192 p.

Kulikova T. P. Zooplankton of water bodies of Shuya River basin. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2004. 124 p.

Kulikova T. P. Zooplankton of water bodies of White Sea basin. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2010. 325 p.

Kulikova T. P. Zooplankton of water bodies of the Republic of Karelia (Russia): History of the study, main research directions, species composition, bibliography. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 125 p.

Ladoga and Onego – Great European Lakes. Observations and Modelling, Eds. L. Rukhovets, N. Filatov. Chichester, UK: Springer, 2010. P. 302.

Methodical materials on collection and processing of materials in hydrobiological research on freshwater reservoirs. Zooplankton and its products, Red. G. G. Vinberg, G. M. Lavrent'eva. L.: GosNIORH, 1984. P. 33.

Riv'er I. K. Cold-water zooplankton in lakes of Upper Volga basin. Izhevsk: Permyakov P. A., 2012. 390 p.

Rumyantsev V. A. Drabkova V. G. Izmailova A. V. Great Lakes of the World. SPb.: Lema, 2012. 370 p.

Svensson J, E. Sex differences in habitat distribution of a planktonic copepod, *Eudiaptomus gracilis*, *Ecography*. 1997. Vol. 20. No. 4. P. 407–416.

Syarki M. T. Fomina Yu. Yu. Features of seasonal phenomena in the zooplankton in Petrozavodskaya Bay of Lake Onega, *Principy ekologii*. 2014. T. 3. No. 3. P. 36–43.

Syarki M. T. Kulikova T. P. Zooplankton of Lake Onega: *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registracii bazy dannyh No. 2012621150*. Pravoobladatel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut vodnyh problem Severa Karel'skogo nauchnogo centra RAN (IVPS KarNC RAN) (RU). Data registracii v reestre baz dannyh 9 noyabrya 2012 g.

Fomina Y., Syarki M. Life cycle of the copepod *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863) in Lake Onega // *Principy èkologii*. 2018. Vol. 7. № 3. P. 91–102.

Syarki M. T. Tekanova E. V. Chekryzheva T. A. Plankton of the pelagic on Lake Onega: Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registracii bazy dannyh No. 2015620274. Pravoobladatel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut vodnyh problem Severa Karel'skogo nauchnogo centra RAN (IVPS KarNC RAN) (RU). Data registracii v reestre baz dannyh 13 fevralya 2015 g.

Syarki M. T. Assessment of fish productivity according to the state of the food reserve. Zooplankton, Biologicheskie resursy Onezhskogo ozera, Pod red. V. I. Kuhareva, A. A. Lukina. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 2008. P. 54–67.

Syarki M. T. Study of the seasonal dynamics trajectory of plankton using the method of double smoothing, *Principy ekologii*. 2013. No. 1 (5). P. 61–67.

The largest lakes-reservoirs of the North-West of the European part of Russia: the current state and changes in ecosystems under climatic and anthropogenic influences. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 2015. 375 p.

Timakova T. M. Kulikova T. P. Litvinova I. A. Polyakova T. N. Syarki M. T. Tekanova E. V. Chekryzheva T. A. Change in the biocenosis in Kondopozhskaya bays of Lake Onega under the influence of sewage from a pulp and paper mill, *Vodnye resursy*. 2014. T. 41. No. 1. P. 74–82.

Visconti A., Manca M. The invasive appearance of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars 1863) in Lago Maggiore, J. *Limnol*. 2010. Vol. 69 (2). P. 353–357.

Zánkai N. P. Feeding of copepodite and adult stages of *Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars, 1863) (Copepoda, Calanoida) on mixed plastic beads, *Crustaceana*. 1994. Vol. 66 (1). P. 90–109.

Zeller M., Reusch T. B. H., Lampert W. A comparative population genetic study on calanoid freshwater copepods: Investigation of isolation-by-distance in two *Eudiaptomus* species with a different potential for dispersal, *Limnol. Oceanogr*. 2006. Vol. 51 (1). P. 117–124.



УДК 929

Иван Дмитриевич Стрельников. Часть 1. Удивительная жизнь

ЧЕРЛИН

Владимир

Александрович
Ключевые слова:

биография
экология
сравнительная физиология
эволюция

*Дагестанский государственный университет,
cherlin51@mail.ru*

Аннотация:

В статье описан удивительный жизненный путь Ивана Дмитриевича Стрельникова – крупного российского/советского биолога, работы которого сейчас, к сожалению, вспоминают нечасто. Он родился в отдаленной российской деревне Тамбовской губернии в бедной крестьянской семье в 1887 г. С детства он обладал важными качествами – тягой к знаниям и любовью к природе. Он окончил церковно-учительскую школу в Смоленской губернии, учился в Вольной высшей школе профессора Петра Францевича Лесгафта в Санкт-Петербурге, был его учеником и соратником. Позже стал учеником и соратником замечательного биолога Сергея Ивановича Метальникова. В 1914–1915 гг. во главе студенческой группы совершил экспедицию в Южную Америку, которая собрала уникальный биологический и этнографический материал. Работал в Италии на русской биологической станции в Виллафранка, некоторое время работал в Париже в лаборатории И. И. Мечникова и в США в лаборатории Т. Моргана, был знаком с И. П. Павловым, ездил стажироваться в Германию и другие страны Европы. Еще будучи студентом, И. Д. Стрельников начал вести преподавательскую деятельность. Параллельно с этим он вел активные научные исследования. В 1935 г. ему была присуждена степень доктора биологических наук без защиты диссертации. Он способствовал созданию Географического института, ставшего в дальнейшем географическим факультетом ЛГУ, был сотрудником кафедры зоологии позвоночных биологического факультета ЛГУ, в Зоологическом институте АН СССР организовал и некоторое время заведовал лабораторией экологии, преподавал в Ленинградском сельскохозяйственном институте, где создал кафедру зоологии и долго заведовал ею. Он изучал ряд важных проблем экологии животных, сравнительную физиологию, анатомо-физиологические основы видообразования позвоночных и имел более 100 научных публикаций. Работал в разных регионах СССР – от Арктики, Крыма, низин и высокогорий Кавказа до пустыни Каракумы. Скончался в 1981 г. в возрасте 93 лет.

© 2018 Петрозаводский государственный университет

Получена: 11 июня 2018 года

Опубликована: 15 октября 2018 года

Материалы



Рис. 1. Иван Дмитриевич Стрельников. 1964 г. (URL: http://www.rbcu.ru/upload/medialibrary/6e8/strelnikov_a00.jpg)

Fig. 1. Ivan Dmitrievich Strel'nikov. 1964

В статье описан удивительный жизненный путь Ивана Дмитриевича Стрельникова – крупного российского/советского биолога, работы которого сейчас вспоминают немногие. Он родился в отдаленной российской деревне Тамбовской губернии в бедной крестьянской семье в 1887 г. С детства он обладал важным качеством – тягой к знаниям, любовью к природе. Он окончил Дровненскую церковно-учительскую школу в Смоленской губернии, учился в Вольной высшей школе профессора Петра Францевича Лесгафта в Санкт-Петербурге, был его учеником и соратником. Позже стал учеником и соратником замечательного биолога Сергея Ивановича Метальникова, некоторое время работал в Париже в лаборатории И.И. Мечникова, был знаком с И.П. Павловым, П.А. Кропоткиным. Он ездил в Германию и другие страны Европы, работал в Италии на русской биологической станции в Виллафранка, в США – в лаборатории Т. Моргана. В 1914–1915 гг. во главе студенческой группы совершил экспедицию в Южную Америку, которая собрала уникальный биологический и этнографический материал. Еще будучи студентом, И.Д. Стрельников начал вести преподавательскую деятельность. В 1935 г. ему была присуждена степень доктора биологических наук без защиты диссертации. Он способствовал созданию Географического института, ставшего в дальнейшем географическим факультетом ЛГУ, был сотрудником кафедры зоологии позвоночных биологического факультета ЛГУ, в Зоологическом

институте АН СССР организовал и некоторое время заведовал лабораторией экологии, преподавал в Ленинградском сельскохозяйственном институте, где создал кафедру зоологии и долго заведовал ею. Изучал экологию животных, влияние солнечной радиации на насекомых, сравнительную физиологию, анатомо-физиологические основы видообразования позвоночных. Работал в разных регионах СССР – от Арктики, Крыма, низин и высокогорий Кавказа до пустыни Каракумы. Скончался в 1981 г. в возрасте 93 лет.

ВВЕДЕНИЕ

Это первая (в серии из двух) статья о замечательном биологе Иване Дмитриевиче Стрельникове. Занимаясь всю жизнь термобиологией рептилий, мы знали о том, что в 30–40-х гг. XX в., первым в СССР, Иван Дмитриевич Стрельников опубликовал несколько статей на эту тему. Статьи были очень серьезными, научно выверенными, «академичными» и обращали на себя особое внимание. Личность их автора представлялась весьма интересной. И нам захотелось узнать о жизни этого ученого.

Мы – типичные представители поколения научных работников, зоологов, родившихся в конце сороковых – пятидесятих годах XX в. Но для нас имя такого масштабного ученого, как Иван Дмитриевич Стрельников, который ко времени начала нашего научного развития еще активно работал, было практически незнакомо. Мы узнали о нем только потому, что в одном научном направлении наши с ним научные интересы пересеклись. Если бы не это, мы бы о нем так и не знали. Поэтому, несмотря на то, что сейчас даже в Интернете можно найти довольно много информации о нем, подавляющее большинство биологов старшего и более молодых возрастов и искать-то не будут. Другими словами, важен не только сам факт наличия информации в доступной сети или даже опубликованных книг, важно, чтобы эта информация была востребованной и чтобы она находилась в зоне, которую ученые регулярно посещают, чтобы они на нее «наталкивались» и чтобы им захотелось с этой информацией познакомиться. Именно по этой причине, узнав о таком интересном ученом, мы решили написать о нем еще одну статью и опубликовать ее в периодическом издании, которое у многих биологов регулярно находится «в поле зрения», «на контроле».

Материалы о жизни Ивана Дмитриевича Стрельникова мы почерпнули прежде всего из книги о нем, написанной с уважением и любовью его дочерью – Ниной Ивановной Стрельниковой, профессором СПбГУ, его сыном – Сергеем Ивановичем Стрельниковым, кандидатом геолого-минералогических наук, и внуком – Константином Сергеевичем Стрельниковым (Стрельникова и др., 2017). По сути, наша статья – это максимально аккуратная «выжимка» из упомянутой выше книги. Кроме того, мы использовали и другие источники (Жервэ, 2012; Вадимов, 2013), из опубликованной истории кафедры защиты и карантина растений факультета агротехнологий, почвоведения и экологии Государственного аграрного университета (http://spbgau.ru/departments/iape/struktura/kafedry/kaf_zash_rast_i_kar/istoriya_kafedry), на сайте <http://konkvistador.ru/paragv-nadejda/191-pyatero-na-río-paragvaj>, и других отдельных источников. Многие фотографии Ивана Дмитриевича – из книги Стрельниковой и др., 2017, другие – из разных источников в Интернете.

Начиная писать об Иване Дмитриевиче Стрельникове, хочется привести абзац из предисловия книги о нем, потому что лучшего начала статьи нам не придумать: «Жизнь Ивана Дмитриевича прошла в эпоху исторических потрясений. Он родился через 26 лет после отмены крепостного права, был свидетелем появления железных дорог и электричества, современником революции 1905 г. и участником революции 1917 г., пережил Первую мировую войну, видел развал Российской империи и становление Советского Союза, видел Ленина и пережил сталинскую эпоху, пережил Великую Отечественную войну и блокаду Ленинграда, стал свидетелем освоения космоса и полета первого человека – Ю. Гагарина» (Стрельникова и др., 2017; с. 3). Да, трудно, почти невозможно себе представить, что все это (рис. 2–4) произошло в течение жизни одного человека!



Рис. 2. Конец XIX в. Паровозное депо станции Челябинск. Паровоз Рв-410. Самаро-Златоустовская железная дорога (URL:

http://deduhova.ru/statesman/wp-content/uploads/2017/04/0_aaa5d_b42d9217_XXXL-1024x666.jpg)

Fig. 2. The end of the XIXth century. Locomotive depot in Chelyabinsk. Steam Locomotive RV-410. Samara-Zlatoust railway



Рис. 3. 1900 г. Угол Невского проспекта и Михайловской улицы. Конки. Фото К.

Буллы[1] (URL: https://i07.fotocdn.net/s12/229/public_pin_l/378/2334489060.jpg)

Fig. 3. 1900. The corner of Nevsky prospect and Mikhailovskaya street. Horsecars. Photo by K. Bulla



Рис. 4. 1907 г. Укрепление электропроводов для трамвайного движения на Невском проспекте.

Хорошо видна торцевая мостовая[2]. Фото К. Буллы (URL:

<http://pics2.pokazuha.ru/p217/4/4/8287937d44.jpg>)

Fig. 4. 1907. Reinforcement of electric wires for street-car service in Nevsky prospect. The top end pavement is clearly visible. Photo by K. Bulla

1887-1905. ДЕТСТВО. ШКОЛА

Происходило семейство Стрельниковых из глухого села Третьи Левые Ламки Моршанского уезда Тамбовской губернии. Дмитрий Савельевич Стрельников (1857-1920) и его супруга Василиса Герасимовна (1858-1892) были бедняками. Дом их находился на берегу реки Ламки, недалеко от ее впадения в другую большую реку – Челновая. Многие жители села искали возможности выйти из беспросветной нищеты и отправлялись на поиски благодатных, плодородных, свободных земель на просторы Сибири. Дмитрий Савельевич продал свой дом и небольшое имущество и на телеге, запряженной лошадкой, вместе с супругой тоже отправился в Сибирь. 11 июля 1887 г., на территории Оренбургской губернии, прямо в телеге у них родился сын Иван. «С тех пор я стал путешественником», – говорил о себе Иван Дмитриевич.

Целинные сибирские земли, хоть и были плодородными, но требовали вложения такого огромного труда и хотя бы самого простого сельскохозяйственного инвентаря, что Дмитрий Савельевич не справился и на телеге вернулся обратно в родное тамбовское село. Он постарался вновь обзавестись хозяйством, но даже несмотря на трудолюбие супругов ничего путного создать больше не удалось. В семье было несколько детей – мальчиков и девочек. Но в крайне тяжелых условиях из всех выжил только один – Иван.

В конце XIX в. в Тамбовской губернии свирепствовала эпидемия холеры. От той страшной болезни в 1892 г. умерла мать Ивана – Василиса Герасимовна. Ивану в это время было всего около четырех лет. Так и рос он почти все время один, без матери, братьев и сестер. Отец мало находился дома. Он то работал в поле, то был на заработках. Уезжал обычно на одну-две недели.

Около дома был плодовый и ягодный сад, огород. Иван с детства сам вел хозяйство – поливал и полыл огород, кормил кур и гусей, встречал и загонял корову. Только вот доить корову сил не хватало – соседка помогала. Летом Иван собирал огурцы с огорода, вместе с соседями отвозил их на базар и

продавал примерно по рублю за одну меру, в которой было около 20 килограммов. Пищу себе он варил сам, но не в доме, а у воды на берегу реки, потому что так наказывал отец, чтобы по какой-нибудь неосторожности в доме не случился пожар. «Такая жизнь приучала меня к самостоятельности и к ответственности за порученное мне дело», – говорил о себе Иван Дмитриевич.

С восьми лет Иван пошел учиться в школу. На все большое село школа была одна. Располагалась она возле церкви. В ней было всего три класса, и все они находились в одной комнате. Учитель давал задание одному классу, пока ученики его выполняли, он общался с другим классом и т. д. Иван учился хорошо и иногда помогал учителю проверять задания. Учитель часто применял в качестве «средства вразумления» длинную деревянную линейку. Этому же он учил и Ивана. Поэтому в школе его не очень любили. Его звали «тепленький», потому что у него была очень плохая одежда, и он всегда мерз и ежился от холода.

Вся жизнь Ивана, как и остальных жителей российской глубинки, с самого детства была в большей или меньшей степени связана с православной верой и церковью. По Руси в большом количестве ходили «странники» и «странницы». Это были немолодые уже мужчины и женщины, которые «по обету» путешествовали по святым местам, монастырям, на поклонение святым мощам, за советами к старцам и т. п. Некоторые пешком ходили к Черному морю, а оттуда на пароходах добирались до Иерусалима, дабы поклониться Гробу Господню. С собой у них не было ничего. Хлебосольные русские крестьяне давали им приют, одежду, снабжали продуктами. Такие странники часто останавливались и в доме Стрельниковых. Ваня, лежа на печи, слушал непонятные еще разговоры о вере, Боге, спасении души...

Когда Ивану минуло девять лет, отец отправился странствовать по святым местам. Но Бога он не нашел, вернулся и стал сторожем-объездчиком монастырских лесов Троице-Сергиевой лавры. Пока отца не было дома, за Иваном присматривала родственница Варвара. Она была «монашкой». Таких на Руси было много. Это не постриженные монашки, а женщины, которые по разным причинам (религиозным воззрениям, житейским невзгодам, страху перед браком) принимали обет безбрачия. Они носили темные платья и черные платки на голове, считая себя монашками «в миру». В отсутствие отца Варвара вела хозяйство, а полевою землю отдавали «исполу», то есть в аренду за половину урожая.

Иван окончил школу в 11 лет, но к экзаменам допущен не был, потому что допускались только дети, которым исполнилось уже 12 лет. И отец вызвал Ивана с Варварой в Троице-Сергиеву лавру. Варвара сразу вернулась в село, а Ивану архимандрит монастыря разрешил остаться и поступить в школу при монастыре. Поселили Ивана со слепым звонарем лавры. Мальчик восторгался его искусством и подолгу слушал перезвон колоколов лавры и других церквей.

В монастырской школе учили Закону Божию, русскому языку, арифметике и другим предметам (рис. 5). Иван участвовал в церковных службах, был чтецом и канонархом^[3], читал шестопсалмие и часы.

Учился Иван хорошо. Память у него была отличная: достаточно было ему, например, один-два раза прочитать «Чуден Днепр при тихой погоде» Гоголя, как он запоминал его наизусть.

Отец Ивана, не найдя Бога и окончательно потеряв веру в него, уехал обратно в родное село и вернулся к сельскому хозяйству. Иногда он присылал мальчику 3 рубля на дорогу, и Ваня ненадолго приезжал домой, проводя время на огороде, на лугу, купался в речке.

Монастырская, религиозная жизнь со временем перестала интересовать Ивана, и он начал, помимо уроков, читать, кроме прочего, книги по природоведению.



Рис. 5. Иван Стрельников во время учебы в монастырской школе. 1896 г. (?) (фото: Стрельникова и др., 2017; стр. 11)

Fig. 5. Ivan Strel'nikov during his study in a convent school. 1896 (?) (photo source – Стрельникова и др., 2017; p. 11)

Через некоторое время Иван узнал, что в Смоленской губернии имеется такая школа, где может учиться всякий желающий. Отец прислал ему 5 рублей на дорогу, и он с двумя с полтиною рублями в кармане приехал в село Дровнино Гжатского уезда Смоленской губернии. Там помещалась та самая церковно-учительская школа.

Надо сказать, что это было необычное учебное заведение. Профессор ботаники Московского университета Сергей Александрович Рачинский^[4], один из первых переводчиков сочинений Дарвина, богатый смоленский помещик, решил оставить профессию и стать сельским учителем. Ему пришлось даже сдавать экзамены на сельского учителя, таковы были тогда правила. На свои средства он построил несколько школ в Смоленской губернии; при его участии построена и организована была и та школа, в которую приехал учиться Иван Стрельников. С.А. Рачинский совмещал в себе уважение к учению Дарвина, сочинения которого он переводил, и в то же время уважение к церковно-религиозной жизни нашей страны. Говорили, что он был другом очень известного в России человека – Константина Петровича Победоносцева^[5].

Один из учеников Сергея Александровича Рачинского, который очень любил рисовать, был отправлен им в Академию художеств в Санкт-Петербург. Из этого мальчика вырос хорошо известный впоследствии художник Николай Петрович Богданов-Бельский. Одна из его картин, которая сейчас выставлена в Третьяковской галерее в Москве, – «Устный счет. В народной школе С.А. Рачинского», была написана в 1895 г. В глубине класса на стуле сидит сам С. А. Рачинский. А ребята спереди – реальные личности, друзья и соученики Ивана Стрельникова. Правда, самого Стрельникова на картине нет (рис. 6).



Рис. 6. Картина Н.П. Богданова-Бельского «Устный счет. В народной школе С.А. Рачинского» (URL: <http://www.artsait.ru/art/b/bogdanov-b/img/1.jpg>)

Fig. 6. Painting "Mental calculation" by N.P. Bogdanov-Belsky. In the public school of S.A. Rachinsky»

Как штрих к характеристике качества обучения в церковно-учительской школе хочу обратить внимание читателей на арифметический пример, написанный мелом на грифельной доске и предложенный ученикам сельской школы для устного счета:

$$(10^2 + 11^2 + 12^2 + 13^2 + 14^2) / 365$$

А Вы без калькулятора сможете сосчитать?

Ученики жили и учились прямо в здании церковно-учительской школы. Питание и обучение там были бесплатными. Учителями были демократически и даже революционно настроенные молодые люди, окончившие Духовную академию в Троице-Сергиевой лавре или университет. Когда приезжали архиереи для ознакомления с работой этой школы, ученики блестяще отвечали по богословским предметам и по другим наукам. А когда довольные архиереи снова уезжали в город, то продолжалась

обычная тихая, малозаметная работа по пробуждению умов молодежи возраста 15-18 лет. В период революционных событий 1905 г. эта школа стала местным революционным центром, за что вскоре была закрыта.



Рис. 7. Аттестат И.Д. Стрельникова об окончании курса Дровненской церковно-учительской школы. 1904 г. (http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a01.jpg)
Rice. 7. Certificate of I.D. Strel'nikov of completion of Drovnen'skaya Church-teacher school. 1904

Ваня Стрельников окончил церковно-учительскую школу в 1904 г. (рис. 7). Учителя этой школы, после ее закрытия в 1905 г., почти все перебрались в Москву, где открыли частную среднюю школу с

применением передовых методов преподавания; возглавлял школу В.А. Лебедев – сын протоиерея села Дровнино.

По окончании церковно-учительской школы, которая готовила учителей для церковно-приходских школ, находившихся в ведении Святейшего Синода, Иван Стрельников был назначен учителем в село Пичкиряево Спасского уезда Тамбовской губернии.

Как и в родном селе, в школе было три класса, которые помещались в одной большой комнате. Нужно было очень приспособиться, чтобы не дать ребятам сидеть без дела, шалить и мешать другим. Это требовало большого напряжения, предварительной подготовки и продумывания всех своих действий. Иван к своему делу относился с большим рвением и усердием, отдавая все свои силы, знания, всю свою любовь к народу и детям. Одновременно он работал над своим образованием, выписывал журнал «Вестник самообразования» – серьезный научно-популярный журнал с хорошими книгами-приложениями.

Отношения с местным священником, в ведении которого находилась школа, не складывались, поскольку он решил женить Ивана на одной из своих дочерей. Но поскольку Иван отказался, начались служебные придирки и доносы как на свободолюбивого учителя. Иван попросил перевести его в другое село. Он был назначен учителем в церковно-приходскую школу в село Салтыковы-Буты в 7–8 верстах от уездного города Спасска. Как и в селе Пичкиряево, он устраивал воскресные чтения для крестьян и организовал Союз учителей уезда. Когда в Петербурге и Москве начались революционные события, Союз учителей развернул агитацию среди крестьян, в результате чего начались крестьянские волнения и бунты; кое-где избивали и убивали урядников, станowych приставов, земских начальников, начали жечь помещичьи усадьбы. Местный протоиерей – родной брат Московского митрополита Владимира – донес на Ивана уездным властям и своему брату. Крестьяне предупредили Ивана о предстоящем аресте. Зимой на санях он выехал в город Спасск, чтобы оттуда по железной дороге уехать от ареста для продолжения уже подпольной работы. Но по дороге он встретил двое саней с жандармами. Они остановили его и повезли в Спасск, в тюрьму.

Иван Стрельников просидел в тюрьме около девяти месяцев. Допросы вел исправный урядник, бывший родным братом Г.В. Плеханова. Но по случаю созыва первой Государственной Думы была объявлена амнистия, под которую попал и Иван. Он был выслан под надзор полиции в свое родное село Левые Ламки. За ним был установлен полицейский надзор.

1906-1909. ВОЛЬНАЯ ВЫСШАЯ ШКОЛА ПЕТРА ФРАНЦЕВИЧА ЛЕСГАФТА

Из газет Иван Стрельников узнал, что в Петербурге основана Вольная высшая школа, куда мог поступить каждый желающий для получения высшего образования. Он не имел никаких прав и никаких возможностей поступить в «казенные», т. е. государственные, высшие учебные заведения и университеты, куда требовался аттестат зрелости, то есть свидетельство об окончании среднего учебного заведения, гимназии или реального училища. Этого документа у него не было.

На остатки учительского жалования Иван выехал в Петербург и явился по указанному в газетах адресу. Для поступления в Вольную высшую школу достаточно было подать заявление о желании учиться на каком-либо из факультетов и внести 40 рублей годовой платы за обучение. Если не было возможности платить, то надо было подать заявление о бесплатном обучении. Так Иван Стрельников стал студентом и начал посещать лекции знаменитых в то время профессоров.

Основателем Вольной высшей школы, или Вольного университета, был знаменитый анатом и педагог профессор Петр Францевич Лесгафт^[6] (рис. 8). Его лекции по анатомии человека привлекали всеобщее внимание молодежи. Лекции по анатомии были увлекательными, глубоко поучительными, в связи с тем, что Лесгафт связывал особенности строения человеческого организма и всякие изменения и отклонения с теми условиями жизни, в которых рос и воспитывался человек.

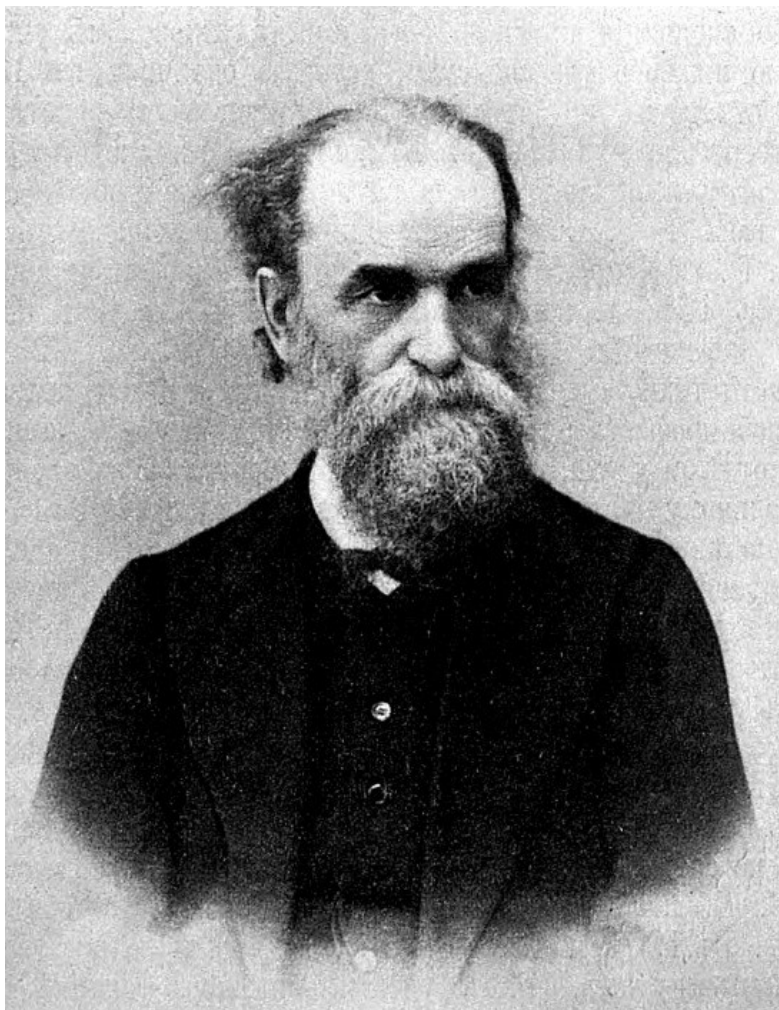


Рис. 8. Петр Францевич Лесгафт (URL: <http://tunnel.ru/media/images/2017-08/post/109027/2.jpg>)

Fig. 8. Pyotr Frantsevich Lesgaft

Молодежь перестраивала под влиянием Лесгафта и свое мировоззрение, и даже внешний облик. Девушки, поступавшие к нему учиться, должны были носить простые и строгие костюмы, и вскоре превращались в широко известных в то время «лесгафтичек» – коротко стриженных особ, одетых строго и без следов косметики на лице. Юноши также проникались глубоко философскими и серьезными общественными взглядами на окружающее.

Огромную роль в развитии всех научных организаций, которые появились в дальнейшем под общим патронажем П.Ф. Лесгафта, сыграла его встреча с удивительным человеком, очень состоятельным, меценатом, стремящимся к самообразованию и самосовершенствованию, Иннокентием Михайловичем Сибиряковым (1860–1901). Он пожертвовал П.Ф. Лесгафту огромное по тем временам состояние в 350 тыс. рублей на практическую организацию просветительской деятельности (рис. 9). В 1893 г. было разработано предложение о создании «Естественно-исторического музея», но 19 октября 1894 г. было получено официальное разрешение на создание организации под названием «Санкт-Петербургская Биологическая лаборатория».

В 1896 г. И.М. Сибиряков принял постриг и иночество в Свято-Андреевском скиту на Афоне, которому пожертвовал и свои деньги, и свой иноческий труд (рис. 10). Иннокентий Михайлович Сибиряков умер в монастыре на Афоне в 1901 г. В некрологе на смерть Сибирякова П.Ф. Лесгафт писал, что тот построил себе памятник в виде Биологической лаборатории.



Рис. 9. Иннокентий Сибиряков (URL:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/Innokenty_Sibiryakov.jpg)
Fig. 9. Innokentiy Sibiryakov



Рис. 10. Схимонах Иннокентий Сибиряков (URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/Innokenty_Sibiryakov.jpg)
Fig. 10. Schema-monk Innokentiy Sibiryakov

На базе домов, подаренных И.М. Сибиряковым, и его денежных средств был построен дом на Английском проспекте, 32, специально приспособленный для научных работ и высшего учебного заведения, развертывалась деятельность Биологической лаборатории и Высших курсов П.Ф. Лесгафта.

В 1986 г. домашние курсы Лесгафта были преобразованы в официально разрешенные Курсы воспитательниц и руководительниц физического образования. Это была школа только для женщин с двухгодичным, а потом и трехгодичным курсом, где изучались естественные науки и педагогика.

В 1905 г. П.Ф. Лесгафту удалось осуществить свою мечту и добиться превращения Курсов воспитательниц и руководительниц физического образования в Вольную высшую школу с четырехлетним сроком обучения, т. е. в высшее учебное заведение. Назвать учреждение Свободным общественным университетом не разрешили, оно официально стало называться – Высшие курсы по наукам биологическим, педагогическим и общественным при С.-Петербургской Биологической лаборатории, или Вольная высшая школа (рис. 11). В ней было три отделения: биологическое, педагогическое и социальное.

В Вольную высшую школу Лесгафта хлынула молодежь (рис. 12). Те, кто хотел учиться, но не имел возможности делать это в правительственных высших учебных заведениях, переполнили аудитории Вольного университета. Студенты знали, что никаких дипломов они здесь не получают, никаких материальных преимуществ не приобретут, а скорее, потеряют в глазах чиновников за свое обучение в этом «зараженным вольнодумием» учреждении. Но они слушали лекции с горящими глазами, с вниманием, схватывая каждое слово выдающихся и прогрессивных профессоров.



Рис. 11. Высшие курсы по наукам при Санкт-Петербургской Биологической лаборатории (Вольная высшая школа), гимнастическая группа. 1906/1907 г. В центре – П.Ф. Лесгафт; справа от него стоит И.Д. Стрельников (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a02.jpg)
Fig. 11. Higher courses in sciences at the St. Petersburg Biological laboratory (Liberal High School), gymnastic group. 1906/1907. In the center – P.F. Lesgaft; to his right stands I.D. Strel'nikov

Летом 1907 г. Вольная высшая школа была закрыта правительством как очаг революционной пропаганды и пристанище революционных организаций. Большинство учащихся разъехались по городам и селам России. Но лишь небольшая группа, около 40 человек, не желала никуда уезжать от своего учителя П.Ф. Лесгафта. Эти студенты ходили в лаборатории черным ходом, Лесгафт читал лекции, он сам и его ассистенты руководили практическими занятиями по анатомии, организованы были также занятия по химии, физике и математике. Для заработка группа молодежи организовала переплетную мастерскую.

Лишь после длительных хлопот в 1910 г. это учебное заведение было вновь открыто под названием «Высшие курсы» с тремя отделениями: физического образования, естественное и историческое.

Преодолевая трудности из-за слабой подготовки, Иван Дмитриевич Стрельников слушал лекции и проводил лабораторные практические занятия по анатомии, зоологии, химии, физике и математике. Одновременно он слушал лекции по социологии академика М.М. Ковалевского[7], по всеобщей истории молодого Е.В. Тарле[8], впоследствии академика, и других замечательных специалистов. Отец, живший в то время в Левых Ламках, настоятельно звал Ивана домой, уговаривал его стать учителем в родном селе, жениться и продолжать его хозяйство. Но Иван был непреклонен.

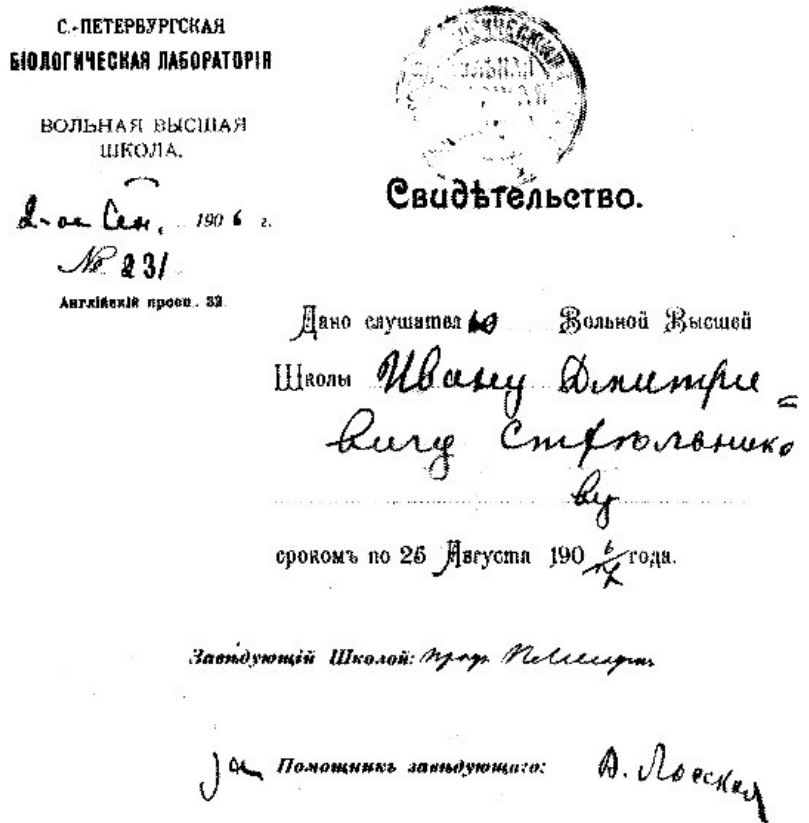


Рис. 12. Свидетельство о зачислении И.Д. Стрельникова слушателем Вольной высшей школы, подписанное П.Ф. Лесгафтом. 1906 (фото – Стрельникова и др., 2017; стр. 18)
Fig. 12. Certificate of the enrolment of I.D. Strel'nikov as a student of Liberal High School, signed by P.F. Lesgaft. 1906 (photo source – Стрельникова и др., 2017; p. 18)

Жить в Петербурге было трудно. Надо было учиться, одновременно платить за съемное жилье и зарабатывать на пропитание. Он быстро научился печатать на машинке, а затем с товарищами организовал бюро переписи, чем и стал зарабатывать себе на жизнь.

Летом 1907 г. Иван Стрельников переболел дизентерией. Но визитная карточка Лесгафта помогла ему получить необходимую квалифицированную медицинскую помощь.

Зимой 1907/1908 г. по рекомендации Лесгафта Иван был приглашен в качестве воспитателя для мальчика в весьма состоятельную аристократическую семью. Вместе с ней он выехал на лето в Крым, на дачу около Никитского ботанического сада. Он был в восторге от богатой крымской природы. Но у него возникли серьезные разногласия с родителями мальчика по поводу принципов воспитания избалованного ребенка. В конце концов он был вынужден уйти из этой семьи, оставив столь выгодное место работы. Лесгафт тем не менее одобрил его решение.

Зимние месяцы проходили у Ивана Стрельникова в занятиях по анатомии, в слушании лекций Лесгафта по педагогике и в занятиях другими науками. Одновременно он посещал лекции лучших профессоров Петербурга: в Горном институте он слушал лекции по аналитической геометрии и дифференциальному исчислению профессора И.П. Долбня; в университете – лекции по физике

профессора И.И. Боргмана и О.Д. Хвольсона. По его собственному выражению: «Я, как трудолюбивая пчела, собирал нектар знания с многих цветов науки в лице крупных профессоров и как-то превращал это в своей голове в особый сорт “меда”» (Жервэ, 2012).

Весной 1909 г. Лесгафт предложил Ивану Стрельникову поехать на лето в г. Симбирск для руководства детской площадкой для физических упражнений и игр. Стрельников согласился. Он был еще совсем юн, но очень настойчив в исполнении рекомендаций Лесгафта. Его старание, ответственное отношение к делу и авторитет Лесгафта позволили ему успешно справиться с порученным ему делом. На площадку приходили до 200 детей в день. В праздничные дни Иван организовывал экскурсии для детей специальным поездом по железной дороге или специальным пароходом по Волге в живописные окрестности, пешие экскурсии к обрыву, у которого воспитанники разыгрывали события, описанные в «Обрыве» Гончарова. Стрельников писал статьи в местную газету «Народные вести» о задачах физического воспитания и на другие темы по педагогике. Этот молодой и активный учитель стал очень популярен среди учеников и их родителей.

Но выдавались и свободные дни, в которые Иван отправлялся на собственные экскурсии по берегам Волги, где он находил ископаемых животных юрского периода.

1909-1914. СМЕРТЬ ПЕТРА ФРАНЦЕВИЧА ЛЕСГАФТА. ЗНАКОМСТВО С СЕРГЕЕМ ИВАНОВИЧЕМ МЕТАЛЬНИКОВЫМ. РАБОТА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ. ВИЛЛАФРАНКА. ПОЕЗДКИ В ЕВРОПУ

Иван Стрельников вернулся из Симбирска в Санкт-Петербург. В то время Лесгафт уже тяжело болел. На искренние просьбы студентов прекратить лекции и уехать на время из Петербурга для восстановления здоровья он отвечал: «Вы хотите моей смерти, посылаете на покой!..» Однако в начале октября 1909 г. ему стало совсем плохо. В ноябре его повезли через Италию и Средиземное море в Каир, а затем в один из самых известных в мире санаториев в Гелуане, где 28 ноября 1909 г. он и умер.

Траурное процессия из Египта в Одессу останавливалась в каждом городе, где собирались огромные количества почитателей и учеников Лесгафта отдать ему дань уважения и внимания. Но в Петербурге все было сложнее. Похоронную процессию, в которой участвовали около десяти тысяч человек, сопровождало множество жандармов, потому что одно только имя Лесгафта действовало как революционный призыв. Надгробные речи были запрещены. Гроб с телом Лесгафта был опущен в могилу при огромном стечении передовой интеллигенции, студенчества, его учеников и почитателей в безмолвии.

Для Ивана Стрельникова смерть Лесгафта стала настоящей трагедией! Он ощущал, что, по его собственным словам, «потерял самое дорогое в жизни, источник духовного развития и рождения новых устремлений, учителя жизни, показывающего новые пути в ней и в науке. Душа... рвалась в поднебесные выси, чтобы пережить это горе, казавшееся вечным и непреодолимым». У него «явилась мысль отправиться в горы Тянь-Шаня, чтобы там подняться на высочайшую вершину, вознестись духом над той землей, которая причиняет такие жестокие страдания людям, возвыситься над земным и в горных вершинах, вознесшись духом, найти успокоение и какое-либо утешение» (Жервэ, 2012). Он обратился за помощью к президенту Географического общества Петру Петровичу Семенову-Тянь-Шанскому и неожиданно получил от него обещание всяческого содействия, рекомендательных писем к местным губернаторам и даже денежной помощи от Географического общества. Но судьба распорядилась по-другому.

И вот тогда произошла «историческая» встреча, которая круто изменила всю дальнейшую жизнь Ивана Дмитриевича Стрельникова, придала ей направление и смысл. На Английском проспекте его, печального, задумчивого и рассеянного, увидел профессор зоологии Сергей Иванович Метальников (рис. 13). Он был учеником великих русских ученых А.О. Ковалевского, П.Ф. Лесгафта и И.И. Мечникова, членом ученого совета Санкт-Петербургской Биологической лаборатории, основанной Лесгафтом, и профессором курсов. Иван Стрельников слушал его лекции по зоологии и еще зимой привлек его внимание. После короткого разговора, в котором Иван рассказал ему о своем настроении и подготовке экспедиции на Тянь-Шань, Метальников предложил ему зайти в его лабораторию для подробной беседы.



Рис. 13. Сергей Иванович Метальников (URL: http://кто-родился.рф/images_thumbs/76/32cd7a38abfd5a4d1742970e1f0baf31.gif)

Fig. 13. Sergey Ivanovich Metal'nikov

На следующий день, уже в Биологической лаборатории, С.И. Метальников предложил Ивану Стрельникову немедленно приступить к научной работе в качестве его помощника, к весне обучиться некоторым методам исследования, летом поехать на Средиземное море для работы на русской Биологической станции, а вернувшись осенью с новыми знаниями и опытом – стать его ассистентом на Высших курсах Лесгафта. После коротких сомнений Стрельников принял это предложение. Его первая научная работа была связана с изучением спермотоксинов. Это было продолжение исследования С.И. Метальникова, начатое им еще в Париже в лаборатории И.И. Мечникова. На эту тему И.Д. Стрельников опубликовал свою первую научную статью, вышедшую в 1910 г. в «Известиях Биологической лаборатории Лесгафта».

В начале июня 1910 г. С.И. Метальников помог И.Д. Стрельникову совершить поездку за границу. Вначале он приехал в Берлин, где основное время проводил в Национальном музее искусств и Зоологическом музее. Но денег у него было мало и их не хватало на то, чтобы снять номер в гостинице. По ночам он ходил по городу и спал на скамейках в районе Тиргартен, стараясь не попасть в руки полиции. Из Берлина он отправился в Гейдельберг, где располагался прославленный старинный университет. Оттуда Стрельников поехал в Швейцарию, в Базель и Женеву. В Женевском университете он посещал лекции профессора Р.И. Шода[9].

Из Женевы Стрельников отправился в Италию. Там он, отправив багаж поездом, пересек горный хребет пешком (Альпы, между прочим). Спал прямо на земле под кустом. Перевалил через покрытый

снегами гребень и спустился в поселок. А там, внизу, в поселке Симплон, его грубо арестовали жандармы, которые посчитали его анархистом, после чего побили и посадили в тюремную камеру, где держали и допрашивали, пока он не смог им с большим трудом доказать, что он студент из России, приехавший работать в южную Францию. Помог только круговой билет на поезд, купленный еще в Петербурге. Это происшествие подорвало в Иване восторженное отношение к свободам и демократии в европейских странах.

В Милане он любовался Миланским собором, «Тайной вечерей» Леонардо да Винчи. В Генуе он впервые увидел Средиземное море. И наконец он добрался до конечной точки своего путешествия – до русской Биологической станции в Виллафранке, организованной киевским профессором Алексеем Коротневым, который для этого на свои деньги купил расположенное на берегу моря здание французской тюрьмы (рис. 14). Жилые комнаты располагались на втором этаже, а на первом были оборудованы лаборатории и аквариумы для животных. Стрельников увлеченно занимался ловлей морских животных, изучением их анатомии и эмбриологии.

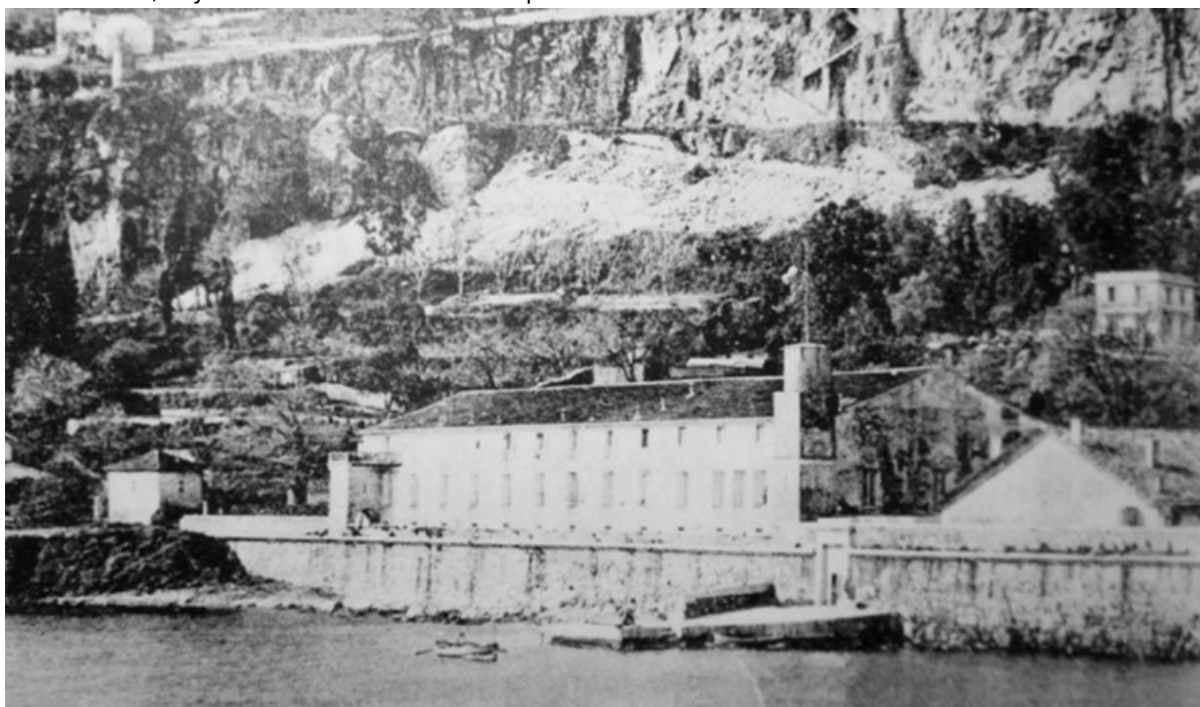


Рис. 14. Италия, Виллафранка. 1910 г. Здание Биологической станции (фото: Стрельникова и др., 2017; с. 31)

Fig. 14. Italy. Villafranka. The building of the Biological station



Рис. 15. Виллафранка. 1910 г. Русская Биологическая станция. На первом плане – выловленная луна-рыба. 4-й слева – Павел Вольнин, ученик Лесгафта, работал на Биологических курсах вместе с И.Д. Стрельниковым; 5-й слева – И.Д. Стрельников (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a04.jpg)

Fig. 15. Villafranca. 1910. Russian Biological station. In the foreground – caught moon-fish. The 4th left – Pavel Volnin, student of Lesgaft, he worked on Biological courses with I.D. Strelnikov; the 5th left – I.D. Strelnikov



Рис. 16. Виллафранка. 1910 г. И. Стрельников (слева), П. Вольнин, А. Сиграинский (фото – Стрельникова и др., 2017; с. 32)

Fig. 16. Villafranca. 1910. I. Strel'nikov (left), K. Volnin, A. Sigrainiski

Время от времени молодые сотрудники станции совершали экскурсии в Ниццу и Монако.

Один раз Стрельников с товарищем решили поплавать на лодке по морю, но поднялся ветер, и они с огромным трудом, гребя веслами до кровавых мозолей, смогли вернуться назад.

И.Д. Стрельников провел на Биологической станции три месяца, в течение которых написал Метальникову несколько писем, в которых горячо благодарил его за возможность совершить такое путешествие.

С начала сентября 1910 г. Иван Стрельников в качестве ассистента руководил лабораторно-практическими занятиями студентов по зоологии (рис. 15, 16). Ему приходилось усиленно готовиться к каждому занятию, чтобы не сделать какой-нибудь ошибки и быть в состоянии ответить на любой вопрос студентов. А ведь в это время ему самому было всего 22 года и по внешнему виду он от студентов не отличался!

В феврале 1911 г. Стрельников официально был назначен ассистентом Биологической лаборатории по зоологическому отделению, где профессором был С.И. Метальников. Здесь он продолжал научные исследования, начатые еще в 1910 г. Они касались важнейшей темы – борьбы с туберкулезом. Дело в том, что бороться с туберкулезной палочкой очень сложно, прежде всего из-за того, что она покрыта плотной восковой оболочкой, которая мешает воздействовать на нее каким-либо образом. Но генеральное направление работ Метальникову подсказал сам Мечников. Нужно найти вещества или ферменты, эффективно расщепляющие жиры. Пчелиная моль питается воском в ульях, принося пчеловодству огромный ущерб. Но именно ее гусеницы способны переваривать воск! В опытах Метальникова и Стрельникова было установлено, что впрыснутые в кровь гусениц пчелиной моли живые бактерии туберкулеза успешно переваривались ее лейкоцитами, потому что обладали ферментами, расщепляющими жиры и, следовательно, воск. В дальнейшем жирорасщепляющие ферменты были выделены из этих гусениц и их вводили зараженным туберкулезом морским свинкам, что приводило либо к существенному облегчению болезни, либо к ее излечению. Это была очень важная работа!

Летом по приглашению Метальникова Иван гостил в его имении «Артек» в Крыму. Он восторгался крымской природой, много ходил по горам, любил ночью часами лежать где-нибудь на скале, взирая на освещенное луной море. Однажды, правда, во время такой ночной экскурсии, его поймали местные

татары, скрутили, привели в свой поселок и здорово поколотили, стараясь выпытать, какие козни против них он затевал. Спас его один из местных стариков, который был большим другом Метальникова. Он узнал Ивана, после чего перед ним извинились, угостили и отпустили с миром.

Гостями профессора Метальникова в Артеке бывали видные ученые, его друзья, артисты. Среди них были профессор Н.О. Лосский[10], С.А. Аскольдов[11], И.И. Иванов[12] и другие. И Стрельников был счастлив оказаться в компании таких интересных людей.

Учебный 1911/12 г. прошел в занятиях со студентами. Студентки Курсов Лесгафта называли трех друзей – И.Д. Стрельникова, М.А. Галаджиева[13] и Д.В. Наливкина[14] – «ископаемыми», причем не столько потому, что Наливкин увлек всех палеонтологией, а потому, что они девушками вообще не интересовались, их увлекала только наука.

Летом 1912 года И.Д. Стрельников для изучения немецкого языка вместе с М.А. Галаджиевым предпринял поездку в Германию, на Рейн. Но в поезде друзья заметили за собой слежку, по всей видимости, агентов сыскальной полиции. Оторваться от них удалось только в толчее Дрездена. В Дрездене они посетили Международную гигиеническую выставку. Там были богатые отделы по анатомии и физиологии человека, по различным гигиеническим приспособлениям, школьные парты, столы, освещение. Там было все, до чего люди додумались для обеспечения удобной, приятной и здоровой жизни. На выставке для Стрельникова было много интересного и полезного в дальнейшей работе.

Денег у друзей было мало. Галаджиев провел ночь в гостинице, а Стрельников решил не тратиться на ночевку в гостиничном номере. Он переночевал на берегу Эльбы среди сложенных бревен. Однако утром его обнаружили полицейские, и он снова попал в участок. Его допросили, раздели, помыли как нищего и продезинфицировали его одежду, после чего отпустили. Так, чистым и даже немного поглаженным, он встретился с Галаджиевым в Дрезденской галерее у Сикстинской мадонны.

По возвращении в Петербург Иван Стрельников продолжил преподавательскую деятельность на курсах, чему способствовало наличие зоологического музея, основанного П.Ф. Лесгафтом в 1893 г. с его огромными коллекциями по зоологии, сравнительной анатомии позвоночных и анатомии человека.

С.И. Метальников организовал в Петербурге Биологическое общество. В него вошли крупнейшие ученые Петербурга по разным специальностям биологии. Его председателем был академик А.С. Фаминцын[15], заместителями – академик И.П. Бородин[16] и выдающийся зоолог и поэт Н.А. Холодковский[17]. Иван Стрельников был помощником секретаря Общества и постоянным посетителем собраний, на которых звучали доклады крупных ученых. После смерти академика Фаминцына председателем Биологического общества был избран академик Иван Петрович Павлов. Ивану Стрельникову приходилось часто иметь дело с И.П. Павловым, бывать у него на квартире и в лаборатории в Институте экспериментальной медицины. Он имел возможность слушать его доклады, лекции по физиологии в Военно-медицинской академии. При Санкт-Петербургской Биологической лаборатории был организован кружок молодых биологов. Они часто собирались, заслушивали научные сообщения, пили чай и вели дружеские беседы.

По рекомендации С.И. Метальникова Иван Стрельников занимался в Институте экспериментальной медицины, в лаборатории Н.О. Зибера-Шумовой[18], изучением ферментов и некоторыми биохимическими анализами, важными при исследовании иммунитета.

На летний период С.И. Метальников отправился вместе с И.Д. Стрельниковым в Париж, в лабораторию Ильи Ильича Мечникова в Институте Пастера. Сначала они проехали через Германию, где в Висбадене отдохнули и Метальников немного подлечился, после чего оказались в Париже. Там Стрельников некоторое время работал под непосредственным руководством Мечникова по проблемам иммунитета, с трепетом выслушивая рекомендации, советы, критику и наставления великого ученого. Кроме того, Иван посещал музеи Парижа, был в Версале и Фонтенбло, присутствовал на собраниях Биологического общества, на научных конференциях в Институте Пастера.

Будучи до этого в Германии, Стрельников отметил, что там нагнетается военный настрой, направленный на Францию, подкрепляемый громогласной речовкой «Деутшланд, Деутшланд юбер аллес!» (Германия превыше всего!), подхваченной тысячами голосов. Париж тоже жил в ожидании войны. Стрельников присутствовал на одном из заседаний палаты депутатов в Бурбонском дворце и слушал блестящего трибуна, вождя социалистов Жана Жореса. Улицы бурлили, французские рабочие выходили протестовать против надвигающейся войны, полицейские разгоняли демонстрации. Было неспокойно.

В конце августа 1913 г. И. Д. Стрельников отправился в Лондон на Международный медицинский конгресс. Там он слушал доклад Мечникова и другие доклады по физиологии и иммунитету. В

Британском музее он подробно изучал коллекции, собранные Англией во всех частях света. Лондон произвел на него сильное впечатление. Он посетил могилу Ньютона, любовался Вестминстерским аббатством, Парламентом.

В Брайтоне Иван Дмитриевич посетил неординарного человека – Петра Алексеевича Кропоткина[19], который много рассказывал о попытках разных людей, не желавших смириться с жизнью в капиталистической Европе, отделиться от общества и создать молодежные коммуны на необитаемых островах. И о неудаче этих попыток.

1914–1916. ЭКСПЕДИЦИЯ В ЮЖНУЮ АМЕРИКУ

В 1914–1915 гг. Иван Стрельников участвует во второй русской экспедиции в тропическую Южную Америку (Бразилия, Боливия, Парагвай) для изучения животного и растительного мира этих земель, а также жизни первобытных племен индейцев. Пятеро молодых петербуржцев: Иван Дмитриевич Стрельников (зоолог, самый старший из всех – 27 лет), Николай Парфентьевич Танасийчук (зоолог, студент естественного факультета Петербургского университета – 23 года), Генрих Генрихович Манизер (антрополог и этнограф, закончивший два факультета университета: естественный и историко-филологический, – 24 года), Федор Артурович Фиельструп (этнограф – 24 года), Сергей Вениаминович Гейман (этнограф и экономист – 26 лет), – отправились в Южную Америку для сбора этнографических и зоологических коллекций для русских музеев (рис. 17, 18).



Рис. 17. Н.П. Танасийчук (слева) и И.Д. Стрельников (справа). 1915 г. (фото: Стрельникова и др., 2017; с. 57)

Fig. 17. N.P. Tanasiychuk (left) and I.D. Strel'nikov (right). 1915

Средства на эту поездку были выделены Зоологическим и Этнографическим музеями, лабораторией Лесгафта, а также были дотации от меценатов: нефтепромышленника Людвиг Эммануиловича Нобеля[20] и владельца Волжско-Камского пароходства Николая Васильевича Мешкова[21]. По расчетам молодых людей, полученных средств должно было при строгой экономии хватить на проезд, полгода жизни и сбор коллекций[22].

Экспедиция стартовала 21 апреля 1914 г., а через три месяца началась Первая мировая война, и связь между Южной Америкой и Европой прервалась. Только через полтора года участники экспедиции смогли вернуться назад! И все это время, практически без средств, молодые люди, не имеющие экспедиционного опыта, собирали уникальные коллекции для музеев России, Аргентины и Бразилии.

22 мая 1914 г. экспедиция прибыла из Санкт-Петербурга в Буэнос-Айрес (рис. 19). Там они были приняты известными учеными: антропологом Роберто Леман-Нитше, лингвистом Самуэлем Лафоне-Кеведо, профессором Хуаном Баутиста Амбросетти и геологом Шиллером. Они вместе

посоветовали россиянам изменить первоначальные планы маршрута и направиться в первую очередь в Бразилию, в Мату-Гросу, «где есть племя киникинао на р. Миранда, положение которого так неясно и сведений так мало, что словарь их языка был бы новостью, а этнографические предметы могли бы быть добыты в изобилии».

В Асуньоне они посетили русского эмигранта Рудольфа Александровича Риттера, редактора журнала, писателя, владельца большой плантации и личного советника президента Парагвая. У него они и жили во время визитов в столицу. Вот его слова о Парагвае: «Это очень занятная страна, друзья мои, и жить в ней легко и уютно. Климат прекрасен, люди веселы и дружелюбны, а к бесконечным переверотам надо относиться спокойно, как к перемене погоды. Впрочем, специалисты нужны всем правительствам».

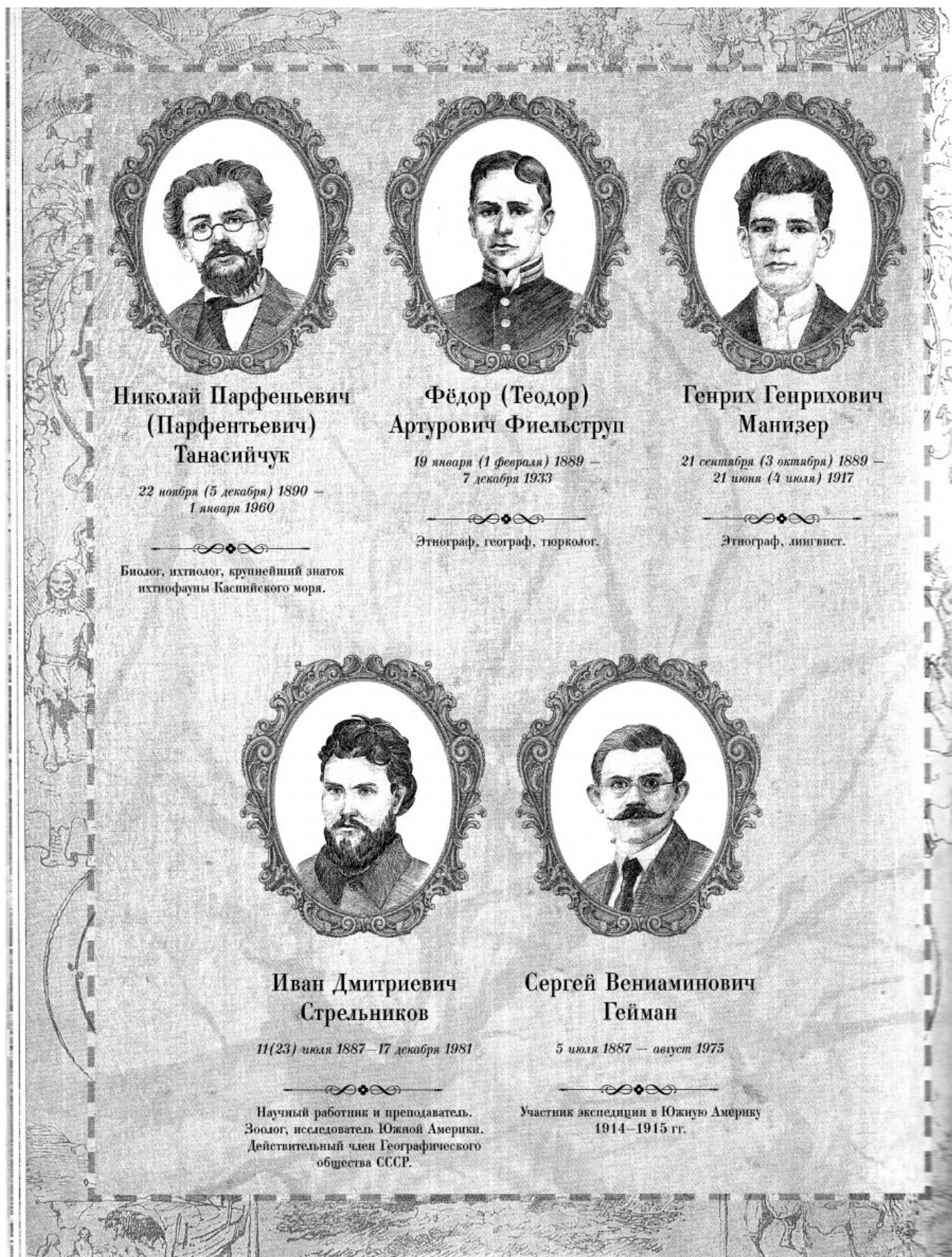


Рис. 18. Участники второй русской Южноамериканской экспедиции 1914–1915 гг. (источник изображения: Великие русские экспедиции..., 2014; с. 262)

Fig. 18. The participants of the second Russian South American expedition 1914–1915

Русская научная студенческая экспедиция стала сенсацией в Аргентине, куда изначально

прибыли ее участники. Почти все газеты того времени в Буэнос-Айресе писали об этом событии – «русос эстудиантес».



Рис. 19. Карта маршрутов Г.Г. Манизера, И.Д. Стрельникова, Ф.А. Фиельструпа, Н.П. Танасийчука, С.В. Геймана в Бразилию, Боливию и Парагвай в 1914–1915 гг. (фото: Великие русские экспедиции... 2014; с. 264)

Fig. 19. The route map of G.G. Manizer, I.D. Strel'nikov, F.A. Fielstrup, N.P. Tanasiychuk, S.V. Gaiman to Brazil, Bolivia and Paraguay in 1914–1915

16 июня экспедиция на пароходе «Монтевидео» отправилась из Буэнос-Айреса вверх по Паране, а затем по ее притоку Парагваю на север, в Бразилию. Высадившись через две недели в городке Корумба в штате Мату-Гросу, путешественники разделились на две группы по специальностям. И.Д. Стрельников

и Н.П. Танасийчук поселились в лесах в 50–60 км от Корумбы и, собрав там большое количество зоологических материалов, в середине сентября переехали в восточную Боливию, где продолжали свои работы. Тем временем этнографы выехали из Корумбы в поселения индейцев племени кадиуэо в южной Бразилии. Путешествие было нелегким: из селения Барранку-Бранку на реке Парагвай нужно было идти пешком около 200 километров. С.В. Гейман 21 августа отделился от группы и, возвратившись через Парагвай в Буэнос-Айрес, предпринял несколько поездок по Уругваю. Среди кадиуэо Г.Г. Манизер и Ф.А. Фиельструп жили более двух месяцев, были собраны богатые этнографические коллекции и лингвистические материалы. Ценную коллекцию, этнографические и лингвистические материалы добыли они и в поселениях индейцев терено и у шавантов.

В конце октября с Манизером и Фиельstrupом произошла катастрофа на реке Рио Парагвай. Начался сезон дождей. После ливней реку внезапно вспучило, и лодка с коллекциями перевернулась. Были потеряны все этнографические коллекции, которые они собирали с огромным трудом три месяца. Часть уникальных материалов так и не удалось восстановить впоследствии, а позже многие индейские племена потеряли свою самобытность или исчезли. Утрата оказалась невозполнимой для науки. Было потеряно время и больше половины денег. Но молодые ученые не сдавались. Порывистый и нетерпеливый Манизер говорил: «Работать! Не надо думать о том, что мы потеряли. Надо доказать, что мы не мальчишки, поехавшие в Америку за приключениями. Мы не можем обмануть доверие всех, кто помогал нам, кто надеется на наш успех. Сейчас у нас множество возможностей для работы – мы приобрели опыт, знаем людей и места, и если вернемся к индейцам, то за месяц сделаем то, на что потратили три».

В ноябре этнографы направились в штат Сан-Паулу к индейцам каинганг, но Фиельструп вскоре должен был возвратиться в Аргентину. Манизер же в течение восьми недель с увлечением изучал быт и обычаи каингангов – племени, которое совсем недавно до этого стало известно исследователям, записал около 800 слов и выражений их языка. В то же время он два раза посетил в местечке Арариба племя гуарани.



Рис. 20. Водопад Игуасу

(http://storage.surfingbird.ru/l/13/11/19/8/r2_www.catsmob.com_iguazu_falls_02954_002_eb8b821f.jpg)

Fig. 20. The Iguazu Falls

И.Д. Стрельников и Н.П. Танасийчук в октябре 1914 г. спустились по реке в Асунсьон, откуда при содействии Р. Риттера выехали в селение Пуэрто-Бертони, расположенное в горах недалеко от границы с Бразилией, и остановились у ботаника М. Бертони. Недалеко располагался изумительно красивый и грандиозный по масштабам водопад Игуасу (рис. 20). Место, где вода с ревом и пеной низвергается вниз, называется «Гарганта дель Дьябло» – Глотка дьявола. Как раз около этого места Стрельников, пробираясь по камням всего в нескольких метрах от пропасти, оступился и провалился в ледяную воду по грудь. Мощный поток неудержимо потянул его к обрыву. В нескольких метрах от пропасти он, поняв безысходность ситуации, закричал Танасийчуку: «Прощай, Никола!» Но на самом краю он чудом смог зацепиться руками за острый камень и удержаться от падения. Осторожно, по сантиметру, ему удалось на руках вылезти на мелкое место.

Первые четыре месяца зоологи жили в лесах Alto Parana (вблизи устьев рек Monday и Iguazu) и занимались лишь сбором зоологического материала и наблюдениями. Далеких экскурсий предпринимать не могли, потому как не было сапог и одежды. Получив небольшое подкрепление, они смогли отправиться в глубь лесов к индейцам kaa'ihwa-guarani, среди которых пробыли три месяца. Отношения складывались по-разному. Иногда из-за незнания местных обычаев они попадали в сложные ситуации. Тем не менее они выменивали иголки, зеркальца, блестящие пуговицы на предметы обихода индейцев (рис. 21, 22). Сложнее обстояло дело с фотографированием. Видя в видоискателе фотоаппарата маленькую фигурку человека, они считали, что это его душа, которую пришлые белые люди похищают. Значит, надо разломать непонятный аппарат и прогнать злых пришлых людей. Несколько раз приходилось просто убежать от разгневанных аборигенов. Но потом, на собственном примере, зоологам удалось убедить индейцев, что ничего страшного при фотографировании не происходит.



Рис. 21. И.Д. Стрельников (слева) и Н.П. Танасийчук (в центре) с проводниками-индейцами.

Экспедиция в Южную Америку. 1914–1915 гг. (<http://journal.spbu.ru/?p=8860#>)

Fig. 21. I.D. Strel'nikov (left) and N.P. Tanasiychuk (in the center) with conductors-Indians. Expedition to South America. 1914–1915



Рис. 22. Иван Дмитриевич Стрельников с индейцами в Южной Америке. 1914–1915 гг. (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_01.jpg)

Fig. 22. I.D. Strel'nikov with Indians. Expedition to South America 1914–1915

Ученые были настолько увлечены работой, что часто забывали о трудностях и опасностях. Так, Иван Стрельников, впервые увидев гигантскую кувшинку Викторию амазонскую, бросился по грудь в воду, распугав и пираний, и кайманов, и исколов все руки об острые шипы, добыл цветок для коллекции.

Работать приходилось и в горных лесах восточной Боливии, где индейцы нападали и убивали пришельцев. Причиной этому были жестокие убийства целых индейских семей поселенцами. В таких местах ученым приходилось дополнительно носить в кармане во время работы браунинги.

Но самые большие трудности выпали на долю зоологов. Раны и нарывы от песчаных блох, живущие под кожей личинки оводов, которых в местных условиях нельзя извлечь без риска заражения крови и надо было ждать, пока они выйдут сами, малярийная лихорадка, постоянные укусы мошек, боль от которых очень сильна, клещей на коже собирали до 200 за сутки....

Далее привожу несколько цитат об условиях жизни во время этой экспедиции по книге Танасийчука (2003).

«Спичек нет, огонь добываем с помощью лупы...»

«Исцарапанные руки горят, колени и локти в синяках, но это еще ничего. Самое неприятное – паутина. Изящная золотистая паутина пауков Ньянду, на которой блестит роса. Издали это красиво, но вблизи... Липкая, тягучая, она обволакивает одежду, руки, лицо...»

«Нет, наши путешественники не голодают, но постоянно недоедают, их мучают гастрономические сны с петербургскими обедами, с пирогами, сырами, ветчиной...»

«Они устали от ночного холода и дневной жары, от болезней, грязи и кровососов, их угнетало сознание своей оборванной бедности. Казалось бы, они сделали все, что хотели, – собрали богатейшие зоологические и этнографические коллекции, променяли на индейскую утварь все, что только было

возможно, вплоть до собственной одежды. Они могли бы со спокойной совестью возвратиться, они мечтают о возвращении – и все-таки остаются, надеясь увидеть, записать, собрать еще что-то новое, невиданное и несобранное».

«Трудно было с одеждой, эта тема все время возникает в дневнике Николая. Он описывает свой костюм: грязный полотняный пиджак, брюки с громадными и многочисленными заплатами, изорванные до последней степени возможности сапоги – о других частях туалета лучше не говорить».

«Занялся туфлями – единственная моя теперешняя обувь. Они в таком же состоянии, как были сапоги после возвращения с барреро».

«Починяю брюки – верней, из двух драных пар делаю одну менее драную».

«По колено в воде, кишасей жизнью, бродил я по лагунам в Сан-Доминго, с сачком в руке ловил водяных змей в Пуэрто-Сукре... Я совершал полные прелести прогулки в девственном лесу на берегах Альто Парана – и едва не умер от жажды в Мату Гроссу... Разве не это счастье – побывать в стольких краях, увидеть столько – и сидеть сейчас на берегу ручейка, в тени древовидных папоротников?»

Между тем С.В. Гейман с января 1915 г. почти полгода путешествовал по Чили и Огненной Земле, жил в поселениях индейских племен она, араукан и яганов. После возвращения в Аргентину он решил продолжить исследования в Чако, а затем поехать в Боливию и Перу.

Ф.А. Фиельструп с помощью профессора Амбросетти смог совершить путешествие на аргентинском военно-учебном судне «Presidente Sarmiento» в качестве командированного музеем этнографии. В начале февраля судно вышло из Буэнос-Айреса. В прибрежных городах и селениях Патагонии, а также в Ушуае на Огненной Земле, куда заходил корабль, Фиельструп делал раскопки, производил различные наблюдения и собрал этнографическую коллекцию. После этого корабль, пройдя вдоль берегов Южной и Центральной Америки, посетил Сан-Франциско, возвратился на юг и через Панамский канал прибыл в Гавану, после чего посетил Азорские острова и Мадейру. Во время стоянки судна в Калье Фиельструп съездил в Лиму, а также, воспользовавшись содействием известного перуанского антрополога доктора Хулио Сесара Тельо, совершил поездку к развалинам древних городов Кахамаркилья и Пачакамак, добыл из доинковских могил кое-что из керамики, приобрел у местного крестьянина экземпляры текстильного производства того времени – хлопковые материи с несколькими орнаментами.

Г.Г. Манизер 20 февраля 1915 г. послал из Рио-де-Жанейро директору петроградского Музея антропологии и этнографии академику В. В. Радлову «Краткое предварительное сообщение о работах студенческой экспедиции в Ю. Америке с 21 апреля 1914 г. по 1 февраля 1915 г.». Интересен его рассказ об этнографических исследованиях в Парагвае и бразильских штатах Мату-Гросу и Сан-Паулу, где были встречены восемь индейских племен (чамококо, чикитано, киникинао, терено, кадиувео, шаванты, каинганги и гуарани). Направляя этот отчет в Академию наук, российский посланник в Бразилии П.В. Максимов писал: «Не могу не выразить своего истинного удивления и чувства глубокого уважения по адресу незаурядной русской научной экспедиции, сумевшей при самых ничтожных для здешних стран средствах достичь ценой истинного самопожертвования результатов, кои императорская Академия наук будет иметь возможность оценить не без чувства вполне обоснованного удовлетворения».

В конце февраля Г.Г. Манизер отправился в штат Эспириту-Санту, а затем в Минас-Жерайс, где на протяжении семи месяцев изучал особенности быта и языка ботокудов и собрал большую коллекцию.

К началу 1916 г. все путешественники, кроме С.В. Геймана, различными путями возвратились в Россию. Гейман остался в Калифорнии. «Всего мы привезли 16 ящиков коллекций (43 пуда) по зоологии, этнографии, ботанике, – писали об итогах своей работы И.Д. Стрельников и Н.П. Танасийчук. – Крупный спиртовой материал в 13 металлических жестянках вместимостью в 50 литров и в 190 стеклянных банках; было приготовлено 180 птичьих шкур (около 30 погребло), 20 млекопитающих. Коллекция насекомых в 16 ящиках – не менее 15000 экземпляров было первоначально; привезены гнезда термитов, некоторых птиц, муравьев... По ботанике собраны образцы некоторых медицинских растений, лиан, мирмекофильных растений [23] и прочее».

Собранные экспедицией коллекции были в большей части обработаны ее участниками этнографами и переданы в научные учреждения Петрограда и Москвы. В своем кратком отчете Г.Г. Манизер писал по этому поводу: «Результатом поездки являются материалы: в Этнографический музей Академии наук – более 500 предметов; отправлено в Музей Московского университета – около 100 №№; около 100 фотографических снимков передано в педагогический музей военно-учебных заведений; в Зоологический музей Академии наук поступили собранные ими спиртовые препараты, шкурки, кости позвоночных и коллекции насекомых; ботанические объекты предназначены для Музея Ботанического сада». Среди этнографических экспонатов самыми многочисленными были предметы, привезенные

этнографами из поселений кадиувео в Бразилии. «Особенно интересна и редка коллекция от племени каа'ihwa (Rio Monday – Парагвай), состоящая из оружия, музыкальных инструментов, амулетов и пр., всего 83 предмета. Коллекции, собранные г. Манизером у ботокудов (116 предм.) и каинганг (58 предм.), также заслуживают особенного внимания, так как составлены очень разносторонне и дают полное представление о названных племенах».

Путешественники подготовили к публикации часть своих рукописных материалов. Исследование привезенных экспедицией коллекций продолжалось в начале 20-х годов в петроградском Обществе изучения Южной Америки.

Позднее научные результаты путешествия обсуждались на международных конгрессах американистов. Тем не менее эта работа не была доведена до конца.

Кроме прочего, участники экспедиции сделали важное открытие: они напомнили о забытой всеми экспедиции Георга Генриха фон Лангсдорфа (на русский манер – Григория Ивановича Лангсдорфа), который в 1821–1828 гг. возглавлял русскую экспедицию во внутренние районы Бразилии, изучавшую природу и коренное население страны. В экспедиции участвовали художники Йоганн Мориц Ругендас, Эркюль Флоранс и Адриан Тоней, а также будущий изобретатель велосипеда Карл Дрез. Экспедиция собрала большие коллекции по зоологии и ботанике, материалы о культуре и языках индейцев Бразилии (гуана, апиака, бороро и др.). Ее можно назвать первой русской экспедицией в Южную Америку.

В начале февраля 1916 г. Манизер и Фиельструп доложили о результатах экспедиции на филологическом факультете университета, а немного позже – на заседании Русского антропологического общества. 30 марта И.Д. Стрельников делает доклад на Общем собрании Императорского Русского географического общества «Год жизни натуралиста в лесах Южной Америки», а 19 апреля выступает в Петроградском Биологическом обществе. В этот же день Танасийчук докладывает в университете на зоологическом семинаре В. П. Догеля, а 26 апреля в Петроградском обществе натуралистов-любителей. 13 мая 1916 г. Манизер, Фиельструп и Стрельников делают сообщение на заседании Отделения этнографии Императорского Русского географического общества «Об этнографических результатах поездки в Южную Америку в 1914–1915 гг.». Собрались не только зоологи и этнографы, географы и языковеды. Были профессора, генералы, адмиралы, герцоги... Зал был полон. Длинный стол около кафедры в зале заседаний был завален экзотическими предметами, привезенными из Южной Америки.

Успех был ошеломляющим. Специалисты очень высоко оценили результаты экспедиции. В течение полутора лет, несмотря на крайне тяжелые материальные и бытовые условия, были собраны уникальные материалы. За блестяще проведенную экспедицию Совет РГО присудил Манизеру, Фиельструпу и Стрельникову почетные награды – малые серебряные медали общества (рис. 23).

РУССКОЕ
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
-----o-----

Вице-Председатель

ПЕТРОГРАДЪ.

27^{го} Марта 1917 г.

1917

Милостивый Государь

Иванъ Дмитриевичъ.

Совѣтъ Русскаго Географическаго Общества
въ засѣданіи 22-го Февраля с.г. присудилъ Вамъ
за сообщенія о совершенной Вами экспедиціи въ
Ю. Америку, одну изъ почетныхъ наградъ своихъ -
малую серебряную медаль Общества.

Съ чувствомъ удовольствія извѣщая Васъ объ
этой почетной наградѣ, прошу принять увѣреніе въ
совершенномъ моемъ къ Вамъ уваженіи и искренней
преданности.

Ю. Шокальский

Г-ну СТРЕЛЬНИКОВУ.

Рис. 23. Извещение о награждении И.Д. Стрельникова серебряной медалью Географического общества, подписанное Ю.М. Шокальским (фото: Стрельникова и др., 2017; с. 72)
Fig. 23. Notice of award of I.D. Strelnikov with silver medal of the Geographical society, signed by Yu.M. Shokalsky

Привезенные коллекции дополнили собрания музеев Академии наук: Зоологического и Этнографического. А уже в начале XXI в. сын одного из участников этой экспедиции, Виталий Танасийчук, написал по сохранившимся дневникам отца и другим материалам документальную повесть «Пятеро на Рио Парагвай» (М., 2003), материалы ссылок из которой приведены выше в рассказе об этой экспедиции.

Из экспедиции зоологи привезли двух живых ручных попугаев. Но выжил один – синелобый амазон по кличке Паракау. Он был всеобщим любимцем, но прожил у И.Д. Стрельникова всего полтора года (рис. 24).



Рис. 24. И.Д. Стрельников с попугаем Паракау. 1916 год (фото: Стрельникова и др., 2017; с. 74)

Fig. 24. I.D. Strel'nikov with the parrot Parakau. 1916

Дальнейшая судьба участников экспедиции сложилась по-разному, у некоторых трагически... Г.Г.

Манизер погиб от тифа на румынском фронте 21 июня 1917 г. в двадцать восемь лет, успев на фронте закончить книгу об экспедиции Лангсдорфа. Ф.А. Фиельструп был арестован в конце ноября 1933 г. вместе с другими учеными и прожил в тюрьме всего 10 дней... Н.П. Танасийчук пережил арест в 1933 г. по обвинению во вредительстве, лагеря и ссылку. В ссылке он снова вернулся к работе по зоологии. С.В. Гейман жил в США, потом во Франции, трижды приезжал в СССР.

1917-1931. ПЕРВЫЕ ГОДЫ СОВЕТСКОЙ ВЛАСТИ. НОВЫЕ ЭКСПЕДИЦИИ. ПОЕЗДКИ В США И ЕВРОПУ

Но вернемся к И. Д. Стрельникову. В 1917-1918 гг. он работал хранителем уникальных лесгафтовских коллекций (рис. 25). В первые зимние месяцы революции стало совсем плохо. Он оставался единственным человеком, который жил и следил за зданием. Закончились дрова для отопления, ценнейшей коллекции грозила гибель. По инициативе Стрельникова совет Биологической лаборатории обращается к наркому просвещения А. В. Луначарскому. «Трудовой коллектив» ученых признает большевиков и получает материальную поддержку.

Будучи в Америке, Стрельников с друзьями не знали о начавшейся войне. Но в 1915 г. в Петербурге И.Д. Стрельникова призывают в армию. Некоторое время пришлось походить в шинели и испробовать «прелести» солдатского быта. Но позже, при содействии С.И. Метальникова его прикомандировывают к Институту экспериментальной медицины, где он работал по проблемам иммунитета. При этом он остро чувствовал свою огромную ответственность за жизни сотен и тысяч людей... Так и жил: днем в ИЭМ, вечером и ночью – разбор коллекций. Спал по 4-5 часов в сутки.

После восторгов и эмоционального подъема, связанного с экспедицией, И.Д. Стрельников окунается в мир жестокости, грязи, безнадежности. Он настолько тяжело это переносил, что даже заболел неврастений.



Рис. 25. И.Д. Стрельников в своем кабинете в Санкт-Петербургской Биологической лаборатории (Английский пр., 32). 1916 г. В кабинете – экспонаты, привезенные им из поездки в Америку (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a07.jpg)

Fig. 25. I.D. Strelnikov in his office in the St. Petersburg Biological laboratory (English Ave., 32). 1916. In the office there are exhibits brought by I.D. Strelnikov from his expedition to America



Рис. 26. Слушатели лекций Коломенских курсов для рабочих на экскурсии (фото: Стрельникова и др., 2017; с. 131)

Fig. 26. Students of Kolomenskoye courses for workers on a field trip

Одновременно с 1905 по 1919 г. Иван Дмитриевич заведовал Коломенскими курсами для рабочих при Биологической лаборатории Лесгафта (рис. 26). На курсах обучалось до 400 человек. На этих же курсах он преподавал естествознание и географию. Работал почти безвозмездно, так как большая часть его зарплаты уходила на содержание курсов.

В первые годы Советской власти организации, созданные еще П. Ф. Лесгафтом, трансформировались в три государственных учреждения (Вадимов, 2013).

Научный институт им. П. Ф. Лесгафта

Положение Биологической лаборатории после революции было тяжелым. Деньги И.М. Сибирякова закончились, а подобных меценатов больше не было. Директором Лаборатории в середине 1918 г. по просьбе И.Д. Стрельникова и членов Совета Биологической лаборатории был назначен Николай Александрович Морозов (1854–1946) – замечательный ученый, химик, деятель революционного движения, почетный член АН СССР. После 1905 г. он был приглашен П.Ф. Лесгафтом преподавать на Курсах при Биологической лаборатории химию. И.Д. Стрельников и Н.А. Морозов были дружны, жили рядом. По воспоминаниям Ивана Дмитриевича, Н.А. Морозов был человеком необычайной одаренности – математик, астроном, химик, историк, филолог, поэт, блестящий писатель.

Для нормальной деятельности Биологической лаборатории требовалось государственное финансирование. Поэтому Н.А. Морозов предложил членам Совета лаборатории просить Советское правительство о преобразовании Биологической лаборатории в Петроградский научный институт им. П.Ф. Лесгафта. Морозов обратился по этому поводу к наркому просвещения А.В. Луначарскому, а тот сообщил об этом В.А. Ленину. Ленин хорошо знал Морозова, знал Биологическую лабораторию и Курсы для рабочих, сам неоднократно бывал на курсах Лесгафта.

В 1918 г. Биологическая лаборатория превратилась в Государственный Естественнонаучный институт им. П. Ф. Лесгафта Народного комиссариата просвещения РСФСР. Институт получил государственное финансирование. В нем молодой биолог И.Д. Стрельников продолжал развивать зоологический музей, создал лабораторию экологической морфологии и заведовал ими. Как «Научный институт им. П.Ф. Лесгафта» он просуществовал до 1957 г., когда был по частям передан в профильные институты Академии наук СССР. Часть сотрудников и коллекций музея были переданы в Зоологический

институт Академии наук СССР. И.Д. Стрельников создал в этом институте лабораторию экологии, которая способствовала развитию экспериментальной экологии.

Институт физической культуры им. П.Ф. Лесгафта

Открытые в 1896 г. Курсы воспитательниц и руководительниц физического образования в 1905 г. преобразовались в Высшие курсы по наукам биологическим, педагогическим и общественным при С.-Петербургской Биологической лаборатории (или Вольную высшую школу) с отделениями биологическим, педагогическим и социальным. Эти Высшие курсы были правительством закрыты в 1907 г. за политическую неблагонадежность, но после длительных хлопот восстановлены в 1910 г. как Высшие курсы с тремя отделениями: физического образования, естественное и историческое. Эти восстановленные в 1910 г. Высшие курсы в 1915 г. получили право носить имя П.Ф. Лесгафта.

При Высших курсах в конце 1918 и в начале 1919 г. были открыты детские учреждения – ясли, сад и клуб.

К концу 1918/19 учебного года директор Высших курсов С.А. Острогорский предложил Совету преобразовать Курсы в Институт физического образования им. П.Ф. Лесгафта. Директором нового института был назначен С.А. Острогорский, а в числе преподавателей были те, кто преподавал на Курсах: В.Н. Любименко, К.Н. Давыдов, Л.А. Орбели, П.Д. Мальчевский, В.С. Серебренников, Н.И. Эфрусси, В.В. Успенский, Е.И. Тихеева, А.А. Мейер, И.Д. Стрельников, С.М. Познер и др. В 1925 г. директором Института физического образования приглашен и избран Лев Николаевич Федоров, который одновременно был и заместителем заведующего ленинградским отделом здравоохранения.

С самого начала Институт физического образования располагался в доме 25 по Торговой улице (ул. Союза Печатников, д. 25а) и в здании по Английскому пр., 32. Но в помещениях была невыносимая теснота. По инициативе И.Д. Стрельникова и при его непосредственном участии, как члена правления Института, было получено распоряжение Облисполкома о передаче Институту физической культуры дворца по набережной реки Мойки, д. 106, принадлежавшего сестре императора Николая II Ксении Александровне, и прилегающую территорию бывшего Луна-парка (где располагался театр, в котором играла В.Ф. Комиссаржевская) для стадиона (ныне ул. Декабристов, д. 35).

В 1930 г. Государственный институт физического образования был переименован в Государственный институт физической культуры им. П.Ф. Лесгафта (ныне это Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта).

Иван Дмитриевич Стрельников преподавал в Институте физкультуры с 1923 по 1940 г.

Географический институт

В 1916 г. после триумфальной южноамериканской экспедиции сотрудников Биологической лаборатории были открыты Высшие географические курсы. Потребность в географическом образовании была очень велика. Заместителем народного комиссара просвещения А.В. Луначарского был друг и соученик Стрельникова у П.Ф. Лесгафта В.А. Галкин, а секретарем Наркомпроса – друг И.Д. Стрельникова и участник кружка молодых биологов Л.Е. Арэнс. Таким образом, И.Д. Стрельников способствовал тому, что 3 декабря 1918 г. Луначарский подписал декрет об образовании Географического института и о передаче ему дворца великого князя Алексея Александровича, дяди Николая II, на наб. р. Мойки, 122 (сейчас там располагается Дом музыки). Для поступления в институт не было никаких экзаменов и конкурса. Нужно было только написать заявление: «Хочу учиться». Географический институт стал первым высшим географическим учебным заведением в России.

В составе Географического института было два факультета – общегеографический и этнографический. А в составе общегеографического факультета возникло биогеографическое отделение, задачей которого являлась подготовка зоологов и ботаников-географов для исследований Советского Союза, для работы в возникавших государственных природных заповедниках, для преподавания в вузах. На биогеографическом отделении были зоологические кафедры: кафедра зоологии, которую возглавлял профессор В.М. Шимкевич, и кафедра зоогеографии, которой заведовал профессор А.А. Бялыницкий-Бируля. В 1922 г. курс зоологии, который изначально читал Шимкевич, был передан И.Д. Стрельникову. А с 1923 г. Стрельников стал читать собственный курс «Экология животных на географической основе». Это был первый курс по экологии животных, прочитанный в высших учебных заведениях Советского Союза.

При кафедре зоогеографии И.Д. Стрельниковым были организованы лаборатория и музей, которыми он заведовал. Значительная часть имущества кафедры зоогеографии была позднее передана в состав кафедры зоологии позвоночных биологического факультета ЛГУ.

В 1918–1920 гг. И.Д. Стрельников предлагает организовать великую Южноамериканскую экспедицию. Поразительно, что в те годы Президиум Академии наук планы одобрил, создал

«Тропическую комиссию», секретарем которой стал И.Д. Стрельников. В ее распоряжение была передана царская яхта «Зарница». Но блокада, организованная Черчиллем, разрушила все планы.

В начале 20-х гг. по инициативе И.Д. Стрельникова была начата подготовка большой тропической экспедиции для зоологических и зоогеографических исследований в южной части Атлантического океана и в тропической Южной Америке. Осуществлению этого плана помешала блокада Советского государства капиталистическими странами всего мира.

С 1920 г. на летней станции полевых работ Географического института в поселке Саблино под Петроградом И.Д. Стрельников организовал летние практические занятия студентов по зоологии и зоогеографии. На основе собранных материалов был создан оригинальный курс экологии местной фауны. В дальнейшем эти занятия в Саблино продолжались и со студентами географического и биологического факультетов Ленинградского университета (рис. 27).



Рис. 27. Кафедра зоологии позвоночных ЛГУ. Преподаватели и выпускники. 1935 г. Слева направо, 1-й ряд: Варвара Седова, Антонина Гурьева, Николай Антипин, Мириам Фрейндлих, Елена Корецкая, Людмила Харченко. 2-й ряд: ассистент Владимир Федорович Дельвиг, профессор Георгий Георгиевич Доппельмайер, профессор, заведующий кафедрой Даниил Николаевич Кашкаров, профессор Иван Дмитриевич Стрельников, профессор Нестор Александрович Смирнов, профессор Валентин Александрович Догель, ассистент Николай Дмитриевич Чернов, профессор Юрий Александрович Орлов (позднее стал палеонтологом, директором Палеонтологического института в Москве). 3-й ряд: Алевтина Романова, Александра Корень, Владимир Антипин, Екатерина Соболева, Поликарп Ковалевский, Валентина Иванова, Галина Плаксина, Лев Хозацкий (впоследствии – доцент кафедры зоологии позвоночных ЛГУ), Елизавета Мотохова, ассистент Павел Викторович Терентьев, Елена Палажченко, Ксения Леушева (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a09.jpg)

Fig. 27. Department of vertebrate Zoology of Leningrad state University. Teachers and graduates. 1935. From left to right, 1st row: Varvara Sedova, Antonina Gurieva, Nikolay Antipin, Miriam Freindlikh, Elena Koretskaya, Lyudmila Kharchenko. 2nd row: assistant Vladimir F. Delvig, Professor Georgy G. Doppelmayer, Professor, Head of the Department, Daniil N. Kashkarov, Professor Ivan D. Strelnikov, Professor Nestor A. Smirnov; Professor Valentin A. Dogel, assistant Nikolay D. Chernov, Professor Yuri A. Orlov (later became a paleontologist, Director of the Paleontological Institute in Moscow). 3rd row: Alevtina Romanova, Alexandra Koren', Vladimir Antipin, Ekaterina Soboleva, Policarp Kovalevsky, Valentina Ivanova, Galina Plaksina, Lev

Khozatsky (later – associate Professor of the Department of vertebrate Zoology of Leningrad state University), Elizaveta Motokhova, assistant Pavel V. Terent'ev, Elena Palazhchenko, Ksenia Leusheva

Кафедра зоогеографии, где И.Д. Стрельников был первоначально ассистентом, быстро развернула большую исследовательскую работу: в 1920 г. под руководством И.Д. Стрельникова работала Мурманская экспедиция в составе пяти человек. Она исследовала фауну некоторых частей Кольского залива, Баренцева моря, Айновых островов, Печенгского залива. В 1921 г. под руководством И.Д. Стрельникова проводились гидробиологические исследования Карского моря на ледоколе «Таймыр» (рис. 28).

Именно с начала 1920-х гг. в исследованиях И.Д. Стрельникова произошли важные перемены. Он писал: «Посещение полярных стран, плавание среди опасностей полярных морей, бесконечная снежная и ледяная равнина – все это с юных лет влекло меня своею таинственностью, своими опасностями. В 1914–1915 гг. я жил в тропических лесах Ю. Америки, где видел высшее напряжение жизни на Земле, наибольший блеск ее и многообразие. И мне хотелось быть и там, где жизнь, постоянно угасая, замирала совсем, и где начиналось органическое и биологическое небытие. Противоположности максимальной напряженности жизни и минимальных ее проявлений в их основных соотношениях к остальной природе – мечта всякого натуралиста. Вот почему я с удовольствием принял предложение произвести зоологические исследования в Карском море и на Новой Земле летом 1921 г...» (Стрельникова и др., 2017; с. 81).



Рис. 28. Ледокол «Таймыр» (URL: <http://ff1.mosfont.ru/photo/02/01/12/201125.jpg>)

Fig. 28. The icebreaker “Taimyr”

Собранные материалы стали предметом ряда напечатанных работ Ивана Дмитриевича. В 1922 г. И.Д. Стрельников и студент-зоогеограф Л.К. Лозина-Лозинский приняли участие в Беломорской экспедиции профессора К.М. Дерюгина. Научно-исследовательская деятельность кафедры быстро расширялась. Преподаватели и студенты-зоогеографы участвовали в экспедициях во все районы

Советского Союза.

15 мая 1925 г. Географический институт был передан в состав Ленинградского университета на правах географического факультета, где И.Д. Стрельников продолжал работать.

Два летних сезона 1925 и 1926 гг. ученый работает на Севастопольской биологической станции, в 1927–1928 гг. – на Урале.

В 1928 г. И.Д. Стрельников был приглашен и поехал в США, где участвовал с двумя докладами в Международном научном этнографическом конгрессе в Нью-Йорке, во Всеамериканском конгрессе, работал в Гарвардском университете, в лаборатории Т.Моргана. Там, кроме того, он познакомился со множеством интересных людей: писателями Теодором Драйзером и Сетоном Томпсоном, знаменитым антропологом профессором Францем Ури Боасом. Он познакомился с Америкой сполна: был в трущобах, был гостем в знатных домах, посещал музеи. Домой он вернулся уже в 1929 г. К тому времени ему исполнилось 42 года.

Доцент И.Д. Стрельников в 1931 г. был избран ученым советом Географического факультета профессором.

Таким образом, Иван Дмитриевич Стрельников в той или иной степени способствовал появлению и развитию трех крупных государственных, научных и просветительских организаций, сформировавшихся из организаций, которые были созданы еще П.Ф. Лесгафтом.

В 1931 г. в Германии и Франции по поручению Наркомздрава СССР он знакомился с высшими учебными заведениями по физическому воспитанию, с руководящими деятелями в этой области, а также с постановкой физического воспитания детей. Это был также период знакомства с крупнейшими учеными-экологами, с зоологическими музеями разных стран, с достижениями мировой биологической науки.

1931–1941. СОЗДАНИЕ СВОЕЙ СЕМЬИ. ФИЗИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. СТЕПЕНЬ ДОКТОРА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

По возвращении в СССР начинается новый этап его жизни и научной работы: тридцатые-сороковые годы в жизни И.Д. Стрельникова были временем больших научных достижений, интенсивной работы, горения.

В 1931 г. Иван Дмитриевич Стрельников (рис. 29) встретился с молодой девушкой, ботаником Александрой Павловной Соколовской. Ей в то время было 26 лет. Они полюбили друг друга. В этом году создалась их семья. Свадебное путешествие прошло в экспедиции в Каракумы по исследованию действия солнечной радиации на насекомых и рептилий. Жили молодожены в тростниковом шалаше рядом с Репетекской научной станцией. В 1933 г. у них родилась дочь Нина, а в 1938-м – сын Сергей.

Летом 1932 г. Иван Дмитриевич Стрельников работал на Карадагской биологической станции.

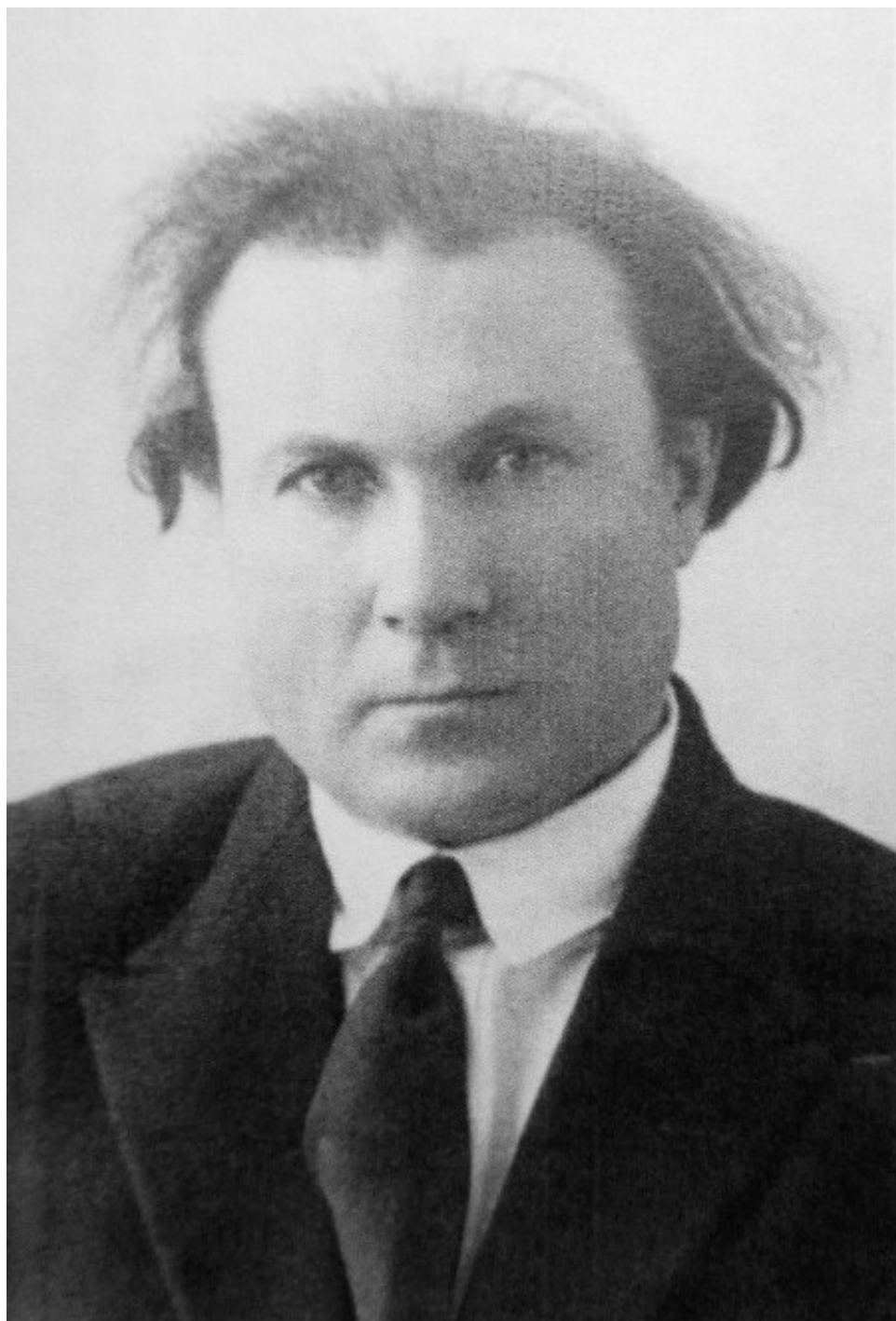


Рис. 29. И.Д. Стрельников, 1931 г. Берлин (фото: Стрельникова и др., 2017; с. 88)

Fig. 29. I.D. Strel'nikov. 1931. Berlin

В 1933 г. Иван Дмитриевич руководит двумя группами сотрудников, изучает экологию лугового мотылька и грызунов в Калмыцких степях, а в 1934 г. – в Оренбургской области. Осенью 1934 г. на Карадаге Иван Дмитриевич вновь тяжело переболел тропической малярией. В 1935 г. он руководит экспедицией по изучению терморегуляции грызунов в Брянском районе, в 1937-м возглавляет экспедицию по изучению хлопковой совки в Азербайджанской ССР, а в первой половине лета работает в комплексной Эльбрусской экспедиции АН СССР по действию солнечной радиации на насекомых и рептилий.

В 1934 г. И.Д. Стрельников был приглашен в Зоологический институт АН СССР в качестве ученого специалиста для организации и заведования лабораторией экологии. В институте он проработал до 1939 г. Здесь в 1935 г. ему была присуждена степень доктора биологических наук без защиты

диссертации «за выдающиеся научные труды в области экологии и сравнительной физиологии разнообразных типов животного мира, имеющие большое теоретическое и прикладное значение». Отзывы о научной работе и представления в Президиум АН СССР о присуждении докторской степени И.Д. Стрельникову давали академик А.А. Ухтомский и профессор Н.Я. Кузнецов.

Из официального сообщения неперменного секретаря Академии наук от 31/XII-1935: «Президиум Академии наук СССР на заседании своем от 16 декабря 1935 г., по представлению Квалификационной комиссии по биологическим наукам, присудил Вам степень доктора экологии, без защиты диссертации, за выдающиеся научные труды в области экологии и сравнительной физиологии разнообразных типов животного мира, имеющие большое теоретическое и прикладное значение» (Стрельникова и др., 2017; с. 91). В отзыве академика А.А. Ухтомского, в частности, написано: «Я полагаю, что, опираясь на одни лишь эколого-физиологические достижения Стрельникова, было бы правомерно и целесообразно применить к нему правительственную доктрину о присуждении ученой степени доктора биологических наук без защиты специальной диссертации на основании совокупности его научных работ» (Стрельникова и др., 2017; с. 92). С ним был согласен и второй рецензент – профессор Н.Я. Кузнецов.

В 1940 г. первый раз в жизни И.Д. Стрельников с женой А.П. Соколовской отдыхали в санатории для ученых в Гаспере в Крыму.

ВЕЛИКАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ВОЙНА. БЛОКАДА ЛЕНИНГРАДА. ПРОДОЛЖЕНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

Иван Дмитриевич Стрельников оставался в блокадном Ленинграде до марта 1942 г. Он спасал коллекции музея Лесгафта, охранял дома от зажигательных бомб и продолжал работать. В тяжелом состоянии был эвакуирован сначала в Ярославскую область, в Некрасовское, где в это время находилась семья. Там он лечился от тяжелой дистрофии и других обострившихся болезней. В июне – октябре 1942 г. в Некрасовском он по поручению райсовета производил обследования на предмет вредителей полевых культур и разрабатывал мероприятия по борьбе с ними.

Осенью 1942 г. вместе с семьей переехал в г. Молотов (Пермь), куда был эвакуирован Ленинградский сельскохозяйственный институт. Он продолжал в нем работать, организовал студенческое Биологическое общество, читал циклы лекций для специалистов по экологии, а с научно-популярными лекциями выступал в военных госпиталях (о путешествии в Южную Америку и жизни с индейцами, об экономике и политике США и др.).

В 1943–1944 г. И.Д. Стрельников продолжал научные исследования в области экологии животных, составлял курс лекций по экспериментальной экологии животных, писал научные статьи.

Во второй половине 1944 г. И.Д. Стрельников вместе с сельскохозяйственным институтом возвратился в Ленинград и продолжил свои исследования. Он занимался восстановлением музея экологической морфологии и лаборатории экспериментальной экологии, возобновил работу над монографией «Экологическая морфология животных», составил руководство «Экспериментальная экология животных». Он продолжал исследовательские работы и в 50–70-е гг. Их итогом стала монография «Анатомо-физиологические основы видообразования позвоночных» (1970).

И.Д. Стрельников был награжден медалью «За оборону Ленинграда».

Параллельно с научной деятельностью Иван Дмитриевич вел и большую педагогическую работу, которой он посвятил около 60 лет жизни. Он преподавал в Институте физической культуры им. П.Ф. Лесгафта (1923–1940 гг.), в Ленинградском государственном университете на географическом (1918–1933 гг.) и биологическом (1934–1936 и 1944–1946 гг.) факультетах, в Ленинградском сельскохозяйственном институте.

Кроме общих курсов по зоологии и общей биологии, он впервые в СССР создает и читает в 20–30-е гг. курсы: «Экология животных», «Экология животных на географической основе», «Экспериментальная экология», «Сравнительно-анатомические основы теории движений животных и человека», «Пчеловодство», «Вредные грызуны» и др.

Энциклопедическая образованность, огромная научная эрудиция, богатый собственный опыт Ивана Дмитриевича, а также очень простая, понятная любому слушателю форма изложения материала способствовали огромному успеху его лекций. Иногда даже в большой аудитории они приобретали форму беседы. В 1925 г. он был избран профессором.

В 1939 г. Иван Дмитриевич Стрельников создал кафедру зоологии Ленинградского сельскохозяйственного института (ныне Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»). Это

одна из старейших кафедр факультета агротехнологий, почвоведения и экологии. Он руководил ею до 1966 г. В 80-е гг. в связи с реорганизацией ее присоединили к кафедре общей энтомологии и получилась кафедра защиты и карантина растений. Профессор И.Д. Стрельников был блестящим лектором и воспитателем молодежи (рис. 30–32). Он подготовил целую плеяду известных советских зоологов, в их числе д.б.н., профессор С.Г. Пегельман, д.б.н. В.П. Столяров, д.б.н. В.П. Голанцев, д.б.н. И.Л. Туманов, а также десятки зоологов – кандидатов наук. Иван Дмитриевич создал и читал в институте курсы лекций по нескольким дисциплинам: «Зоология», «Вредные грызуны», «Пчеловодство», «Вредные нематоды». Под его руководством на кафедре зоологии сложился дружный, высококвалифицированный коллектив преподавателей.



Рис. 30. И.Д. Стрельников беседует со студентами Сельскохозяйственного института. 26 мая 1964 г. (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a14-300x187.jpg)
Fig. 30. I.D. Strelnikov is talking with students of the Agricultural Institute. May, 26th, 1964



Рис. 31. И.Д. Стрельников принимает экзамен по зоологии. Сельскохозяйственный институт. 1960-е гг. (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a12.jpg)
Fig. 31. I.D. Strelnikov is examining in Zoology. Agricultural Institute. 1960-ies



Рис. 32. Экзамен по зоологии. ЛСХИ, г. Пушкин. 1960-е гг. (URL: http://journal.spbu.ru/wp-content/uploads/2012/11/strelnikov_a13-300x198.jpg)
Fig. 32. Examination in Zoology. Agricultural Institute. Pushkin. 1960s

После ухода профессора Стрельникова на пенсию в 1966 г. заведование кафедрой перешло к профессору Сильвии Гансовне Пегельман.

Выйдя на пенсию, Иван Дмитриевич не прекратил работать. За это время он опубликовал около 15 научных статей и одну монографию «Анатомо-физиологические основы видообразования позвоночных» (Стрельников, 1970), выступал с докладами на различных научных конференциях и т. п.

Летом он жил с семьей в доме, который они снимали в пос. Выра Гатчинского района на реке Оредеж. Туда часто приезжали дети и внуки.



Рис. 33. И.Д. Стрельников с внуком Костей. Выра. 1980 г. (фото: Стрельникова и др., 2017; с. 114)

Fig. 33. I.D. Strel'nikov with his grandson Kostya. Vyra. 1980

В 1977 г. девяностолетний юбилей отмечать не собирались, но в село Выра 11 июля пришло множество поздравительных телеграмм, и, кроме того, собралось множество его друзей и учеников... (рис. 33).

Всю жизнь Иван Дмитриевич активно интересовался философией: Гегель, Кант, Спиноза. Но он читал их не просто как информацию, а с их помощью старался осмыслить реальную жизнь людей вокруг и себя самого.

О своих отношениях с Богом и религией, как выражении жизни души, Иван Дмитриевич писал в письме киевскому другу и коллеге Савве Филимоновичу Манзю: «В переходные от 92-го к 93-му году жизни я занят был изучением сочинений Спинозы, идеи которого, начиная с переживаний 1910 года на вершинах Альпийских гор, среди снегов и льдов в июле месяце, в течение 70 лет стрелой пронизывали мою длинную жизнь. Перечитывая здесь, в Выре, про Эйнштейна (одного из величайших гениев в истории человечества), привожу его определения: “Я верю в бога Спинозы, проявляющегося в гармонии всего сущего, но не в бога, занимающегося судьбами и поступками людей”. Незадолго до смерти

А.Эйнштейн назвал себя в одном из писем “глубоко религиозным неверующим”. Он был проникнут убеждением, что источник стремления к истине и познанию возникает на религиозной почве. Естествознание без религии казалось ему хромым, а религия без естествознания – слепой. Я могу про себя сказать, что пребывание в течение трех лет в Троице-Сергиевой лавре в качестве церковного чтеца, во время торжественных служб доводившего старушек до слез умиления, сказало на моей научной деятельности, на общей ее направленности» (Стрельникова и др., 2017; с. 117-118).

Иван Дмитриевич тихо скончался 17 января 1981 года в возрасте 93 лет. Он просто не проснулся утром...

Дочь И.Д. Стрельникова, ботаник, профессор СПбГУ, Нина Ивановна, в своих воспоминаниях об отце (Жервэ, 2012) обращает внимание на то, что в биографии Ивана Дмитриевича весьма интересны три совершенно неординарных обстоятельства.

Во-первых, как не раз шутил сам профессор, он за всю свою жизнь не сдал ни одного экзамена. Присужденные ему в 1935 г. в Зоологическом институте за совокупность трудов степень доктора биологических наук и диплом профессора были единственными его документами об образовании! Если, конечно, не считать дореволюционный аттестат из церковно-учительской школы. Вместе с тем И.Д. Стрельников – автор более 100 научных работ по зоологии, экологии, физиологии, этнографии и истории науки.

Во-вторых, он был на редкость везучим человеком. В 1916 г. кайзеровская субмарина не торпедировала корабль, на котором в Европу возвращался молодой биолог. В смутные годы сталинских репрессий Иван Дмитриевич плодотворно работал и объехал почти весь СССР, изучая животных и растения. Просто удивительно, что этого прогрессивно мыслящего человека, прожившего во Франции, США и других странах, не объявили тогда «парагвайским шпионом». В период гонений на генетику (1948-1953 гг.) И.Д. Стрельников почему-то не попал в проскрипции вейсманистов-морганистов и продолжал преподавательскую деятельность в образовательных учреждениях, сея «вредные» идеологические семена монаха Менделя в умы советского студенчества.

Наконец, заслуживает внимания и уважения тот факт, что И.Д.Стрельников постоянно занимался самоконтролем интеллекта. В последний год жизни, после тяжелого воспаления легких, когда он очень ослаб, в письме тому же своему другу С.Ф.Манзю от 22 августа 1980 г. он писал: «Хорошо, что мой лечащий врач, наблюдавший за мной с 1960 г., умело принялся лечить меня и поставил на ноги, прояснил сознание и привел меня в мою норму. Контроль над своим интеллектом я производил способностью понимать сочинения великого философа Э.Канта. До болезни я хорошо справлялся с текстом Канта (в подлиннике). После тяжелой болезни я снова пробовал читать “Критику чистого разума”, чтобы определить, насколько я поглупел. И оказалось, что я сохранил способность читать и понимать тексты “Критики чистого разума”. Это меня утешило. Я – выздоровел...!» (Стрельникова и др., 2017; с. 118).

Еще в 1965 году, любуясь красотами Карелии на берегу оз. Вуокса, Иван Дмитриевич сформулировал свое кредо, которому следовал всю свою жизнь:

«А теперь порой думаю, что надо больше заботиться о развитии тех достижений в науке, которые останутся связанными с твоим именем, как твой вклад в общее дело.

В этом направлении мои способности в науке, умение идти своими, не проторенными путями в науке, быть пионером в новых ее направлениях, – далеко не полностью проявлены и использованы.

Я был ученым-одиночкой, работавшим в стороне от больших проторенных дорог и больших учреждений на этих больших дорогах.

К тому же я никогда не шел ни в какие сделки со своей совестью и понятием о долге; отсюда столкновения с сильными мира этого в науке; они не любят несговорчивых и не кланяющихся им; поэтому не поддерживают, и порою тормозят...

И хорошо, что я не научился кланяться сильным во власти. Но я поклонялся сильным духом» (Стрельникова и др., 2017; с. 118).

В своем отношении к студентам и вообще к процессу образования и воспитания он, как и в науке, шел своим, особым путем.

Иван Дмитриевич был очень запоминающейся личностью: «...статный, высокий пожилой человек с прямой спиной, крупной головой и длинными до плеч седыми волосами. В институте он обычно появлялся в темно-синем или черном костюме прямого покроя, с удлиненным пиджаком, в белоснежной рубашке с широкими манжетами и крупными запонками. На его шее вместо галстука всегда красовался

фуляр – широкая черная лента, завязанная бантом. Не зная, кто это, его можно было признать за... известного художника или скульптора» (Стрельникова и др., 2017; с. 109).

Иван Дмитриевич был очень требователен и к себе, и к студентам, за это они его еще больше уважали и любили. «Природа наградила Ивана Дмитриевича разными талантами, но по прошествии многих лет мы стали четко понимать, что наиболее ценным из них был талант учителя – воспитателя, его способность возбуждать в умах молодых слушателей любовь к природе и необходимость восприятия ее законов. Быть не только сторонними наблюдателями за состоянием окружающей среды, но и беззаветно служить интересам выбранной специальности и направлению в науке. В свое время Иван Дмитриевич получил прекрасную биологическую подготовку, прежде всего эколого-морфологической направленности, тесно общаясь с такими выдающимися учеными, как П.Ф. Лесгафт, С.И. Метальников, И.И. Мечников» (Стрельникова и др., 2017; с. 109). Все это студенты чувствовали, и на его лекциях всегда были полные аудитории. Его уважали и за огромный багаж знаний и опыта, и за то, что отношения со студентами у него были свободные, спокойные и уважительные, в них не было высокомерия. Сами лекции он вел зачастую не совсем обычно – не в форме формальной подачи материала, а увлекательной беседы. И практические занятия велись совершенно произвольно, с единственной целью – научить студентов самостоятельно мыслить, анализировать, грамотно аргументировать свои выводы и отстаивать их на дискуссиях. Для недавних школьников это было непривычно, но чрезвычайно интересно и привлекательно. От этого веяло чем-то взрослым, настоящим.

Весьма примечательной была и сдача профессору экзамена, которая должна была показать не только знания по зоологии, но и способность студента самостоятельно мыслить. После формального ответа студента на вопросы в экзаменационном билете начиналось самое главное, чего молодежь очень боялась. Профессор начинал задавать множество дополнительных вопросов, касающихся всего, что так или иначе было связано с темой вопроса и должно было выявить глубину знаний студента. Хотя общеобразовательный курс по зоологии проходили только на первом и втором курсах, среди студентов существовало расхожее мнение о том, что если студент сдал профессору зоологию с первого раза, то это служит показателем его общей эрудиции и в известной степени гарантией возможности в установленные сроки закончить институт.

Он привлекал своих студентов к научным работам и требовал, чтобы они вели ее не просто выполняя задание, а с рассуждением. Бывали ситуации, когда, получив от студента вариант курсовой работы, он перечеркивал ее крест-накрест красным карандашом и писал поперек: «Переделать», а когда у него спрашивали: «А как?», он спокойно отвечал: «Подумай».

«Запомнилось нам и строгое отношение Ивана Дмитриевича к внешнему виду, прежде всего студенток, который должен был подчеркивать серьезность их подхода к учебному процессу. Студентки, которые приходили на занятия или, не дай Бог, на экзамен в укороченной до чуть выше колен юбке или с ярко накрашенными губами, ресницами и ногтями, воспринимались им как вызов всем нормам приличия и рисковали остаться без положительной оценки по искомой дисциплине. В то же время Иван Дмитриевич самоотверженно защищал интересы своих дипломников и аспирантов, если на них вдруг наваливались несправедливые нападки со стороны сотрудников администрации института. Так, например, в 1964 г. два аспиранта (В.П. Галанцев и И.Л. Туманов), вернувшиеся из длительной полевой командировки с элегантными бородками, были вызваны к заведующей аспирантской частью института, весьма строгой даме лет 45. После нудной нотации им было приказано срочно сбрить бороды под угрозой незамедлительного отчисления из аспирантуры. Совсем молодые люди были крайне расстроены приказом, поскольку хотели казаться старше своего возраста. Дело в том, что профессор обязал их читать лекции и вести практические занятия с заочниками, которые были старше и внешне много солиднее. Узнав о случившемся “горе” Иван Дмитриевич вскочил с кабинетного кресла и вместе с ними отправился выяснять обстоятельства в учебную часть аспирантуры. Резко распахнув дверь, он эмоционально обратился к заведующей со следующими словами: “Милочка? Какие претензии у Вас к моим бородачам? У них эта растительность на лице натуральная, данная Богом! А, вот у Вас я замечаю короткая юбка, выше колен, и ярко накрашенные глаза и губы — это не естественный облик в учебном Вузе! Зачем Вы это делаете? Чтобы в Высшем учебном заведении, где необходимо только напряженно учиться, привлекать к себе внимание молодых людей? Это не хорошо и недостойно для сотрудника администрации ВУЗа”. Покрасневшая от стыда, и сразу же притихшая дама явно не знала, что ей ответить. После этого инцидента никаких претензий к “бородачам” в Вузе не было, а их количество в институте сразу же увеличилось, за счет аспирантов, обучавшихся на других факультетах» (Стрельникова и др., 2017; с. 110).

Он был человеком сдержанным и уравновешенным. Если возникали ситуации, когда по разным

причинам между людьми создавалось сильное напряжение, способное привести к серьезному скандалу или конфликту, он быстрыми шагами выходил на улицу и некоторое время гулял по парку. Возвращался уже спокойным. Вообще он уделял много внимания ходьбе пешком как важному средству сохранять физическое и психическое здоровье. В обязательном порядке в любую погоду он проходил километра три пешком. Кроме того, еще по совету И.И. Мечникова по пятницам устраивал себе «разгрузочный день» – ничего не ел, только пил кефир и больше гулял.

Профессор очень тепло относился к студентам, приехавшим учиться издалека. Видимо, сказывался его собственный опыт, его собственная жизнь. Он опекал их, помогал с общением, в решении разных житейских проблем, даже иногда помогал собственными деньгами.

Теплые впечатления об Иване Дмитриевиче Стрельникове и о его лекциях бывшие студенты сохранили на всю жизнь. На студенческом капустнике пели: «...И последний могикиан, мчится Стрельников Иван...».

И еще, к Новому, 1964 году студенты написали Стрельникову пожелание:

«Молодость, бодрость,
Глубокая мудрость,
Разве забудем когда-нибудь Вас!
Строгий профессор,
Чуткий наставник,
Свет науки несущий для нас.
И не сотрутся годами слова,
Ставшие нашим девизом:
“Жить все время ярко горя,
И не тлеть, не коптеть,
Не гаснуть!”»

(Стрельникова и др., 2017; с. 1964)

«Семья создавалась в довольно зрелом возрасте (44 года), разница в возрасте со спутницей жизни, Александрой Павловной Соколовской, была 18 лет. Но взаимоотношения были удивительными, они основывались на очень бережном отношении друг к другу, глубоком уважении и поддержке. Мы не помним, чтобы на нас, детей, отец когда-нибудь повышал голос. Когда он был чем-то недоволен, он осуждающе смотрел, а если проступок был очень серьезным – заболел и отворачивался от нас» (Стрельникова и др., 2017; с. 4).

«Иван Дмитриевич сочетал в себе основы энциклопедизма XIX века и культуры XX века. Он знал пять иностранных языков (немецкий, французский, английский, испанский (португальский), итальянский), следил за мировой научной литературой (отчасти художественной и политической, всегда читал французскую газету “Юманите” и др.). Познакомившись в молодые годы с западной культурой, Иван Дмитриевич отдавал должное великим ее достижениям, но предпочитал русское искусство и литературу. Он всегда с трепетом слушал хор под управлением А.В. Свешникова, с восхищением смотрел танцы ансамбля “Березка”, поклонялся спектаклям МХАТа» (Стрельникова и др., 2017; с. 4).

Иван Дмитриевич Стрельников был замечательным человеком, «осколком» действительно «золотого» времени российской науки, с его блистательными учеными и педагогами, с тонким воспитанием, уважением и беззаветным служением, с искренним стремлением познавать, а не делать карьеру. И чем больше современных людей, чем больше молодых научных работников будут знать о том времени, о тех замечательных людях, тем лучше будет для них самих и для науки, тем лучшее нас ждет будущее...

Кроме того, Иван Дмитриевич был живой, эмоциональный человек, который свою эмоциональность вкладывал в служение делу, которое оказалось его, в любовь и уважение к окружающим его людям. А внутренние напряжения, которые, конечно, возникают в душе у каждого человека, он научился подчинять разуму. Это прекрасное сочетание эмоций и разума, которое должно было бы стать примером для многих из нас.

Собирая материал об Иване Дмитриевиче Стрельникове, нам довелось встречаться с разными людьми, которые его знали, которые в свое время были его студентами. Эмоциональная окраска этих воспоминаний была разная, среди них были и такие люди, которые вспоминали профессора с некоторым раздражением. Прежде всего это касалось немногих его бывших студентов и связано было с его особой

требовательностью и принципиальностью в вопросах преподавания. Хотя, опубликовав за последние годы несколько статей о совсем или частично «забытых» биологах, очень талантливых, самобытных и неординарных, мы видим, что такие люди по многим причинам не всегда «удобоприемлемы» для окружающих современников. Но, по нашему глубокому убеждению, они имеют право на свою самобытность во всем, главное – что талант этот направлен не на получение своей эгоистичной, прагматичной выгоды, а альтруистичен по своей природе. Неординарные люди могут быть в чем-то неудобны, но в первую очередь благодаря именно им живет и развивается этот мир!

В заключение хотелось бы выразить огромную благодарность Нине Ивановне Стрельниковой за то, что ее трудами на свет появилась замечательная книга о большом ученом, ее отце Иване Дмитриевиче Стрельникове, материалы из которой и легли в основу данной статьи, а также за то, что она уделила время на обстоятельное и теплое общение с нами, за информацию, за неоценимую помощь в работе над этой статьей.

[1] Карл Карлович Буллá (1855–1929) – родоначальник русской фотожурналистики, владелец фотоателье в Санкт-Петербурге, вошедший в историю как «отец российского фоторепортажа». Портретист и мастер документальной фотографии. Его фотоателье изначально, с 1875 г., находилось в Пассаже, а затем, в 1908 г., он приобрел фотоателье на Невском, 54.

[2] Торцевая мостовая – в Петербурге до 1924 г. главные улицы, в том числе Невский проспект, были замощены торцами – шестиугольными деревянными торцевыми колодками, которые во время наводнений всплывали, и улицы требовалось снова мостить. Движение грузовых обозов (ломовиков) по торцевым мостовым было либо запрещено, либо ограничивалось несколькими часами в сутки. Ломовики в основном ездили по улицам, замощенным булыжником.

[3] Канонарх – церковнослужитель, возглашающий перед пением глас и строчки из молитвословия, которые вслед за возглашением поет хор.

[4] Сергей Александрович Рачинский (1833–1902) – российский ученый, педагог, просветитель, профессор Московского университета, ботаник и математик. Член-корреспондент Императорской Санкт-Петербургской академии наук. Надворный советник.

[5] Константин Петрович Победоносцев (1827–1907) – русский правовед, государственный деятель консервативных взглядов, писатель, переводчик, историк церкви, действительный тайный советник. Главный идеолог контрреформ Александра III. В 1880–1905 гг. занимал пост обер-прокурора Святейшего Синода. Член Государственного совета (с 1872 г.).

[6] Петр Францевич Лесгафт (1837–1909) – биолог, анатом, антрополог, врач, педагог. Также известен как создатель теоретической функциональной анатомии в палеонтологии, научной системы физического воспитания, прогрессивный общественный деятель России.

[7] Максим Максимович Ковалевский (1851–1916) – русский ученый, историк, юрист, социолог эволюционистского направления и общественный деятель, один из руководителей русского масонства, член I Государственной Думы и Государственного совета. Большая часть его деятельности проходила за границей, что, вместе с признанием его трудов, в том числе на иностранных языках, сыграло роль в получении им известности в мире. Академик Императорской Санкт-Петербургской академии наук.

[8] Евгений Викторович (первоначальное имя Григорий Вигдорович) Тарле (1874–1955) – российский и советский историк, академик АН СССР.

[9] Робер Ипполит Шо́да (1865–1934) – швейцарский ботаник, химик и миколог, исследователь флоры Парагвая, Аргентины и Испании. Член-корреспондент АН СССР, иностранный член Лондонского Линнеевского общества, обладатель медали Линнея.

[10] Николай Онуфриевич Лосский (1870–1965) – мыслитель, представитель русской религиозной философии, один из основателей направления интуитивизма в философии.

[11] Сергей Аскольдов (настоящее имя Сергей Алексеевич Алексеев) (1871–1945) – русский религиозный философ, спиритуалист и панпсихист, профессор Санкт-Петербургского университета. Сын философа А.А. Козлова, друг и оппонент Н.О. Лосского.

[12] Илья Иванович Иванов (1870–1932) – русский и советский биолог со специализацией в области искусственного осеменения и межвидовой гибридизации животных. Принимал участие в попытках вывести гибрид человека с другими приматами. Он является основоположником метода искусственного осеменения сельскохозяйственных животных, профессор.

[13] Михаил Андреевич Галаджиев (1885–1945) – в 1912 году окончил физико-математический факультет Санкт-Петербургского университета. С 1910 г. был научным сотрудником Биологической лаборатории на зоологическом отделении, где продолжал работать до 1918 г. ассистентом.

[14] Дмитрий Васильевич Наливкин (1889–1982) – русский советский геолог и палеонтолог. Академик АН СССР по Отделению геолого-географических наук (геология и палеонтология) (1946). Почетный член АН Туркменской ССР (1951). Герой Социалистического Труда (1963). Лауреат Ленинской премии и Сталинской премии первой степени.

[15] Андрей Сергеевич Фаминцын (1835–1918) – ботаник, ординарный академик Императорской Санкт-Петербургской Академии наук (1891), общественный деятель. Профессор, заведующий кафедрой физиологии растений Санкт-Петербургского университета. Основоположник Петербургской школы физиологов растений, автор первого отечественного учебника по физиологии растений (1887).

[16] Иван Парфеньевич Бородин (1847–1930) – русский ботаник, популяризатор науки, зачинатель российского природоохранного движения, один из основателей этико-эстетического подхода в заповедном деле и охране дикой природы, развивал идеи о культурной и моральной составляющей природоохраны. Изучал физиологию и анатомию растений. Член-корреспондент (1887), ординарный академик Петербургской академии наук (1902), Российской академии наук (1917), Академии наук СССР (1925).

[17] Николай Александрович Холодковский (1858–1921) – русский зоолог, поэт-переводчик, член-корреспондент Петербургской Академии наук. Один из основоположников лесной энтомологии в России. Им был переведен на русский язык ряд известных немецких изданий по энтомологии, популяризовавших эту науку в России.

[18] Надежда Олимпиевна Зибер-Шумова (1856–?) – химик. Родилась в 1856 г. Слушала лекции Вагнера, Менделеева, Фаминцына, Бутлерова на так называемых Владимирских высших курсах в Петербурге, и под руководством последнего занималась специально химией. Выйдя замуж за профессора Н.И. Зибера, окончила медицинский факультет в Берне и занялась физиологической химией под руководством Ненцкого, ассистенткой которого была назначена. В 1891 г. перешла в Императорский институт экспериментальной медицины помощником заведующего химическим его отделением. После 11-летнего самостоятельного (по смерти Ненцкого в 1901 г.) заведования химическим отделением была поставлена во главе его, получив права действительного члена института (первая женщина).

[19] Петр Алексеевич Кропоткин (1842–1921) – князь, русский революционер-анархист, ученый географ и геоморфолог. Исследователь тектонического строения Сибири и Средней Азии и ледникового периода. Известный историк, философ и публицист, создатель идеологии анархо-коммунизма и один из самых влиятельных теоретиков анархизма.

[20] Людвиг Эммануилович Нобель (1831–1888) – шведский и российский инженер, изобретатель, предприниматель и меценат, старший брат и деловой партнер знаменитого учредителя Нобелевской премии Альфреда Нобеля.

[21] Николай Васильевич Мешков (1851–1933) – известный российский купец, меценат, общественный деятель, основоположник высшего образования на Урале, предприниматель, спасший Пермскую губернию от голода и обеспечивший транспортную открытость Перми. В честь Николая Васильевича депутаты Пермской городской думы в 1916 году планировали назвать улицу, однако революция помешала этим планам сбыться.

[22] Материалы о подробностях экспедиции в основном взяты из статьи Б.В. Лукина, 1964, а также немного – из других источников (Танасийчук, 2003).

[23] Мирмекофильные растения – растения, в органах которых селятся муравьи. Это в основном яйцевидные или грушевидные выросты на листьях.

Библиография

Вадимов П. И. Д. Стрельников – ученик Лесгафта и продолжатель его дела [I. D. Strel'nikov – Lesgaft disciple and continuator of his work] // Газета «Лесгафтовец». 2013. 18 февраля. № 2 (1643). С. 10–11.

Великие русские экспедиции. Русские географы в Латинской Америке, хроника путешествий XIX в. [Great Russian expeditions. Russian geographers in Latin America, travel chronicle of the XIXth century] / Под ред. А. С. Наумова. М.: АСТ, 2014. 376 с.

Жервэ Н. Н. Жить – значит гореть. К 125-летию со дня рождения И. Д. Стрельникова [To live means to burn. On the 125th anniversary of the birth of I. D. Strel'nikov] // Санкт-Петербургский университет. 2012. 15 ноябр. № 14 (3856). URL: <http://journal.spbu.ru/?p=88602012> (дата обращения: 23.05.2017).

Лукин Б. В. К 50-летию русской научной экспедиции в Латинскую Америку [To the 50th anniversary of the Russian scientific expedition to Latin America] // Вестник АН СССР. 1964. № 6. С. 108–110.

Стрельников И. Д. Анатомо-физиологические основы видообразования позвоночных [Anatomical and physiological basis of vertebrate speciation]. Л.: Наука, 1970. 368 с.

Стрельникова Н. И., Стрельников С. И., Стрельников К. С. Иван Дмитриевич Стрельников (1887–1981). Путь в жизни и в науке [Ivan Dmitrievich Strel'nikov (1887–1981). Path in life and science]. СПб.: ЛЕМА, 2017. 148 с.

Танасийчук В. Н. Пятеро на Рио Парагвай [Five on Rio Paraguay]. М.: КМК, 2003. 272 с.

Танасийчук В. Н. Пятеро на Рио Парагвай [Five on Rio Paraguay]. URL: <http://konkvistador.ru/paragv-nadejda/191-pyatero-na-rio-paragvaj> (дата обращения: 23.05.2017).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Кафедра защиты и карантина растений. История кафедры [Federal state budgetary educational institution of higher education. St. Petersburg state agrarian University. Department of plant protection and quarantine. The history of the Department]. URL: http://spbgau.ru/departments/iape/struktura/kafedry/kaf_zash_rast_i_kar/istoriya_kafedry (дата обращения: 13.05.2017).

Ivan Dmitrievich Strelnikov. Part 1. An amazing life

**CHERLIN
Vladimir**

Dagestan State University, cherlin51@mail.ru

Keywords:

Biography
ecology
comparative physiology
evolution

Summary:

The article devoted to a major Russian / Soviet biologist Ivan Dmitrievich Strel'nikov, his amazing trajectory of life. But now his work, unfortunately, is rarely remembered. He was born in a remote Russian village of Tambov province in a poor peasant family in 1887. Since childhood he had had important qualities: thirst for knowledge and love of nature. He finished the church-teacher school in Smolensk province, after that he studied at the Liberal high school of Professor P.F.Lesgaft in St. Petersburg. I.D.Strel'nikov was not only his student, but a colleague. Later he became a disciple and colleague of a wonderful biologist S.I.Metal'nikov. In 1914–1915 he took charge of the student group expedition to South America, which collected unique biological and ethnographic material. He worked in Italy at the Russian biological station in Villafranka, in Paris in the laboratory of I.I.Mechnikov and in the United States in the laboratory of T.Morgan. He was acquainted with I.P.Pavlov. He underwent his training in Germany and other European countries. While being a student, I.D.Strel'nikov began his teaching profession. At the same time he conducted active research. In 1935 he was conferred the degree of Doctor of Biological Sciences without thesis defense. He contributed to the creation of the Geographic Institute, that later became the geographical faculty of the Leningrad state University, worked at the Department of vertebrate zoology of biological faculty of the Leningrad state University. In the Zoological Institute he organized the laboratory of ecology and for some time headed it, taught at the Leningrad agricultural Institute, where he created the Department of Zoology and for a long time headed it. He studied a number of important problems of animal ecology, comparative physiology, anatomical and physiological basis of vertebrate evolution, and had more than 100 scientific publications. I.D.Strel'nikov worked in different regions of the Soviet Union from Arctic, Crimea, lowlands and highlands of the Caucasus, to the Karakum desert. He died in 1981 at the age of 93.

References

- Federal state budgetary educational institution of higher education. St. Petersburg state agrarian University. Department of plant protection and quarantine. The history of the Department. URL: http://spbgau.ru/departments/iape/struktura/kafedry/kaf_zash_rast_i_kar/istoriya_kafedry (data obrascheniya: 13.05.2017).
- Great Russian expeditions. Russian geographers in Latin America, travel chronicle of the XIXth century, Pod red. A. P. Naumova. M.: AST, 2014. 376 p.
- Lukin B. V. To the 50th anniversary of the Russian scientific expedition to Latin America, Vestnik AN SSSR. 1964. No. 6. P. 108–110.
- Strel'nikov I. D. Anatomical and physiological basis of vertebrate speciation. L.: Nauka, 1970. 368 p.
- Strel'nikova N. I. Strel'nikov S. I. Strel'nikov K. S. Ivan Dmitrievich Strel'nikov (1887–1981). Path in life and science. SPb.: LEMA, 2017. 148 p.

Tanasiychuk V. N. Five on Rio Paraguay. M.: KMK, 2003. 272 p.

Tanasiychuk V. N. Five on Rio Paraguay. URL: <http://konkvistador.ru/paragv-nadejda/191-pyatero-na-rio-paragvaj> (data obrascheniya: 23.05.2017).

Vadimov P. I. I. D. Strel'nikov – Lesgaft disciple and continuator of his work, Gazeta «Lezgaftovec». 2013. 18 fevralya. No. 2 (1643). P. 10–11.

Zherve N. N. To live means to burn. On the 125th anniversary of the birth of I. D. Strel'nikov, Sankt-Peterburgskiy universitet. 2012. 15 noyabr. No. 14 (3856). URL: <http://journal.spbu.ru/?p=88602012> (data obrascheniya: 23.05.2017).