

ВЕСТНИК
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ISSN 2072-8352 (print)

2016 / № 4

ISSN 2310-7189 (online)

серия

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научный журнал основан в 1998 г.

Журнал «Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки» включён в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание учёной степени доктора и кандидата наук» Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации (см.: Список журналов на сайте ВАК при Минобрнауки РФ) по химическим наукам (02.00.00); наукам о Земле (25.00.00); биологическим наукам: группы специальностей Физико-химическая биология (03.01.00), Общая биология (03.02.00), Физиология (03.03.00).

The academic journal is established in 1998

“Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural Sciences” is included by the Supreme Certifying Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation into “the List of leading reviewed academic journals and periodicals recommended for publishing in corresponding series basic research thesis results for a Ph.D. Candidate or Doctorate Degree” (See: the online List of journals at the site of the Supreme Certifying Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation). The journal features articles that comply with the content of such scientific branches as Chemical Sciences (02.00.00); Earth Sciences (25.00.00); and Biological Sciences, which include a group of specialties, namely, Physico-Chemical Biology (03.01.00), General Biology (03.02.00), and Physiology (03.03.00).

ISSN 2072-8352 (print)

2016 / № 4

ISSN 2310-7189 (online)

series

NATURAL SCIENCES

BULLETIN OF THE MOSCOW STATE
REGIONAL UNIVERSITY

Учредитель журнала «Вестник Московского государственного областного университета»:

Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области

Московский государственный областной университет

Выходит 4 раза в год

Редакционно-издательский совет «Вестника Московского государственного областного университета»

Хроменков П.Н. – к.филол.н., проф., ректор Московского государственного областного университета (председатель совета)

Ефремова Е.С. – к. филол. н., начальник Информационно-издательского управления Московского государственного областного университета (зам. председателя)

Клычников В.М. – к.ю.н., к.и.н., проф., проректор по учебной работе и международному сотрудничеству Московского государственного областного университета (зам. председателя)

Антонова Л.Н. – д.пед.н., академик РАО, Комитет Совета Федерации по науке, образованию и культуре

Асмолов А.Г. – д.псх.н., проф., академик РАО, директор Федерального института развития образования

Климов С.Н. – д.ф.н., проф., Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Клобуков Е.В. – д. филол. н., проф., МГУ им. М.В. Ломоносова

Манойло А.В. – д.пол.н., проф., МГУ им. М.В. Ломоносова

Новоселов А.Л. – д.э.н., проф., Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

Пасечник В.В. – д.пед.н., проф., Московский государственный областной университет

Поляков Ю.М. – к. филол. н., главный редактор «Литературной газеты»

Рюмцев Е.И. – д.ф.-м.н., проф., Санкт-Петербургский государственный университет

Хухуни Г.Т. – д.филол.н., проф., Московский государственный областной университет

Чистякова С.Н. – д. пед. н., проф., член-корр. РАО

ISSN 2072-8352 (print)

ISSN 2310-7189 (online)

Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 4. – 112 с.

Журнал «Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Регистрационное свидетельство ПИ № ФС77-26171.

**Индекс серии «Естественные науки»
по Объединенному каталогу «Пресса России» 40564**

© МГОУ, 2016.

© ИИУ МГОУ, 2016.

Редакционная коллегия серии «Естественные науки»

Ответственный редактор серии:

Снисаренко Т.А. – д. б. н., проф, МГОУ

Зам. ответственного редактора серии:

Крылов П.М. – к. г. н., доц., МГОУ

Ответственный секретарь:

Мануков Ю.И. – к. б. н., доц., МГОУ

Члены редакционной коллегии серии:

Аллахвердиев С.Р. – д.б.н., проф., Бартынский университет (Турция); **Васильев Н.В.** – д.х.н., проф., МГОУ;

Вацадзе С.З. – д.х.н., проф., МГУ им. М.В. Ломоносова;

Голубченко И.В. – к.г.н., доц., Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (г. Москва); **Гордеев М.И.** – д.б.н., проф.,

МГОУ; **Конишев А.С.** – д.б.н., проф., МГОУ; **Молюканова**

Ю.П. – к.б.н., доц., МГОУ; **Мурадов П.З.** – д.б.н., проф.,

Институт микробиологии Национальной академии наук

Азербайджана (г. Баку); **Расулов М.М.** – д.м.н., проф.,

Научно-исследовательский институт химии и технологии

элементоорганических соединений (г. Москва);

Ткачева З.Н. – к.п.н., доц., МГОУ; **Чернышенко С.В.** –

д.б.н., к.ф.-м.н., проф., Университет Кобленц-Ландау

(Германия); **Юнусов Х.Б.** – к.х.н., доц., МГОУ

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), имеет полнотекстовую сетевую версию в Интернете на платформе Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), а также на сайте Московского государственного областного университета (www.vestnik-mgou.ru).

При цитировании ссылка на конкретную серию «Вестника МГОУ» обязательна. Воспроизведение материалов в печатных, электронных или иных изданиях без разрешения редакции запрещено. Опубликованные в журнале материалы могут использоваться только в некоммерческих целях. Ответственность за содержание статей несут авторы. Мнение редколлегии серии может не совпадать с точкой зрения автора. Рукописи не возвращаются.

**Адрес Отдела по изданию научного журнала
«Вестник Московского государственного
областного университета»**

г. Москва, ул. Радио, д.10А, офис 98

тел. (495) 780-09-42 (доб. 6401); (495) 723-56-31

e-mail: vest_mgou@mail.ru; сайт: www.vestnik-mgou.ru

Founder of journal «Bulletin of the Moscow State Regional University»:

Moscow State Regional University

————— Issued 4 times a year —————

Series editorial board «Natural Sciences»

Editor-in-chief:

T.A. Snisarenko – Doctor of Biology, Professor, MSRU

Deputy editor-in-chief:

P.M. Krylov – Ph.D. in Geography, Associate Professor, MSRU

Executive secretary of the series:

Yu.I. Manukov – Ph.D. in Biology, MSRU

Members of Editorial Board:

S.R. Allahverdiev – Doctor of Biology, Professor, Bartin University (Turkey); **N.V. Vasiljev** – Doctor of Chemistry, Professor, MSRU; **S.Z. Vatsadze** – Doctor of Chemistry, Professor, Lomonosov Moscow State University; **I.V. Golubchenko** – Ph.D. in Geography, Associate Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow); **M.I. Gordeyev** – Doctor of Biology, Professor, MSRU; **A.S. Konichev** – Doctor of Biology, Professor, MSRU; **Yu.P. Molokanova** – Ph.D. in Biology, Associate professor, MSRU; **P.Z. Muradov** – Doctor of Biology, Professor, Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan (Baku); **M.M. Rasulov** – Doctor of Medicine, Professor, State Research Institute for the Chemistry and Technology of Hetero-Organic Compounds (Moscow); **Z.N. Tkacheva** – Ph.D. in Pedagogy, Associate Professor, MSRU; **S.V. Chernishenko** – Ph.D. in Physics and Mathematics, Doctor of Biology, Professor, University of Koblenz-Landau (Germany); **Kh.B. Yunusov** – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor, MSRU

The journal is included into the database of the Russian Science Citation Index, has a full text network version on the Internet on the platform of Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru), as well as at the site of the Moscow State Regional University (www.vestnik-mgou.ru)

At citing the reference to a particular series of «Bulletin of the Moscow State Regional University» is obligatory. The reproduction of materials in printed, electronic or other editions without the Editorial Board permission, is forbidden. The materials published in the journal are for non-commercial use only. The authors bear all responsibility for the content of their papers. The opinion of the Editorial Board of the series does not necessarily coincide with that of the author. Manuscripts are not returned.

The Editorial Board address:

Moscow State Regional University

10A Radio st., office 98, Moscow, Russia

Phones: (495) 780-09-42 (add. 6101); (495) 723-56-31

e-mail: vest_mgou@mail.ru; Site: www.vestnik-mgou.ru

Publishing council «Bulletin of the MSRU»

P.N. Khromenkov – Ph. D. in Philology, Professor, Rector of MSRU (Chairman of the Council)

E.S. Yefremova – Ph. D. in Philology, Head of Information and Publishing Department (Vice-Chairman of the Council)

V.M. Klychnikov – Ph.D. in Law, Ph. D. in History, Professor, Vice-Principal for academic work and international cooperation of MSRU (Vice-Chairman of the Council)

L.N. Antonova – Doctor of Pedagogics, Member of the Russian Academy of Education, The Council of the Federation Committee on Science, Education and Culture

A.G. Asmolov – Doctor of Psychology, Professor, Member of the Russian Academy of Education, Principal of the Federal Institute of Development of Education

S.N. Klimov – Doctor of Philosophy, Professor, Moscow State University of Railway Engineering

E.V. Klobukov – Doctor of Philology, Professor, Lomonosov Moscow State University

A.V. Manoylo – Doctor of Political Science, Professor, Lomonosov Moscow State University

A.L. Novosjolov – Doctor of Economics, Professor, Plekhanov Russian University of Economics

V.V. Pasechnik – Doctor of Pedagogics, Professor, MSRU

Yu.M. Polyakov – Ph.D. in Philology, Editor-in-chief of "Literaturnaya Gazeta"

E.I. Rjuntsev – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Saint Petersburg State University

G. T. Khukhuni – Doctor of Philology, Professor, MSRU

S.N. Chistyakova – Doctor of Pedagogics, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Education

ISSN 2072-8352 (print)

ISSN 2310-7189 (online)

Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. – 2016. – № 4. – 112 p.

The series «Natural sciences» of the Bulletin of the Moscow State Regional University is registered in Federal service on supervision of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection. The registration certificate ПИИ № 0С77-26171.

Index series «Natural sciences» according
to the union catalog «Press of Russia» 40564

© MSRU, 2016.

© MSRU Publishing house, 2016.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Гашимова У.Ф., Байрамова Е.О., Исмаилова Х.Ю.</i> ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТИРОЛА НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СТРУКТУР ГОЛОВНОГО МОЗГА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ).....	6
<i>Кидов А.А., Тимошина А.Л., Хайрутдинов И.З., Матушкина К.А.</i> ВОЗРАСТ, РОСТ И РАЗМНОЖЕНИЕ ПОНТИЙСКОЙ ЯЩЕРИЦЫ, <i>DAREVSKIA PONTICA</i> (LANTZ ET CYREN, 1919) НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ.....	17
<i>Кособокова С.Р., Морозова Л.В.</i> ТОПИЧЕСКИЕ И ФЕНЗИВНЫЕ СВЯЗИ В КОНСОРЦИЯХ НЕКОТОРЫХ ГИДРОФИТОВ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ	26
<i>Москаев А.В., Гордеев М.И.</i> ХРОМОСОМНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЯРИЙНЫХ КОМАРОВ В СМЕЖНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	32
<i>Соколова М.Г., Лобзин С.В., Пенниайнен В.А., Кипенко А.В., Лопатина Е.В., Резванцев М.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВНУТРИОРГАННОЙ СРЕДЫ ПРИ СПИНАЛЬНОЙ МЫШЕЧНОЙ АТРОФИИ 2 ТИПА В ОРГАНОТИПИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ ТКАНИ.....	47
<i>Федорец Ю.В., Васильева Л.Е., Раков В.А., Колосова Л.Ф., Косьяненко А.А., Еловская О.А.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА НА ШЕЛЬФЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА В РАЙОНЕ ЮЖНО-КИРИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	57
<i>Шешнищан С.С., Капитальчук М.В., Голубкина Н.А.</i> ОСОБЕННОСТИ БИОАККУМУЛЯЦИИ СЕЛЕНА В КОНТРАСТНЫХ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	67

РАЗДЕЛ II. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Бабкина А.А., Зубкова В.М., Белозубова Н.Ю., Горбунова В.А.</i> АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ.....	78
<i>Кошечева Г.С., Губанова Л.В.</i> АНАЛИЗ ГОДОВОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В р. ИШИМ В ПРЕДЕЛАХ г. ИШИМА	88
<i>Розанов Л.Л.</i> ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ	96

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

О ЮБИЛЕЙНОЙ V МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ», 21 НОЯБРЯ – 23 НОЯБРЯ 2016 г.	106
---	-----

CONTENTS

SECTION I. BIOLOGICAL SCIENCES

<i>U. Hashimova, Y. Bayramova, Kh. Ismailova.</i> AGE-RELATED PECULIARITIES OF CHRONIC IMPACT OF STYRENE ON BIOELECTRIC ACTIVITY OF BRAIN STRUCTURES (EXPERIMENTAL STUDY).....	6
<i>A. Kidov, A. Timoshina, I. Hairutdinov, K. Matushkina.</i> AGE, GROWTH AND REPRODUCTION OF THE BLACK SEA LIZARD <i>DAREVSKIA PONTICA</i> (LANTZ ET CYREN, 1919) IN THE NORTHWEST CAUCASUS.....	17
<i>S. Kosobokova, L. Morozova.</i> TOPICAL AND FENSIVE CONNECTIONS IN THEIR PHYTOCONSORTIUM COMPOSITION OF HYDROPHYTES IN THE VOLGA DELTA	26
<i>A. Moskaev, M. Gordeev.</i> CHROMOSOME POLYMORPHISM AND SPATIAL DISTRIBUTION OF MALARIA MOSQUITOES IN NEIGHBORING POPULATIONS OF MOSCOW REGION	32
<i>M. Sokolova, S. Lobzin, V. Penniyaynen, A. Kipenko, E. Lopatina, M. Rezvantsev.</i> MODELING BIOCHEMICAL CONDITIONS OF THE INTRAORGAN MEDIUM IN TYPE-2 SPINAL MUSCULAR ATROPHY IN THE ORGANOTYPIC TISSUE CULTURE	47
<i>Yu. Fedorets, L. Vasilyeva, V. Rakov, L. Kolosova, A. Kosjanenko, O. Elovskaya.</i> CURRENT STATE OF PLANKTON AND BENTHOS COMMUNITIES ON THE NORTHEASTERN SHELF OF SAKHALIN ISLAND IN THE REGION OF THE YUZHNO-KIRINSKOYE GAS CONDENSATE FIELDS	57
<i>S. Sheshnitsan, M. Kapitalchuk, N. Golubkina.</i> PECULIARITIES OF SELENIUM BIOACCUMULATION UNDER CONTRASTING LANDSCAPE AND GEOCHEMICAL CONDITIONS.....	67

SECTION II. EARTH SCIENCES

<i>A. Babkina, V. Zubkova, N. Belozubova, V. Gorbunova.</i> ANALYSIS OF POLLUTION OF SNOW COVER UNDER ANTHROPOGENIC LOAD	78
<i>G. Koshcheeva, L. Gubanova.</i> ANALYSIS OF THE ANNUAL VARIATION IN WATER TEMPERATURE IN THE RIVER ISHIM WITHIN THE AREA OF THE TOWN OF ISHIM.....	88
<i>L. Rozanov.</i> HISTORICAL GEOECOLOGY	96

SCIENTIFIC LIFE

ON THE ANNIVERSARY OF THE V INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE "ACTUAL PROBLEMS OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL ECOLOGY" 21 NOVEMBER – 23 NOVEMBER 2016.....	106
--	-----

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 612.822.3+613.632

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-6-16

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТИРОЛА НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СТРУКТУР ГОЛОВНОГО МОЗГА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Гашимова У.Ф., Байрамова Е.О., Исмаилова Х.Ю.

Институт физиологии им. А.И. Караева НАН Азербайджана

AZ1100, г. Баку, ул. Шарифзаде, д. 78, Азербайджанская Республика

Аннотация. На экспериментальной модели хронической интоксикации стиролом изучены биоэлектрические показатели функционального состояния сенсомоторной коры, паравентрикулярного и вентромедиального ядер гипоталамуса у кроликов разного возраста. Показано, что влияние стирола на биоэлектрическую активность мозга зависит как от изучаемых структур, так и от возраста животных. Более выраженные изменения составляющих биоэлектрическую активность сенсомоторной коры отмечаются у кроликов 4-, 12- и 36-месячного возраста, вентромедиальных ядер гипоталамуса – у 12- и 36-месячных кроликов, а паравентрикулярных ядер гипоталамуса – у кроликов 36-месячного возраста. Анализ амплитудно-частотных показателей биоэлектрической активности корковых и подкорковых структур у кроликов разного возраста указывает на высокую чувствительность к стиролу сенсомоторной коры по сравнению с гипоталамическими ядрами. Установлено, что хроническая интоксикация стиролом приводит к ослаблению функционального состояния изучаемых структур головного мозга, выражающегося в усилении медленных волн и синхронизации биоэлектрической активности.

Ключевые слова: хроническая интоксикация, стирол, возраст, биоэлектрическая активность, сенсомоторная кора, гипоталамус.

AGE-RELATED PECULIARITIES OF CHRONIC IMPACT OF STYRENE ON BIOELECTRIC ACTIVITY OF BRAIN STRUCTURES (EXPERIMENTAL STUDY)

U. Hashimova, Y. Bayramova, Kh. Ismailova

A.I. Karaev Institute of Physiology, Azerbaijan National Academy of Sciences

Sharif-zade str. 78, Baku, AZ 1100, Azerbaijan

Abstract. The experimental model of chronic styrene intoxication is used to investigate bioelectrical indices of the functional state of the sensorimotor cortex, paraventricular and ventromedial hypothalamic nuclei in rabbits of different ages. It is shown that the effect of styrene

© Гашимова У.Ф., Байрамова Е.О., Исмаилова Х.Ю., 2016.

on bioelectric activity of brain depends both on studied structures and animals' age. The most profound changes in bioelectric activity of the sensorimotor cortex, the ventromedial nucleus of hypothalamus, and the paraventricular nucleus of hypothalamus are observed in the 4-, 12- and 36-month-old rabbits, in the 12- and 36-month-old rabbits, and in the 36-month-old rabbits, respectively. Analysis of amplitude-frequency indices of bioelectric activity of cortical and sub-cortical structures in the rabbits of different age indicates a high sensitivity of the sensorimotor cortex to styrene in comparison with hypothalamic nuclei. Chronic intoxication with styrene leads to the weakening of the functional state of the studied structures of the brain in the form of strengthening of slow waves and an increase in synchronization of bioelectric activity.

Key words: chronic intoxication, styrene, age-related changes, bioelectrical activity, sensorimotor cortex, hypothalamus.

Среди различных химических веществ, оказывающих токсическое действие на организм, особое внимание привлекают отравляющие вещества, которые способны вызывать токсико-химические поражения печени, мозга и других органов [14; 21; 22]. К числу таких веществ относится стирол, являющийся ароматическим углеводородом. Стирол широко применяется при производстве различной нефтехимической продукции, синтетических каучуков и полимеров [6]. Токсические эффекты отравляющих веществ выявляются как в процессе производства, так и в быту [14].

Промышленные яды, в частности стирол, оказывая токсическое воздействие на центральную нервную систему (ЦНС), вызывают стойкие нарушения в её работе и поражения мозга [14; 17]. При этом показано, что мозг высших организмов, включая человека, под действием промышленных ядов подвергается патологическим изменениям на всех уровнях организации – структурной, биохимической и функциональной [9; 17; 19; 20].

В настоящее время вопрос изучения реакций различных структур мозга на промышленные яды, в том числе стирола, недостаточно освещён. При

этом основное место в изучении токсической патологии функций ЦНС занимают экспериментальные модели на животных [8; 14]. Поскольку последствия воздействия паров стирола на биоэлектрическую активность структур мозга в возрастном аспекте на экспериментальной модели не изучались, это и обусловило цель проведения такого рода исследований. Тем более важно то, что наиболее информативным определением функционального состояния ЦНС, по мнению многих исследователей, является изучение показателей электроэнцефалограммы (ЭЭГ) [12].

Материалы и методы

В экспериментах были использованы 42 кролика-самца породы шиншилла разного возраста (4-месячные – молодые; 12-месячные – зрелые и 36-месячные – взрослые). В каждой возрастной группе содержалось 14 животных (7 – в контрольной и 7 – в опытной).

Интоксикация животных проводилась в течение месяца в затравочной камере объемом 10м³ в дозе 20 мг/м³, т.е. в условиях, максимально приближенных к производственным. Контрольные же животные в течение ме-

сяца находились в обычных условиях. Животные имели свободный доступ к пище и воде.

Регистрацию биоэлектрической активности (БА) структур мозга – сенсомоторной коры (СМК), паравентрикулярных (ПВЯ) и вентромедиальных (ВМЯ) ядер гипоталамуса проводили на бодрствующих животных с хронически вживленными в левое полушарие мозга электродами. Левое полушарие наиболее уязвимо при отрицательных эмоциях: именно здесь в первую очередь происходит ухудшение функционального состояния коры головного мозга [7]. Согласно литературным данным [2], сенсомоторная кора и гипоталамус полностью дифференцированы к моменту рождения у кроликов, и на всех стадиях онтогенеза в ЭЭГ этих структур представлены как медленные, так и быстрые колебания, которые с возрастом изменяются по амплитуде и частоте. В связи с этим особое внимание в электрофизиологических исследованиях мы уделяли анализу отдельных ритмов и спектральных составляющих.

Вживление электродов проводили под нембуталовым наркозом (40 мг/кг) и при местной анестезии (2%-ный новокаин). Стереотаксические координаты определяли по атласу мозга кролика [15]. Для отведения электрической активности изучаемых ядер гипоталамуса использовали нихромовые электроды диаметром 300 мк, а для отведения корковой структуры – стальные электроды диаметром 1 мм. Индифферентный электрод крепился в носовой кости. Монополярная запись БА исследуемых структур проводили через 7–10 суток после операции (период заживления) с помощью

16-канального электроэнцефалографа («Медикор», Венгрия).

У опытных животных регистрацию БА проводили сразу и через неделю после окончания одномесячной интоксикации. Запись ЭЭГ у опытных и контрольных животных вели в течение 15 мин при постоянном времени 0,1 с, фильтры частоты для исследуемых структур устанавливали в пределах 0–30 Гц. Анализировали 10-секундные отрезки в начале, середине и в конце записи БА, которые подвергали обработке гистографическим методом с дальнейшим построением гистограмм весовых значений амплитудно-частотных составляющих [11]. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы Excel-2007 с использованием t-критерия Стьюдента [5]. За уровень статистической значимости принято значение $p < 0,05$.

Все эксперименты выполняли в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях [13].

Результаты и обсуждение

Математический анализ БА исследуемых структур мозга проведен по физиологическим диапазонам частот: дельта (0,5–3,5 Гц), тета (4–7,5 Гц), альфа (8–13,5 Гц), бета (14–30 Гц).

Анализ БА СМК мозга кроликов 4-месячного возраста, подвергшихся интоксикации, выявил значительные изменения в ее показателях (рис. 1). Так, сразу после одномесячной интоксикации стиролом в спектре БА данной структуры, по сравнению со спектром «контроль», происходил сдвиг в сторону увеличения высокочастотных аль-

фа- ($16,21 \pm 0,82\%$ и $24,58 \pm 2,52\%$, $p < 0,01$) и бета- ($15,82 \pm 1,60\%$ и $24,51 \pm 2,74\%$, $p < 0,001$) волн. Более выраженными на фоне токсического действия стиролола являлись изменения количества дельта- ($24,79 \pm 1,03\%$ и $17,49 \pm 0,65\%$, $p < 0,001$) и тета- ($43,18 \pm 1,51\%$ и $33,42 \pm 1,03\%$, $p < 0,001$) волн, проявляющиеся в их уменьшении по сравнению с контрольными показателями.

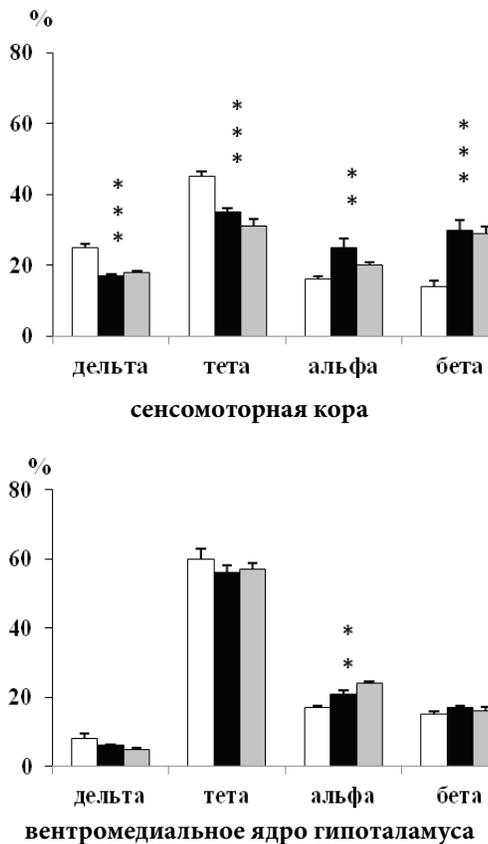


Рис. 1. Гистограмма представленности частотных диапазонов биоэлектрической активности структур мозга при интоксикации стиролом у 4-месячных животных. Примечание: □ – контроль; ■ – сразу после одномосячной интоксикации; ▒ – через неделю после окончания одномосячной интоксикации. Достоверность различий по сравнению с контролем **- $p < 0,01$; ***- $p < 0,001$.

Что касается частотных показателей БА ПВЯ и ВМЯ гипоталамуса сразу после одномосячной интоксикации стиролом кроликов этого возраста, то достоверные изменения наблюдались лишь в ВМЯ гипоталамуса, где отмечалось увеличение доли высокочастотных альфа-волн ($17,11 \pm 0,59\%$ и $21,62 \pm 1,14\%$, соответственно, $p < 0,01$). Результаты амплитудно-частотного анализа БА показали, что у 4-месячных кроликов в СМК сразу после одномосячной интоксикации стиролом по сравнению с контролем отмечалось достоверное снижение амплитуды медленноволнового диапазона дельта- ($97,65 \pm 6,03$ мкВ и $87,15 \pm 2,48$ мкВ, $p < 0,05$) и тета- ($63,40 \pm 3,35$ мкВ и $52,16 \pm 2,82$ мкВ, $p < 0,05$) волн. В ПВЯ гипоталамуса наблюдалось достоверное увеличение амплитуды дельта-волн ($88,47 \pm 2,31$ мкВ и $103,04 \pm 4,53$ мкВ, $p < 0,05$), в то время как в ВМЯ отмечалось увеличение как тета- ($68,32 \pm 3,59$ мкВ и $77,14 \pm 1,6$ мкВ, $p < 0,05$), так и бета- ($21,38 \pm 1,34$ мкВ и $28,33 \pm 1,34$ мкВ, $p < 0,05$) волн. Наблюдаемые изменения ЭЭГ в указанных структурах мозга сохранялись у кроликов этого возраста и через неделю после окончания одномосячного воздействия стиролола.

Анализ частотных диапазонов БА у кроликов в возрасте 12 месяцев сразу после одномосячного воздействия стиролом по сравнению с контрольной группой того же возраста, позволил выявить определенные особенности изменения выраженности частоты в исследуемых структурах мозга (рис. 2). Так, в спектре БА СМК достоверно увеличивалась представленность в диапазоне дельта- ($14,47 \pm 1,76\%$ и $20,72 \pm 1,30\%$, $p < 0,05$) и тета-

($38,83 \pm 0,94\%$ и $50,12 \pm 0,99\%$, $p < 0,001$) частот, в то время как представленность в диапазоне альфа- и бета-частот была достоверно снижена ($p < 0,001$). Более того, оказалось, что у кроликов 12-месячного возраста сразу после одномосячной интоксикации стиролом в СМК амплитуда тета-диапазона частот достоверно увеличилась по сравнению с контролем ($67,45 \pm 2,46$ мкВ и $75,31 \pm 2,38$ мкВ, $p < 0,05$), в то время как амплитуда бета-волн, наоборот, уменьшалась ($32,41 \pm 1,11$ мкВ и $26,56 \pm 1,11$ мкВ, $p < 0,05$).

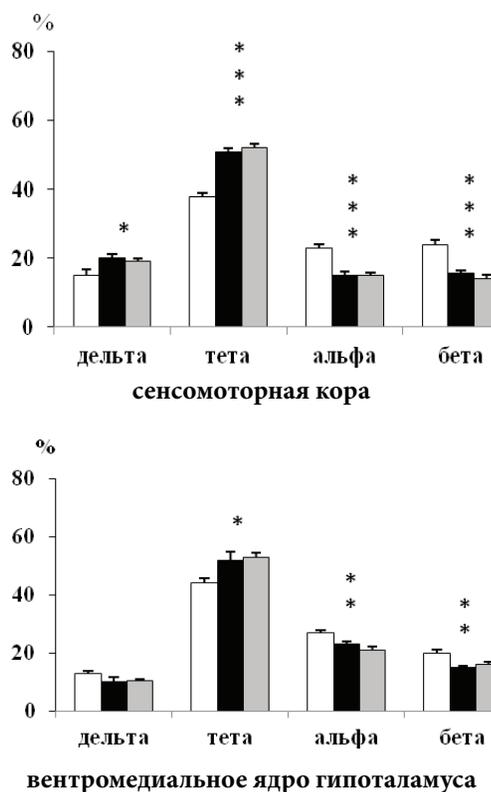


Рис. 2. Гистограмма представленности частотных диапазонов биоэлектрической активности структур мозга при интоксикации стиролом у 12-месячных животных. Достоверность различий по сравнению с контролем * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$. Остальные обозначения те же, что на рис.1.

Что касается ядер гипоталамуса, то в ПВЯ сразу после одномосячной интоксикации стиролом не было обнаружено достоверных изменений частотно-амплитудных составляющих БА, в то время как в ВМЯ отмечалось увеличение представленности тета-диапазона частот ($43,46 \pm 1,67\%$ и $52,26 \pm 2,72\%$, $p < 0,05$), а также уменьшение высокочастотных альфа- ($27,31 \pm 0,89\%$ и $23,13 \pm 0,88\%$, $p < 0,01$) и бета- ($20,10 \pm 1,14\%$ и $15,23 \pm 0,56\%$, $p < 0,01$) волн, по сравнению с контрольными показателями. Достоверные амплитудные изменения в ВМЯ гипоталамуса не наблюдались. Через неделю после окончания одномосячного воздействия стирола наблюдалась схожая картина ЭЭГ во всех структурах мозга у кроликов 12-месячного возраста.

В ходе анализа данных кроликов 36-месячного возраста были выявлены значительные изменения в показателях БА сразу после одномосячной интоксикации стиролом во всех исследуемых структурах головного мозга. Так, у кроликов данного возраста в корковых и подкорковых структурах мозга представленность частотных диапазонов тета-волн достоверно была увеличена по сравнению с контрольной группой животных (рис. 3). С другой стороны, прослеживалось достоверное уменьшение представленности альфа-волн относительно показателей контроля в СМК и ПВЯ гипоталамуса, тогда как в ВМЯ наблюдалось уменьшение представленности как альфа-, так и бета-волн. Наряду с этим амплитудный анализ частотных диапазонов БА у опытных животных этого возраста выявил незначительные изменения данных показателей в исследуемых структурах мозга. Наблюдаемые изме-

нения ЭЭГ во всех изучаемых структурах головного мозга у взрослых кроликов отмечались и через неделю после однемесячной интоксикации стиролом.

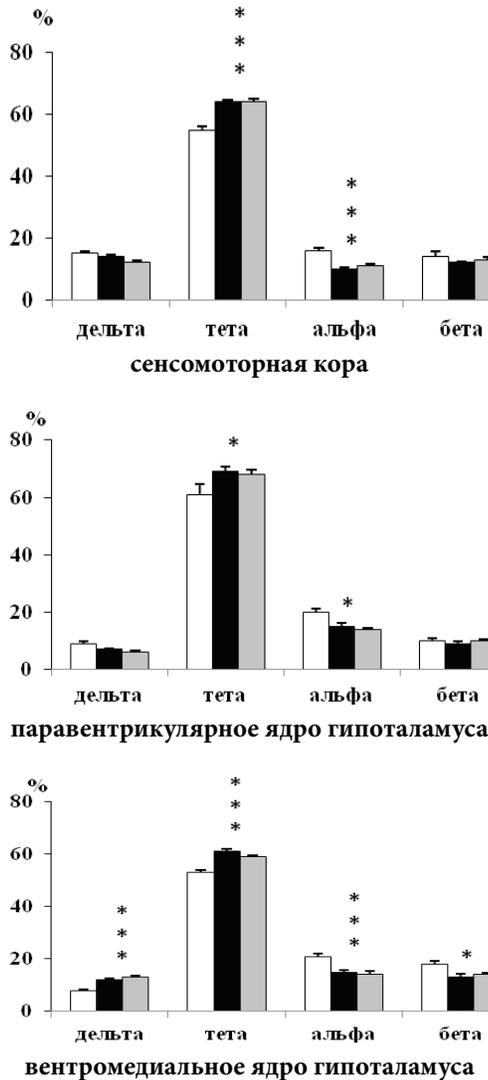


Рис. 3. Гистограмма представленности частотных диапазонов биоэлектрической активности структур мозга при интоксикации стиролом у 36-месячных животных. Достоверность различий по сравнению с контролем * - $p < 0,05$; ***- $p < 0,001$. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о неоднозначном влиянии паров стирола на БА СМК, ПВЯ и ВМЯ гипоталамуса у кроликов разных возрастных групп. Анализ полученных данных показал, что сразу после однемесячной интоксикации у животных всех возрастных групп в СМК, как в наиболее чувствительной к нехватке кислорода структуре [1], спектральные характеристики ее БА достоверно отличаются от этого показателя у контрольной группы. Так, распределение основных волн БА у молодых особей в контрольной группе выявило в СМК преобладание медленноволновой активности тета-диапазона, в то время как у опытных животных отмечалось повышение высокочастотных волн с доминированием бета-волны, что выражалось в реакции десинхронизации. Десинхронизация электрической активности мозга характерна для состояния беспокойства, при повышенной возбудимости, а также гиперактивности структур мозга и трактуется, в частности, как усиление активности восходящей ретикулярной формации [3]. Подобные изменения указаны и в исследованиях с интоксикацией ртутью, что приводило к высокой степени дезорганизации и патологических изменений БА мозга [4].

Однако у 12- и 36-месячных животных на фоне интоксикации стиролом в СМК и ВМЯ гипоталамуса уровень медленных дельта- и тета-волн повышался, в то время как уровень высокочастотных альфа- и бета-волн снижался по сравнению с этими показателями у контрольных животных тех же возрастных групп. Что касается ПВЯ гипоталамуса, то заметные изменения

БА отмечаются только у кроликов 36-месячного возраста, что выражается в достоверном увеличении медленных тета-волн и уменьшении высокочастотных альфа-волн. Отсутствие достоверных изменений в БА ПВЯ гипоталамуса у кроликов 4- и 12-месячного возраста сразу после одномосячной интоксикации стирола, возможно, связано с тем, что ПВЯ гипоталамуса относятся к числу областей мозга, в нейронах которых синтезируется нитроксид и наиболее сконцентрированы кортикостероиды. Последние, как известно, участвуют в нормализации обменных процессов и играют важную роль в универсальной реакции адаптации к неблагоприятным условиям [10]. У животных же 36-месячного возраста отмечаемые изменения в данной структуре, по-видимому, связаны с ослаблением компенсаторно-приспособительных возможностей, отмечаемые при действии неблагоприятных факторов.

Хроническое воздействие стирола вызывало усиление выраженности медленных волн, сопровождающееся ослаблением БА у зрелых и взрослых кроликов в СМК и ВМЯ гипоталамуса, а в ПВЯ гипоталамуса лишь только у взрослых кроликов, что является одним из наиболее характерных признаков снижения функционального состояния мозга [16]. Отмеченные изменения следует рассматривать как следствие относительного выключе-

ния тонизирующих влияний активирующих систем на структуры мозга. При сравнении БА мозга сразу после одномосячного воздействия стирола и через неделю после окончания его, изучаемые показатели исследуемых структур не отличались. Причиной длительного влияния стирола, возможно, является высокая степень его кумуляции [19; 20] и дистрофические изменения в нервной системе, отмечаемые, в основном, в стволово-гипоталамических и экстрапирамидных структурах мозга [18].

Полученные результаты показали, что при хронической интоксикации парами стирола значительные изменения составляющих БА отмечаются в СМК у кроликов всех изучаемых возрастов, в ВМЯ гипоталамуса у 12- и 36-месячных, в то время как в ПВЯ – лишь в 36-месячном возрасте. Изменение параметров БА корковых и подкорковых структур у кроликов разного возраста указывает на более высокую чувствительность к стиrolу СМК головного мозга по сравнению с гипоталамическими ядрами. Таким образом, отмечаемая различная степень изменений БА исследуемых структур головного мозга у животных различного возраста при хроническом воздействии стирола, возможно, связана как с возрастными особенностями, так и с различной чувствительностью и восприимчивостью к стиrolу корковых и подкорковых структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Д.С., Туманова Н.Л., Журавин И.А. Структурные изменения в нервной ткани новой коры в онтогенезе крыс после гипоксии на разных сроках эмбриогенеза // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2008. Т. 44. № 3. С. 258–267.
2. Волохов А.А. Очерки по физиологии нервной системы. Л.: Медицина, 1968. 288 с.
3. Голубев В.Л., Корабельникова Е.А., Кудрявцева Е.П. Биоэлектрическая активность

- мозга у больных с невротическими расстройствами // Журнал невропатологии и психиатрии. 2006. Т. 106. № 4. С. 38–42.
4. Катаманова Е.В., Якимова Н.Л., Соседова Л.М. Значимые критерии изменений ЭЭГ при экспериментальном ртутном повреждении нервной системы // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2010. № 4. С. 32–35.
 5. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
 6. Маврина Л.Н. Научное обоснование безопасных условий труда в производствах этилбензола-стирола: дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2009. 156 с.
 7. Токсико-гигиенические аспекты влияния условий труда на здоровье работающих в производстве винилхлорида и поливинилхлорида / Н.М. Месякова и др. Иркутск: НЦРВХ СО РАМН, 2014. 166 с.
 8. Павлова И.В. Функциональная асимметрия мозга при мотивационных и эмоциональных состояниях: дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2001. 225 с.
 9. Соседова Л.М. Научно-методические основы моделирования ртутной токсической энцефалопатии // Токсикологический вестник. 2010. № 1. С. 21–25.
 10. Шалапина В.Г., Ордян Н.Э. Рецепторы кортикостероидов в мозгу как сигнальные системы стресса и адаптации // Успехи физиологических наук. 2000. Т. 31. № 4. С. 86–101.
 11. Buzsaki G., Watson B. Brain rhythms and neural syntax: implications for efficient coding of cognitive content and neuropsychiatric disease // Dialogues Clin. Neurosci. 2012. Vol. 14. № 4. P. 345–367.
 12. Styrene (ethenylbenzene, phenylethylene, vinylbenzene). CAS Registry Number: 100-42-5 // Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels: Chronic Toxicity Summary. Sacramento, CA: State of California, Office of Environmental Health Hazard Assessment (ОЕННА), 1999. P. 222–236.
 13. Paternal occupational exposure and the risk of congenital malformation – A case-control study / M. El-Helaly et al. // Int. J. Occup. Environ. Med. 2011. Vol. 24. № 2. P. 218–227.
 14. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimentation and other scientific purposes, 1986 // Experientia. 1995. Vol. 51. P. 1–5.
 15. Experimental and clinical neurotoxicology / Eds. H.H. Schaumburg and P.S. Spenser. N.Y.: Oxford Univ. Press, 2000. 1352 p.
 16. Fifkova E., Marsala J. Stereotaxic atlases for the cat, rabbit and rat // Electrophysiological methods in biological research / Eds. J. Bures, M. Petran, and J. Zachar. N.Y.: Academic Press, 1967. P. 653–731.
 17. Freye E., Levy J.V. Cerebral monitoring in the operating room and the intensive care unit: an introductory for the clinician and a guide for the novice wanting to open a window to the brain. Part I: The electroencephalogram // J. Clin. Monit. Comput. 2005. Vol. 19. № 1–2. P. 1–76.
 18. Analysis of the electro-encephalogram of children by histogram method / B. Fujimori et al. // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1958. Vol. 10. № 2. P. 241–252.
 19. Vinyl chloride: still a cause for concern / J. Kielhorn et al. // Environ. Health Perspect. 2000. Vol. 108. № 7. P. 579–588.
 20. Rönnbäck L., Hansson E. Chronic encephalopathies induced by mercury or lead: aspects of underlying cellular and molecular mechanisms // Br. J. Ind. Med. 1992. Vol. 49. № 4. P. 233–240.
 21. Toxicological profile for styrene. Atlanta: U.S. Department of health and human services (Agency for toxic substances and disease registry), 2010. 236 p.
 22. Wong E.W., Cheng C.Y. Impact of environmental toxicants on male reproductive dysfunction // Trends Pharmacol. Sci. 2011. Vol. 5. № 32. P. 290–299.

REFERENCES

1. Vasil'ev D.S., Tumanova N.L., Zhuravin I.A. Strukturnye izmeneniya v nervnoi tkani novoï kory v ontogeneze krysa posle gipoksii na raznykh srokakh embriogeneza [Structural changes in the nervous tissue of the neocortex in the ontogeny of rats after hypoxia at different stages of embryogenesis] // ZHurn. evolyuts. biokhìimii i fiziologii. 2008. Vol. 44 no. 3. pp. 258–267.
2. Volokhov A.A. Oчерki po fiziologii nervnoi sistemy [Essays on the physiology of the nervous system]. L., Meditsina, 1968. 288 p.
3. Golubev V.L. Korabel'nikova E.A., Kudryavtseva E.P. Bioelektricheskaya aktivnost' mozga u bol'nykh s nevroticheskimi rasstroistvami [Korabelnikova E.A., Kudryavtseva E.P. the Bioelectrical brain activity in patients with neurotic disorders] // Zhurn. nevropatologii i psikhìatrii. 2006. Vol. 106 no. 4. pp. 38–42.
4. Katamanova E.V., Yakimova N.L., Sosedova L.M. Znachimye kriterii izmenenii EEG pri eksperimental'nom rtutnom povrezhdenii nervnoi sistemy [Significant criteria of EEG changes in experimental mercury damage nervous system] // Byull. VSNTS SO RAMN. 2010. no. 4. pp. 32–35.
5. Lakin G.F. Biometriya [Biometrics]. M., Vysshaya shkola, 1990. 352 p.
6. Mavrina L.N. Nauchnoe obosnovanie bezopasnykh uslovii truda v proizvodstvakh etilbenzola-stirola: dis. ... kand. biol. nauk [Scientific substantiation of safe working conditions in the production of ethylbenzene-styrene Diss. kand. Biol. Sciences]. Ufa, 2009. 156 p.
7. Toksiko-gigienicheskie aspekty vliyaniya uslovii truda na zdorov'e rabotayushchikh v proizvodstve vinilkhlorida i poli vinilkhlorida / N.M. Meshchyakova i dr [Toxico-hygienic aspects of influence of working conditions on health of workers in the production of vinyl chloride and poly vinyl chloride / N.M. Masakova, etc]. Irkutsk, NTSRVKH SO RAMN, 2014. 166 p.
8. Pavlova I.V. Funktsional'naya asimmetriya mozga pri motivatsionnykh i emotsional'nykh sostoyaniyakh: dis. ... dokt. biol. nauk [Functional brain asymmetry in the motivational and emotional States: dis. ... doctor. Biol. Sciences]. M., 2001. 225 p.
9. Sosedova L.M. Nauchno-metodicheskie osnovy modelirovaniya rtutnoi toksicheskoi entsefalopatii [Scientifically-methodical bases of modeling of toxic mercury encephalopathy] // Toksikologicheskii vestnik. 2010. no. 1. pp. 21–25.
10. Shalyapina V.G., Ordyan N.E. Retseptory kortikosteroidov v mozgu kak signal'nye sistemy stressa i adaptatsii [Receptors of corticosteroids in the brain as a signal of system stress and adaptation] // Uspekhi fiziologicheskikh nauk. 2000. Vol. 31 no. 4. pp. 86–101.
11. Buzsaki G., Watson B. Brain rhythms and neural syntax: implications for efficient coding of cognitive content and neuropsychiatric disease // Dialogues Clin. Neurosci. 2012. Vol. 14. № 4. P. 345–367.
12. Styrene (ethenylbenzene, phenylethylene, vinylbenzene). CAS Registry Number: 100-42-5 // Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels: Chronic Toxicity Summary. Sacramento, CA: State of California, Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), 1999. P. 222–236.
13. Paternal occupational exposure and the risk of congenital malformation – A case-control study / M. El-Helaly et al. // Int. J. Occup. Environ. Med. 2011. Vol. 24. № 2. P. 218–227.
14. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimentation and other scientific purposes, 1986 // Experientia. 1995. Vol. 51. P. 1–5.
15. Experimental and clinical neurotoxicology / Eds. H.H. Schaumburg and P.S. Spenser. N.Y.: Oxford Univ. Press, 2000. 1352 p.
16. Fifkova E., Marsala J. Stereotaxic atlases for the cat, rabbit and rat // Electrophysiological

- methods in biological research / Eds. J. Bures, M. Petran, and J. Zachar. N.Y.: Academic Press, 1967. P. 653–731.
17. Freye E., Levy J.V. Cerebral monitoring in the operating room and the intensive care unit: an introductory for the clinician and a guide for the novice wanting to open a window to the brain. Part I: The electroencephalogram // J. Clin. Monit. Comput. 2005. Vol. 19. № 1-2. P. 1–76.
 18. Analysis of the electro-encephalogram of children by histogram method / B. Fujimori et al. // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1958. Vol. 10. № 2. P. 241–252.
 19. Vinyl chloride: still a cause for concern / J. Kielhorn et al. // Environ. Health Perspect. 2000. Vol. 108. № 7. P. 579–588.
 20. Rönnbäck L., Hansson E. Chronic encephalopathies induced by mercury or lead: aspects of underlying cellular and molecular mechanisms // Br. J. Ind. Med. 1992. Vol. 49. № 4. P. 233–240.
 21. Toxicological profile for styrene. Atlanta: U.S. Department of health and human services (Agency for toxic substances and disease registry), 2010. 236 p.
 22. Wong E.W., Cheng C.Y. Impact of environmental toxicants on male reproductive dysfunction // Trends Pharmacol. Sci. 2011. Vol. 5. № 32. P. 290–299.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гашимова Улдуз Фаизи кызы – доктор биологических наук, доцент, директор Института физиологии им. А.И. Караева, Национальная академия наук Азербайджана;
e-mail: ulduz.hashimova@siense.az

Байрамова Егана Октай кызы – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Института физиологии им. А.И. Караева, Национальная академия наук Азербайджана;
e-mail: bayramova.physiolog@gmail.com

Исмаилова Хадиджа Юсиф кызы – доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института физиологии им. А.И. Караева, Национальная академия наук Азербайджана;
e-mail: ismayilovakh@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Hashimova Ulduz F. – doctor of biological science, director of the A.I. Karaev Institute of Physiology, Azerbaijan NAS;
e-mail: ulduz.hashimova@siense.az

Bayramova Yegana O. – candidate of biological science, associate professor, leading researcher of the A.I. Karaev Institute of Physiology, Azerbaijan NAS;
e-mail: bayramova.physiolog@gmail.com

Ismayilova Khadidja Y. – doctor of biological science, head researcher of the A.I. Karaev Institute of Physiology, Azerbaijan NAS;
e-mail: ismayilovakh@gmail.com

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Гашимова У.Ф., Байрамова Е.О., Исмаилова Х.Ю. Возрастные особенности хронического воздействия стирола на биоэлектрическую активность структур головного мозга (экс-

периментальное исследование) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 6–16.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-6-16

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

U. Hashimova, Y. Bayramova, Kh. Ismailova. Age-related peculiarities of chronic impact of styrene on bioelectric activity of brain structures (experimental study) // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 6–16.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-6-16

УДК 598.112.23:591.16

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-17-25

ВОЗРАСТ, РОСТ И РАЗМНОЖЕНИЕ ПОНТИЙСКОЙ ЯЩЕРИЦЫ, *DAREVSKIA PONTICA* (LANTZ ET CYREN, 1919) НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

Кидов А.А.¹, Тимошина А.Л.¹, Хайрутдинов И.З.², Матушкина К.А.¹

¹ Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, Российская Федерация

² Казанский (Приволжский) федеральный университет

420000, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18, Российская Федерация

Аннотация. Приводятся данные о возрасте и росте понтийской ящерицы в долине реки Убин (Северский район Краснодарского края, Россия). С помощью скелетохронологического анализа было изучено 111 фаланг пальцев, в том числе 59 – от самок и 52 – от самцов. Средний возраст самок в исследованной выборке составил $5,6 \pm 0,12$ лет (от 4+ до 8+ лет). Самцы имели средний возраст $4,58 \pm 0,12$ лет (от 3+ до 6+ лет). Ящерицы разных возрастных групп имели высокую индивидуальную изменчивость по размерам и массе тела. Это обстоятельство не позволяет определять возраст этих животных по выделению размерных групп. 14 изученных самок в возрасте от 5+ до 8+ лет (в среднем – $5,7 \pm 0,28$ лет) принесли потомство. Возрастной изменчивости в репродуктивных показателях не было отмечено.

Ключевые слова: понтийская ящерица, *Darevskia pontica*, размножение, Северо-Западный Кавказ.

AGE, GROWTH AND REPRODUCTION OF THE BLACK SEA LIZARD *DAREVSKIA PONTICA* (LANTZ ET CYREN, 1919) IN THE NORTHWEST CAUCASUS

A. Kidov¹, A. Timoshina¹, I. Hairutdinov², K. Matushkina¹

¹ Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy
Timiryazevskaya ul. 49, 127550 Moscow, Russia

² Kazan Federal University

Kremlevskaya ul. 18, 420000 Kazan, Russia

Abstract. We report data on the age and growth of the Black Sea lizard in the Ubin River valley (Severskiy District of Krasnodar Krai, Russia, Northwest Caucasus). Using skeletochronological analysis, we have studied 111 finger phalanxes, including 59 from females and 52 from males. The average age of females in the studied samples is 5.6 ± 0.12 years (from 4+ to 8+ years). Males have an average age of 4.58 ± 0.12 (from 3+ to 6+ years). Lizards of different age groups have a high individual variability in size and body weight. This circumstance makes it impossible to determine the age of these animals on the basis of allocation of different size's groups. From

studied females, 14 specimens aged 5+ to 8+ years (average age of 5.7 ± 0.28 years) yielded offspring. Age variability in the reproductive performance has not been observed.

Key words: Black Sea lizard, *Darevskia pontica*, reproduction, North-Western Caucasus.

Повышенный интерес со стороны исследователей к луговым ящерицам видового комплекса *Darevskia (praticola)* complex не только позволил выявить, что в рамках, как считалось прежде [1; 4; 8], широко распространенного балканско-кавказского таксона *D. praticola* стоит выделять до трех видов (собственно луговая ящерица, *D. praticola* (Eversmann, 1834), понтийская, *D. pontica* (Lantz et Cyren, 1919) и *D. hungarica* (Sobolevsky, 1930) с несколькими подвидами [16-17; 3; 15]), но и вскрыть целый пласт слабоизученных аспектов их биологии. Казалось бы, луговые ящерицы – наиболее массовые объекты герпетофауны лесного пояса Кавказа, обладающие высоким потенциалом к синантропизации [10; 12], что должно обеспечить их хорошую изученность. Однако современные материалы по репродукции луговых ящериц, полученные на представительном материале [6; 12], слабо согласуются со сведениями, приводимыми в фундаментальных литературных источниках по фауне пресмыкающихся постсоветского пространства [4; 7].

Тема особого обсуждения – возраст достижения половой зрелости, продолжительность жизни и рост луговых ящериц. Считается [14], что эти животные созревают уже после первой зимовки и живут недолго. Это утверждение позволило нам ранее выдвинуть версию о том, что луговые ящерицы имеют репродуктивную стратегию, близкую к К-стратегии [12]. Однако наблюдения, проводимые за этими

животными в лабораторных условиях, не позволили нам в дальнейшем придерживаться этой версии. Так, отловленные в апреле 2008 г. на типовой территории (урочище Гадазыгахи, Астаринский район, Азербайджан) взрослые особи гирканской луговой ящерицы, *D. praticola hyrcanica* Tuniyev, Doronin, Kidov et Tuniyev, 2011 умерли лишь зимой 2013–2014 гг. Вылупившиеся в лаборатории и содержавшиеся без зимовки *D. praticola* номинативного подвида (село Тарское, Пригородный район, РСО–Алания) лишь в возрасте 1,5 лет утрачивали ювенильную окраску, а приступали к размножению не ранее чем в возрасте двух лет.

Все вышесказанное побудило нас при помощи скелетохронологического анализа определить возраст понтийских ящериц из долины реки Убин (Северо-Западный Кавказ). Животные в этом локалитете характеризуются высокой численностью и уже становились объектом исследований в предыдущих работах [10; 12]. Целью наших исследований было выявление возрастной структуры, особенностей роста и изменчивости репродуктивных показателей у самок понтийской ящерицы разного возраста. В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи: определить возрастную структуру в выборке понтийской ящерицы; охарактеризовать размерно-весовые характеристики животных в разных возрастных группах; выявить динамику роста; оценить репродуктивные показатели самок разного возраста.

Материалы и методы исследований

Понтийских ящериц отлавливали в окрестностях станицы Убинская Северского района Краснодарского края (44°42'N, 38°31'E, 170 м н. у. м.) в I–II декадах мая 2013 г. Отловленных животных измеряли и взвешивали, а после отсекали дистальную фалангу третьего пальца на задней конечности. Самцов после всех процедур выпускали в местах поимки, а самок для получения от них кладок перевозили в лабораторный кабинет зоокультуры РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева.

Методика индивидуального содержания и кормления самок, инкубации кладок, измерений самок, яиц и вылупляющейся молоди была многократно описана нами ранее и отработана на многих видах настоящих ящериц Кавказа [2; 11; 5]. Определение возраста проводили с помощью скелетохронологического анализа по стандартным методикам [13]. Всего было изучено 111 срезов фаланг, в том числе 59 – от самок и 52 – от самцов.

Результаты исследований

Средний возраст самок в исследованной выборке составил $5,6 \pm 0,12$ лет ($\sigma=0,83$) при размахе этого признака от 4+ до 8+ лет. Самцы имели несколько меньший средний возраст ($4,58 \pm 0,12$ лет, $\sigma=0,81$) и вариабельность показателя (от 3+ до 6+ лет). Как и в предыдущих исследованиях [12], половой диморфизм в размерно-весовых характеристиках у понтийской ящерицы был хорошо выражен (табл. 1). Размеры животных даже в пределах одной возрастной группы имели очень высокую вариабельность, что свидетельствует о сильно выраженных индивидуальных особенностях роста. Так, максимальные значения длины тела у самок в возрасте старше пяти лет (5+) превышали таковые у самок остальных, в том числе и более старших (6+ – 8+) возрастных групп. Схожая картина наблюдалась и при сравнении длины тела самцов разных возрастов: наибольший размах по этому показателю имела группа четырехлетних животных.

Таблица 1

Размерно-весовая характеристика понтийской ящерицы различных половозрастных групп

Возрастная группа	n	$\overline{M \pm m} (\sigma)$ min-max	
		длина тела (L), мм	масса, г
Самки			
4+	3	$53,4 \pm 2,24 (3,17)$ 50,4–56,7	$3,1 \pm 0,53 (0,75)$ 2,4–3,9
5+	32	$56,3 \pm 0,57 (3,17)$ 50,8–63,5	$3,3 \pm 0,10 (0,55)$ 2,4–4,3
6+	16	$56,2 \pm 0,90 (3,50)$ 50,5–61,2	$3,3 \pm 0,17 (0,66)$ 2,4–4,9
7+	7	$58,2 \pm 0,41 (1,02)$ 56,1–59,3	$3,7 \pm 0,15 (0,37)$ 3,3–4,3
8+	1	58,6	3,9

Продолжение табл. 1

Итого	59	<u>56,4±0,41(3,16)</u> 50,4–63,5	<u>3,4±0,08(0,58)</u> 2,4–4,9
Самцы			
3+	4	<u>49,8±1,12(1,94)</u> 47,9–52,0	<u>2,6±0,13(0,22)</u> 2,4–2,9
4+	20	<u>51,6±0,61(2,67)</u> 46,2–57,4	<u>3,0±0,08(0,33)</u> 2,3–3,6
5+	21	<u>53,0±0,41(1,84)</u> 49,0–56,0	<u>3,1±0,08(0,37)</u> 2,6–3,8
6+	7	<u>53,5±1,04(2,56)</u> 50,1–58,3	<u>3,2±0,15(0,36)</u> 2,5–3,6
Итого	52	<u>52,3±0,35(2,48)</u> 46,2–58,3	<u>3,0±0,05(0,38)</u> 2,3–3,8

Как отмечалось нами ранее [12], длина новорожденных понтийских ящериц в этой популяции составляла 22,0–26,7 мм (в среднем $24,1 \pm 0,02$, $\sigma = 0,11$; $n = 56$), а масса – 0,2–0,4 г ($0,3 \pm 0,01$, $\sigma = 0,06$; $n = 56$). Годовики имели длину 27,3–39,9 мм ($32,9 \pm 0,03$, $\sigma = 0,26$; $n = 82$) при массе тела 0,5–1,2 г ($0,8 \pm 0,02$, $\sigma = 0,19$; $n = 82$). Эти данные (табл. 2) позволяют нам оценить динамику роста ящериц в популяции. Несмотря на то, что в исследуемой выборке не были отмечены двухлетние животные (вполне вероятно, что

часть из них в предыдущей работе, не основанной на применении скелетохронологического анализа, попали вместе с двухлетками в одну группу [12]), можно без труда убедиться, что наибольшие темпы прироста длины и массы у ящериц должны наблюдаться до возраста 3–4 лет. Более раннее, чем у самок, затухание роста самцов, вероятно, объясняется более ранним наступлением половой зрелости и, как следствие, перераспределением потока веществ и энергии с соматического роста на генеративный.

Таблица 2

Относительные размеры понтийской ящерицы в различных половозрастных группах

Возрастная группа	min – max, % от М для новорожденных			
	длина тела (L)		масса тела	
	самки	самцы	самки	самцы
0+	91,3–110,8		66,7–133,3	
1+	113,3–165,6		166,7–400,0	
3+	–	198,8–215,8	–	800,0–966,7
4+	209,1–235,3	191,7–238,2	800,0–1300,0	766,7–1200,0
5+	210,8–263,5	203,3–232,4	800,0–1433,3	866,7–1266,7
6+	209,5–253,9	207,9–241,9	800,0–1633,3	833,3–1200
7+	232,8–246,1	–	1100,0–1433,3	–
8+	243,2	–	1300,0	–

Из самок, для которых был установлен возраст, в последующем потомство принесли 14 экземпляров, все – в возрасте от 5+ до 8+ лет (в среднем – $5,7 \pm 0,28$ лет; $\sigma = 0,99$). Возрастной изменчивости по репродуктивным показателям нами отмечено не было (табл. 3). Таким образом, возраст достижения самками половой зрелости и максимальная продолжительность жизни у понтийской ящерицы оказались существенно выше, чем считалось ранее [14; 12]. Возмож-

ное завышение данных о возрасте ящериц, полученных в исследовании, можно было бы объяснить образованием дополнительных линий склеивания в трубчатых костях из-за замедления роста в период спячки в жаркие летние месяцы. Эта версия представляется нам маловероятной, так как *D. pontica*, по нашим наблюдениям, сохраняет на Северо-Западном Кавказе наземную активность весь теплый период года и летняя гибернация для нее неизвестна.

Таблица 3

Репродуктивная характеристика самок понтийской ящерицы в различных возрастных группах

Возрастная группа	n	Период откладки яиц	$M \pm m (\sigma)$ min-max			
			длина тела самки, мм	масса самки после откладки, г	кол-во яиц в кладке, шт.	общая масса кладки, г
5+	8	07.06–19.06	$58,6 \pm 0,44 (1,16)$ 57,2–61,2	$2,7 \pm 0,11 (0,30)$ 2,3–3,3	$4,6 \pm 0,28 (0,74)$ 3–5	$0,8 \pm 0,10 (0,28)$ 0,5–1,2
6+	3	05.06–20.06	$59,3 \pm 1,06 (1,50)$ 58,1–61,0	$2,7 \pm 0,08 (0,11)$ 2,6–2,8	$5,0 \pm 0,71 (1,00)$ 4–6	$0,8 \pm 0,31 (0,44)$ 0,5–1,3
7+	2	11.06–16.06	$58,7$ 58,6–58,8	$2,7$ 2,6–2,7	2 1–3	0,7
8+	1	16.06	$58,7$	2,6	4	0,4

По-видимому, стоит признать, что понтийская ящерица, как и другие изученные с помощью скелетохронологического анализа представители рода *Darevskia* Arribas, 1997 [1; 9], не является рано созревающим и недолгоживущим видом. Несмотря на то, что представленные в настоящей работе данные позволяют оценить возрастную структуру лишь одной небольшой выборки в один год исследований, можно со всей очевидностью утверждать: максимальная продолжительность жизни для *D. pontica* в природе не меньше восьми лет, причем самки до этого возраста сохраняют фер-

тильность. Вероятно, судя по анализу данных лабораторных наблюдений, луговые ящерицы достигают половой зрелости не раньше чем в двухлетнем возрасте. В изученной нами выборке наиболее молодые самки, принесшие потомство, имели возраст более четырех лет.

По результатам проведенных исследований можно сделать выводы, что средний возраст самок в исследованной выборке составил $5,6 \pm 0,12$ лет при размахе показателя от 4+ до 8+ лет, а самцов – $4,58 \pm 0,12$ лет (от 3+ до 6+ лет); ящерицы разных возрастных групп имели высокую индивидуаль-

ную изменчивость по размерам и массе тела, поэтому это обстоятельство не позволяет определять возраст этих животных по выделению размерных групп; наиболее динамичный рост у понтийской ящерицы наблюдается до трех лет жизни, а затем резко тормозится; все самки, которые принесли потомство, имели возраст от 5+ до 8+ лет (в среднем – $5,7 \pm 0,28$ лет), а возрастной изменчивости в репродуктивных показателях не было отмечено.

Благодарности. Работа выполнена в рамках программы повышения конкурентоспособности Казанского

(Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 гг. Авторы считают необходимым выразить глубокую признательность за ценные комментарии при работе над рукописью зав. кафедрой зоологии РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, профессору Г.И. Блохину, а за помощь в сборе материала – студентам и аспирантам факультета зоотехнии и биологии РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева: К.А. Африну, А.А. Бакшеевой, С.А. Блиновой и Е.Г. Ковриной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аракелян М.С. Скелетохронологическое исследование скальных ящериц Армении и некоторые вопросы их экологии: дис. ... канд. биол. наук. СПб: Зоологический институт РАН, 2001. 164 с.
2. Возраст, рост и размножение ящерицы Бёме, *Lacerta agilis boemica* Suchow, 1929 (Reptilia: Lacertilia: Lacertidae) в предгорьях Северной Осетии / А.А. Кидов и др. // Вестник Бурятского государственного университета. 2014. № 4–2. С. 49–52.
3. Доронин И.В. Систематика, филогения и распространение скальных ящериц надвидовых комплексов *Darevskia (praticola)*, *Darevskia (caucasica)* и *Darevskia (saxicola)*: дис. ... канд. биол. наук. СПб: ЗИН РАН, 2015. 371 с.
4. Земноводные и пресмыкающиеся (Энциклопедия природы России) / Н.Б. Ананьева и др. М.: АБФ, 1998. 576 с.
5. Кидов А.А., Коврина Е.Г. Размножение ящерицы Бёме, *Lacerta boemica* Suchow, 1929 на западной периферии ареала // Вестник Бурятского государственного университета. 2015. № 4(1). С. 67–74.
6. Материалы к изучению репродуктивной биологии настоящих ящериц (Reptilia, Sauria, Squamata: Lacertidae) Кавказа / А.А. Кидов и др. // Научные исследования в зоологических парках. 2011. Вып. 27. С. 100–113.
7. Паразитизм собачьего клеща, *Ixodes ricinus* на синтопических ящерицах азалиевых дубрав Северо-Западного Кавказа / А.А. Кидов и др. // Вестник Бурятского государственного университета. 2014. № 4–2. С. 44–48.
8. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР / А.Г. Банников и др. М.: Просвещение, 1977. 415 с.
9. Орлова В.Ф. Систематика и некоторые эколого-морфологические особенности лесных ящериц рода *Lacerta*: дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1975. 164 с.
10. Орлова В.Ф., Смирин Э.М. Возрастная структура популяции артвинской ящерицы (*Lacerta derjugini*) на Северном Кавказе // Вопросы герпетологии: Мат. Пятой Всесоюз. герп. конф. (Ашхабад, 22–24 сент. 1981 г.). Л.: Наука, 1981. С. 30–31.
11. Размножение лесной артвинской ящерицы, *Darevskia derjugini sylvatica* (Bartenjev et Rjesnikowa, 1931) в долине р. Малая Лаба (Северо-Западный Кавказ) / А.А. Кидов и др. // Современная герпетология. 2014. Т. 14 (№ 3-4). С. 103–109.

12. Репродуктивная стратегия понтийской ящерицы (*Darevskia pontica* (Lantz et Cyren, 1919)) на Северо-Западном Кавказе / А.А. Кидов и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 47–57.
13. Смирин Э.М. Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся / Под ред. Н.Н. Щербак. Киев: Наукова думка, 1989. С. 144–153.
14. Тертышников М.Ф. Пресмыкающиеся Предкавказья (фауна, систематика, экология, значение, охрана, генезис): дис. ... докт. биол. наук. Ставрополь, 1992. 383 с.
15. Cryptic diversity and unexpected evolutionary patterns in the meadow lizard, *Darevskia praticola* / S. Freitas et al. // Systematics and Biodiversity. 2016. Vol. 10 (№ 2). P. 184–197.
16. New subspecies of meadow lizard, *Darevskia praticola loriensis* ssp. nov. (Reptilia: Sauria) from Armenia / S.B. Tuniyev et al. // Russian Journal of Herpetology. 2013. Vol. 20 (№ 3). P. 223–237.
17. Systematic and geographical variability of meadow lizard, *Darevskia praticola* (Reptilia: Sauria) in the Caucasus / S.B. Tuniyev et al. // Russian Journal of Herpetology. 2011. Vol. 18 (№ 4). P. 295–316.

REFERENCES

1. Arakelyan M.S. Skeletokhronologicheskoe issledovanie skal'nykh yashcherits Armenii i nekotorye voprosy ikh ekologii: dis. ... kand. biol. nauk [Skeletonlike study of rock lizards of Armenia and some problems of their ecology: dis. ... kand. biol. sciences]. SPb., Zoologicheskii institut RAN, 2001. 164 p.
2. Kidov A.A. i dr. Vozrast, rost i razmnozhenie yashcheritsy Beme, *Lacerta agilis boemica* Suchow, 1929 (Reptilia: Lacertilia: Lacertidae) v predgor'yakh Severnoi Osetii [Age, growth and reproduction of Boehme lizards, *Lacerta agilis boemica* Suchow, 1929 (Reptilia: Lacertilia: Lacertidae) in the foothills of the North Ossetia] // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. no. 4-2. pp. 49–52.
3. Doronin I.V. Sistematika, filogeniya i rasprostranenie skal'nykh yashcherits nadvidovykh kompleksov *Darevskia* (*praticola*), *Darevskia* (*caucasica*) i *Darevskia* (*saxicola*): dis. ... kand. biol. nauk [Taxonomy, phylogeny and distribution of rock lizards superspecies complexes of *Darevskia* (*praticola*), *Darevskia* (*caucasica*) and *Darevskia* (*saxicola*): dis. ... cand. biol. sciences]. SPb., Zoologicheskii institut RAN, 2015. 371 p.
4. Zemnovodnye i presmykayushchiesya (Entsiklopediya prirody Rossii) / N.B. Anan'eva i dr [Reptiles and amphibians (encyclopedia of nature of Russia) / N.B. Ananyev et al.]. M., ABE, 1998. 576 p.
5. Kidov A.A., Kovrina E.G. Razmnozhenie yashcheritsy Beme, *Lacerta boemica* Suchow, 1929 na zapadnoi periferii areala [Reproduction Boehme lizards, *Lacerta boemica* Suchow, 1929 on the Western periphery of the area] // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. no. 4(1). pp. 67–74.
6. Kidov A.A. et al. Materialy k izucheniyu reproduktivnoi biologii nastoyashchikh yashcherits (Reptilia, Sauria, Squamata: Lacertidae) Kavkaza [Materials for the study of the reproductive biology of these awe-RIC (Reptilia, Sauria, Squamata: Lacertidae) in the Caucasus] // Nauchnye issledovaniya v zoologicheskikh parkakh. 2011. no. 27. pp. 100–113.
7. A.A. Kidov et al. Parazitizm sobach'ego kleshcha, *Ixodes ricinus* na sintopicheskikh yashcheritsakh azalievyykh dubrav Severo-Zapadnogo Kavkaza [Canine parasitism of the tick, *Ixodes ricinus* on lizards of oak forests of North-West Caucasus] // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. no. 4-2. pp. 44–48.
8. Opredelitel' zemnovodnykh i presmykayushchikhnya fauny SSSR / A.G. Bannikov i dr [De-

- terminant of amphibians and reptiles of the USSR fauna / A.G. Bannikov et al.]. М., Prosveshchenie, 1977. 415 p.
9. Orlova V.F. Sistematika i nekotorye ekologo-morfologicheskie osobennosti lesnykh yashcherits roda *Lacerta*: dis. ... kand. biol. nauk [Taxonomy and some ecological-morphological characteristics of forest lizards of the genus *Lacerta*: dis. ... cand. biol. sciences]. М., MGU, 1975. 164 p.
 10. Orlova V.F., Smirina E.M. Vozrastnaya struktura populyatsii artvinskoi yashcheritsy (*Lacerta derjugini*) na Severnom Kavkaze [The age structure of the population of lizard (*Lacerta derjugini*) in the North Caucasus] Voprosy gerpetologii: Mat. Pyatoi Vsesoyuz. gerp. konf. (Ashkhabad, 22 sent. 1981 g.) [Problems of herpetology: Abs. Fifth All-Union Herp. Conf. (Ashgabat, 22 Sept. 1981)]. L., Nauka, 1981. pp. 30–31
 11. Kidov A.A. i dr. Razmnozhenie lesnoi artvinskoi yashcheritsy, *Darevskia derjugini sylvatica* (Bartenjev et Rjesnikowa, 1931) v doline r. Malaya Laba (Severo-Zapadnyi Kavkaz) [Reproduction of the forest lizard, *Darevskia derjugini sylvatica* (Bartenjev et Rjesnikowa, 1931) in the valley of the Malaya Laba river (North-Western Caucasus)] // *Sovremennaya gerpetologiya*. 2014. Vol. 14 (3-4). pp. 103–109.
 12. Kidov A.A. i dr. Reprodukivnaya strategiya pontiiskoi yashcheritsy (*Darevskia pontica* (Lantz et Cyren, 1919)) na Severo-Zapadnom Kavkaze [Reproductive strategy of the Pontic lizard (*Darevskia pontica* (Lantz et Cyren, 1919)) in the North-Western Caucasus] // *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2015. no. 6. pp. 47-57.
 13. Smirina E.M. Metodika opredeleniya vozrasta amfibii i reptilii po sloyam v kosti [Methods of age determination of amphibians and reptiles in layers in the bone] Rukovodstvo po izucheniyu zemnovodnykh i presmykayushchikhsya / Pod red. N.N. Shcherbak [Guide for the study of amphibians and reptiles / ed. by N.N. Shcherbak]. Kiev, Naukova dumka, 1989. pp. 144–153
 14. Tertyshnikov M.F. Presmykayushchiesya Predkavkaz'ya (fauna, sistematika, ekologiya, znachenie, okhrana, genезis): dis. ... dokt. biol. nauk [Reptiles of the Caucasus (fauna, systematics, ecology, value, conservation, Genesis): dis. ... doctor biol. sciences]. Stavropol, 1992. 383 p.
 15. Cryptic diversity and unexpected evolutionary patterns in the meadow lizard, *Darevskia praticola* / S. Freitas et al. // *Systematics and Biodiversity*. 2016. Vol. 10 (No. 2). P. 184-197.
 16. New subspecies of meadow lizard, *Darevskia praticola loriensis* ssp. nov. (Reptilia: Sauria) from Armenia / S.B. Tuniyev et al. // *Russian Journal of Herpetology*. 2013. Vol. 20 (№ 3). P. 223–237.
 17. Systematic and geographical variability of meadow lizard, *Darevskia praticola* (Reptilia: Sauria) in the Caucasus / S.B. Tuniyev et al. // *Russian Journal of Herpetology*. 2011. Vol. 18 (№ 4). P. 295–316.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кидов Артем Александрович – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры зоологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;
e-mail: kidov_a@mail.ru

Тимошина Анна Леонидовна – старший лаборант кафедры зоологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;
e-mail: timoshina@ro.ru

Хайрутдинов Ильдар Зиннурович – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры кафедры биоресурсов и аквакультуры Института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
e-mail: ildar.hairutdinov@kpfu.ru

Матушкина Ксения Андреевна – ассистент кафедры зоологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;
e-mail: matushkinaka@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kidov Artem A. – candidate of biological sciences, associate professor, associate professor of the departments of Zoology at Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy;
e-mail: kidov_a@mail.ru

Timoshina Anna L. – lab assistant at the departments of Zoology at Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy;
e-mail: timoshina@ro.ru

Hairutdinov Ildar Z. – candidate of biological sciences, associate professor, associate professor at the departments of Biological Resources and Aquaculture at the Institute of Fundamental Medicine and Biology of the Kazan (Volga-region) Federal University;
e-mail: ildar.hairutdinov@kpfu.ru

Matushkina Kseniya A. – lecturer at the departments of Zoology at Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy;
e-mail: matushkinaka@gmail.com

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Кидов А.А., Тимошина А.Л., Хайрутдинов И.З., Матушкина К.А. Возраст, рост и размножение понтийской ящерицы, *Darevskia pontica* (Lantz et Cyren, 1919) на Северо-Западном Кавказе // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 17–25.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-17-25

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

A. Kidov, A. Timoshina, I. Hairutdinov, K. Matushkina. Age, growth and reproduction of the Black sea lizard *Darevskia pontica* (Lantz et cyren, 1919) in the Northwest Caucasus // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 17–25.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-17-25

УДК 574.589

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-26-31

ТОПИЧЕСКИЕ И ФЕНЗИВНЫЕ СВЯЗИ В КОНСОРЦИЯХ НЕКОТОРЫХ ГИДРОФИТОВ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Кособокова С.Р., Морозова Л.В.

Астраханский государственный университет

414052, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1. Российская Федерация

Аннотация. Исследован видовой состав гидрофитов, плавающих на поверхности водоёмов г. Астрахани и его окрестностей, определены топические и фензивные связи в их фитоконсорциях. Доминирующими в консорциях гидрофитов – *Salvinia natans*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Trapa natans* являются эписустратные и эписустратно-стациональные. Более ста видов различных систематических групп включают микрогруппировки этих эдификаторов. Сходство меротопической структуры исследуемых растений определило близость спектров консортов, которые используют плавающие на поверхности растения как топический и фензивный ресурс.

Ключевые слова: гидрофиты, консорции, консорты, консортивные связи, топические связи, фензивные связи.

TOPICAL AND FENSIVE CONNECTIONS IN THEIR PHYTOCONSORTIUM COMPOSITION OF HYDROPHYTES IN THE VOLGA DELTA

S. Kosobokova, L. Morozova

Astrakhan State University

pl. Shaumyana 1, 414052 Astrakhan, Russia

Abstract. The species composition of floating hydrophytes on the water surface of Astrakhan and surrounding areas is investigated. Topical and fensive connections in their phytoconsortia are identified. Predominant in the hydrophyte consortia – *Salvinia natans*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Trapa natans* are episubstrate and episubstrate and stational hydrophytes. Phytoconsortia of surface-floating hydrophytes include more than a hundred species of organisms. All four species are characterized by similar spectra of consortia because of the similarity of their life forms and merotopic structure. Consortium studied species act as a reserve gene pool, providing related organisms with diverse resources.

Key words: hydrophytes, consortia, consorts, consortive connections, topical connections, fensive connections.

Консорции являются микрогруппировками организмов, которые существуют в биогеоценозах благодаря эволюционно сложившимся специфическим отношениям между эдификаторами и их консортами [1, с. 16–17]. В вегетационный период значительные по площади поверхности природных и искусственных водоёмов города Астрахани и его окрестностей зарастают различными представи-

телями высшей водной растительности. Коммунальные службы механическим путём борются с этим явлением, собирая их сачками и вилами, а вместе с растениями изымаются и обитатели микрогруппировок.

Целью работы являлось изучение топических и фензивных связей поверхностно-плавающих гидрофитов в дельте Волги. В ходе проведенного исследования в водоемах выявлены фитоконсорции четырёх видов гидрофитов – Сальвиния плавающая – *Salvinia natans* (L) All., Ряска малая – *Lemna minor* L., Многокоренник обыкновенный – *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., Рогольник (водяной орех, чилим) астраханский – *Trapa natans* L. Представители более сотни видов различных систематических групп включают микрогруппировки этих эдификаторов, причем спектр консортов очень близок, что объясняется сходством их меротопической структуры. Характер связей в группировке между детерминантом и консортами не только определяет структуру консорции, но и дает представление о связях в консортивных экосистемах, раскрывая их специфичность как системы особого рода [4].

Материал для проведения исследования отбирался в вегетационный период (с мая по октябрь), на 10 стационарных участках: в г. Астрахани и его окрестностях – р. Кутум (район гребной станции и Коммерческого моста), ер. Солянка (вдоль ул. Прохладная и набережной ер. Солянка), канале Первого Мая (Таможенный и Варвациев мосты), ер. Большая Дарма. Кроме того, наблюдения проводились при маршрутных исследованиях различных водоемов (бассейны рр.

Кривая Болда, Прямая Болда, Кизань и др.).

Наблюдения и отбор растений с берега осуществлялись стандартным гидробиологическим сачком (50x50 см). Систематические и функциональные особенности организмов, входивших в состав консорций, обусловили выбор методик сбора и изучения консортивных связей. Вместе с растениями из водоема извлекались малоподвижные организмы, эпибионты и эндобионты, потом они доставлялись в лабораторию: на стационарах – в живом виде, при маршрутных исследованиях – в фиксированном. Дистанционное визуальное наблюдение вели при помощи бинокля (12x).

Мшанки являются топоконсортами рогольника и образуют субстратные и субстратно-стациональные связи. Субстратными отношениями связаны 2 вида. Ползучая мшанка (*Plumatella repens* L.) образует ветвистые коричневые пергаментнообразные трубки, плоско выстилая нижние поверхности листьев чилима. Клубчатая мшанка (*Plumatella fungosa* Pall.) формирует плотные коричневые клубки на черешках листьев. Субстратно-стациональные связи характерны для гребенчатой мшанки (*Crisitarella mucedo* Cuv.), являющейся подвижной колонией (около 5 см) и имеющей студенистое, продолговатое, местами мохнатое тело.

Топические связи субстратного типа образуют длиннощупальцевая гидра – *Hydra oligactis* (Pallas.), зеленая гидра – *Hydra viridissima* (Schuze.), обыкновенная гидра – *Hydra vulgaris* (Pallas) и гидра тонкая – *Hydra attenuata* (Pallas). Прикрепляясь подошвой к нижней стороне пластинок плавающих и подводных листьев сальвинии и

рогульника, на листецы ряски и многокоренника, а также на корни рясковых и водяного ореха, кишечнополостные охотятся на мелких пресноводных рачков и личинок насекомых.

Три вида планарий: молочная – *Dendrocoelum lacteum* (Mull.), разноцветная – *Euplanaria polychroa* и *Prorhynchus stagnalis* (Schultzt.) встречаются на нижней стороне плавающих листьев сальвинии плавающей – *Salvinia natans*, чилима – *Trapa natans*.L и образуют с ними топические: субстратно-стациональные и субстратные связи.

Моллюски из класса *Gastropoda*: рогуляющая катушка – *Planorbis corneus* (L.), окаймленная катушка – *Planorbis planorbis* (L.), обыкновенный прудовик – *Limnaea stagnalis* (L.), малый прудовик – *Limnaea truncatula* (L.), заостренная физа – *Physa acuta* (L.) образуют все группы топических связей со всеми детерминантами.

Зарегистрировано 5 видов хоботных пиявок: улитковые – *Glossiphonia complanata* (L.) и *G.heteroclita* var. *heteroclita* (L.), черепашья пиявка – *Haementeria costata* Fr. (O.F.Muller), двуглазая пиявка – *Helobdella stagnalis* (L.), и *Eprobdeella nigricollis* (Brandes.) связанных с поверхностно-плавающими гидрофитами топическими связями. Первые три вида пиявок формируют субстратно-стациональные связи, а последние два – и субстратные, прикрепляя на нижнюю сторону плавающих листьев сальвинии и чилима коричневые коконы с яйцами.

Пауки, отмеченные в исследуемых нами консорциях, образуют топические связи стационального типа. Например *Argyroneta aquatica* (Clerck.) обитает под рогульником и плавающими листьями сальвинии, а на подводных

листьях и корнях строит своё гнездо. Доломедес – *Dolomedes fimbriatus* (Clerck.) и виды рода пирата – *Pirata piraticus* (Clerck.), *Pirata piscatorius* (Clerck.) охотятся в зарослях плавающих листьев.

Водяные клещи *Piona* sp.(Koch.), *Limnochares aquatica* (L.) и *Hydrachna geographica* (Müller.) откладывают яйца на нижнюю сторону плавающих листьев водяного ореха, а значит, являются топоконсортиями поверхностно-плавающих гидрофитов

Островки сальвинии, ряски и рогульника в качестве дополнительных посадочных посадок, а также для откладывания яиц в воду используют имаго равнокрылых стрекоз: красотки блестящей – *Calopteryx splendens* (Harris.), лютки невесты – *Lestes sponsa* (Hansemann.), стрелки красивой – *Coenagrion pulchellum* (Vanderlinden.) стрелки-девушки – *Coenagrion puella* (Vanderlinden.). По поверхности зарослей активно ползают и ловят личинок поденок личинки *Calopteryx splendens* (Harris.).

Стациональные и фензивные связи образуют с рясками, рогульником и сальвинией личинки поденок родов поденка двуххвостая – *Baetis* (Leach.), поденка речная – *Potamanthus* (Pict.), поденка разножилковая – *Habrophlebia* (Eth.), поденка семидневка – *Heptagenia* (Walsch.) и др.

Ручейники *Glyptotefilius pellucidus* (Retz.), *Grammotaulius atomarius* (Fbr.), *Limnophilus rhombicus* (L.) и другие образуют стациональные связи, обитая в зарослях гидрофитов, а для постройки личинками чехликов используют останки растений детерминантов.

Из клопов все виды являются топоконсортиями и образуют субстратно-

стациальные и субстратные связи. Корикса зубачатоногая – *Corixa dentipes* (Thomson.), плавт обыкновенный – *Ilycoris cimicoides* (L.) и водомерка прудовая – *Gerris lacustris* (L.) откладывают яйца на нижнюю поверхность плавающих листьев. Мезовелия вильчатая – *Mesovelea furcata* (Mulsant et Rey.) является стациальным топоконсортом.

Разнообразные топические, субстратные, субстратно-стациальные, трофические (биотрофия), форические и фензивные связи формируют пузанчик ржавый – *Hyphydrus ferrugineus* (L.), лужник просвечивающий – *Laccophilus hyalinus* (Deg.), плавунец камчатый – *Dytiscus runcinatus* (Ahr.).

Рясковая огневка *Cataklysta lemnata* (L.) образует топические субстратные, топические стациальные, трофические (биотрофия) и фабрические связи.

Двукрылые в изучаемых сообществах представлены личинками комаров дергунов – сем. *Chironomidae*, которые минируют черешки сальвинии и чилима, а личинки львинок и мошки – сем. *Stratiomys* (Geoffr.) образуют топические и фензивные связи.

Личиночные стадии нескольких видов рыб: красноперки – *Scardinius erithrophthalmus* (L.), плотвы – *Rutilus rutilus* (L.), леща – *Abramus brama* (L.), серебряного карася – *Carassius auratus* (L.) с детерминантом образуют субстратные топические связи. При помо-

щи секрета цементных желёз, расположенных на голове, после вылупления из икринок они прикрепляются к подводным листьям сальвинии и к корням рогульника, а по окончании полного метаморфоза мальки используют заросли подводных листьев как убежище – фензивная связь. Взрослые особи плотвы, леща и серебряного карася питаются молодыми листецами ряски и многокоренника и объедают корни чилима [3].

Ковер из плавающего рогульника является временной стацией для озёрной (*Rana ridibunda* Pall.) и зелёной (*Rana esculenta*) лягушек, где они питаются и размножаются.

Сходство жизненных форм и меротопической структуры детерминантов изучаемых микрогруппировок объясняет близкие спектры консортов. В их составе нами обнаружено около ста видов, которые формируют с четырьмя зарегистрированными в водоемах дельты Волги поверхностно-плавающими гидрофитами *Salvinia natans* (L.) All., *Lemna minor* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., *Trapa natans* L., разнообразные топические и фензивные связи. Консорции можно считать резервом генофонда, в котором детерминанты обеспечивают консортов большим спектром ресурсов – вещественными, энергетическими, субстратными, микроклиматическими и др. [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кособокова С.Р. Консорции поверхностно-плавающих гидрофитов водоемов г. Астрахани (Консорционный анализ). Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2012. 128 с.
2. Кособокова С.Р., Левченко А.В. Функциональный и мероконсортивный анализ трофических связей консорций поверхностно-плавающих гидрофитов дельты Волги // Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря: материалы IX международной научной конференции 10–11 октября 2006 г. Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2006. С. 64–67.

3. Кособокова С.Р., Чапурина Е. В. Консорционный анализ и общий спектр беспозвоночных фитоконсорциев поверхностно-плавающих гидрофитов аквальных комплексов урбанизированных территорий (на примере Астрахани) // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2012. № 3. С. 46–52.
4. Работнов Т.А. О консортивных связях растений с их консортами // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1994. Т. 99 (вып. 1). С 64–66.

REFERENCES

1. Kosobokova S.R. Konsortsii poverkhnostno-plavayushchikh gidrofitov vodoemov g. Astrakhani (Konsortsiyonnyi analiz) [Consortia of surface-floating aquatic plants of water bodies of Astrakhan (Konarzyny analysis)]. Saarbrucken, Lambert Academic Publishing, 2012. 128 p.
2. Kosobokova S.R., Levchenko A.V. Funktsional'nyi i merokonsortivnyi analiz troficheskikh svyazei konsortsii poverkhnostno-plavayushchikh gidrofitov del'ty Volgi [Consortium and functional analysis of the trophic relations of consortia of surface-floating aquatic plants of the Volga Delta] Ekologo-biologicheskie problemy basseina Kaspiiskogo morya: materialy IX mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii 10-11 oktyabrya 2006 g. [Ecological-biological problems of the Caspian sea basin: proceedings of the IX international scientific conference 10–11 October 2006]. Astrakhan, Izd. dom «Astrakhanskii universitet», 2006. pp. 64–67.
3. Kosobokova S.R., Chapurina E. V. Konsortsiyonnyi analiz i obshchii spektr bespozvonochnykh fitokonsortsii poverkhnostno-plavayushchikh gidrofitov akval'nykh kompleksov urbanizirovannykh territorii (na primere Astrakhani) [Consortium analysis and the total range of invertebrate phytoconsortia of surface-floating hydrophytes in aquatic systems of urbanized territories (by the example of Astrakhan)] // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2012. no. 3. pp. 46–52.
4. Rabotnov T.A. O konsortivnykh svyazyakh rastenii s ikh konsortami [About consorting relationships of plants with their consortia] // Bull. Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii. 1994. Vol. 99 (Iss. 1). pp. 64–66.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кособокова Светлана Рудольфовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, биологии экосистем и земельных ресурсов Астраханского государственного университета;
e-mail: kossveru@mail.ru

Морозова Людмила Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, биологии экосистем и земельных ресурсов Астраханского государственного университета;
e-mail: lex-59@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kosobokova Svetlana R. – candidate of biological sciences, associate professor of the department of Botany, Biology, Ecosystems and Land Resources at the Astrakhan State University;
e-mail: kossveru@mail.ru

Morozova Ludmila V. – candidate of biological sciences, associate professor of the department of Botany, Biology, Ecosystems and Land Resources at the Astrakhan State University;
e-mail: lex-59@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Кособокова С.Р., Морозова Л.В. Топические и фензивные связи в консорциях некоторых гидрофитов дельты Волги // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 26–31.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-26-31

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

S. Kosobokova, L. Morozova. Topical and fensive connections in their phytoconsortium composition of hydrophytes in the Volga delta // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 26–31.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-26-31

УДК 575.174.015.3, 575.1

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-32-46

ХРОМОСОМНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЯРИЙНЫХ КОМАРОВ В СМЕЖНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Москаев А.В., Гордеев М.И.

Московский государственный областной университет

105005, г. Москва, ул. Радио 10А, Российская Федерация

Аннотация. Исследован хромосомный состав малярийных комаров в смежных местах выплода на территории Талдомского района Московской области. Изучено 19 выборок личинок из 4 водоемов. В изученных биотопах обитает два вида-двойника комплекса *Anopheles maculipennis*: *An. messeae* и *An. maculipennis*. У полиморфного вида *An. messeae* определены внутри хромосомные инверсии: XL_1 ; XL_4 ; $2R_1$; $3R_1$; $3L_1$; $3L_3$. Инверсия $3L_3$ является уникальной. Показано, что комары из биотопов в пос. Вербилки и д. Князчино относятся к разным популяциям *An. messeae*. Каждая популяция имеет определенную устойчивую во времени кариотипическую структуру. Значительные различия по хромосомному составу между двумя популяциями сохранялись в течение восьмилетнего периода наблюдений. Полученные данные указывают на слабое влияние миграции комаров в формировании кариотипической структуры популяции.

Ключевые слова: хромосомный полиморфизм, малярийные комары *Anopheles*, хромосомная инверсия, цитогенетика, генетика популяций, популяционная структура вида.

CHROMOSOME POLYMORPHISM AND SPATIAL DISTRIBUTION OF MALARIA MOSQUITOES IN NEIGHBORING POPULATIONS OF MOSCOW REGION

A. Moskaev, M. Gordeev

Moscow State Regional University

ul. Radio 10A, 105005 Moscow, Russia

Abstract. The chromosomal composition of *Anopheles* mosquitoes is studied in the adjacent breeding places on the territory of the Taldom district in the Moscow region. Nineteen samples of larvae from four breeding sites are examined. Two sibling species of the *Anopheles maculipennis* complex, i.e. *An. messeae* and *An. maculipennis*, are found in all mosquito habitats. The chromosomal inversions XL_1 ; XL_4 ; $2R_1$; $3R_1$; $3L_1$; $3L_3$ are identified in polymorphic species *An. messeae*. Inversion $3L_3$ is unique. It is shown that the mosquitoes of habitats in the villages of Verbilki and Knyazchino belong to different populations of *An. messeae*. Each population has a certain karyotypic structure, stable in time. Significant differences in the chromosomal composition of the two populations are maintained during the eight-year observation period. These data indicate a weak influence of mosquito migration in the formation of the karyotypic population structure.

© Москаев А.В., Гордеев М.И., 2016.

Key words: chromosomal polymorphism, malaria mosquitoes, Anopheles, inversions, cytogenetics, population genetics, population structure of the species.

Изучение экологической и генетической структуры природных популяций малярийных комаров является одной из актуальных проблем современной популяционной биологии. В цитогенетических исследованиях школы проф. В.Н. Стегния (Томский университет) было установлено, что хромосомный полиморфизм у малярийных комаров рода *Anopheles* (Diptera, Culicidae) имеет важное адаптивное значение. Показано, что хромосомные перестройки – парацентрические инверсии – влияют на ряд адаптивных признаков: на плодовитость и жизнеспособность имаго, на конкурентоспособность личинок, на устойчивость комаров к паразитам и патогенам. В популяциях высокополиморфного вида *An. messeae* Falleroni, 1926 отмечена клинальная изменчивость инверсионных частот, с последовательной сменой альтернативных хромосомных последовательностей в направлении с юга на север и с запада на восток [8]. В популяциях центра видового ареала наблюдается сезонная динамика хромосомной изменчивости, и хромосомный полиморфизм поддерживается в результате дифференциальной приспособленности альтернативных хромосомных последовательностей на разных этапах сезонного цикла.

Целью нашей работы стало изучение хромосомной изменчивости и пространственного распределения комаров рода *Anopheles* в смежных популяциях. В задачи исследования входило:

определение соотношения видов-двойников малярийных комаров в

Талдомском районе Московской области;

выявление типов и определение частот хромосомных перестроек в местах выплода у полиморфного вида *An. messeae*;

определение внутри- и межпопуляционной изменчивости малярийных комаров в контрольных местообитаниях;

изучение различий в кариотипическом составе смежных популяций малярийных комаров.

Материалом для работы послужили 19 выборок личинок малярийных комаров IV стадии из 4 биотопов, собранных за 8 лет исследований (время сбора выборок: см. табл. 1) в следующих местообитаниях:

биотоп № 1 (старое русло р. Дубна: N56°31.207', E037°37.238') – 4 выборки;

биотоп № 2 (карьер: N 56°32.224', E037°35.182') – 7 выборок;

биотоп № 3 (пожарный пруд: N56°32.211', E037°36.803') – 4 выборки;

биотоп № 4 (пруд у дороги: N56°33.929', E037°40.493') – 4 выборки.

Биотопы № 1–3 находятся в окрестностях поселка Вербилки Талдомского района Московской области, а биотоп № 4 – в окрестностях деревни Князчино, расположенной на расстоянии 5,5 км от пос. Вербилки.

Фиксацию личинок выполняли в спирт-уксусной смеси в соотношении 3:1. Извлекали парные слюнные железы личинок под стереоскопическим микроскопом МБС–10. Из слюнных желез по лактоацеторсеиновой методике готовили давленные препараты политенных хромосом [4; 5].

Цитогенетический анализ политенных хромосом проводили под микроскопом Micros. На полученных препаратах определяли и регистрировали распространенные флуктуирующие инверсии с помощью сравнения с цитокартами (кариограммами) видов. По структуре хромосом диагностировали виды-двойники малярийных комаров. Всего было определено 1826 кариотипов.

Статистическую обработку результатов проводили стандартными мето-

дами [7]. Для сравнения инверсионных частот в выборках использовали метод χ^2 . Оценку межпопуляционной компоненты изменчивости осуществляли методами дискриминантного анализа [9].

В изученных местообитаниях было выявлено 2 вида-двойника комплекса *An. maculipennis*: *An. maculipennis* Meig., 1904 и *An. messeae* Fall., 1926. Наличие личинок двух этих видов в одних и тех же водоемах характерно для Русской равнины в целом [2].

Таблица 1

Видовой состав личинок малярийных комаров в изученных биотопах пос. Вербилки и д. Князчино Талдомского района Московской области

№	Местообитание	Дата сбора	Число особей	Индекс доминирования видов	
				<i>An. messeae</i> , f ± s _p %	<i>An. maculipennis</i> , f ± s _p %
1	Биотоп № 1 (пос. Вербилки, старое русло р. Дубна)	21.07. 2008	90	100	0
2		22.06. 2009	100	100	0
3		19.06. 2010	103	100	0
4		01.08. 2013	159	100	0
5	Биотоп № 2 (пос. Вербилки, карьер)	22.06. 2009	105	95,2±2,1	4,8±2,1
6		14.06. 2010	111	95,5±2,0	4,5±2,0
7		12.08. 2011	91	100	0
8		23.08. 2012	110	100	0
9		31.07. 2013	62	100	0
10		20.08. 2014	103	100	0
11		25.07. 2015	104	100	0

12	Биотоп № 3 (пос. Вербилки, пожарный пруд у домов)	12.06. 2010	134	78,6±3,6	21,6±3,6
13		11.08. 2011	67	70,1±5,6	29,9±5,6
14		31.07. 2013	14	93,0±6,9	7,0±6,9
15		20.08. 2014	101	81,2±3,9	18,8±3,9
16	Биотоп № 4 (д. Князчино, пруд у дороги)	13.06. 2010	103	96,1±1,9	3,9±1,9
17		11.08. 2011	104	100	0
18		31.07. 2013	103	100	0
19		25.07. 2015	62	91,9±3,5	8,1±3,5

Отметим, что только в биотопе №1 за четыре года исследований ни разу не встречалось ни одной личинки *An. maculipennis*. По-видимому, это связано с предпочтениями самок *An. maculipennis* откладывать яйца в те биотопы, которые находятся вблизи поселений человека. Данное местообитание (биотоп №1) находится в лесном массиве в отдалении от поселка и мест выгула скота. Отметим, что в 2010 г. водоем стал сильно зарастать телорезом алоевидным *Stratiotes aloides* (видимо, в результате заноса этого вида). С 2011 г. по настоящее время этот водоем полностью покрыт водной растительностью и не пригоден для развития личинок малярийных комаров. Однако, для проверки гипотезы о специфике видового распределения комаров, в 2013 г. были проведены сборы в соседнем водоеме (на расстоянии менее 100 м) того же происхождения (старое русло р. Дубна) и отнесенного нами к биотопу № 1. В этом биотопе *An. maculipennis* снова не был обнаружен.

Во всех случаях совместного обитания видов доминировал *An. messeae*.

В биотопах № 2 и № 4 встречались отдельные особи *An. maculipennis*. А вот в биотопе № 3 (пожарный пруд – единственный биотоп из исследованных, который расположен непосредственно в поселке) доля этого вида в среднем составляла 21,8±2,3%. В целом за 8 лет исследований выявлено всего 88 особей *An. maculipennis* (4,8±0,5%).

Полученные нами результаты отражают экологическую специализацию в отношении мест выплода у видов-двойников *An. maculipennis* и *An. messeae*. Для местообитаний центра Русской равнины характерно наличие системы водных биотопов, оптимальных для развития преимагинальных стадий *Anopheles*. В этих биотопах преобладают личинки доминирующего вида *An. messeae*. Развитие комаров другого вида – *An. maculipennis* происходит преимущественно во временных субоптимальных водоемах. Подобная экологическая специализация дает возможность двум близкородственным видам обитать в условиях симпатрии [6]. В то же время пространственная подразделенность вну-

тривидовых группировок *An. messeae* с различным хромосомным составом способствует расширению экологической ниши и стабилизирует численность популяции в изменяющихся условиях среды.

Для информации об экологических характеристиках личиночных биотопов малярийных комаров (табл. 2) в исследованных местах выплода фиксировался ряд экологических параметров (температуру, pH, проводимость, количество растворенных в воде солей

и кислорода) с помощью портативных приборов: оксиметра ExStik DO600 и мультифункционального прибора HANNA Combo HI 98130. Также фиксировали высоту над уровнем моря, плотность личинок, состав водной растительности и наличие течения. В связи с многолетними исследованиями была возможность регистрировать визуальные изменения водоемов, например такие, как существенные изменения глубины, цвета воды, количества водной растительности.

Таблица 2

Экологические характеристики личиночных биотопов малярийных комаров пос. Вербилки и д. Князчино Талдомского района Московской области

№	Местообитание	Дата сбора	Экологические характеристики						
			Высотность h(м)	pH	t°C	µs (solt)	pPpt	O ₂ (mg/l)	c (м ²)
1	Биотоп № 1 (пос. Вербилки, старое русло р. Дубна)	21.07.2008	132	-	-	-	-	-	-
2		22.06.2009	132	-	-	-	-	-	-
3		19.06.2010	132	7,45	22,1	0,22	0,11	10,32	33 (8)
4		01.08.2013	132	6,45	19,8	0,46	0,23	6,80	45 (15)
5	Биотоп № 2 (пос. Вербилки, карьер)	22.06.2009	128	-	-	-	-	-	-
6		14.06.2010	128	8,29	18,9	0,35	0,18	11,55	52 (14)
7		12.08.2011	128	8,00	23,3	0,29	0,14	12,25	19 (4)
8		23.08.2012	128	8,15	17,6	0,31	0,15	12,00	16 (8)
9		31.07.2013	128	7,65	22,0	0,34	0,17	11,60	22 (3)
10		20.08.2014	128	7,60	22,5	0,31	0,15	5,00	17 (4)
11		25.07.2015	128	6,73	23,8	0,33	0,16	9,5	20 (6)
12	Биотоп № 3 (пос. Вербилки, пожарный пруд)	12.06.2010	135	7,79	22,9	0,16	0,09	15,07	21 (6)
13		11.08.2011	135	7,08	18,4	0,41	0,20	7,85	105 (3)
14		31.07.2013	135	7,75	20,8	0,33	0,17	8,60	22 (1)
15		20.08.2014	135	8,90	25,5	0,29	0,14	13,40	48 (15)

16	Биотоп № 4 (д. Князчино, пруд у дороги)	13.06.2010	137	7,95	23,4	0,26	0,13	14,71	13 (1)
17		11.08.2011	137	7,57	20,1	0,29	0,14	13,95	32 (7)
18		31.07.2013	137	7,93	19,8	0,37	0,18	7,10	25 (2)
19		25.07.2015	137	8,91	25,1	0,27	0,13	11,8	еди- ничн. особи

Прим.: в скобках отмечена плотность личинок IV стадии.

Анализ экологических параметров в местах выплода показал высокий уровень однородности во всех четырех исследуемых биотопах. Кроме того, выявлена стабильность исследуемых параметров в одних и тех же биотопах в течение всех 8 лет изучения. Значимые межгодовые различия есть лишь в биотопе № 1. Они определяются сменой водоемов при сборе личинок из-за зарастания телорезом алоевидным. Особенно интересно, что некоторые из биотопов претерпевали за время работы существенные визуальные изменения. Например, в биотопе № 3 – пожарном пруду, обычно заросшем ряской и нитчаткой даже к середине июня, в 2013 г. растительность почти отсутствовала, отмечен черный цвет воды, и количество растворенного в воде кислорода сильно изменялось на разных глубинах (на глубине 10 см составило 4,60 mg/l, на глубине 3-5 см – 8,60 mg/l). А в 2014 г. пруд обмелел на 2 м (имея изначально глубину в 3 м) и так и не восстановился. В целом же экологические параметры мест выплода личинок малярийных комаров в постоянных водоемах относительно стабильны и не должны оказывать существенного влияния на динамику хромосомного состава популяций.

В изученных местообитаниях определяли хромосомные перестройки и

их частоты в популяциях комаров. У хромосомно полиморфного вида *An. messeae* регистрировали наличие распространенных парацентрических инверсий: XL_1 ; XL_4 ; $2R_1$; $3R_1$; $3L_1$, а также уникальной инверсии $3L_3$. Определяли частоты гомо- и гетерозиготных хромосомных вариантов у *An. messeae*: XL_{00} ; XL_{01} ; XL_{11} ; XL_{14} ; XL_{04} ; $2R_{00}$; $2R_{01}$; $2R_{11}$; $3R_{00}$; $3R_{01}$; $3R_{11}$; $3L_{00}$; $3L_{01}$; $3L_{03}$. Изменчивости по плечу $2L$ не обнаружено.

Частоты инверсий половой хромосомы и аутосом в биотопах № 1–4 отражены в табл. 3–6. Данные по соотношению инверсионных гомо- и гетерозигот половой хромосомы XL приведены отдельно для самцов и самок; данные по составу аутосом $2R$, $3R$ и $3L$ – для особей обоих полов.

В каждом отдельном биотопе выборки разных лет сбора значительно не отличаются друг от друга по хромосомному составу личинок. В биотопе № 1 в единственной выборке 2010 г. была выявлена уникальная инверсия $3L_{03}$ с частотой $5,8 \pm 2,3\%$. Однако эта инверсия в последующие годы не выявлена. Возможно, она была адаптивной в условиях особо жаркого лета 2010 г., когда средняя температура июля достигала $26,10^\circ\text{C}$ (2008 – $19,17^\circ\text{C}$; 2009 – $18,84^\circ\text{C}$; 2013 – $18,93^\circ\text{C}$). Также стоит отметить, что в биотопе № 1, где произошла смена водоема

Таблица 3

Хромосомный состав личинок *An. messeae* из биотопа № 1 (старое русло р. Дубна) в пос. Вербилки Талдомского района Московской области

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$, %			
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2013 г.
Самцы, n	41	60	47	71
XL ₀	12,3±5,1	23,3±5,5	2,1±2,1	11,3±3,8
XL ₁	82,9±5,9	76,7±5,5	85,1±5,2	87,3±3,9
XL ₄	4,8±3,4	0	12,8±4,9	1,4±1,4
Самки, n	49	40	56	88
XL ₀₀	2,0±2,0	20,0±6,3	3,6±2,5	9,1±3,1
XL ₀₁	6,2±3,4	15,0±5,6	8,9±3,8	12,5±3,5
XL ₁₁	89,8±4,3	55,0±7,9	71,4±6,0	67,0±5,0
XL ₁₄	2,0±2,0	10,0±4,7	16,1±4,9	11,4±3,4
XL ₀₄	0	0	0	0
Оба пола, n	90	100	103	159
2R ₀₀	28,9±4,8	38,0±4,9	36,9±4,8	36,5±3,8
2R ₀₁	51,1±5,3	40,0±4,9	42,7±4,9	34,6±3,8
2R ₁₁	20,0±4,2	22,0±4,1	20,4±4,0	28,9±3,6
3R ₀₀	51,2±5,3	65,0±4,8	55,4±4,9	62,3±3,9
3R ₀₁	44,4±5,2	31,0±4,6	38,8±4,8	32,7±3,7
3R ₁₁	4,4±2,2	4,0±2,0	5,8±2,3	5,0±1,7
3L ₀₀	98,9±1,1	97,0±1,7	92,3±2,6	99,4±0,6
3L ₀₁	1,1±1,1	3,0±1,7	1,9±1,4	0,6±0,6
3L ₀₃	0	0	5,8±2,3	0

Таблица 4

Хромосомный состав личинок *An. messeae* из биотопа № 2 (карьер) в пос. Вербилки Талдомского района Московской области

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$, %						
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Самцы, n	48	51	47	56	34	44	43
XL ₀	8,3±4,0	7,8±3,8	6,4±3,6	12,5±4,4	2,9±2,9	11,4±4,8	4,7±3,2
XL ₁	91,7±4,0	90,3±1,9	89,4±4,5	82,1±5,1	97,1±2,9	88,6±4,8	93,0±3,9
XL ₄	0	1,9±1,9	4,2±2,9	5,4±3,0	0	0	2,3±2,3
Самки, n	52	55	44	54	28	59	61
XL ₀₀	1,9±1,9	9,1±3,9	4,5±3,1	0	0	3,4±2,4	6,7±3,2
XL ₀₁	1,9±1,9	5,4±3,1	0	5,5±3,1	7,1±4,9	3,4±2,4	8,2±3,5
XL ₁₁	84,7±5,0	81,9±5,2	84,1±5,5	85,2±4,8	82,2±7,2	84,7±4,7	82,0±4,9

XL_{14}	9,6±4,1	3,6±2,5	9,1±4,3	9,3±3,9	10,7±5,8	8,5±3,6	3,3±2,3
XL_{04}	1,9±1,9	0	2,3±2,2	0	0	0	0
Оба пола, n	100	106	91	110	62	103	104
$2R_{00}$	28,0±4,5	33,0±4,6	30,8±4,8	40,0±4,7	22,6±5,3	28,2±4,4	27,9±4,4
$2R_{01}$	36,0±4,8	42,5±4,8	54,9±5,2	41,8±4,7	54,8±6,3	58,2±4,9	54,8±4,9
$2R_{11}$	36,0±4,8	24,5±4,2	14,3±3,7	18,2±3,7	22,6±5,3	13,6±3,4	17,3±3,7
$3R_{00}$	75,0±4,3	57,6±4,8	60,4±5,1	67,3±4,5	48,4±6,3	62,2±4,8	60,6±4,8
$3R_{01}$	23,0±4,2	39,6±4,8	31,9±4,9	30,0±4,4	38,7±6,2	32,0±4,6	32,7±4,6
$3R_{11}$	2,0±1,4	2,8±1,6	7,7±2,8	2,7±1,6	12,9±4,3	5,8±2,3	6,7±2,5
$3L_{00}$	96,0±2,0	96,3±1,9	100	99,0±0,9	95,2±2,7	95,2±2,1	96,2±1,9
$3L_{01}$	4,0±2,0	3,7±1,9	0	1,0±0,9	4,8±2,7	4,8±2,1	3,8±1,9
$3L_{03}$	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 5

**Хромосомный состав личинок *An. messeae* из биотопа № 3 (пожарный пруд)
в пос. Вербилки Талдомского района Московской области**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$, %			
	2010 г.	2011 г.	2013 г.	2014 г.
Самцы, n	48	17	7	29
XL_0	12,5±4,8	23,5±10,0	0	3,4±3,4
XL_1	85,4±5,1	76,5±10,0	100	96,6±3,4
XL_4	2,1±2,1	0	0	0
Самки, n	57	30	6	53
XL_{00}	3,5±2,4	26,7±8,1	0	7,5±3,6
XL_{01}	14,0±4,6	3,3±3,3	0	13,2±4,7
XL_{11}	70,2±6,1	60,0±8,9	66,7±19,2	71,8±6,2
XL_{14}	12,3±4,3	10,0±5,5	33,3±19,2	7,5±3,6
XL_{04}	0	0	0	0
Оба пола, n	105	47	13	82
$2R_{00}$	39,0±4,8	40,4±7,2	38,5±13,5	40,2±5,4
$2R_{01}$	41,0±4,8	51,1±7,3	23,0±11,7	48,8±5,5
$2R_{11}$	20,0±3,9	8,5±4,1	38,5±13,5	11,0±3,5
$3R_{00}$	55,3±4,9	61,7±7,1	53,8±13,8	63,4±5,3
$3R_{01}$	37,1±4,7	34,0±6,9	38,5±13,5	32,9±5,2
$3R_{11}$	7,6±2,6	4,3±2,9	7,7±7,4	3,7±2,1
$3L_{00}$	85,7±3,4	100	100	98,8±1,2
$3L_{01}$	14,3±3,4	0	0	1,2±1,2
$3L_{03}$	0	0	0	0

Таблица 6

**Хромосомный состав личинок *An. messeae* из биотопа № 4 (пруд у дороги)
в д. Князчино Талдомского района Московской области**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$, %			
	2010 г.	2011 г.	2013 г.	2015 г.
Самцы, n	44	53	48	27
XL ₀	11,4±4,8	24,5±5,9	18,8±5,6	7,4±5,0
XL ₁	86,4±5,2	71,7±6,2	81,3±5,6	92,6±5,0
XL ₄	2,2±2,2	3,8±2,6	0	0
Самки, n	55	51	55	30
XL ₀₀	16,4±5,0	19,6±5,6	27,3±6,0	6,7±4,6
XL ₀₁	9,1±3,9	17,6±5,3	12,7±4,5	10,0±5,5
XL ₁₁	67,2±6,3	56,9±6,9	50,9±6,7	76,8±7,7
XL ₁₄	5,5±3,1	5,9±3,3	9,1±3,9	6,7±4,6
XL ₀₄	1,8±1,8	0	0	0
Оба пола, n	99	104	103	57
2R ₀₀	33,3±4,7	42,3±4,8	43,7±4,9	26,3±5,8
2R ₀₁	42,5±5,0	36,5±4,7	34,0±4,7	40,4±6,5
2R ₁₁	24,2±4,3	21,2±4,0	22,3±4,1	33,3±6,2
3R ₀₀	54,6±5,0	66,3±4,6	63,1±4,8	57,9±6,5
3R ₀₁	33,3±4,7	27,9±4,4	35,9±4,7	38,6±6,4
3R ₁₁	12,1±3,3	5,8±2,3	1,0±1,0	3,5±2,4
3L ₀₀	99,0±1,0	93,3±2,5	94,2±2,3	100
3L ₀₁	1,0±1,0	6,7±2,5	5,8±2,3	0
3L ₀₃	0	0	0	0

для исследования, который обладает немного другими экологическими характеристиками, хромосомный состав личинок не изменялся и не отличался от предыдущих лет. Следовательно, несмотря на микробиотопические различия, генетическая структура комаров оставалась стабильной. Сравнение выборок за разные годы в конкретных биотопах методом χ^2 не показывает значимых различий, кроме случаев,

когда в отдельные годы возможны обратимые отклонения по определенным хромосомным вариантам.

Для выявления межпопуляционных различий сравнивали биотопы № 1-№ 4 друг с другом, суммировав изученные выборки за разные годы (табл. 7).

Известно, что высокая изменчивость частот инверсий половой хромосомы у *An. messeae* наблюдается внутри отдельных зон на территории европей-

Таблица 7

Хромосомный состав личинок *An. messeae* во всех изученных биотопах пос. Вербилки и д. Князчино Талдомского района Московской области

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$ %			
	Биотоп № 1 (пос. Вербилки, ст. русло реки), выборки 1–4	Биотоп № 2 (пос. Вербилки, карьер), выборки 5–11	Биотоп № 3 (пос. Вербилки, пожарный пруд), выборки 12–15	Биотоп № 4 (д. Князчино, пруд у дороги), выборки 16–19
Самцы, n	219	272	53	128
XL ₀	12,8±2,3	8,1±1,7	9,4±4,0	18,8±3,4
XL ₁	83,6±2,5	89,7±1,8	90,6±4,0	79,7±3,6
XL ₄	3,6±1,3	2,2±0,9	0	1,5±1,1
Самки, n	233	298	89	146
XL ₀₀	8,2±1,8	3,0±1,0	13,5±3,6	18,5±3,2
XL ₀₁	10,7±2,0	4,7±1,2	9,0±3,0	13,0±2,8
XL ₁₁	70,8±3,0	83,9±2,1	67,4±5,0	61,6±4,0
XL ₁₄	10,3±2,0	8,1±1,6	10,1±3,2	6,2±2,0
XL ₀₄	0	0,3 ±0,3	0	0,7±0,7
Оба пола, n	452	676	247	363
2R ₀₀	35,4±2,2	30,6±1,8	39,7±3,1	37,7±2,5
2R ₀₁	40,9±2,3	48,5±1,9	44,5±3,2	38,0±2,5
2R ₁₁	23,7±2,0	20,9±1,6	15,8±2,3	24,2±2,2
3R ₀₀	59,1±2,3	62,4±1,9	59,1±3,1	60,9±2,6
3R ₀₁	36,1±2,3	32,3±1,8	35,2±3,0	33,3±2,5
3R ₁₁	4,8±1,0	5,3±0,9	5,7±1,5	5,8±1,2
3L ₀₀	97,1±0,8	96,9±0,7	93,5±1,6	96,1±1,0
3L ₀₁	1,6±0,6	3,1±0,7	6,5±1,6	3,9±1,0
3L ₀₃	1,3±0,5	0	0	0

ской части России [2]. Предполагается, что инверсионный полиморфизм по половой хромосоме является адаптацией к локальным условиям среды. Инверсии аутосом, напротив, демонстрируют клинальную изменчивость в пространстве ареала в направлении с юга на север (для хромосом 2R и 3L) и с запада на восток (для 3R). В нашей работе были найдены значимые био-

топические различия при сравнении частот инверсий левого плеча половой хромосомы (XL) и выявлена почти полная идентичность по хромосомному составу аутосом (2R, 3R, 3L). В четырех изученных биотопах обнаружили значимые различия в частотах инверсий половой хромосомы у личинок *An. messeae*: $\chi^2=83,7$; $df=6$; $p<0,001$ (рис. 1).

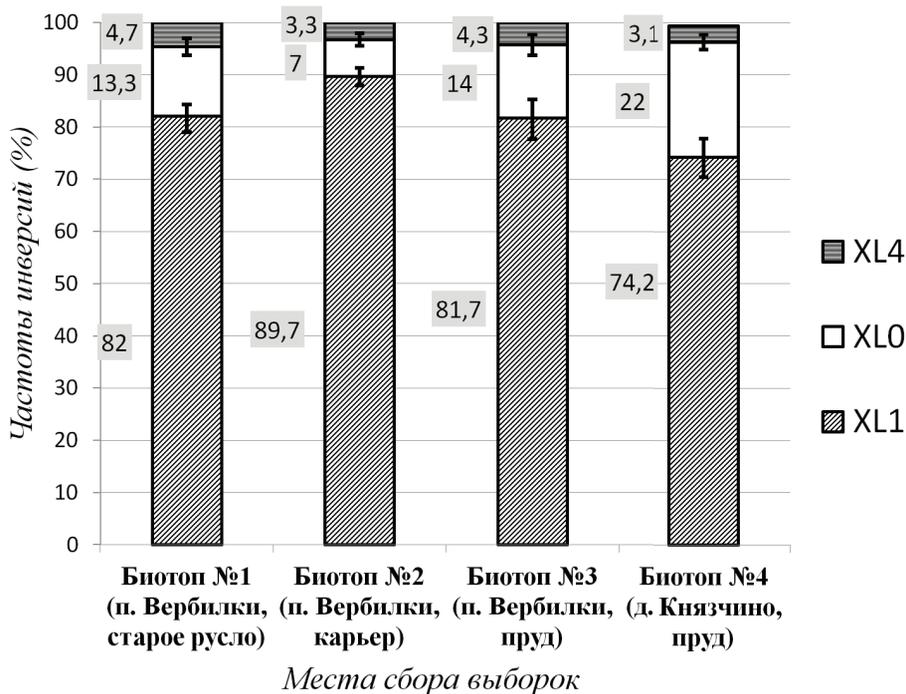


Рис. 1. Частоты инверсий XL у *An. messeae* в биотопах пос. Вербилки и д. Князчино Талдомского района Московской области.

В сравниваемых биотопах хорошо заметно уменьшение частоты встречаемости инверсий XL, а также хромосомных вариантов XL₁₁, XL₁₄ в популяции из биотопа № 4 (пруд в окрестностях д. Князчино). Значимые различия по составу хромосомы XL показаны при сравнении объединенных выборок из пос. Вербилки (биотопы № 1–3) и д. Князчино (биотоп № 4) - $\chi^2=60,0$; $df=2$; $p<0,001$. При сравнении любого отдельного биотопа из пос. Вербилки с биотопом д. Князчино также показаны значимые различия.

Хромосомный состав *An. messeae* может зависеть и от условий симпатрии с другими видами малярийных комаров. Так, при совместном обитании с личинками *An. maculipennis*, отмечено увеличение частоты «южных»

хромосомных вариантов XL₀₀, 2R₀₀, 3R₀₀, 3L₀₀ у комаров *An. messeae* [1]. Однако биотопы № 1 (где обнаружен только *An. messeae*) и № 3 (где доля *An. maculipennis* максимальная из представленных) имеют одинаковый хромосомный состав и значимых различий не обнаруживают. Вероятно, это объясняется высокой долей доминирующего вида и отсутствием временных мест выплода.

Полученные данные демонстрируют относительную изолированность двух популяций *An. messeae* пос. Вербилки и д. Князчино между собой. Несмотря на малое расстояние между биотопами № 1–3 и № 4 (5,5 км), поток генов между популяциями отсутствует или настолько мал, что не оказывает влияния на хромосомный состав. Изо-

лирующих препятствий для имаго на территории нет, а, следовательно, малярийные комары в массе не отлетают далеко от мест своего выплода.

Для оценки межпопуляционной изменчивости был проведен дискриминантный анализ, позволяющий исследовать особей из каждой выборки и по всем хромосомным вариантам одновременно (рис. 2 и табл. 8). Результаты дискриминантного анализа показали, что выборки из биотопа № 4 д. Князчино группируются отдельно от выборок № 1–3 из пос. Вербилки. В качестве аутгруппы были взяты 7 выборок *An. messeae* из Краснодарского края и Республики Адыгея. Положение аутгруппы на диаграмме отражает высокий уровень различий по хромосомному составу.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что в пос. Вербилки и д. Князчино существуют две обособленные популяции *An. messeae* с собственной исторически сложившейся кариотипической структурой. Хромосомный состав этих популяций характеризуется высокой устойчивостью во времени. Битопиская подразделенность способствует поддержанию высокого уровня хромосомного полиморфизма в популяции. По нашему мнению, миграции играют слабую роль в определении хромосомного состава популяции, что способствует сохранению межпопуляционных различий. Фактически популяции малярийных комаров приурочены к местам выплода, что подтверждается результатами цитогенетического анализа.

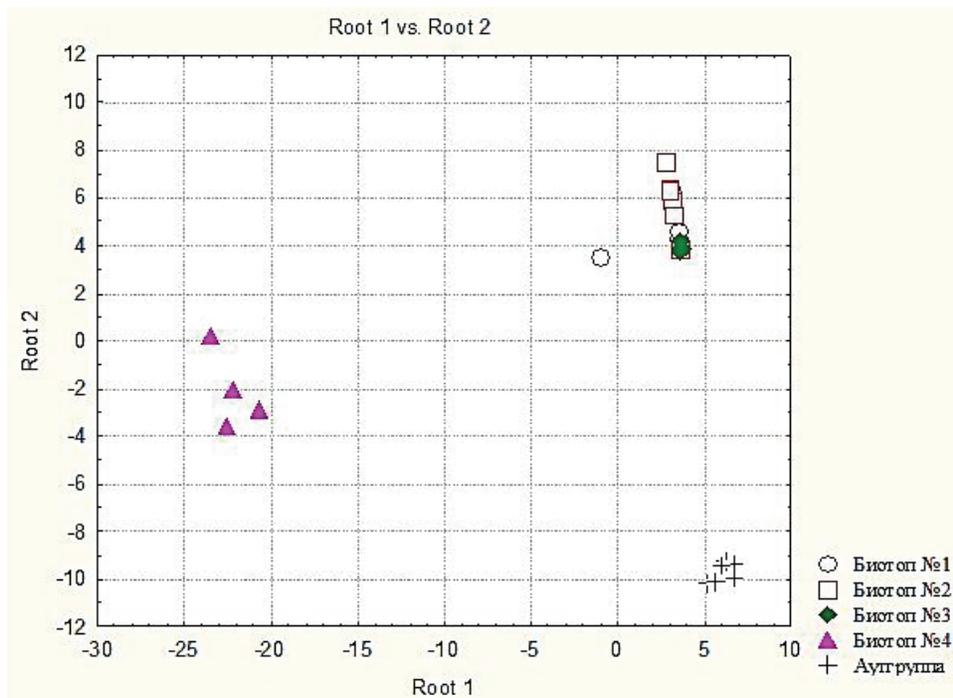


Рис. 2. Диаграмма рассеяния канонических значений дискриминантных функций 1 и 2 для частот инверсий у *An. messeae* в биотопах пос. Вербилки и д. Князчино Талдомского района Московской области.

Таблица 8

Расстояния Махалонобиса между центроидами общих конфигураций частот инверсий *Anopheles messeae* в четырех биотопах

	Биотоп № 1	Биотоп № 2	Биотоп № 3	Биотоп № 4	Аутгруппа
Биотоп № 1	-	0,250812	0,413424	0,000000	0,000000
Биотоп № 2	0,250812	-	0,080561	0,000000	0,000000
Биотоп № 3	0,413424	0,080561	-	0,000000	0,000000
Биотоп № 4	0,000000	0,000000	0,000000	-	0,000000
Аутгруппа	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	-

Результаты работы позволяют сформулировать ряд выводов. В итоге исследования в изученных местообитаниях Талдомского района Московской области обнаружено два вида двойника комплекса *Anopheles maculipennis*: *An. messeae* и *An. maculipennis*, при этом у полиморфного вида *An. messeae* определены хромосомные инверсии XL₁; XL₄; 2R₁; 3R₁; 3L₁; 3L₃, а также уникальная инверсия 3L₃. Все изученные биотопы характеризуются постоянством хромосомного состава личинок *An. messeae*. В случае локальных отклонений частот инверсий в

ответ на временные изменения среды, происходит восстановление исходной генетической структуры комаров. Выборки из пос. Вербилки и из д. Князьчино относятся к разным популяциям. Каждая из популяций характеризуется собственной генетической структурой. Значительные межпопуляционные различия сохранялись в течении всего восьмилетнего периода наблюдений.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов 16-34-60087 мол_а_дк и 14-44-03613 р_центр_а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев М.И. Адаптивные стратегии в популяции малярийных комаров: дис. ... доктора биол. наук. Томск, 1998. 304 с.
2. Гордеев М.И., Безжонова О.В., Москаев А.В. Хромосомный полиморфизм в популяциях малярийного комара *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) на юге Русской равнины // Генетика. 2012. Том 48. № 9. С. 1124–1128.
3. Москаев А.В. Экологическая специализация видов-двойников малярийных комаров европейской части России: дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 149 с.
4. Москаев А.В., Гордеев М.И., Кузьмин О.В. Хромосомный состав популяций малярийного комара *Anopheles messeae* в центре и на периферии видового ареала // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 1. С. 29–36.
5. Перевозкин В.П. Адаптивный полиморфизм малярийных комаров комплекса *Anopheles maculipennis* // Научно-практическое руководство по малярии (эпидемиология, систематика, генетика). Томск: Изд-во Томского ун-та, 2007. С. 105–145.
6. Перевозкин В.П., Гордеев М.И., Бондарчук С.С. Хромосомный полиморфизм и закономерности формирования субпопуляционной организации малярийных комаров

Anopheles (Diptera, Culicidae) в местообитаниях Томской области // Генетика. 2009. Т. 45. № 4. С. 478–487.

7. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. М.: МГУ. 1980. 151 с.
8. Стегний В.Н. Популяционная генетика и эволюция малярийных комаров. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1991. 136 с.
9. Тюрин В.В., Щеглов С.Н. Дискриминантный анализ в биологии. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2015. 126 с.

REFERENCES

1. Gordeev M.I. Adaptivnye strategii v populyatsii malyariinykh komarov: dis. ... dokt. biol. nauk [Adaptive strategies in populations of malarial mosquitoes: dis. ... doctor. biol. sciences]. Tomsk, 1998. 304 p.
2. Gordeev M.I., Bezzhonova O.V., Moskaev A.V. Khromosomnyi polimorfizm v populyatsiyakh malyariinogo komara *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) na yuge Russkoi ravniny [Chromosomal polymorphism in populations of malaria mosquito *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) in the South of the Russian plain] // Genetika. 2012. vol. 48 no. 9. pp. 1124–1128.
3. Moskaev A.V. Ekologicheskaya spetsializatsiya vidov-dvoynikov malyariinykh komarov Evropeiskoi chasti Rossii: dis. ... kand. biol. nauk [Ecological specialization of several sister species of malarial mosquitoes in the European part of Russia: dis. ... kand. biol. sciences]. M., 2012. 149 p.
4. Moskaev A.V., Gordeev M.I., Kuz'min O.V. Khromosomnyi sostav populyatsii malyariinogo komara *Anopheles messeae* v tsentre i na periferii vidovogo areala [Chromosomal structure of populations of malaria mosquito *Anopheles messeae* in the center and periphery of the species range] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2015. no. 1. pp. 29–36.
5. Perevozkin V.P. Adaptivnyi polimorfizm malyariinykh komarov kompleksa *Anopheles maculipennis* [Adaptive polymorphism of the malaria mosquito complex *Anopheles maculipennis*] Nauchno-prakticheskoe rukovodstvo po malyarii (epidemiologiya, sistematika, genetika) [Scientific-practical guide on malaria (epidemiology, taxonomy, genetics)]. Tomsk, Izd-vo Tomskogo un-ta, 2007. pp. 105–145.
6. Perevozkin V.P., Gordeev M.I., Bondarchuk S.S. Khromosomnyi polimorfizm i zakonomernosti formirovaniya subpopulyatsionnoi organizatsii malyariinykh komarov *Anopheles* (Diptera, Culicidae) v mestoobitaniyakh Tomskoi oblasti [Chromosomal polymorphism and regularities of formation of the subpopulation organization of the malaria mosquito *Anopheles* (Diptera, Culicidae) habitats in the Tomsk region] // Genetika. 2009. vol. 45 no. 4. pp. 478–487.
7. Plokhinskii N.A. Algoritmy biometrii [Algorithms of biometrics]. M., MGU, 1980. 151 p.
8. Stegnii V.N. Populyatsionnaya genetika i evolyutsiya malyariinykh komarov [Population genetics and evolution of malarial mosquitoes]. Tomsk, Izd-vo Tomskogo un-ta, 1991. 136 p.
9. Tyurin V.V., Shcheglov S.N. Diskriminantnyi analiz v biologii [Discriminant analysis in biology]. Krasnodar, Kubanskii gos. un-t, 2015. 126 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Москаев Антон Вячеславович – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии и биоэкологии Московского государственного областного университета;
e-mail: av.moskaev@mgou.ru

Гордеев Михаил Иванович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей биологии и биоэкологии Московского государственного областного университета;

e-mail: mi.gordeev@mgou.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Moskaev Anton V. – candidate of biological sciences, associate professor of the departments of General Biology and Bioecology at the Moscow State Regional University;

e-mail: av.moskaev@mgou.ru

Gordeev Mikhail I. – doctor of biological sciences, professor, head of the department of General Biology and Bioecology at the Moscow State Regional University;

e-mail: mi.gordeev@mgou.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Москаев А.В., Гордеев М.И. Хромосомный полиморфизм и пространственное распределение малярийных комаров в смежных популяциях Московской области // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 32–46.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-32-46

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

A. Moskaev, M. Gordeev. Chromosome polymorphism and spatial distribution of malaria mosquitoes in neighboring populations of Moscow region // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 32–46.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-32-46

УДК 616.8-056.7+616.831-009.12

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-47-56

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВНУТРИОРГАННОЙ СРЕДЫ ПРИ СПИНАЛЬНОЙ МЫШЕЧНОЙ АТРОФИИ 2 ТИПА В ОРГАНОТИПИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ ТКАНИ

Соколова М.Г.¹, Лобзин С.В.¹, Пеннийянен В.А.², Кипенко А.В.², Лопатина Е.В.², Резванцев М.В.³

¹ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова 191016, г. Санкт-Петербург, пр. Пискаревский, д. 47., Российская Федерация

² Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.6, Российская Федерация

³ Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6., Российская Федерация

Аннотация. Моделирование биохимических условий внутриорганной среды при спинальной мышечной атрофии 2-го типа в органотипической культуре ткани выявило ингибирующий эффект сыворотки крови больных на рост нейритов эксплантатов. Установлено, что степень ингибирования роста нейритов спинальных ганглиев куриных эмбрионов коррелирует с показателями концентрации нейротрофинов (ФРГМ и ЦНТФ) в сыворотке крови больных СМА 2-го типа. Гиперэкспрессия нейротрофинов тормозит рост нейритов. Этот эффект можно рассматривать как фактор, способствующий дальнейшему процессу нейродегенерации в нервной ткани.

Ключевые слова: спинальная мышечная атрофия 2 типа, сыворотка крови, органотипическая культура ткани, фактор роста головного мозга (ФРГМ), цилиарный нейротрофический фактор (ЦНФ), каспаза-8, тамоксифен, нейрит-ингибирующий эффект.

MODELING BIOCHEMICAL CONDITIONS OF THE INTRAORGAN MEDIUM IN TYPE-2 SPINAL MUSCULAR ATROPHY IN THE ORGANOTYPIC TISSUE CULTURE

M. Sokolova¹, S. Lobzin¹, V. Penniyaynen², A. Kipenko², E. Lopatina², M. Rezvantsev³

¹ North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov Piskarevsky pr. 47, 195067 St. Petersburg, Russia

² Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences nab. Makarova 6, 199034 St. Petersburg, Russia

³ S.M. Kirov Military Medical Academy ul. Akad. Lebedeva 6, 194044 St. Petersburg, Russia

Abstract. Modelling biochemical conditions of the intraorgan medium in type-2 spinal muscular atrophy in the organotypic tissue culture allowed us to detect the inhibiting effect on the growth of axons of sensory ganglia in 10–12-day chicken embryos. It is shown that the degree of

© Соколова М.Г., Лобзин С.В., Пеннийянен В.А., Кипенко А.В., Лопатина Е.В., Резванцев М.В., 2016.

growth inhibition of axons of spinal ganglia in chicken embryos correlates with the parameters of neurotrophin concentration in the blood serum of patient with type-2 spinal muscle atrophy (SMA). Neurotrophins hyperexpression inhibits the growth of the axon. That effect may be seen as a factor promoting further neurodegeneration in the nervous tissue.

Key words: spinal muscle atrophy of type 2 (SMA), blood serum, organotypic culture, brain derived neurotrophic factor (BDNF), ciliary neurotrophic factor (CNTF), tamoxifen, caspase 8, neurite-inhibitory effect.

Спинальная мышечная атрофия (СМА) 2 типа – аутосомно-рецессивное заболевание, характеризующееся дегенеративным изменением альфамотонейронов передних рогов спинного мозга. Заболевание проявляется слабостью проксимальной мускулатуры, парезами, дыхательной недостаточностью и ранней смертностью [4, с. 345]. Изучение биохимических процессов на органном уровне позволяет уточнить патогенез и выявить факторы, способствующие прогрессированию неизлечимого заболевания.

Органнотипические культуры применяют для изучения механизмов роста и дифференцировки клеток, гистогенеза, межклеточных и межтканевых взаимодействий, а также изучения способов сохранения жизнеспособности изолированных органов, предназначенных для трансплантации [2, с. 183]. Преимуществом метода органотипической культуры ткани является возможность оценить влияние тестируемых биологически активных веществ и воздействий на развитие клеточного сообщества, составляющего определенную ткань, сохраняя при этом характерную для данного органа цитоархитектонику и «иерархию» клеточного соподчинения. Это позволяет в условиях *in vitro* исследовать клеточные и молекулярные механизмы патологических состояний, роста и дифференцировки клеток в так называемом

«чистом виде», т.е. исключив нервные и гуморальные влияния [7, с. 175].

К настоящему времени хорошо изучены процессы, протекающие при культивировании спинальных ганглиев: распластывание эксплантатов, морфологическая и функциональная дифференцировка нейронов, рост отростков, пролиферация и миграция глии, гистохимические отличия нервных клеток в культуре и *in vivo* [8, с. 426]. За последние десятилетия открыто большое количество биологически активных субстанций, которые в физиологических условиях способны влиять на активность роста аксонов, ветвления дендритов и стимулировать дифференцировку нейронов [13; 14]. Прежде всего – это нейротрофические факторы: фактор роста головного мозга (ФРГМ) и циллиарный нейротрофический фактор (ЦНТФ). ФРГМ участвует в дифференцировке нейронов, созревании и формировании синапсов [10; 12; 15]. ЦНТФ относится к семейству нейропоэтических цитокинов и рассматривается как ключевой фактор дифференцировки развивающихся нейронов и глиальных клеток [11].

Гибель α -мотонейронов при СМА 2 типа происходит путем апоптоза. Известно, что существуют два основных пути апоптоза в клетке: митохондриальный путь и путь через активацию рецепторов смерти, вследствие запуска

каспазного каскада [5]. Изучение в органотипической культуре ткани роли нейротрофинов и белков участвующих в активации каспазного каскада помогут уточнить патогенез СМА 2 типа.

Материал и методы

Было обследовано 18 больных СМА 2 типа в возрасте 8–15 лет (5 девочек и 7 мальчиков). Клинико-генетическая характеристика: нарушения в двигательной сфере у больных СМА 2 типа проявлялись с рождения. Молекулярно-генетическое исследование подтверждало диагноз СМА 2 типа с выявлением дефекта на длинном плече 5-ой хромосомы (в интервале между D5S629 и D5S557). Контрольную группу составляли 30 здоровых детей (12 девочек и 18 мальчиков).

Определение уровня ФРГМ, ЦНТФ и каспазы-8 проводили иммуноферментным методом в образцах сыворотки крови с использованием коммерческих иммуноферментных наборов фирмы RayBiotech Inc. и фирмы eBioscience Inc. в соответствии с инструкциями производителя. Пороговые величины определения: ФРГМ – 20 пг/мл; ЦНТФ – 8 пг/мл; каспазы-8 – 0,10 нг/мл.

Исследование влияния сыворотки крови больных СМА 2 типа на рост нейритов проведено на 800 эксплантатов спинальных ганглиев 10–12 дневных куриных эмбрионов, в качестве контрольных эксплантатов использовали 300 спинальных ганглиев. Эксплантаты культивировали в CO_2 -инкубаторе (Sanyo) в течение 3-х суток на подложках из коллагена в чашках Петри при $36,5^\circ\text{C}$ и $5\% \text{CO}_2$ в условиях стандартного содержания [1; 9,

с. 3–42]. В экспериментальных чашках в культуральную среду добавляли сыворотку крови больных СМА 2 типа в различном диапазоне разведений. На втором этапе эксперимента в исследуемые эксплантаты добавляли ингибитор протеинкиназы С – тамоксифен (tamoxifen) (10^{-5}M) («Sigma», США).

Для количественной оценки роста эксплантатов применяли морфометрический метод. Индекс площади (ИП) рассчитывали как отношение площади всего эксплантата, включая зону роста, к исходной площади [8, с. 126]. Контрольное значение ИП принимали за 100%.

Для визуализации объектов использовали микроскоп Axiostar Plus (CarlZeiss, Германия). Полученные изображения анализировали с помощью программы ImageJ. Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Конфокальная микроскопия» Института физиологии им. И.П. Павлова РАН.

В ходе исследования применяли различные методы статистического анализа: определение критерия Шапиро–Уилка; оценка статистической значимости различия количественного показателя в двух группах с использованием непараметрического критерия Манна–Уитни (Mann–Whitney U Test); непараметрический дисперсионный анализ с оценкой критерия Крускала–Уоллиса (Kruskal–Wallis ANOVA by Ranks). Описание количественных признаков выполнено с использованием медианы 25% и 75% перцентилей. Нулевая статистическая гипотеза отвергалась при уровне значимости $p < 0,05$. Статистический анализ осуществлялся с использованием пакета STATISTICA 8.0 (StatSoft® Inc., USA).

Результаты и их обсуждение

В ранее проведенной серии опытов в органотипической культуре ткани в присутствии сыворотки крови больных СМА 2 типа был выявлен ингибирующий эффект на рост нейритов спинозных ганглиев в разведении сыворотки 1:70 [6]. Вследствие этого дальнейшее изучение сыворотки больных СМА 2 типа проводилось в разведении 1:70. Для уточнения механизма ингибирования роста нейритов в органотипической культуре ткани к исследуемым эксплантатам добавляли ингибитор протеинкиназы С тамоксифен (tamoxifen) (10^{-5} М), присутствие которого устраняло нейритингибирующий эффект плазмы. Индекс площади экспериментальных эксплантатов практически не отличался от контрольного значения.

Лабораторные исследования сыворотки крови больных СМА 2 типа выявили, что концентрация ФРГМ (36653 ± 3606 пг/мл) в сыворотке крови больных СМА 2 типа статистически значимо ($p < 0,05$) и выше, чем в контрольной группе (27313 ± 7260 пг/мл). Изучение разброса данного показателя выявило, что концентрация ФРГМ в сыворотке крови контрольной группы находится в диапазоне от 16040 пг/мл до 41960 пг/мл, а у больных СМА 2 типа – от 22523 пг/мл до 63700 пг/мл.

Анализ результатов ЦНТФ в сыворотке крови не обнаружил наличия статистически значимого различия между контрольной и исследуемой группой ($23,0 \pm 14,3$ пг/мл против $21,3 \pm 13,2$ пг/мл соответственно). Диапазон значений ЦНТФ находился в контрольной группе в интервале от 1,1

до 62,9 пг/мл), у больных СМА 2 типа – от 3,1 до 49,7 пг/мл.

Данные иммуноферментного анализа свидетельствуют о том, что концентрация каспазы-8 в сыворотке крови больных СМА 2 типа составляет 0,26 [0,18; 0,42] при разбросе показателя от 0,11 до 0,80 нг/мл, что статистически значимо ($p < 0,001$), выше, чем в контрольной группе – 0,0 [0,0; 0,4] нг/мл.

В ранее проведенном исследовании нами было отмечено, что имеет место корреляционная связь между концентрацией ФРН в сыворотке крови больных СМА и ИП [3, с. 119–131]. Было показано наличие статистически значимой ($p < 0,001$) сильной обратной (Spearman $R = -0,90$) корреляционной связи. В данном исследовании мы провели корреляционный анализ между показателями ФРГМ и ЦНТФ в сыворотке крови больных СМА 2 типа и ИП. Для оценки характера статистической связи между концентрацией ФРГМ в сыворотке крови больных СМА и ИП было проведено вычисление непараметрического коэффициента корреляции Спирмена, который показал наличие статистически значимой ($p < 0,001$) сильной обратной (Spearman $R = -0,94$) корреляционной связи между признаками. Характер корреляционного поля на диаграмме рассеяния позволил предположить наличие линейного участка зависимости между количеством ФРГМ в сыворотке крови больных СМА и ИП в интервале концентраций от 0 до 1500 пг/мл, что и было подтверждено (см. рис. 1) при построении дополнительной диаграммы рассеяния для данного интервала концентрации ФРГМ.

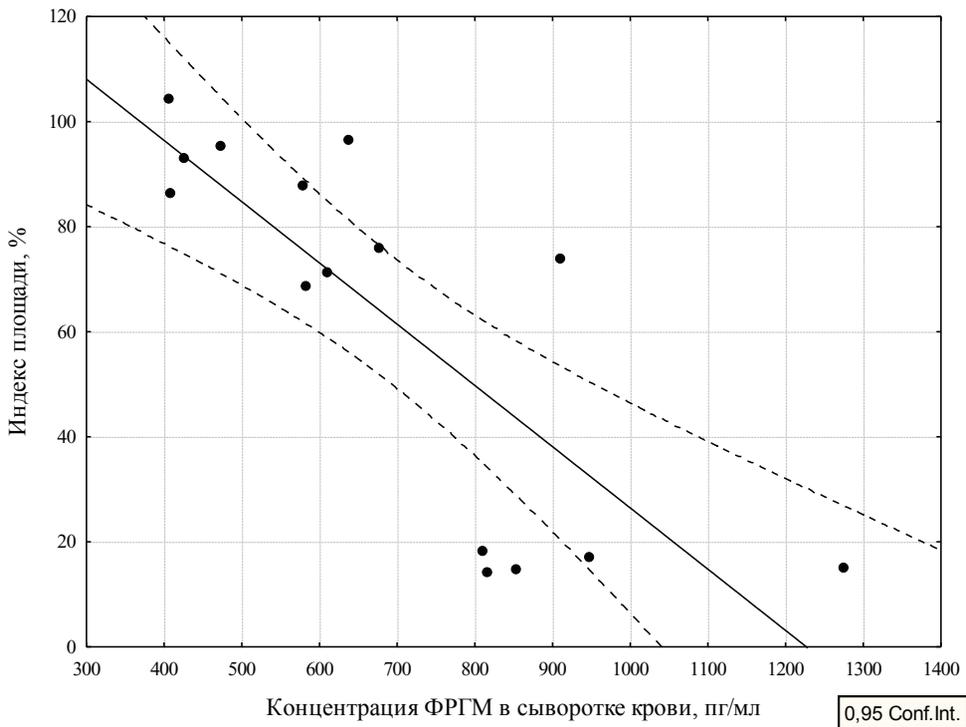


Рис. 1. Графическая оценка связи между концентрацией ФРГМ в сыворотке крови больных СМА в интервале от 0 до 1500 пг/мл и ИП.

Количественная оценка линейной связи показала наличие статистически значимой ($p < 0,001$) сильной обратной (коэффициент корреляции Пирсона $r = -0,80$) корреляционной связи между содержанием ФРГМ в сыворотке крови больных СМА и ИП в диапазоне концентраций от 0 до 1500 пг/мл. По аналогичной методике была проанализирована связь между концентрацией ЦНТФ в сыворотке крови у больных СМА и ИП. Характер корреляционного поля свидетельствует о наличии нелинейной отрицательной корреляционной связи между признаками.

Количественная оценка, проведенная с использованием непараметри-

ческого коэффициента корреляции Спирмена, показала наличие статистически значимой ($p < 0,001$) сильной обратной (Spearman $R = -0,88$) корреляционной связи между признаками. При значениях концентрации ЦНТФ в сыворотке крови больных СМА более 1 пг/мл индекс площади стремится к минимальным значениям. В случае снижения концентрации ЦНТФ менее 0,5 пг/мл наблюдается рост значения показателя ИП. Построение диаграммы рассеяния (рис. 2) для интервала концентрации ЦНТФ от 0 до 0,5 пг/мл подтвердило гипотезу о наличии линейного участка для связи указанных признаков.

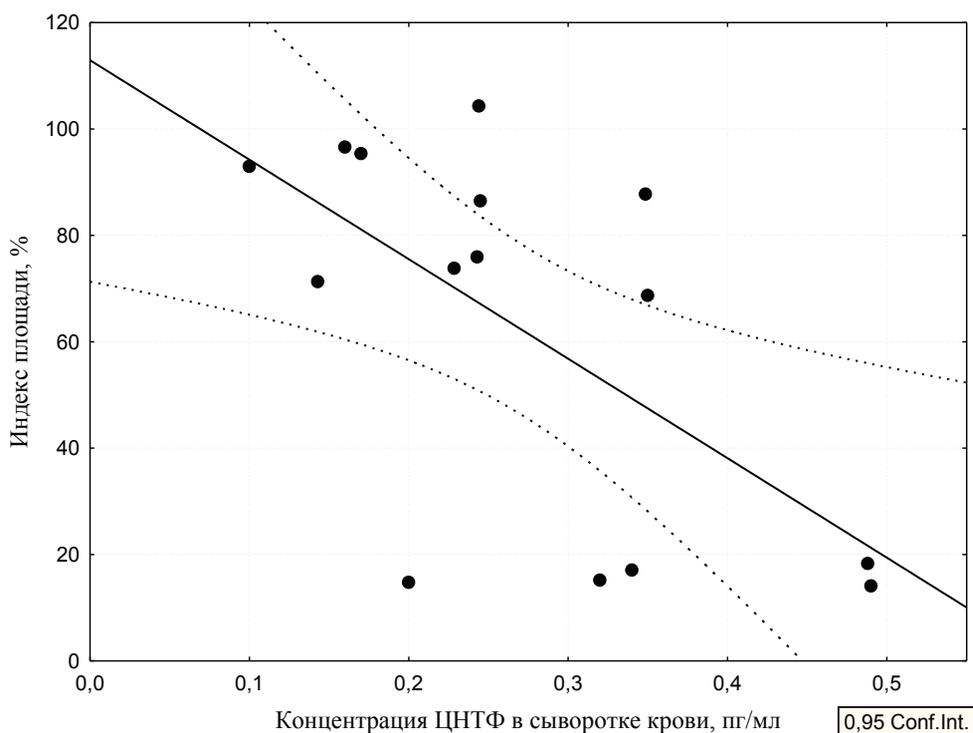


Рис. 2. Графическая оценка связи между концентрацией ЦНТФ в сыворотке крови больных СМА в интервале от 0 до 0,5 пг/мл и ИП.

Количественная оценка линейной связи показала наличие статистически значимой ($p=0,014$) сильной обратной (коэффициент корреляции Пирсона $r=-0,62$) корреляционной связи между содержанием ЦНТФ в сыворотке крови больных СМА и ИП в диапазоне концентраций от 0 до 0,5 пг/мл. Таким образом, выявлено, что степень ингибирования роста нейритов спинальных ганглиев куриных эмбрионов коррелирует с показателями концентрации ФРГМ и ЦНТФ в сыворотке крови больных СМА 2 типа.

Проведенное нами исследование показало, что у больных СМА 2 определяется высокая активность протеолитического фермента – каспазы-8, подтверждающая участие каспазы-8-

зависимого пути (caspase-8-dependant) при развитии СМА 2 типа. Также выявлена гиперэкспрессия нейротрофинов (ФРГМ и ЦНТФ), которую можно объяснить активацией процессов нейропластичности, направленных на формирование новых полисинаптических связей.

Однако в эксперименте на органо-типической культуре ткани показано, что сыворотка больных СМА 2 типа ингибирует рост нейритов сенсорных ганглиев. Выявлена сильная корреляционная связь между фактом ингибирования роста нейритов нейронов сенсорных ганглиев и концентрацией ФРГМ и ЦНТФ в сыворотке крови больных СМА 2 типа. При ингибировании протеинкиназы С, которая уча-

ствуется в реализации данного каскада, в исследуемых эксплантатах тамоксифеном мы наблюдали восстановление роста нейритов исследуемых эксплантатов. Эта серия экспериментов подтверждает наше предположение, что в ингибирующем эффекте задействован мап-киназный сигнальный путь, который активизируется НТФ.

Каспаза-8 – это внутриклеточный пептид, не способный взаимодействовать с нейроном на поверхности мембраны, а скорее отражает активность процесса апоптоза α -мотонейров передних рогов спинного мозга. Так как нейротрофины способны связываться с рецептором p-75, который регулирует апоптоз, то можно рассматривать гиперэкспрессию НТФ и высокие концентрации каспазы-8, как звенья одного патологического процесса. Кроме этого повышенный уровень нейротрофинов, согласно нашим исследованиям, не приводит к восстановлению или частичной компенсации утраченной двигательной функции у больных СМА 2 типа [3, с. 119–131].

Эти данные подтверждены результатами электронейромиографического исследования больных СМА 2 типа, которые указывают на отсутствие или снижение процесса реиннервации [6]. Вследствие повышенной концентрации НТФ возможно происходит из-

лишняя стимуляция тиразинкиназных рецепторов и нарушается нормальная работа системы «нейротрофин-рецептор-лиганд» при одновременном и/или перекрестном взаимодействии ФРГМ, ФРН и ЦНТФ с несколькими типами рецепторов. С одной стороны высокие концентрации в крови НТФ могут указывать на сохранность механизмов нейропластичности у больных СМА 2 типа, с другой стороны, мы видим, что имеет место ингибирующий эффект сыворотки на рост нейритов сенсорных ганглиев.

Возможно, больные СМА 2 типа на протяжении 8-14 лет болезни утратили значительную часть популяции α -мотонейронов, вследствие чего концентрация синтезируемых клетками-мишенями НТФ значительно превышает сохраненные рецепторные тирозинкиназные площади. Гиперэкспрессия НТФ приводит к ингибирующему росту нейритов эффекту, который можно рассматривать как фактор, способствующий дальнейшему процессу нейродегенерации в нервной ткани. Таким образом, моделирование внутриорганных условий в органотипической культуре ткани показало, что в патогенезе СМА 2 типа участвуют разнообразные патологические каскады, тесно связанные между собой, приводящие к прогрессированию заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние оубаина на рост нейритов чувствительных нейронов в органотипической культуре ткани / В.А. Пенниайнен и др. // Цитология. 2003. Т. 45 (№ 5). С. 377–379.
2. Клетки / Под ред. Б. Льюин и др. М.: БИНОМ, 2010. 951с.
3. Морфологические основы патологии / Под ред. В.П. Волков. Новосибирск.: СибАК, 2015. 176 с.
4. Неврология: национальное руководство / Под ред. Е.И. Гусева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 936 с.
5. Нейропротекция: модели, механизмы, терапия / Под ред. М. Бэра. М.: БИНОМ, 2013. 429 с.

6. Оценка реиннервационного процесса у больных спинальной мышечной атрофией 2 типа в комплексном клинико-экспериментальном исследовании / М.Г. Соколова и др. // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. 2014. Т. 6 (№ 4). С. 45–52.
7. Фрешни Р. Культура животных клеток: практическое руководство. М.: БИНОМ, 2010. 691 с.
8. Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. М.: БИНОМ, 2014. 848 с.
9. Черкасова Е.И., Брилкина А.А. Работа с культурами клеток. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2015. 57 с.
10. Acute exercise modulates BDNF and pro-BDNF protein content in immune cells / A. Brunelli et al. // *Medicine and science in sports and exercise*. 2012. Vol. 44 (№ 10). P. 1871–1877.
11. Ciliary neurotrophic factor is required for motoneuron sprouting / S. Siegel et al. // *Exp. Neurol*. 2000. Vol. 166. P. 205–212.
12. Huang E.J., Reichardt L.F. Neurotrophins: Roles in neuronal development and function // *Annu. Rev. Neurosci*. 2001. Vol. 24. P. 677–736.
13. Levi-Montalchini R. The nerve growth factor: thirty-five years later (Nobel lecture, Dec. 8, 1986) // *Nobel Lectures: Physiology or Medicine, 1981-1990* / Ed. Jan Lindsten. Singapore: World Scientific Publishing Co., 1993. P. 349–369.
14. Nerve growth factor, brain-derived neurotrophic factor, neurotrophin-3 and glial-derived neurotrophic factor enhance angiogenesis in a tissue-engineered in vitro model / M. Blais et al. // *Tissue Engineering: Part A*. 2013. Vol. 19 (Iss. 15-16). P. 1655–1664.
15. Role of BDNF in central motor structures and motor diseases / Y.Y. He et al. // *Mol. Neurobiol*. 2013. Vol. 48 (№ 3). P. 83–93.

REFERENCES

1. Penniyainen V.A. i dr. Vliyanie ouabaina na rost neiritov chuvstvitel'nykh neuronov v organotipicheskoi kul'ture tkani [Influence of ouabain on the growth of neurites sensitive neurons in organotypic tissue culture] // *Tsitologiya*. 2003. Vol. 45 (5). pp. 377–379.
2. Lewin B. et al. (Eds) *Cells*. Boston – Toronto – London – Singapore: Jones and Bartlett Publishers, 2007.
3. *Morfologicheskie osnovy patologii* / Pod red. V.P. Volkov [Morphological basis of pathology / Ed. by V.P. Volkov]. Novosibirsk., SibAK, 2015. 176 p.
4. *Nevrologiya: natsional'noe rukovodstvo* / Pod red. E.I. Guseva [Neurology: national guidance / Ed. by E.I. Gusev]. M., GEOTAR-Media, 2009. 936 p.
5. Bähr M. (Ed.) *Neuroprotection: models, mechanisms and therapies*. Wienheim: Wiley, 2004.
6. Sokolova M.G. i dr. Otsenka reinnervatsionnogo protsesssa u bol'nykh spinal'noi myshechnoi atrofiei 2 tipa v kompleksnom kliniko-eksperimental'nom issledovanii [Assessment of the reinnervation process in patients with type-2 spinal muscular atrophy in the integrated clinical and experimental study] // *Vestnik Severo-Zapadnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta im. I.I. Mechnikova*. 2014. Vol. 6 (4). pp. 45–52.
7. Freshney R.I. *Culture of animal cells: A Manual of Basic Technique*. Oxford: Wiley, 2005.
8. Wilson K., Walker G. (Eds) *Principles and techniques of biochemistry and molecular biology*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2010. 769 p.
9. Cherkasova E.I., Brilkina A.A. *Rabota s kul'turami kletok* [Working with cell cultures]. Nizhny Novgorod, Izd-vo Nizhegorodskogo universiteta, 2015. 57 p.
10. Acute exercise modulates BDNF and pro-BDNF protein content in immune cells / A. Brunelli et al. // *Medicine and science in sports and exercise*. 2012. Vol. 44 (№ 10). P. 1871–1877.

- 11 Ciliary neurotrophic factor is required for motoneuron sprouting / S. Siegel et al. // Exp. Neurol. 2000. Vol. 166. P. 205–212.
- 12 Huang E.J., Reichardt L.F. Neurotrophins: Roles in neuronal development and function // Annu. Rev. Neurosci. 2001. Vol. 24. P. 677–736.
- 13 Levi-Montalchini R. The nerve growth factor: thirty-five years later (Nobel lecture, Dec. 8, 1986) // Nobel Lectures: Physiology or Medicine, 1981-1990 / Ed. Jan Lindsten. Singapore: World Scientific Publishing Co., 1993. P. 349–369.
- 14 Nerve growth factor, brain-derived neurotrophic factor, neurotrophin-3 and glial-derived neurotrophic factor enhance angiogenesis in a tissue-engineered in vitro model / M. Blais et al. // Tissue Engineering: Part A. 2013. Vol. 19 (Iss. 15-16). P. 1655–1664.
- 15 Role of BDNF in central motor structures and motor diseases / Y.Y. He et al. // Mol. Neurobiol. 2013. Vol. 48 (№ 3). P. 83–93.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Соколова Мария Георгиевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры неврологии им. акад. С.Н. Давиденкова Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова;
e-mail: sokolova.m08@mail.ru

Лобзин Сергей Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии им. акад. С.Н. Давиденкова Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова;
e-mail: lobzin@szgmu.ru

Пеннияйнен Валентина Альбертовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН»;
e-mail: pvlentina2@yandex.ru.

Кипенко Анна Викторовна – кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН»;
e-mail:

Лопатина Екатерина Валентиновна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН»;
e-mail: evlopatina@yandex.ru.

Резванцев Михаил Владимирович – кандидат медицинских наук, доцент, заместитель начальника учебно-методического отдела ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова»;
e-mail: rmv_spb@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sokolova M.G. – candidate of medical sciences, associate professor of the department of Neurology named after Acad. S.N. Davidenkov at the North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russia;
e-mail: sokolova.m08@mail.ru

Lobzin S.V. – doctor of medical sciences, professor of the department of of Neurology named after Acad. S.N. Davidenkov at the North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russia;
e-mail: lobzin@szgmu.ru

Pennyaynen V.A. – candidate of biological sciences, senior researcher at Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia;
e-mail: pvlentina2@yandex.ru

Kipenko A.V. – candidate of biological sciences, senior researcher at Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia;
e-mail: ?????

Lopatina E.V. – doctor of medical sciences, leading researcher at Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia;
e-mail: evlopatina@yandex.ru

Rezvantsev M.V. – candidate of medical sciences, associate professor, deputy chief of the Educational-Methodical Department at S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia;
e-mail: rmvnb@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Соколова М.Г., Лобзин С.В., Пеннияйнен В.А., Кипенко А.В., Лопатина Е.В., Резванцев М.В. Моделирование биохимических условий внутриорганной среды при спинальной мышечной атрофии 2 типа в органотипической культуре ткани // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 47–56.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-47-56

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

M. Sokolova, S. Lobzin, V. Pennyaynen, A. Kipenko, E. Lopatina, M. Rezvantsev. Modeling biochemical conditions of the intraorgan medium in type-2 spinal muscular atrophy in the organotypic tissue culture // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 47–56.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-47-56

УДК 504.064

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-57-66

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА НА ШЕЛЬФЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА В РАЙОНЕ ЮЖНО-КИРИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Федорец Ю.В., Васильева Л.Е., Раков В.А., Колосова Л.Ф.,
Косьяненко А.А., Еловская О.А.**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская 43*

Аннотация. Приведены результаты исследований планктонных сообществ и макробентоса в районе Южно-Киринского газоконденсатного месторождения на шельфе северо-восточного Сахалина в летнее-осенний период 2014 г. Обнаружен 51 вид и внутривидовой таксон фитопланктона (отбор совпадал с периодами цветения), зоопланктон был представлен 50 обычными для данного района формами, доминировал неритический комплекс. В летнем иктиопланктоне отмечена высокая доля икринок камбалы с плазмоллизным желтком. Основу осеннего иктиопланктона формировали терпуговые. В макробентосе обнаружено 69 видов. Впервые для данного района определено содержание тяжелых металлов в зоопланктоне.

Ключевые слова: Сахалин, планктон, иктиопланктон, макробентос, тяжелые металлы.

CURRENT STATE OF PLANKTON AND BENTHOS COMMUNITIES ON THE NORTHEASTERN SHELF OF SAKHALIN ISLAND IN THE REGION OF THE YUZHNO-KIRINSKOYE GAS CONDENSATE FIELDS

**Yu. Fedorets, L. Vasilyeva, V. Rakov, L. Kolosova,
A. Kosjanenko, O. Elovskaya**

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences
ul. Baltiiskaya 43, 690041 Vladivostok, Russia*

Abstract. We report the results of studies of plankton communities and macrobenthos in the Yuzhno-Kirinskoye gas condensate field offshore northeast Sakhalin in the summer-autumn period in 2014. We have found 51 species and intraspecific taxa of phytoplankton (selection coincided with the flowering periods); zooplankton was represented by 50 ordinary (for this region) forms, with the dominating neritic complex. The summer ichthyoplankton is characterized by a high proportion of flounder roes with plasmolysis yolk. The basis of the autumn ichthyoplankton is formed by combfish. The macrobenthos is presented by 69 species. For the first time we have determined the content of heavy metals in zooplankton in this region.

Key words: Sakhalin, plankton, ichthyoplankton, macrobenthos, heavy metals.

В последние годы, в связи с геологоразведочными изысканиями и добычей нефти и газа на шельфе северо-восточного Сахалина, проведено много детальных исследований морской биоты на отдельных площадках месторождений. Результаты этих исследований содержатся в фондовых материалах (научных отчетах). Несмотря на то, что эта акватория является объектом интенсивных океанографических и гидробиологических исследований, сведения о планктонных сообществах и макробентосных организмах немногочисленны.

Как известно, живые организмы тесно связаны со средой обитания и могут служить надежными индикаторами ее состояния. Планктонные, нектонные и бентосные морские сообщества наиболее восприимчивы к антропогенному воздействию. Исследование планктона является одним из основных направлений проводимого мониторинга окружающей среды на морских акваториях. Планктон – индикатор состояния окружающей среды. Он служит основой кормовой базы значительной части нектона, в том числе промысловых рыб и кальмаров.

Целью настоящей работы является изучение экологической обстановки в районе Южно-Кириного газоконденсатного месторождения на шельфе северо-восточного Сахалина по качественным и количественным показателям фитопланктона, зоопланктона, ихтиопланктона и макробентоса, а также по содержанию тяжелых металлов (ТМ) в зоопланктоне.

Материал и методы

Районом исследования стала акватория между Набильским и Луньским

заливами в зоне Южно-Кириного газоконденсатного месторождения (шельф северо-восточного Сахалина). Отбор проб осуществлялся с 29 июля по 1 августа и с 25 октября по 1 ноября 2014 г. на 25 станциях. Станции 1-6 были отнесены к условно чистому району, а 7-25 – к условно загрязненному, поскольку располагались на полигоне месторождения (см. рис.).

Пробы морской воды для анализа фитопланктона отбирали в летний и осенний периоды при помощи батометра Нискина по стандартным методикам [6, с. 20–40] на трех горизонтах (верхний, промежуточный и придонный слой). Всего было отобрано и обработано 118 проб. Численность клеток подсчитывали в счетных камерах объемом 0,05 и 1 мл. Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида [6, с. 20–40]. За показатель плотности принимали численность клеток в 1 л воды.

Отбор проб зоопланктона проводили в летний и осенний периоды большой планктонной сетью Джеди (БСД-37) с диаметром верхнего входного кольца 37 см и размером ячеи 0,168 мм. Всего была отобрана 91 проба (50 вертикальным ловом и 41 – горизонтальным). Разбор и анализ проб зоопланктона выполнен по стандартным методикам [2, с. 5–28]. Коэффициенты уловистости для сети не применяли. Данные по плотности усредняли и пересчитывали на 1 м³.

Отбор проб ихтиопланктона проводили икорной сетью ИКС-80 с диаметром входного отверстия 80 см и размером ячеи 0,35–0,55 мм. Было отобрано 92 пробы (50 вертикальным

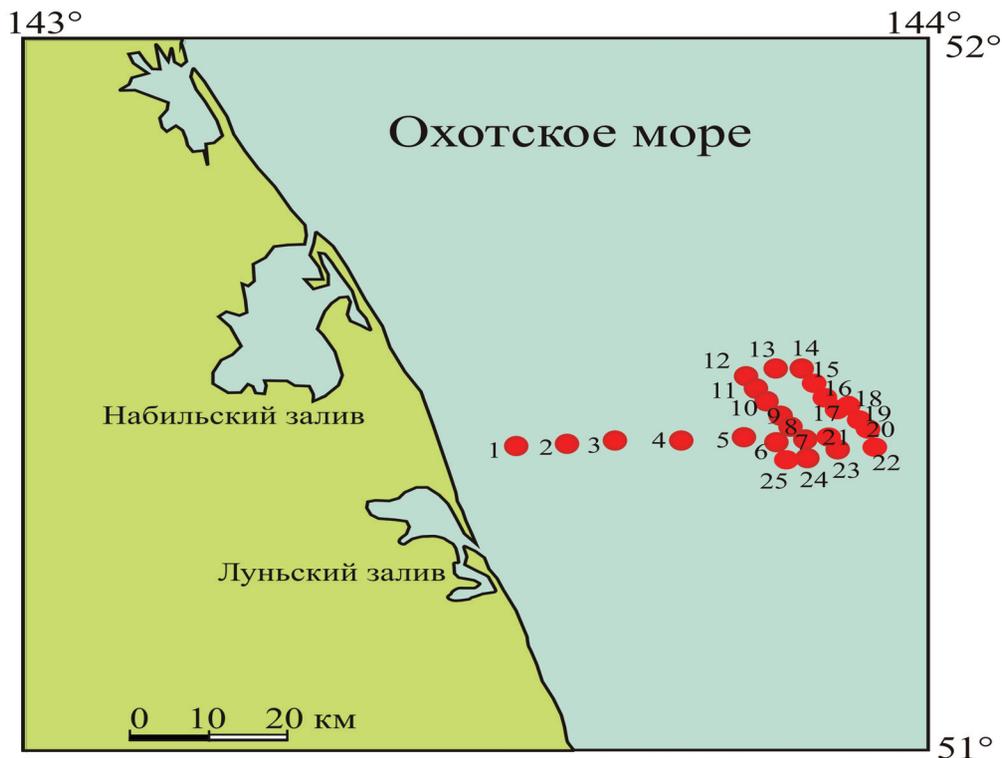


Рис. Местоположение станций отбора проб

ловом и 42 горизонтальным). Горизонтальное траление выполняли по стандартной методике [5, с. 2–35]. Вертикальным ловом пробы отбирали с глубины 100 м до поверхности воды. По результатам вертикальных ловов оценивали численность ихтиопланктона в слое 0–100 м, а по результатам горизонтальных – численность в поверхностном слое. Уловы ихтиопланктона на станциях были пересчитаны на 1 м³.

Отбор проб макробентоса проводили в осенний период с 25 станций ковшовым дночерпателем «Океан» с площадью раскрытия 0,1 м². Отобрано и обработано 75 проб. Тип грунта оценивали визуально. Промывали макробентос на судне через систему гидробиологических сит с наименьшей

ячейей 0,5 мм и фиксировали 4 % раствором формалина в морской воде.

Содержание Mn, Fe, Cu, Zn и Cd (ТМ) в 25 пробах зоопланктона летнего периода отбора было определено методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии с дейтериевой коррекцией фона на приборе Shimadzu AA-6800. Для перевода образца в жидкое состояние использовалось кислотное разложение предварительно высушенной при 85 °С пробы под действием смеси 16 М HNO₃ и 11,3 М HClO₄ при объемном отношении 3 к 1 соответственно.

Результаты и обсуждение

Фитопланктон. Видовой состав в летний период формировали пять отделов микроводорослей: ди-

нофитовые (Dinophyta), диатомовые (Bacillariophyta), зеленые (Chlorophyta), криптофитовые (Cryptophyta) и эвгленовые (Euglenophyta). Всего обнаружено 51 вид и внутривидовой таксон микроводорослей. По числу видов ведущее положение занимали отделы диатомовых (28 видов и внутривидовых таксонов) и динофитовых микроводорослей (15), составлявшие 84 % от общего количества видов. Остальные отделы были представлены небольшим числом видов: криптофитовые – двумя, зеленые – пятью, эвгленовые – одним.

Развитие фитопланктона в конце июля и начале августа 2014 г. можно охарактеризовать как активное. Наблюдался пик цветения, создаваемый следующими водорослями: *Chaetoceros affinis* (от 25,1 до 39,9 тыс. кл./л), *C. didymus* (от 22,2 до 33,6 тыс. кл./л), *C. lacinosus* (от 22,0 до 33,1 тыс. кл./л), *Chaetoceros spp.* (от 20,1 до 30,2 тыс. кл./л), *Coscinodiscus granii* (от 18,1 до 28,6 тыс. кл./л) и *Coscinodiscus spp.* (от 17,6 до 28,9 тыс. кл./л). Микроводоросли концентрировались в промежуточном слое. Их численность колебалась в пределах от 23,7 до 524 тыс. кл./л, а биомасса – от 104 до 602 мг/м³.

Развитие фитопланктона в осенний период 2014 г. можно охарактеризовать как активное. Наблюдался осенний пик цветения, создаваемый водорослями: *Chaetoceros affinis* (от 6,0 до 23 млн. кл./л), *C. decipiens* (от 4,5 до 20,5 млн. кл./л), *Chaetoceros spp.* (от 3,0 до 19 млн. кл./л), *Coscinodiscus oculus-iridis* (от 4,5 до 27 тыс. кл./л), *Coscinodiscus radiatus* (от 3,00 до 26,5 тыс. кл./л), *Cylindrotheca closterium* (от 8,50 до 28,5 тыс. кл./л) и *Skeletonema costatum* (от 4,5 до 19 тыс. кл./л).

Структуру сообщества формировали, главным образом, диатомовые водоросли. Их плотность в период исследования составляла 75–80 % от общей плотности фитопланктона, а биомасса достигала 97–99 % от суммарной биомассы микроводорослей. Средняя численность колебалась в пределах от 34,7 до 285 тыс. кл./л, а биомасса – от 2,56 до 23,6 г/м³. Во всех изученных горизонтах отмечено массовое развитие микроводорослей. Таким образом, в распределении фитопланктона на шельфе северо-восточного Сахалина наблюдается большая межгодовая и сезонная изменчивость, тесно связанная с гидрологическими условиями и, прежде всего, с течениями и стратификацией водных масс. В пределах обследованных акваторий вблизи буровых платформ отмечена локальная изменчивость в распределении численности и биомассы фитопланктона, возможно связанная с гидродинамикой в местах установки буровых платформ. Вертикальные изменения плотности и биомассы фитопланктона тесно связаны с сезонным расположением слоя скачка температуры воды и, возможно, с распределением водных масс разного происхождения. Результаты проведенного анализа, свидетельствующие о преобладании широко распространенных видов-космополитов, совпадают с данными биогеографического анализа, полученными ранее для ряда районов северо-западной части Японского моря и охотоморского побережья Сахалина [1, с. 880; 3, с. 10–20; 4, с. 100–104].

Зоопланктон. В летний период 2014 г. по количеству видов доминировал неритический комплекс, представленный прибрежными видами голопланктона (76%) и меропланкто-

на (личинок донных беспозвоночных животных). Основу численности и биомассы зоопланктона в обследованном районе составляли копеподы. На их долю пришлось около 48 %. Доминировало четыре вида Copepoda: *Metridia okhotensis* (от 100 до 478 экз./м³), *Pseudocalanus minutus* (от 119 до 285 экз./м³), *Oithona similis* (от 120 до 689 экз./м³) и *Neocalanus plumchrus* (от 78 до 341 экз./м³). Основу зоопланктона в большей части определяли виды глубоководные и эврибатные с примесью прибрежных и эпипелагических видов. Общая биомасса зоопланктона колебалась на станциях в пределах от 422 до 1407 мг/м³, а численность варьировала от 742 до 3355 экз./м³.

Численность меропланктона в летний период 2014 г. слагалась за счет размножения Decapoda: Decapodalarvae sp. (до 100 экз./м³), *Chionoecetes opilio*, zoea (до 556 экз./м³), *Paralithodes camtschaticus*, zoea (до 456 экз./м³), *Eualus japonica* (до 49 экз./м³) и *Brachyura* sp. (до 188 экз./м³). Плотность личинок Gastropoda была невысокой – от 3 экз./м³ до 38 экз./м³. У личинок Bivalvia она была еще меньше и не превышала 4 экз./м³, а численность личинок Polychaeta составила от 2 экз./м³ до 45 экз./м³. Личинки Echinodermata были представлены Echinopluteus sp. larvae (плотность не превышала 1 экз./м³). Усоногие раки Cirripedia были встречены на четырех станциях. На 11 станции плотность составила 23 экз./м³, на 14–57 экз./м³, на 16–46 экз./м³ и на станции 20–53 экз./м³.

Зоопланктон исследуемой акватории в осенний период 2014 г. был представлен 40 обычными для данного района формами. По численности (92,3 % общей средней) и биомассе (71,2 %

преобладали копеподы. Общая биомасса зоопланктона колебалась на разных станциях в пределах от 201 до 4853 мг/м³, а численность варьировала от 990 экз./м³ до 19,9 тыс. экз./м³. В осенний период из копепод по биомассе доминировали: *Pseudocalanus minutus* (13,04 % общей средней биомассы), *Metridia okhotensis* (15,88 % общей средней биомассы) и *Calanus gracialis* (32,75 % общей средней биомассы).

Численность меропланктона в осенний период слагалась за счет размножения Bivalvia (от 0,5 до 530 экз./м³, в среднем – 85,38 экз./м³, при средней биомассе 0,503 мг/м³), Gastropoda (от 1 до 225 экз./м³, в среднем – 54,18 экз./м³, при средней биомассе 1,038 мг/м³) и Polychaeta (от 2 до 423 экз./м³, в среднем – 60,60 экз./м³, при средней биомассе 1,34 мг/м³). Личинки Echinodermata были представлены: Echinopluteus sp. larvae (от 0,16 до 48 экз./м³) и Asteroidea spp. (развитие бипиннарии от 0,16 до 40 экз./м³). В среднем численность усоногих раков Cirripedia составила 9,07 экз./м³ при биомассе 0,0535 мг/м³.

По данным Н.Т. Долгановой [1, с. 881–889] в планктоне увеличивается доля дальненеритических мелко- и среднеразмерных видов, таких как *Pseudocalanus newmani*, *Ps. minutus*, *Oithona similis*, за счет этого плотности планктона могут быть выше, по сравнению с летним сезоном. Но в целом общая биомасса снижается именно за счет уменьшения числа крупных форм, которые, созревая, начинают перемещаться на большие глубины дальше от берегов. Так, например, биомасса зоопланктона в сентябре 2009 г. для тотального слоя составила всего 357,5 мг/м³.

Таким образом, видовой состав зоопланктона характеризуется значительным разнообразием. Население верхней толщи мощностью в 100 м состоит как из типичных поверхностных форм, так и из интерзональных животных, поднимающихся с глубины в верхние слои моря. В целом в зоопланктоне по количеству видов доминировал неритический комплекс, представленный прибрежными видами голопланктона (67,5 %) и меропланктона (32,5 %).

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в пробах зоопланктона. Синтез органического вещества фитопланктоном сопровождается аккумуляцией в

нем многих элементов, растворенных в морской воде, в том числе металлов. Металлы в составе фитопланктона включаются в пищевую цепь и передаются зоопланктону. Кроме того, зоопланктон может парентерально поглощать растворенные металлы из воды [7, с. 232]. Существенных отличий в концентрациях металлов в зоопланктоне условно чистого и условно грязного районов (см. табл.) не выявлено. Материал, собранный планктонной сетью, может быть использован для оценки масштабов вовлечения растворенных металлов в продукционный цикл планктона прибрежных вод [7, с. 232].

Таблица

Содержание тяжелых металлов в зоопланктоне, мкг/г сухой массы

ТМ	Условно чистый район (станции 1–6)		Условно грязный район (станции 7–25)	
	Диапазон	Среднее	Диапазон	Среднее
Fe	530–671	645	540–661	625
Zn	91–105	96	91–103	95
Mn	3,9–4,4	4,1	4,0–4,3	4,0
Cu	11,5–12,6	11,7	11,6–12,0	11,5
Cd	0,37–0,53	0,45	0,37–0,50	0,40

Ихтиопланктон. В летний период 2014 г. ихтиопланктон был представлен 6 видами рыб из 4 семейств: 3 вида икры – *Limanda aspera* (от 1 до 53 экз./м³), *Limanda sakhalinensis* (от 0,50 до 46 экз./м³) и *Limanda punctatissima* (от 1 до 42 экз./м³) и 3 вида личинок – *Clupea pallasii* (до 30 экз./м³), *Liparis latifrons* (до 1 экз./м³), *Ammodytes hexapterus* (до 2 экз./м³). Промысловое значение имеют в первую очередь сельдь и камбалы.

У *L. aspera*, *L. sakhalinensis* и *L. punctatissima* отмеченная нами высокая доля икринок с плазмолитным желтком содержит уродливые эмбрионы.

Уродства выражаются в отсутствии дифференциации передней части нервной трубки, неравномерном росте, а также недоразвитости или отсутствии глаз.

В осенний период 2014 г. ихтиопланктон был представлен 8 видами рыб из 5 семейств. По икре определен один вид (*L. punctatissima* с численностью до 0,50 экз./м³), по личинкам – 5 (*Hexagrammos octogrammus* (от 1 до 9 экз./м³), *H. stelleri* (от 1 до 30 экз./м³), *Pleurogrammus azonus* (до 1 экз./м³), *L. sakhalinensis* (до 0,18 экз./м³) и *Hemilepidotus gilberti* (до 0,50 экз./м³), а по молоди – 2

(*Gasterosteus aculeatus* (до 0,20 экз./м³) и *Ammodytes hexapterus* (до 0,50 экз./м³). Основу таксономического состава формировали терпуговые – около 38 % от общего видового списка. Личинки терпуговых в сумме преобладали и по количественным показателям. На их долю пришлось 63 % численности ихтиопланктона и почти 97 % биомассы. У трех видов семейства терпуговых (*Hexagrammos octogrammus*, *H. stelleri*, *Pleurogrammus azonus*) был зарегистрирован пик нереста. Для терпугов этого района характерен нерест осенью. Таким образом, видовой состав ихтиопланктона был типичным для вод северо-востока Сахалина.

Макробентос. Исследования, проведенные в осенний период 2014 г., показали, что в прибрежных районах шельфа (главным образом в верхней сублиторали на глубинах 0–100 м), где распространены песчанистые грунты, ведущую роль играют представители подвижного бентоса. Было обнаружено 69 видов макробентоса. Основу формируют 23 вида (33,3 %) ракообразных (14 видов амфипод), 12 видов (17,4 %) многощетинковых червей, 13 видов (18,8 %) двустворчатых и 9 видов (13,0 %) брюхоногих моллюсков. Остальные таксоны представлены 1–4 видами.

Общая биомасса донной фауны колеблется от 172 г/м² до 4320 г/м². На глубинах 71–82 м наблюдается скопление наибольшей биомассы бентоса, главным образом, за счет плоского морского ежа *Echinarachnius parma*. С увеличением глубин вплоть до 100 м биомассы остаются достаточно высокими (от 250 до 4000 г/м²) за счет скоплений двустворчатых моллюсков *Astarte borealis*, *Serripes groenlandicus*,

Neptunea sp., плоского ежа *E. parma*, полихет *Owenia fusiformis*, *Nephtys* sp. Минимальные значения биомассы 172 г/м² и 224 г/м² отмечены на станциях 14 и 24 соответственно. Средняя биомасса макрозообентоса на всех станциях составляла 1246 г/м², при доминировании плоского ежа *E. parma* со средней биомассой 1183 г/м² (95 % от общей биомассы).

Наименьшая плотность поселения отмечена на глубине 24,9 м станции 1 (100 экз./м²), где преобладал *E. parma* с численностью 50 экз./м², количество других представителей (моллюсков и многощетинковых) не превышало 30 экз./м². Наибольшая численность зарегистрирована на станции 4 на глубине 59,3 м (2028 экз./м²), где на долю кумовых раков *Diastylis bidentata* приходилось 77,8 % (1,58 тыс. экз./м²). Общая плотность поселения на всех станциях достигала 12,4 тыс. экз./м², при доминировании плоского ежа (2,0 тыс. экз./м², что составляло 18,4 % от общей плотности макробентоса). На долю амфипод приходилось 17,2 % (1,88 тыс. экз./м²), кумовых раков – 15,5 % (1,69 тыс. экз./м²), двустворчатых моллюсков 14,7 % (1,61 тыс. экз./м² – из них 24,2 % давала *A. borealis*), полихет – 13,5% (1,48 тыс. экз./м²). Наименьшая плотность поселения отмечена у равноногих (20 экз./м² – менее 0,2 % от общей численности макробентоса) и усонных ракообразных (40 экз./м²). Все представленные группы и виды макробентоса характерны для охотоморского шельфа Сахалина.

Комплексные гидробиологические исследования, выполненные на шельфе северо-восточного Сахалина в районе Южно-Кириновского нефтегазового месторождения, впервые

охватывают результаты изучения состояния сообществ планктона и макробентоса. Большой видовой состав различных таксономических групп, а также высокие показатели численности и биомассы фито-, зоопланктона и макробентоса свидетельствует об устойчивом состоянии сообществ в пределах исследованной акватории, что также подтверждено составом тяжелых металлов в зоопланктонных пробах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долганова Н.Т. Состав, сезонная и межгодовая динамика планктона северо-западной части Японского моря // Известия ТИНРО. 2001. Т. 128. Ч. 3. С. 810–889.
2. Инструкция по сбору и обработке морского сетного планктона. Владивосток: ТИНРО, 1990. 29 с.
3. Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю. Структура фитопланктона мелководий северо-западной части Японского моря // Биология моря. 1988. № 5. С. 10–20.
4. Орлова Т.Ю., Селина М.С., Стоник И.В. Видовой состав микроводорослей планктона охотоморского побережья острова Сахалин // Биология моря. 2004. Т. 30. № 2. С. 96–104.
5. Расс Т.С., Казанова И.И. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 35 с.
6. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ. 1979. 168 с.
7. Шулькин В.М. Тяжелые металлы в речных и прибрежно-морских экосистемах: дис. ... докт. географ. наук. Владивосток. 2007. 289 с.

REFERENCES

1. Dolganova N.T. Sostav, sezonnaya i mezhgodovaya dinamika planktona severo-zapadnoi chasti Yaponskogo morya [The composition, seasonal and interannual dynamics of plankton in the northwestern part of the Sea of Japan] // Izvestiya TINRO. 2001. Vol. 128. Ch. 3. pp. 810–889.
2. Instruktsiya po sboru i obrabotke morskogo setnogo planktona [Instructions for the collection and processing of local marine plankton]. Vladivostok, TINRO, 1990. 29 p.
3. Konovalova G.V., Orlova T.Yu. Struktura fitoplanktona melkovodii severo-zapadnoi chasti Yaponskogo morya [Structure of phytoplankton in shallow waters of the North-Western part of the Sea of Japan] // Biologiya morya. 1988. no. 5. pp. 10–20.
4. Orlova T.YU., Selina M.S., Stonik I.V. Vidovoi sostav mikrovodoroslei planktona okhotomorskogo pribrezh'ya ostrova Sakhalin [Species composition of algae of the plankton in the sea of Okhotsk at the coast of Sakhalin island] // Biologiya morya. Vol. 30. 2004. no. 2. pp. 96–104.
5. Rass T.S., Kazanova I.I. Metodicheskoe rukovodstvo po sboru ikrinok, lichinok i mal'kov ryb [Methodological guide for the collection of roe, larvae and juvenile fish]. M., Pishchevaya promyshlennost', 1966. 35 p.
6. Fedorov V.D. O metodakh izucheniya fitoplanktona i ego aktivnosti [On methods of studying phytoplankton and its activity]. M., MGU, 1979. 168 p.
7. Shul'kin V.M. Tyazhelye metally v rechnykh i pribrezhno-morskikh ekosistemakh: dis. ... dokt. geograf. nauk [Heavy metals in river and marine-coastal ecosystems: dis. ... doctor. geographical sciences]. Vladivostok, 2007. 289 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Федорец Юлия Владимировна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева;
e-mail: lulya81@mail.ru

Васильева Лариса Евгеньевна – научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева;
e-mail: orka@poi.dvo.ru

Раков Владимир Александрович – доктор биологических наук, научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева;
e-mail: vladimir.rakov@mail.ru

Колосова Людмила Федоровна – научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева;
e-mail: kolosova@poi.dvo.ru

Косьяненко Артур Александрович – научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева;
e-mail: kosyanpoi@inbox.ru

Еловская Олеся Александровна – научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева;
e-mail: olesya-shaova@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Fedorets Yulia V. – research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology at the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences;
e-mail: lulya81@mail.ru

Vasil'eva Larisa E. – research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology at the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences;
e-mail: orka@poi.dvo.ru

Rakov Vladimir A. – doctor of biological sciences, research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology at the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences;
e-mail: vladimir.rakov@mail.ru

Kolosova Lyudmila F. – research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology at the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences;
e-mail: kolosova@poi.dvo.ru

Kos'yanenko Artur A. – research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology at the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences;
e-mail: kosyanpoi@inbox.ru

Elovskaya Olesya A. – research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology research fellow, Laboratory of Marine Ecotoxicology at the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences;
e-mail: olesya-shaova@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Федорец Ю.В., Васильева Л.Е., Раков В.А., Колосова Л.Ф., Косьяненко А.А., Еловская О.А. Современное состояние сообществ планктона и бентоса на шельфе северо-восточного Сахалина в районе Южно-Киринского газоконденсатного месторождения // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 57–66.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-57-66

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

Yu. Fedorets, L. Vasilyeva, V. Rakov, L. Kolosova, A. Kosjanenko, O. Elovskaya. Current state of plankton and benthos communities on the northeastern shelf of Sakhalin Island in the region of the Yuzhno-Kirinskoye gas condensate fields // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 57–66.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-57-66

УДК 574.43:550.424(478.9)

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-67-77

ОСОБЕННОСТИ БИОАККУМУЛЯЦИИ СЕЛЕНА В КОНТРАСТНЫХ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Шешницан С.С.¹, Капитальчук М.В.¹, Голубкина Н.А.²

¹ Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко
3300, г. Тирасполь, ул. 25 Октября, 128, Республика Молдова, Приднестровье

² Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур
143080, Московская область, Одинцовский район, пос. ВНИИССОК,
ул. Селекционная, д.14, Российская Федерация

Аннотация. Впервые представлены данные по распределению и особенностям миграции селена в биогеохимической пищевой цепи «почва – растение – насекомые» в контрастных по ландшафтно-геохимическим условиям экосистемах долины Днестра. Установлено, что различий в содержании валовых форм селена в почвах разных типов экосистем не наблюдается, при этом в пойменных экосистемах растения накапливают более чем в 2,5 раза больше селена, чем растения, произрастающие в экосистемах на террасах и склонах. Дифференциация экосистем по содержанию селена на первом трофическом уровне существенно сказывается на содержании элемента в последующих звеньях биогеохимической пищевой цепи. Результаты нашего исследования указывают, что в пищевых цепях пойменных экосистем наблюдается явление биомагнификации селена. В экосистемах на террасах закономерное увеличение концентрации элемента прослеживается только при переходе от растений к фитофагам, а от них – к миксофагам (или зоофагам).

Ключевые слова: селен, биоаккумуляция, экосистема, геохимическая экология, пищевая цепь.

PECULIARITIES OF SELENIUM BIOACCUMULATION UNDER CONTRASTING LANDSCAPE AND GEOCHEMICAL CONDITIONS

S. Sheshnitsan¹, M. Kapitalchuk¹, N. Golubkina²

¹ Taras Shevchenko Transnistria State University
3300-MD, Tiraspol, 128 October 25 Str., Transnistria, Moldova Republic

² All-Russian Scientific Research Institute of Breeding and Vegetable Seed Culture
Seleksionnaya ul. 14, 143080 VNISSOK village, Odintsovo district, Moscow region,
Russia

Abstract. Data on selenium distribution and migration in a biogeochemical 'soil – plant – insects' food chain are presented for the first time under contrasting landscape and geochemical conditions of the Dniester valley ecosystems. The total soil selenium content is found to be the same in various ecosystem types, while in the floodplain ecosystems, plants accumulate 2.5 times more selenium than those growing in ecosystems on terraces and slopes. The ecosystem differentiation with respect to the selenium content in the first trophic level significantly affects

the selenium content in the following links of the biogeochemical food chain. The results of the study show that the phenomenon of selenium biomagnification is observed in the floodplain food chain. An increase in the selenium concentration in terrace ecosystems is observed in passing from plants to phytophages and from them to myxophaga (or zoophages).

Key words: selenium, bioaccumulation, ecosystem, biogeochemical food chain.

Одним из направлений общей системной экологии, где связь между организмами и внешней средой рассматривается с точки зрения миграции химических элементов по биогеохимическим пищевым цепям, является геохимическая экология. Её основной целью является изучение возникших в результате миграции закономерностей концентрирования и рассеяния химических элементов различными трофическими уровнями и связанные с этим биологические реакции организмов [2, с. 49].

Важным фактором, влияющим на обеспеченность микроэлементами пищевой цепи, являются ландшафтные особенности их миграции. Территория, занятая каким-либо отдельным ландшафтом – это своего рода геохимическая зона с особым типом биологического круговорота и своеобразными условиями миграции микроэлементов. Их подвижность и биологическая доступность в ландшафте оказывает влияние на биоаккумуляцию растениями и животными [10, с. 19; 7, с. 270]. Следствием геохимической неоднородности среды является химическая изменчивость биогеохимической пищевой цепи и отдельных её компонентов [2, с. 46].

Изучение миграции селена по пищевой цепи представляет особый интерес, поскольку, с одной стороны, он является условно необходимым элементом питания для растений и, в принципе, может слабо поглощаться ими. С другой стороны, этот микро-

элемент жизненно необходим для человека и животных, для которых его вовлечение в пищевую цепь растениями чрезвычайно важно. В последние годы проведены системные исследования по изучению селена в долине Днестра. В частности, установлено его высокое содержание в поверхностных и грунтовых водах, в среднем оптимальное валовое содержание в почвах, в основном умеренное содержание в растениях, высокое содержание в ряде продуктов питания и высокий селеновый статус жителей этого региона. Выявлено также, что геохимические условия миграции и накопления селена в компонентах экосистем неодинаковы в разных типах ландшафтов [1; 4; 5].

В настоящей работе представлен не исследовавшийся ранее аспект селеновой проблематики днестровской долины – особенности миграции селена в биогеохимической пищевой цепи «почва – растение – насекомые» в контрастных по ландшафтно-геохимическим условиям экосистемах. Следует отметить, что роль насекомых в миграции селена недостаточно изучена как в России, так и за рубежом [15].

Материалы и методы

Материалом для настоящего исследования послужили пробы почв, растений и насекомых, собранных в мае-августе 2013 г. в период полевых экспедиционных выездов на ключевые участки аграрных и степных экосистем [12]. Отбор проб и их дальнейшая под-

готовка к лабораторным анализам проводилась в соответствии с общепринятыми методиками [6; 11]. Образцы почвы состояли из объединённых 7–10 единичных почвенных проб, взятых в пределах участка на глубину 40 см. В местах отбора проб почв отбирались образцы надземной части растений (пшеница, кукуруза, подсолнечник, пырей). Насекомых-фитофагов собирали методом кошения энтомологическим сачком, а также методом стряхивания; на почвенных, активно передвигающихся насекомых – методом бесприманочных почвенных ловушек. Все образцы высушивали до воздушно-сухого состояния, тщательно измельчали и упаковывали в полиэтиленовые пакеты.

Определение содержания селена в образце проводили флуориметрическим методом [14] с использованием референс-стандартов. Количество проанализированных на содержание селена образцов составило: почвы – 20, растения – 21, насекомые – 37.

Первичную обработку данных методами вариационной статистики проводили с использованием табличного процессора Excel, входящего в состав стандартного пакета MS Office 2007. Дополнительные расчёты проводили с помощью программного пакета для статистического анализа STATISTICA 10 (StatSoft Inc., 2011). В связи с малыми объёмами выборок для статистических расчётов использовали методы непараметрической статистики: сравнение выборочных эмпирических данных проводили с помощью *U*-критерия Манна – Уитни, а изучение зависимости – путём расчёта коэффициента ранговой корреляции Спирмена (*R*). Для всех расчётов принят уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Данные по содержанию селена в основных звеньях биогеохимических пищевых цепей в экосистемах, различных по ландшафтно-геохимическим условиям, обобщены и представлены (табл. 1) как средние значения и среднеквадратические отклонения содержания селена в почве, растениях, насекомых, а также коэффициента биологического накопления (K_b) растениями по отношению к почве, фитофагами – по отношению к растениям.

Исходя из этих данных, рассмотрим особенности распределения микроэлемента в почвах, растениях и животных. Валовое содержание селена в почвенных образцах варьировало в пределах от 164 до 622 мкг/кг, что хорошо согласуется с полученными ранее данными для этого региона [5, с. 36]. Наибольшее количество селена в среднем содержится в аллювиальных луговых почвах пойм (368 ± 62 мкг/кг). Его среднее содержание в черноземных почвах на склонах и террасах несколько меньше – 339 ± 29 мкг/кг, причём наблюдаются различия средних значений селена в степных экосистемах и агроэкосистемах. Отметим также, что для чернозёмов карбонатных и чернозёмов обыкновенных, доминирующих на склонах и террасах, концентрации селена достаточно близки и составляют в среднем 337 ± 37 и 342 ± 16 мкг/кг соответственно. Хотя различия в содержании валовых форм селена в почвах разных экосистем оказались статистически незначимыми ($p > 0,05$), полученные нами результаты подтверждают выявленную ранее тенденцию к повышению содержания селена в пойменных

почвах, что объясняется денудационным и эрозионным сносом микроэлемента со склонов в понижения рельефа [1, с. 100].

Таблица 1

Содержание селена (мкг/кг) и его соотношение в компонентах пищевых цепей геохимически контрастных экосистем

Компоненты биогеохимической пищевой цепи	Пойменные экосистемы		Экосистемы террас и склонов	
	Агроэкосистема	Степная экосистема	Агроэкосистема	
Почва	368±62 <i>n</i> = 6	286±175 <i>n</i> = 6	339±29 <i>n</i> = 8	
Растения	367±118** <i>n</i> = 7	106±30 <i>n</i> = 6	145±52 <i>n</i> = 8	
Фитофаги	995±670* <i>n</i> = 12	630±201 <i>n</i> = 8	467±160 <i>n</i> = 7	
Миксофаги	1800±685* <i>n</i> = 4	-	699±352 <i>n</i> = 5	
Зоофаги	-	1366 <i>n</i> = 1	-	
K_6 растение/почва	0,849±0,438** <i>n</i> = 7	0,456±0,250 <i>n</i> = 6	0,438±0,074 <i>n</i> = 8	
K_6 фитофаг/растение	2,695±1,376 <i>n</i> = 7	5,689±1,798 <i>n</i> = 3	2,955±1,282 <i>n</i> = 5	

Примечание: данные указаны как $\bar{X} \pm SD$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Для растений, как второго звена в биогеохимической пищевой цепи, основным источником селена служат биодоступные подвижные формы микроэлемента в почвенном растворе. Кроме того, этот элемент является условно необходимым для растений [13, с. 43]. Поэтому значимая корреляция между селеном в растениях и его валовым содержанием в почве обычно не наблюдается [3, с. 140]. Проведенный нами непараметрический корреляционный подтвердил отсутствие значимой корреляционной связи валовых форм селена с его содержанием в растениях ($R = +0,243$, $p > 0,05$). Совсем иначе дело обстоит при рассмотрении зависимости коэффициента биологического поглощения (K_6) от валового

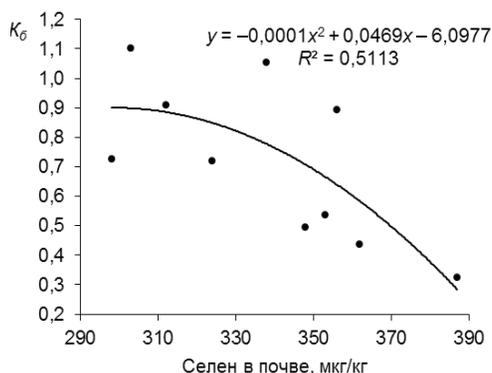


Рис. 1. Взаимосвязь коэффициента биологического поглощения селена растениями с его валовым содержанием в почве.

содержания селена в почве (рис. 1) – в этом случае прослеживается статистически значимая отрицательная корреляционная связь ($R = -0,697$; $p < 0,05$),

что соответствует выявленной ранее закономерности увеличения интенсивности накопления селена подсолнечником по мере уменьшения его содержания в почве [3, с. 140].

В среднем растения в пойме накапливают более чем в 2,5 раза больше селена, чем растения, произрастающие на террасах и склонах в степных и агроэкосистемах, причем эти различия являются достоверными ($p < 0,01$). Эту же закономерность подтверждает сравнение коэффициента биологического поглощения в системе «почва – растение» в разных типах экосистем: гипотеза о неравенстве эмпирических данных может быть принята на достаточно высоком уровне значимости $p < 0,01$. Хотя средние значения $K_6 < 1$ во всех трех типах экосистем, в отдельных случаях наблюдалось выраженная биоаккумуляция селена ($K_6 > 1$) растениями подсолнечника ($K_6 = 1,102-1,428$) и пшеницы ($K_6 = 1,053$). Все эти растения произрастали в условиях пойменных агроэкосистем. Повышенное содержание селена в растениях, произрастающих в пойме, видимо, обусловлено аккумуляцией в понижениях рельефа значительного количества биодоступных форм этого элемента за счет сноса сюда мелкозема и водного стока, содержащего водорастворимые формы.

Дифференциация экосистем по содержанию селена в первом звене трофической цепи существенно сказывается на содержании элемента в последующих звеньях – консументах: фитофагах и зоофагах. Концентрация элемента в животных мало зависит от его валового содержания в почве, а зависит от его концентрации в пище. Животные поглощают только под-

вижные формы элементов и поэтому отражают не потенциальную обеспеченность пищевой цепи элементом, а фактическую [9, с. 143]. Ключевую роль в функционировании экосистем играют насекомые. Среди них известны растительноядные виды, хищники, паразиты, кроме того, они сами являются пищей для животных высших трофических уровней, в связи с чем они могут изменять направление потоков энергии и вещества в экосистемах [17, с. 150].

Среди собранных в исследованных типах экосистемы насекомых были идентифицированы 22 вида, относящихся к 5 отрядам: *Mantoptera*, *Orthoptera*, *Heteroptera*, *Coleoptera*, *Lepidoptera*. Все виды были разделены на три трофические группы: фитофаги (*Oecanthus pellucens* Scop., *Calliptamus italicus* L., *Chorthippus brunneus* Thunb., *Decticus verrucivorus* L., *Graphosoma italicum* L., *Dolicoris baccarum* L., *Eurydema ornata* L., *Aelia acuminata* L., *Piezodorus lituratus* F., *Codophila varia* F., *Alydus calcaratus* L., *Eurygaster integriceps* Puton, *Zabrus tenebrioides* Gz., *Anisoplia austriaca* Hbst., *Helicoverpa armigera* Hübner), миксофаги (*Modicogryllus burdigalensis* Latr., *Melanogryllus desertus* Pall., *Pyrhocoris apterus* L., *Harpalus rufipes* Deg., *Dolichus halensis* Schall., *Poecilus sericeus* F.-W.) и зоофаги (*Ameles decolor* Charp.).

Анализ средних значений содержания селена в фитофагах (табл. 1) указывает на снижение концентрации элемента в популяциях насекомых в следующей последовательности: насекомые пойменных агроэкосистем (995 мкг/кг) > насекомые степных экосистем (630 мкг/кг) > насекомые агроэкосистем на террасах и склонах (467

мкг/кг). Однако сравнение данных концентраций элемента с помощью U -критерия показало наличие статистически значимых различий только для фитофагов пойменных экосистем по отношению к фитофагам, обитающих в двух других типах экосистем.

В популяциях фитофагов независимо от места обитания отдельные особи могут аккумулировать значительно больше селена, чем его содержится в пище: K_0 в системе «фитофаг–растение» всегда больше 1 и может составлять от 1,081 до 6,735. Причинами этого явления могут быть как видовые особенности накопления и безбарьерность аккумуляции микроэлемента, так и содержание селена в потребляемой растительной пище [10, с. 22]. Хотя достоверных различий в интенсивности накопления селена фитофагами нами не обнаружено, стоит отметить высокое значение $K_0 = 5,689$, рассчитанное для фитофагов степной экосистемы. В отличие от агроэкосистем, где поддерживается монокультура, степные участки характеризуются высоким флористическим разнообразием. Поэтому популяции фитофагов в степи в качестве источника пищи ис-

пользуют разные виды растений, которые могут значительно отличаться по содержанию селена.

Насекомые со смешанным питанием (миксофаги) и облигатные зоофаги во всех трех типах изученных экосистем накапливают больше селена, чем содержится в их потенциальной пище. При этом особи из популяций миксофагов пойменных агроэкосистем достоверно отличаются большей концентрацией микроэлемента, чем особи популяций тех же видов, населяющих агроэкосистемы на террасах и склонах. Эти различия в среднем превышают 2,5 раза.

Сопоставимые с вышеуказанными различия можно обнаружить не только на уровне отдельных популяций, но и среди отдельных видов (табл. 2). Например, гусеницы *Helicoverpa armigera*, поедающие растения подсолнечника в пойме, аккумулируют в 2,8 раза больше селена, чем представители этого же вида на террасах, клоп *Eurygaster integriceps* на полях пшеницы – в 2,3 раза, а миксофаг *Harpalus rufipes* – в 2,1 раза. Данная закономерность может нарушаться, если вид населяет естественные экосистемы, отличаю-

Таблица 2

Содержание селена в некоторых видах насекомых (мкг/кг)

Вид	Типы экосистем	
	пойменные экосистемы	экосистемы террас и склонов
<i>Aelia acuminata</i> L.	529	457±99
<i>Dolicoris baccarum</i> L.	510±73	850±185
<i>Graphosoma italicum</i> L.	812±61	582±25
<i>Eurygaster integriceps</i> Puton	693±352	300±66
<i>Harpalus rufipes</i> Deg.	1871±67	897±523
<i>Anisoplia austriaca</i> Hbst.	1062±105	715±18
<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner (гусеницы)	1561±1212	564±44

щиеся разнообразием растительного покрова. Такая ситуация наблюдается у популяций *Dolicoris baccarum* в пойменных агроэкосистемах и на участках степных экосистем.

Результаты нашего исследования хорошо согласуются с тем, что уровни концентраций селена в насекомых могут варьировать в широких пределах, причем концентрации элемента у хищных насекомых значительно выше, чем у видов, у которых в рационе есть растительная пища [15; 16, с. 474].

Известно, что накопление селена наземными насекомыми может вызвать биомагнификацию этого микроэлемента в пищевой цепи, которая выражается в повышенных концентрациях селена в организме многих других беспозвоночных, птиц и млекопитающих, трофически связанных с насекомыми [19, с. 64]. Рассмотрим изучаемые пищевые цепи в разных типах экосистем с этой точки зрения. Принимая содержание селена в почвах за единицу, можно выразить содержание этого элемента в остальных звеньях пищевой цепи по отношению к его содержанию в почве (рис. 2).

Так, в биогеохимической пищевой цепи пойменных ландшафтов содержание элемента при переходе от почв к растениям в среднем практически не изменяется, и, напротив, на террасах и склонах его содержание снижается более чем в два раза.

На следующем этапе, при переходе от растений к фитофагам, содержание селена значительно возрастает: в организме консументов первого порядка его концентрация увеличивается в 1,5–2,7 раза по сравнению с концентрацией элемента в пище. При этом наиболее интенсивное накопление

элемента в организме фитофагов происходит в пищевой цепи пойменных экосистем, хотя и на террасах фитофаги могут аккумулировать более чем в 2 раза больше селена, чем его содержится в почвах. Во всех трёх случаях этот этап является наиболее значительным в биоаккумуляции элемента.

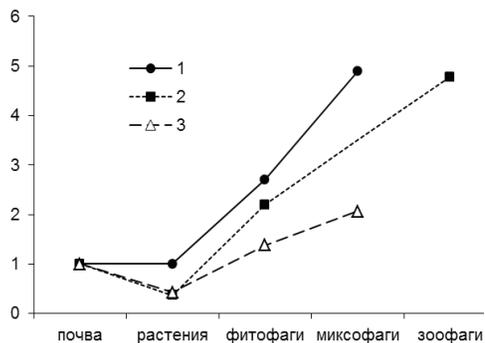


Рис. 2. Соотношение концентраций селена в биогеохимических пищевых цепях экосистем Кучурганской степной равнины: 1 – агроэкосистемы в пойме, 2 – степная экосистема на склонах, 3 – агроэкосистемы на террасах и склонах.

Животные со смешанным питанием (миксофаги) аккумулируют в среднем в 2,1 (терраса) и в 4,9 раз (пойма) больше селена, чем его содержится в почвах. Наши данные по содержанию элемента также свидетельствуют о том, что степные зоофаги накапливают почти в 2 раза больше селена, чем растительоядные насекомые и в 4,8 раз больше его содержания в почвах. Заметим, что концентрация селена в пищевой цепи степной экосистемы существенно выше, чем в агроэкосистеме. Данный факт можно объяснить как несравнимо большим видовым разнообразием растений и животных в степной экосистеме, так и, вероятно, большим запасом селена в почве, по-

скольку в агроэкосистемах часть селена ежегодно отчуждается с урожаем.

Изучение миграции селена в пищевой цепи «фитофаг – зоофаг» в экспериментальных условиях [18, с. 503] показало отсутствие биомагнификации, однако замечено, что биологический перенос селена на более высокий трофический уровень отражает концентрации элемента в пище. Так, например, если в контрольной группе не наблюдалось отличий в содержании микроэлемента у гусениц и их хищников, то гусеницы в экспериментальных группах содержали значительно больше селена. Результаты нашего исследования, напротив, указывают, что в пищевых цепях пойменных экосистем наблюдается явление биомагнификации селена. В экосистемах на террасах закономерное увеличение концентрации элемента прослеживается только при переходе от растений к фитофагам, а от них – к миксофагам (или зоофагам).

Биогеохимические пищевые цепи в экосистемах пойменных ландшафтов долины нижнего Днестра характеризуются высокими концентрациями

селена в основных звеньях, причём содержание элемента не только не уменьшается при переходе к высшим трофическим уровням, но и наблюдается явление биомагнификации. Это, с одной стороны, указывает на высокое содержание элемента в растительной пище, с другой – свидетельствует об оптимальной обеспеченности селеном пищевых цепей. В степных агроэкосистемах на склонах и террасах уровень биоаккумуляции оказался ниже, однако и в данном случае закономерное увеличение концентрации элемента наблюдается при переходе от растений к фитофагам, а от них – к высшим трофическим уровням. Такие различия прослеживаются не только среди разных трофических групп насекомых, но и на уровне отдельных видов.

Выявленные закономерности свидетельствуют о различном экологическом статусе селена в экосистемах разных типов ландшафтов, обусловленных характером аккумулятивных процессов и водных связей [8, с. 112] и, как результат, разной миграционной способностью и биодоступностью элемента для биоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубкина Н.А., Капитальчук М.В., Капитальчук И.П. Селен в почвах на разных высотных уровнях рельефа Днестровско-Прутского междуречья // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 1. С. 98–101.
2. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных. М.: Наука, 2008. 315 с.
3. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Капитальчук И.П. Селен и его антагонисты в биогеохимической цепи «почва – растение» в условиях Приднестровья // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2011. № 2. С. 137–141.
4. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «почва–растения–человек» в условиях Молдавии // Поволжский экологический журнал. 2011. № 3. С. 323–335.
5. Капитальчук И.П., Капитальчук М.В., Голубкина Н.А. Экологический статус селена в природно-антропогенных ландшафтах бассейна Днестра // Биогеохимия и биохимия

- микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: материалы VIII международной Биогеохимической школы. М.: ГЕОХИ РАН, 2013. С. 34–38.
6. Ковальский В.В., Гололобов А.Д. Методы определения микроэлементов в органах и тканях животных, растениях и почвах. М.: Колос, 1969. 272 с.
 7. Озерский А.Ю. Основы геохимии окружающей среды. Красноярск: ИПК СФУ, 2008. 316 с.
 8. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / 2-е изд. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
 9. Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985. 300 с.
 10. Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных (биоиндикационные и радиоэкологические аспекты): автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1993. 40 с.
 11. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / 2-е изд. М.: Высшая школа, 1971. 424 с.
 12. Шешницан С.С. Обоснование сети биогеохимического мониторинга Кучурганской степной равнины // Вестник Приднестровского университета. Серия: Медико-биологические и химические науки. 2013. № 2 (44). С. 170–175.
 13. Ягодин Б.А., Жуков Ю.В., Кобзаренко В.И. Агрохимия. М.: Колос, 2002. 584 с.
 14. Alfthan G.A. Micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // *Anal. Chim. Acta*. 1984. Vol. 65. P. 187–194.
 15. Golubkina N., Sheshnitsan S., Kapitalchuk M. Ecological importance of insects in selenium biogenic cycling // *International Journal of Ecology*. 2014. Vol. 2014 [Article ID 835636]. 6 p.
 16. Ohlendorf H.M. Ecotoxicology of selenium // *Handbook of Ecotoxicology* / 2-nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. P. 465–500.
 17. Schowalter T.D. Insects and sustainability of ecosystem services. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013. 378 p.
 18. Vickerman D.B., Trumble J.T. Biotransfer of selenium: effects on an insect predator, *Podisus maculiventris* // *Ecotoxicology*. 2003. Vol. 12. P. 497–504.
 19. Vickerman D.B., Trumble J.T. Feeding preferences of *Spodoptera exigua* in response to form and concentration of selenium // *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 1999. Vol. 42. P. 64–73.

REFERENCES

1. Golubkina N.A., Kapitalchuk M.V., Kapitalchuk I.P. Selen v pochvakh na raznykh vysotnykh urovnyakh rel'efa Dnestrovsko-Prut'skogo mezhdurech'ya [Selenium in soils at different altitude levels of elevation of the Dniester-Prut interfluve] // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2012. no. 1. pp. 98–101.
2. Ermakov V.V., Tyutikov S.F. Geokhimicheskaya ekologiya zhivotnykh [Geochemical ecology of animals]. М., Nauka, 2008. 315 p.
3. Kapitalchuk M.V., Golubkina N.A., Kapitalchuk I.P. Selen i ego antagonisty v biogeokhimicheskoi tsepi «pochva – rastenie» v usloviyakh Pridnestrov'ya [Selenium and its antagonists in the "soil – plant" biogeochemical chain in Transnistria] // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2011. no. 2. pp. 137–141.
4. Kapitalchuk M.V., Kapitalchuk I.P., Golubkina N.A. Akkumulyatsiya i migratsiya selena v komponentakh biogeokhimicheskoi tsepi «pochva–rasteniya–chelovek» v usloviyakh Moldavii [The selenium accumulation and migration in components of the "soil–plants–man" biogeochemical chain in Moldavia] // *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*. 2011. no. 3. pp. 323–335.
5. Kapitalchuk I.P., Kapitalchuk M.V., Golubkina N.A. Ekologicheskii status selena v prirod-

- no-antropogennykh landshaftov basseina Dnestra [The ecological status of selenium in natural-anthropogenic landscapes of the Dniester river basin] *Biogeokhimiya i biokhimiya mikroelementov v usloviyakh tekhnogeneza biosfery: materialy VIII mezhdunarodnoi Biogeokhimicheskoi shkoly* [Biogeochemistry and biochemistry of trace elements under conditions of technogenesis of the biosphere: Proceedings of the VIII International Biogeochemical School]. M., GEOKHI RAN, 2013. pp. 34–38
6. Koval'skii V.V., Gololobov A.D. *Metody opredeleniya mikroelementov v organakh i tkanyakh zhivotnykh, rasteniyakh i pochvakh* [Methods for the determination of trace elements in organs and tissues of animals, plants and soils]. M., Kolos, 1969. 272 p.
 7. Ozerskii A.Yu. *Osnovy geokhimii okruzhayushchei sredy* [Fundamentals of Environmental Geochemistry]. Krasnoyarsk, IPK SFU, 2008. 316 p.
 8. Perel'man A.I. *Geokhimiya landshafta / 2-e izd* [Geochemistry of landscape, 2nd ed]. M., Vysshaya shkola, 1975. 342 p.
 9. Pokarzhevskii A.D. *Geokhimicheskaya ekologiya nazemnykh zhivotnykh* [Geochemical ecology of terrestrial animals]. M., Nauka, 1985. 300 p.
 10. Pokarzhevskii A.D. *Geokhimicheskaya ekologiya nazemnykh zhivotnykh (bioindikatsionnye i radioekologicheskie aspekty): avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk* [Geochemical ecology of terrestrial animals (bioindicative and radioecological aspects): abs. dis. ... doctor. biol. sciences]. M., 1993. 40 p.
 11. Fasulati K.K. *Polevoe izuchenie nazemnykh bespozvonochnykh / 2-e izd* [Field study of terrestrial invertebrates / 2nd ed]. M., Vysshaya shkola, 1971. 424 p.
 12. Sheshnitsan S.S. *Obosnovanie seti biogeokhimicheskogo monitoringa Kuchurganskoj stepnoi ravniny* [Justification of the network of the biogeochemical monitoring in the steppe plains] // *Vestnik Pridnestrovskogo universiteta. Seriya «Mediko-biologicheskie i khimicheskie nauki»*. 2013. no. 2 (44). pp. 170-175.
 13. Yagodin B.A., Zhukov YU.V., Kobzarenko V.I. *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. M., Kolos, 2002. 584 p.
 14. Alftan G.A. *Micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry* // *Anal. Chim. Acta*. 1984. Vol. 65. P. 187–194.
 15. Golubkina N., Sheshnitsan S., Kapitalchuk M. *Ecological importance of insects in selenium biogenic cycling* // *International Journal of Ecology*. 2014. Vol. 2014 [Article ID 835636]. 6 p.
 16. Ohlendorf H.M. *Ecotoxicology of selenium* // *Handbook of Ecotoxicology / 2-nd ed*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. P. 465–500.
 17. Schowalter T.D. *Insects and sustainability of ecosystem services*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013. 378 p.
 18. Vickerman D.B., Trumble J.T. *Biotransfer of selenium: effects on an insect predator, Podisus maculiventris* // *Ecotoxicology*. 2003. Vol. 12. P. 497–504.
 19. Vickerman D.B., Trumble J.T. *Feeding preferences of Spodoptera exigua in response to form and concentration of selenium* // *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 1999. Vol. 42. P. 64–73.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шешницан Сергей Сергеевич – аспирант кафедры физической географии и землеустройства Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко;
e-mail: sheshnitsan@gmail.com

Капитальчук Марина Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биоэкологии Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко;
e-mail: kapitalim@mail.ru

Голубкина Надежда Александровна – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Агрохимический испытательный центр ВНИИССОК;
e-mail: segolubkina45@gmail.com

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sheshnitsan Sergey S. – post-graduate student of the department of physical geography and land management at the Taras Shevchenko Transnistria State University;
e-mail: sheshnitsan@gmail.com

Kapitalchuk Marina V. – candidate of biological sciences, associate professor of the department of bioecology at the Taras Shevchenko Transnistria State University;
e-mail: kapitalim@mail.ru

Golubkina Nadezhda A. – doctor of agricultural sciences, leading researcher, Agrochemical Experimental Centre, All-Russian Scientific Research Institute of Breeding and Vegetable Seed Culture;
e-mail: segolubkina45@gmail.com

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Шешницан С.С., Капитальчук М.В., Голубкина Н.А. Особенности биоаккумуляции селена в контрастных ландшафтно-геохимических условиях // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 67–77.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-67-77

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

S. Sheshnitsan, M. Kapitalchuk, N. Golubkina. Peculiarities of selenium bioaccumulation under contrasting landscape and geochemical conditions // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 67–77.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-67-77

РАЗДЕЛ II. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 504.064.2.001.18

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-78-87

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Бабкина А.А., Зубкова В.М., Белозубова Н.Ю., Горбунова В.А.

Российский государственный социальный университет

129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, дом 4, стр.1, Российская Федерация

Аннотация. В работе обобщены данные регионального мониторинга по загрязнению снежного покрова земель сельскохозяйственного назначения Тверской области за период с 1996 по 2015 гг. Выявлено, что содержание нитрат-, хлорид-, сульфат-ионов в отдельные годы существенно превышали фоновые значения. Это может оказывать постоянное отрицательное воздействие на состояние депонирующих сред. Определенные коэффициенты концентрации и суммарного загрязнения снега в целом свидетельствуют о снижении или сохранении на отдельных участках уровня загрязнения снега во времени.

Ключевые слова: хионоиндикационный мониторинг, сорбционная способность, агроландшафты, нитрат-, хлорид-, сульфат-ионы. поллютанты.

ANALYSIS OF POLLUTION OF SNOW COVER UNDER ANTHROPOGENIC LOAD

A. Babkina, V. Zubkova, N. Belozubova, V. Gorbunova

Russian State Social University

ul. Vil'gel'ma Pika 4, Bld. 1, 129226 Moscow, Russia

Abstract. The paper summarizes regional monitoring data on pollution of the snow cover of agricultural lands in the Tver region from 1996 to 2015. It is found that the content of nitrate, chloride, and sulfate ions in some years significantly exceeded the background values. This can have a constant negative impact on the deposited media. Certain concentration coefficients and total pollution of snow generally show a decrease in or maintaining of the level of snow contamination in time in some areas.

Key words: snow-monitoring; sorption capacity; agricultural landscapes; nitrate, chloride, and sulfate ions; pollutants.

Существующая в настоящее время тенденция по включению антропогенных загрязнений в круговороты веществ и процессы жизнедеятельности живых организмов приводит к ухудшению экологической обстановки. Для контроля данного

© Бабкина А.А., Зубкова В.М., Белозубова Н.Ю., Горбунова В.А., 2016.

процесса используют различные методы индикации. Наиболее простым в исполнении и информативным в обработке данных является хионоиндикационный мониторинг – индикация техногенного загрязнения с использованием снежного покрова [1, с. 202].

Снежный покров обладает высокой сорбционной способностью, делаящей его универсальным индикатором загрязнения воздушного и водного бассейна, почв и растений. Он является эффективным накопителем органических и неорганических соединений в виде твердых частиц и аэрозольных загрязняющих веществ, в том числе в виде тяжелых металлов, выпадающих из атмосферы [2, с. 32]. Загрязненность снежного покрова протекает в два этапа: первый – загрязнение снежинок во время их образования в облаке и выпадения на местность (влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом); второй – загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого осаждения загрязняющих веществ из атмосферы, а также их поступление из подстилающих поверхностей (почв, горных пород) после различной антропогенной деятельности [3, с. 53]. Снежный покров позволяет учитывать массу выпадения атмосферных осадков, загрязняющие примеси в атмосферном воздухе, а также последующее загрязнение водных объектов и почвенного покрова [4, с. 15].

Несмотря на небольшой диапазон индикационного времени, хионоиндикационный метод обладает высоким уровнем точности получаемой экологической информации. Приоритетность в выборе метода в сторону хионоиндикационного мониторинга обусловлена следующими факторами:

отбор проб снежного покрова чрезвычайно прост и не требует сложного оборудования по сравнению с отбором проб воды и воздуха; концентрация загрязняющих веществ в снежном покрове на несколько порядков выше, чем в атмосферном воздухе; при послойном отборе проб снега можно определить временную динамику загрязненности снежного покрова; снежный покров может служить индикатором загрязнения атмосферы сульфатами, нитратами, тяжелыми металлами, хлорорганическими соединениями [5].

В связи с низкими температурами в зимний период многие химические процессы замедляются, что способствует консервации компонентов [6, с. 45]. Достаточно одной пробы снега, взятой в конце снегозалегаания, чтобы определить химический состав её за весь период от образования первого устойчивого снежного покрова до начала снеготаяния. Несмотря на то, что в настоящее время в системе агроэкологического мониторинга осуществляется постоянный контроль химического состава снежного покрова, в литературе практически отсутствует детальный анализ по оценке уровня загрязнения снежного покрова агроландшафтов.

Целью нашей работы был анализ загрязнения снежного покрова земель сельскохозяйственного назначения Тверской области и выявление связи между химическим составом снега и уровнем антропогенного воздействия на данную территорию. Соответственно, в число задач исследования вошло определение содержания приоритетных для Тверской области загрязнителей снежного покрова: нитрат-, хло-

рид-, сульфат-ионов, свинца, кадмия, меди, цинка, хрома с оценкой состояния загрязненности снежного покрова в динамике.

Тверской регион расположен в северо-западной части России, а именно на западе средней части Восточно-Европейской (Русской) равнины. Климат умеренно-континентальный. Почвы в основном супесчаные (местами глинистые) дерново-подзолистые. Область расположена в лесной зоне, в подзоне южной тайги, переходящей в широколиственные леса на северо-западе и в массивы сосновых лесов на севере и юго-западе. В целом область позиционируется как экологически благоприятный регион, но, несмотря на это, исследование отдельных локальных участков показывает высокий уровень антропогенной нагрузки, что неблагоприятно сказывается на окружающей среде [7].

Исследования проводились в шести районах области – Бежецком, Бологов-

ском, Калязинском, Вышневолоцком, Калининском (хозяйства «Романовский» и «Сахарово»). Наблюдение за состоянием снежного покрова осуществлялось на постоянно действующих площадках (их топографическую привязку см. в табл. 1), которые выделялись на дерново-подзолистых почвах вышеуказанных районов. Нумерация площадок соответствует вариантам исследованных показателей.

В качестве информативных химических индикаторов состояния снежного покрова и антропогенных химических загрязнений определялись показатели: рН, содержание нитрат-, сульфат-, хлорид-ионов, свинца, кадмия, меди, цинка, хрома. Хионоиндикационный мониторинг проводился, начиная с 1996 г., и его результаты обобщены в средних данных состояния снежного покрова по каждому из четырех циклов обследования: I (1996-2000 гг.), II (2001-2005 гг.), III (2006-2010 гг.), IV (2011-2015 гг.)

Таблица 1

Топографическая привязка исследуемых площадок

Варианты исследований	Административный район	Географические координаты исследуемого участка	
		широта	долгота
1	Бежецкий	57°48	34°08
2	Бологовский	57°50	34°08
3	Калязинский	57°15	34°54
4	Вышневолоцкий	57°38	34°38
5	Калининский («Романовский»)	56°56	36°09
6	Калининский («Сахарово»)	56°54	36°06

Для проведения анализа в марте-апреле каждого года отбирали образцы снега обобщенным методом [8, с. 5]. Керны снега отбирали на всю глубину

снежного покрова до основания его залегания с использованием пластмассовой трубы. Полученный керн, предварительно очищенный у основания

от остатков почвы и растительности, помещали в пластиковый пакет и доставляли на базу лаборатории ФГБУ Государственного центра агрохимической службы «Тверской». Пробы снега растапливали в стеклянной таре естественным путем. После полного таяния пробы подвергались фильтрованию на целлюлозно-бумажных фильтрах с диаметром пор 0,45 мкм.

Анализ талой воды на содержание загрязнителей (результаты см. табл. 2-3) проводили стандартными методами, рекомендованными для анализа снежного покрова в системе государственной агрохимической службы: рН – потенциометрически (по методу ЦИНАО, ГОСТ 26483-85), нитраты – ионометрически (ГОСТ 26951-86), хлориды – аргентометрически (ГОСТ 26425-85, п.1), тяжелые металлы – атомно-абсорбционным методом (М-92 ЦИНАО).

Для эколого-геохимической оценки состояния снежного покрова рассчитан коэффициент концентрации лютоантов (K_c) по формуле

$$K_c = C_i / C_f, \quad (1)$$

где: C_i – фактическое содержание определяемого вещества, C_f – фоновая концентрация элемента [1, с. 204]. В качестве фоновой концентрации использованы наименьшие значения из определяемых показателей по каждому году исследования. Коэффициент концентрации показывает, во сколько раз отклонен уровень концентрации вещества от фонового.

Для характеристики воздействия загрязнения использован суммарный показатель загрязнения (Z_c), определяемый по формуле

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1) \quad (2)$$

где K – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения. Нами были рассчитаны значения K_c и Z_c по циклам и вариантам исследования (табл. 4).

Как показали результаты исследований, химический состав снега существенно различался в зависимости от места и времени отбора проб (табл. 2). Так, величина рН варьировала в пределах 4,93–7,07 и была близка к рН чистых атмосферных осадков 5,00–7,00 [9, с. 5]. Тенденция к понижению рН в течение всего периода исследования зафиксирована на участке № 1, а к повышению – на участке № 4, что позволяет прогнозировать возможное снижение рН почвы на участке № 1, увеличение подвижности в почве тяжелых металлов, повышение их концентраций в растениях и вызывает необходимость проведения мониторинга почвы и растений по данным показателям.

Содержание SO_4^{2-} в снеге вариантов было значительно ниже ПДК во все годы проведения исследований. Однако следует отметить существенное превышение фонового содержания SO_4^{2-} в снеге. По данным IV цикла обследования, содержание сульфат-ионов превышало фоновое значение в 8-29 раз. Наибольшей концентрацией сульфатов характеризовались площадки, расположенные в Бежецком и Калининском районах. Очевидно, существенную роль в резком изменении содержания SO_4^{2-} в снеге данных вариантов в отдельные годы играет трансграничный перенос сернистого газа и сульфатов с сопредельных территорий.

Таблица 2

**Динамика кислотности и содержания нитрат-, хлорид-,
сульфат-ионов в снеговой воде, мг/л.**

Циклы обследования	Варианты исследования	Показатели			
		pH	Нитраты	Хлориды	Сульфаты
I	1	7,07	0,850	3,51	3,86
	2	5,85	0,640	3,18	4,44
	3	6,82	2,282	5,58	6,04
	4	6,33	0,706	29,34	7,76
	5	6,22	0,588	6,26	9,40
	6	6,70	0,696	7,88	4,40
II	1	6,25	1,292	5,51	6,42
	2	6,14	0,486	2,90	2,66
	3	6,18	0,586	1,96	9,70
	4	6,37	0,328	3,82	7,15
	5	6,42	0,416	2,12	14,61
	6	5,58	0,430	1,00	13,00
III	1	6,15	0,812	0,42	0,84
	2	5,64	0,528	0,92	1,17
	3	4,93	0,442	0,28	0,34
	4	6,58	0,936	3,14	1,16
	5	6,45	0,696	0,86	0,66
	6	6,46	0,680	0,28	1,00
IV	1	5,94	0,482	1,70	9,50
	2	6,16	0,734	4,40	2,70
	3	6,23	0,846	7,06	4,44
	4	6,64	0,438	3,54	2,94
	5	5,70	0,476	2,80	9,77
	6	6,05	0,546	3,54	9,33

На протяжении всего периода исследований содержание хлора в снеге всех исследуемых вариантов также было существенно ниже ПДК. Максимальное содержание Cl^- в снеговой воде отмечено в первом цикле обследования в Вышневолоцком районе. Оно превышало фоновые значения более чем в 104 раза. Содержание хлоридов в снежном

покрытии тесно связано с применением антигололедных реагентов для дорожных покрытий в зимний период. В качестве реагентов чаще всего используется песчано-солевая смесь. Содержание нитратов превосходило фоновые показатели в I цикле обследования в 1,8–7,0; во II цикле в 1,3–3,9; в III цикле 1,4–2,9 и в IV цикле в 1,3–2,6 раза.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в снеговой воде, мг/л

Циклы обследования	Варианты исследования	Показатели				
		Свинец	Кадмий	Медь	Цинк	Хром
I	1	0,0026	0,0007	0,0044	1,3942	0,0044
	2	0,0086	0,0007	0,0104	0,0496	0,0062
	3	0,0118	0,0020	0,0036	0,0108	0,0036
	4	0,0066	0,0006	0,0090	0,1034	0,0042
	5	0,0064	0,0006	0,0092	0,0956	0,0028
	6	0,0100	0,0010	0,0090	0,1610	0,0044
II	1	0,0030	0,0000	0,0073	0,1264	0,0000
	2	0,0115	0,0001	0,0061	0,1054	0,0002
	3	0,0028	0,0000	0,0071	0,0242	0,0050
	4	0,0000	0,0000	0,0030	0,0314	0,0008
	5	0,0002	0,0000	0,0066	0,0178	0,0022
	6	0,0042	0,0000	0,0049	0,0352	0,0024
III	1	0,0040	0,0002	0,0020	0,0328	0,0028
	2	0,0018	0,0001	0,0034	0,0520	0,0024
	3	0,0048	0,0000	0,0032	0,1588	0,0229
	4	0,0022	0,0000	0,0034	0,0498	0,0046
	5	0,0070	0,0000	0,0020	0,0352	0,0038
	6	0,0007	0,0000	0,0018	0,0910	0,0030
IV	1	0,0026	0,0001	0,0020	0,0482	0,0031
	2	0,0015	0,0001	0,0076	0,0304	0,0062
	3	0,0030	0,0000	0,0048	0,9544	0,0014
	4	0,0028	0,0007	0,0042	0,1114	0,0028
	5	0,0025	0,0001	0,0013	0,0176	0,0017
	6	0,0010	0,0001	0,0026	0,0222	0,0016

Анализ снежного покрова показал, что загрязнение носит комплексный характер. В спектре загрязнителей снегового покрова доминируют наиболее токсичные и опасные элементы. Для всех лет исследований концентрации тяжелых металлов в снеговом покрове образуют следующий убывающий ряд: Zn > Cu > Cr > Pb > Cd. Во все годы исследований содержание тяжелых металлов в снеге не превышало ПДК. Рассматривая динамику содержания свинца и кадмия, можно отметить постепенное снижение коэффициентов

их концентрации от первого цикла к последнему; для меди, цинка, хрома характерно более равномерное поступление со снеговыми осадками по циклам обследования.

Вместе с тем, учитывая среднее годовое количество осадков в виде снега и среднее содержание тяжелых металлов в них, можно подсчитать поступление последних на подстилающую поверхность. Оно составляло, примерно, в IV цикле обследования: по свинцу – 9,07, кадмию – 0,82, меди – 9,49, цинку – 814 и хрому – 13,6 г на 1 га, что

эквивалентно увеличению их содержания в почве, соответственно, на 0,003; 0,0003; 0,003; 0,271 и 0,005 мг на 1 кг.

Анализируя поэлементные K_c и суммарные Z_c показатели, можно в целом констатировать улучшение или сохранение экологической ситуации во времени. Если в период I цикла обследования на долю участков, характеризующихся опасным уровнем загрязнения, приходилось более 60%, то в последнем цикле – только 17%. При этом уровень загрязнения снега в последний цикл обследования на одном участке характеризуется как опасный, на трех – умеренно опасный и на двух – допустимый. Таким образом, анализ снежного покрова выявил значительную вариабельность химического состава снега, снижение его уровня за-

грязнения в динамике. Вместе с тем содержание практически всех приоритетных загрязнителей превышает фоновые значения, что может оказывать постоянное отрицательное воздействие на состояние депонирующих сред.

На подстилающую поверхность ежегодно на 1 га может поступать около 1 кг загрязнителей. Это вызывает необходимость инвентаризации источников загрязнения и определения экологически обоснованных норм воздействия хозяйственной деятельности человека на живые организмы. Установленные в работе геохимические показатели состояния снежного покрова могут явиться, наряду с анализом состояния почв и растений, методологической основой агроэкологического мониторинга.

Таблица 4

Уровень загрязнения снежного покрова

Циклы обследования	Варианты исследования	K_c								Z_c
		Нитраты	Хлориды	Сульфаты	Свинец	Кадмий	Медь	Цинк	Хром	
I	1	2,59	12,54	11,35	13,00	7,00	3,38	129,09	22,00	195,96
	2	1,95	11,36	13,06	43,00	7,00	8,00	4,59	31,00	114,96
	3	6,96	19,93	17,76	59,00	20,00	2,77	1,00	18,00	140,42
	4	2,15	104,79	22,82	33,00	6,00	6,92	9,57	21,00	201,26
	5	1,79	22,36	27,65	32,00	6,00	7,08	8,85	14,00	114,73
	6	2,12	28,14	12,94	50,00	10,00	6,92	14,91	22,00	142,04
II	1	3,94	19,68	18,88	15,00	0,00	5,62	11,70	0,00	69,82
	2	1,48	10,36	7,82	57,50	1,00	4,69	9,76	1,00	88,61
	3	1,79	7,00	28,53	14,00	0,00	5,46	2,24	25,00	79,02
	4	1,00	13,64	21,03	0,00	0,00	2,31	2,91	4,00	39,89
	5	1,27	7,57	42,97	1,00	0,00	5,08	1,65	11,00	65,54
	6	1,31	3,57	38,24	21,00	0,00	3,77	3,26	12,00	78,15
III	1	2,48	1,50	2,47	20,00	2,00	1,54	3,04	14,00	42,02
	2	1,61	3,29	3,44	9,00	1,00	2,62	4,81	12,00	32,77
	3	1,35	1,00	1,00	24,40	0,00	2,46	14,70	114,50	152,41
	4	2,85	11,21	3,41	11,00	0,00	2,62	4,61	23,00	53,71
	5	2,12	3,07	1,94	35,00	0,00	1,54	3,26	19,00	60,93
	6	2,07	1,00	2,94	3,50	0,00	1,38	8,43	15,00	29,32

IV	1	1,47	6,07	27,94	13,00	1,00	1,54	4,46	15,50	65,98
	2	2,24	15,71	7,94	7,50	1,00	5,85	2,81	31,00	69,05
	3	2,58	25,21	13,06	15,00	0,00	3,69	88,37	7,00	149,92
	4	1,34	12,64	8,65	14,00	7,00	3,23	10,31	14,00	66,17
	5	1,45	10,00	28,74	12,50	1,00	1,00	1,63	8,50	59,82
	6	1,66	12,64	27,44	5,00	1,00	2,00	2,06	8,00	54,80

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Ф. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 181 с.
2. [ГОСТ 17.1.5.05-85]: Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Стандартинформ, 1986. 12 с.
3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2014 году. [Тверь]: Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области, [б/г]. 91 с.
4. Зубкова В.М. Снеговой покров как индикатор экологической обстановки при антропогенной нагрузке на территорию // Состояние среды обитания и фауна охотничьих животных России и сопредельных территорий: материалы научно-практич. конф. «Состояние среды обитания и фауна охотничьих животных России и сопредельных территорий» (Балашиха, 10-11.03.2016). Балашиха: РГАЗУ, 2016. С. 202–207.
5. Козин В.В. Кузнецова Э.А. Физико-географические факторы пространственно-временной изменчивости снежного покрова нефтегазопромыслового региона. Нижневартковск: Нижневартковский гос. ун-т, 2015. 151 с.
6. [Ревич Б.А., Саэт Ю.Е., Смирнова Р.С.] Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (утверждены Главным гос. санитарным врачом СССР 15 мая 1990 г. № 5174-90). М.: ИМГРЭ, 1990. 7 с.
7. Рихтер Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. М.: АН СССР, 1948. 171 с.
8. Свистов П.Ф., Першина Н.А., Полищук А.И. Качественная оценка загрязнения окружающей среды (по данным о химическом составе атмосферных осадков) // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2010. № 562. С. 76–94.
9. Систер В.Г., Корецкий В.Е. Инженерно-экологическая защита водной системы северного мегаполиса в зимний период: учебное пособие. М.: МГУЭИ, 2004. 141 с.

REFERENCES

1. Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman SH.F. Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova [Monitoring of pollution of snow cover]. L., Gidrometeoizdat, 1985. 181 p.
2. [GOST 17.1.5.05-85]: Okhrana prirody. Gidrosfera. Obschie trebovaniya k otboru prob poverkhnostnykh i morskikh vod, l'da i atmosferynykh osadkov [[GOST 17.1.5.05-85]: The nature conservancy. Hydrosphere. General requirements to sampling of surface and sea waters, ice and atmospheric precipitations]. M., Standartinform, 1986. 12 p.
3. Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy v Tverskoi oblasti v 2014 godu [State report on the status and on the protection of the environment in Tver region in 2014]. [Tver], Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Tverskoi oblasti, [s.a.]. 91 p.

4. Zubkova V.M. Snegovoi pokrov kak indikator ekologicheskoi obstanovki pri antropogennoi nagruzke na territoriyu [Snow cover as an indicator of the ecological situation under anthropogenic load on the territory] Sostoyanie sredy obitaniya i fauna okhotnich'ikh zhivotnykh Rossii i sopredel'nykh territorii: materialy nauchno-praktich. konf. «Sostoyanie sredy obitaniya i fauna okhotnich'ikh zhivotnykh Rossii i sopredel'nykh territorii» (Balashikha, 10-11.03.2016) [The condition of the habitat and fauna of game animals of Russia and adjacent territories: materials of scientific-practical. conf. "The condition of the habitat and fauna of game animals of Russia and adjacent territories" (Balashikha, 10-11.03.2016)]. Balashikha, RGAZU, 2016. pp. 202–207
5. Kozin V.V., Kuznetsova E.A. Fiziko-geograficheskie faktory prostranstvenno-vremennoi izmenchivosti snezhnogo pokrova neftegazopromyslovogo regiona [Physico-geographical factors of the spatial-temporal variability of snow cover of oil and gas extracting region]. Nizhnevartovsk, Nizhnevartovskii gos. un-t, 2015. 151 p.
6. [Revich B.A., Saet Yu.E., Smirnova R.S.] Metodicheskie rekomendatsii po otsenke stepeni zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа naseleennykh punktov metallami po ikh sodержaniyu v snezhnom pokrove i pochve (utverzhdeny Glavnym gos. sanitarnym vrachom SSSR 15 maya 1990 g. № 5174-90) [Guidelines for the assessment of the degree of pollution of atmospheric air with metals in populated localities by their content in snow cover and soil (approved by the Chief state sanitary doctor of the USSR of 15 may 1990 No. 5174-90)]. M., IMGRE, 1990. 7 p.
7. Rikhter G.D. Rol' snezhnogo pokrova v fiziko-geograficheskom protsesse [The role of snow cover in the physical-geographical process]. M., AN SSSR, 1948. 171 p.
8. Svistov P.F. Pershina N.A., Polishchuk A.I. Kachestvennaya otsenka zagryazneniya okruzhayushchei sredy (po dannym o khimicheskom sostave atmosferynykh osadkov) (Qualitative assessment of environmental pollution (according on the chemical composition of atmospheric precipitation)) // Trudy Glavnoi geofizicheskaya observatoriya im. A.I. Voeikova. 2010. no. 562. pp. 76–94.
9. Sister V.G., Koretskii V.E. Inzhenerno-ekologicheskaya zashchita vodnoi sistemy severnogo megapolisa v zimnii period: uchebnoe posobie [Engineering and ecological protection of the water system of the northern metropolis in winter: a tutorial]. M., MGUEI, 2004. 141 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бабкина Александра Алексеевна – аспирант кафедры техносферной безопасности и экологии Российского государственного социального университета;
e-mail: alexashka2506@mail.ru

Зубкова Валентина Михайловна – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и экологии Российского государственного социального университета;
e-mail: vzubkova@rambler.ru

Белозубова Наталья Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и экологии Российского государственного социального университета;
e-mail: gerlinger_natali@mail.ru

Горбунова Василиса Андреевна – аспирант кафедры техносферной безопасности и экологии Российского государственного социального университета;
e-mail: slenya@list.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Babkina Alexandra A. – post-graduate student of the department of Technosphere Safety and Ecology at the Russian State Social University;
e-mail: alexashka2506@mail.ru

Zubkova Valentina M. – doctor of biological sciences, professor, professor of the department of Technosphere Safety and Ecology at the Russian State Social University;
e-mail: vzubkova@rambler.ru

Belozubova Natalia Yu. – candidate of biological sciences, associate professor of the Department of Technosphere Safety and Ecology at the Russian State Social University;
e-mail: gerlinger_natali@mail.ru

Gorbunova Vasilisa A. – post-graduate student of the department of Technosphere Safety and Ecology at the Russian State Social University;
e-mail: slenya@list.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Бабкина А.А., Зубкова В.М., Белозубова Н.Ю., Горбунова В.А. Анализ загрязненности снежного покрова в условиях антропогенной нагрузки // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 78–87.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-78-87

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

A. Babkina, V. Zubkova, N. Belozubova, V. Gorbunova. Analysis of pollution of snow cover under anthropogenic load // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 78–87.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-78-87

УДК 551.526.8 (282.2 : 571.12)
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-88-95

АНАЛИЗ ГОДОВОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В р. ИШИМ В ПРЕДЕЛАХ г. ИШИМА

Кощеева Г.С., Губанова Л.В.

*Тюменского государственного университета
(филиал – Ишимский педагогический институт им. П.П. Ершова)
627750, Тюменская область, г. Ишим, ул. Ленина, 1.*

Аннотация. Исследован годовой ход температуры воды в р. Ишим в пределах г. Ишима. Временные изменения температуры воды в р. Ишим отслеживаются не только внутри каждого года наблюдения, но и по среднегодовым показателям. В целом годовые ходы температуры воды каждого года исследования похожи по плавным изменениям и закономерными весенне-летним повышением, летним максимумом и летне-осенним понижением. Своего максимума годовой ход температуры воды в р. Ишим достигает, как правило, во второй половине июля. В динамике температуры воды отмечаются периоды пороговых (значимых в отраслях хозяйства и жизнедеятельности человека) температур различной протяжённости. Внутримесячные различия, как правило, незначительны, за исключением апреля-мая и октября-ноября, когда наблюдаются прогрев или остывание воды.

Ключевые слова: годовой ход температуры воды, река Ишим, город Ишим, Тюменская область.

ANALYSIS OF THE ANNUAL VARIATION IN WATER TEMPERATURE IN THE RIVER ISHIM WITHIN THE AREA OF THE TOWN OF ISHIM

G. Koshcheeva, L. Gubanova

P.P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (branch) of Tyumen State University

Abstract. We study the annual variation in water temperature in the river Ishim within the area of the town of Ishim. Temporary changes in water temperature in the river Ishim are tracked within each year of observation and compared with the average long-term observations. In general, annual water temperature variations in the studied period are similar in smooth changes and patterns characterized by an annual spring-summer temperature rise, a summer temperature maximum and an autumn temperature decrease. The maximum annual variation in water temperature in the river Ishim is registered, as a rule, in the second half of July. The dynamics of water temperature being observed shows periods of threshold temperatures (important in the fields of economy and human life) which vary in their duration. Intramonth differences are usually not significant, except for April-May and October-November, when we observed warming or cooling of the water.

Key words: annual variation in water temperature, the Ishim River, the town of Ishim, Tyumen region.

© Кошечева Г.С., Губанова Л.В., 2016.

Исследования термического режима рек являются актуальной научной задачей, поскольку всестороннее изучение водных объектов позволяет грамотно планировать промышленное, сельскохозяйственное, хозяйственно-бытовое, рекреационное и другое водопользование. Строительство трубопроводов, гидротехнических, технических и гражданских сооружений также учитывает годовой ход температуры воды в реках. Определение сроков перехода температур через «опорные» показатели, продолжительности периодов с конкретными температурами позволяют регламентировать и планировать хозяйственную деятельность. Однако исследования годового хода температуры воды проведены лишь для крупных рек нашей страны [1; 2, с. 399–422].

Для реки Ишим (Тюменский участок течения) пространственно-временные особенности годового хода температуры воды подробно не изучались. Характерные для р. Ишим маловодья [3] обуславливают необходимость создания гидротехнических сооружений. В Тюменской области реализуется программа развития рекреации и туризма, в том числе на водных объектах. Таким образом, наше исследование является актуальным в связи с необходимостью обоснования программ развития технической и социальной сферы города Ишима. Целью нашего исследования явилась характеристика годового хода температуры воды в реке Ишим.

Материалы и методы исследования

Материалами для нашего исследования послужили режимные наблюдения Росгидромета и собственные

наблюдения авторов. По правилам Росгидромета [4], наблюдения за температурой воды в реке Ишим производятся на гидрологическом посту, в прибрежной зоне на глубине не менее 0,3–0,5 м. Место для измерений авторами выбрано согласно требованиям [4] на проточном участке с отсутствием струй родников и сбросов промышленных вод. Температура воды на посту наблюдений типична, мало отличается от температуры во всём водном течении и на участке поста. Измерения температуры воды производились водным термометром в 8 и 20 часов ежедневно в течение всего безледового периода (с середины апреля до начала ноября). После установления ледового покрова измерения температуры производились раз в несколько недель. Обработка данных о температуре воды в реке Ишим производилась в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Нами проанализирован двенадцатилетний ряд температуры воды в р. Ишим для характеристики динамики годового хода температуры. Для каждого года был построен график годового хода температуры воды в реке. Временные изменения температуры воды в р. Ишим отслеживаются не только внутри каждого года наблюдения, но и по среднемноголетним показателям.

В целом годовые ходы температуры воды каждого года исследования похожи по плавным изменениям и закономерным весенне-летним повышениям, летним максимумом и летне-осенним понижениям. Однако основные даты перехода через важные температурные величины (0, 10, 13, 17, 20 градусов

Цельсия) и продолжительность периодов с определёнными температурами от года к году отличаются.

После вскрытия р. Ишим ото льда температура воды начинает постепенно повышаться, как правило, не более, чем на 0,1-1°C в сутки. В связи с низкой теплопроводностью и высокой теплоёмкостью прогрев воды идёт медленно, температуры в 10°C вода достигает за период от 10 (в 2010 г.) до 28 (в 2012 г.) дней (табл. 1). По среднелетним показателям можно определить, что выше 0°C температура

воды в р. Ишим становится к середине – третьей декаде апреля, а прогрев свыше 10°C происходит в первой – начале второй декады мая. В путепроводном строительстве (нефтепроводы, канализация и т.д.) учитываются даты перехода через температуру в 13°C и период с температурами выше этой величины. Поэтому мы отследили переход через $\geq 13^\circ\text{C}$ в р. Ишим. Весной этот переход наблюдается в середине, реже в третьей декаде мая. Самая ранняя дата – 6 мая (в 2010 г.), самая поздняя – 26 мая (2013 г.).

Таблица 1

Даты перехода температуры воды в р. Ишим через пороговые значения

	$\geq 0^\circ\text{C}$	$\geq 10^\circ\text{C}$	$\geq 13^\circ\text{C}$	$\geq 17^\circ\text{C}$	$\geq 20^\circ\text{C}$	$\leq 20^\circ\text{C}$	$\leq 17^\circ\text{C}$	$\leq 13^\circ\text{C}$	$\leq 10^\circ\text{C}$	$\leq 0^\circ\text{C}$
2004	25 апреля	12 мая	15 мая	28 мая	13 июня	8 августа	29 августа	21 сентября	6 октября	12 ноября
2005	18 апреля	7 мая	14 мая	16 мая	7 июня	22 августа	23 августа	22 сентября	5 октября	16 ноября
2006	16 апреля	10 мая	15 мая	27 мая	7 июня	25 июля	17 сентября	18 сентября	26 сентября	16 ноября
2007	16 апреля	12 мая	16 мая	18 июня	23 июня	10 августа	9 сентября	19 сентября	3 октября	12 ноября
2008	13 апреля	9 мая	14 мая	14 июня	18 июня	21 августа	3 сентября	12 сентября	20 сентября	1 декабря
2009	12 апреля	8 мая	11 мая	31 мая	6 июня	30 августа	2 сентября	20 сентября	6 октября	8 ноября
2010	22 апреля	2 мая	6 мая	27 мая	15 июня	19 августа	6 сентября	9 сентября	2 октября	23 ноября
2011	18 апреля	2 мая	19 мая	4 июня	10 июня	19 августа	10 сентября	24 сентября	8 октября	6 ноября
2012	13 апреля	11 мая	14 мая	29 мая	2 июня	20 августа	4 сентября	19 сентября	4 октября	9 ноября
2013	24 апреля	8 мая	26 мая	8 июня	20 июня	27 августа	9 сентября	18 сентября	27 октября	25 ноября
2014	19 апреля	5 мая	12 мая	14 июня	22 июня	27 августа	2 сентября	9 сентября	26 октября	27 октября
2015	18 апреля	4 мая	15 мая	29 мая	2 июня	7 августа	23 августа	15 сентября	25 октября	4 ноября

Следующая «опорная» величина для анализа динамики температуры в воде реки Ишим – пригодная для купания многих взрослых температура воды $\geq 17^\circ\text{C}$. Переход через эту величину происходит, как правило, в конце мая – первой половине июня. Изредка наблюдаются сдвиги на более ранние (16 мая 2005 г.) либо поздние (18 июня 2007 г.) сроки. Более пригодная для купания температура воды – 20 и бо-

лее градусов Цельсия – фиксируется, в среднем, в середине – третьей декаде июня. Однако ранней наблюденной датой достижения водой 20°C и выше является 2 июня 2012 и 2015 гг. Поздней датой перехода через 20°C является 23 июня 2007 г.

Своего максимума годовой ход температуры воды в р. Ишим достигает, как правило, во второй половине июля (табл. 2). Фиксируются случаи

раннего – 2-3 июля (2015 и 2006 гг. соответственно), – позднего: 7 августа 2010 г. и двойного максимума, зарегистрированного 9 и 20 июля 2009 г. Величина максимумов, в среднем, достигает 25°C. Наименьшее значение максимума температуры воды составляет 23,4°C, а наибольшее – 27,9°C.

Таблица 2

Величина максимумов температуры воды в р. Ишим, °С

Год	t, °С	Дата
2004	25,2	23 июля
2005	24,2	31 июля
2006	26,0	3 июля
2007	25,4	19 июля
2008	27,2	18 июля
2009	<u>23,4</u>	9,20 июля
2010	24,7	7 августа
2011	24,3	28 июля
2012	27,9	22 июля
2013	24,5	8 июля
2014	<u>23,4</u>	8 июля
2015	24,9	2 июля

Плавное понижение годового хода температуры воды в р. Ишим происходит после достижения максимума. Переход через $\leq 20^{\circ}\text{C}$ происходит в конце второй – в третью декаду августа, самое позднее – 30 августа 2009 г. Реже это происходит в первую декаду августа, самое раннее – 25 июля 2006 г. Ниже температуры в 17°C фиксируются величины в конце августа – первой половине сентября. В этом случае самая ранняя дата – 23 августа (2005 и 2015 гг.), а самая поздняя – 17 сентября 2006 г. Переход через $\leq 13^{\circ}\text{C}$ происходит, в среднем, во второй половине сентября. Самая ранняя дата снижения температуры $\leq 13^{\circ}\text{C}$ зарегистриро-

вана 9 сентября 2010 и 2014 гг., а самая поздняя – 24 сентября 2011 г.

Ниже 10°C температура воды в р. Ишим опускается, как правило, в первую либо в последнюю декаду октября, хотя самая ранняя дата перехода через отметку в 10°C отмечена 20 сентября 2008 г. Позже всего за исследуемый период температура воды в р. Ишим опустилась ниже отметки в 10°C 27 октября 2013 г. Нулевую отметку температура воды в р. Ишим пересекает, как правило, в середине ноября. Исключениями являются 27 октября 2014 г. (самый ранний срок) и 1 декабря 2008 г. (самый поздний срок). С декабря по март температура воды около 0°C , после установления ледового покрова гидротермические измерения проводятся раз в несколько дней.

Необходимо сказать о продолжительности перехода между пороговыми значениями температуры воды. Как известно, вода в реке нагревается под воздействием температуры воздуха, второстепенное значение имеет температура грунта русла. При этом вода медленно нагревается и медленно остывает (свойства низкой теплопроводности и высокой теплоёмкости). Эти факторы отражаются в периодах перехода между пороговыми значениями.

В среднем, весенний переход от 0 до 10°C осуществляется за 20 дней; а вот осенью переход от 10 до 0°C по среднемноголетним данным происходит за 36 дней. Прогрев воды с 10 до 17°C осуществляется, по среднемноголетним данным, около 10-12 дней. Переход температуры воды от 0° через 20°C (повышение-понижение) происходит, в среднем, за 66 дней. Период понижения температуры от 20 до 0°C занимает, в среднем, более 70 дней. Однако от

года к году продолжительность переходов между пороговыми значениями температуры воды различна. При этом надо помнить, что речь идёт о крайних датах периодов, внутри которых изменения температуры происходят постепенно, без резких скачков (инерция и свойства теплопроводности воды).

Для лучшего понимания динамики температуры воды в р. Ишим мы

рассчитали количество дней с определёнными температурами, а также их среднеголетние значения. За пороговые значения взяли 10, 13, 17, 20, 23, 25, 26°C (табл. 3). По среднеголетним значениям, самым продолжительным является период с температурами ниже 17°C – 152 дня, а самым коротким – период с температурами выше 26°C – 1 день.

Таблица 3

Продолжительность периодов с пороговыми температурами воды, дни

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	среднее
≥13	117	128	121	123	118	128	127	129	129	116	117	124	123
≥17	87	91	95	84	84	96	102	86	96	94	81	87	90
≥20	58	69	44	56	61	57	60	59	77	68	40	54	59
≥23	18	17	23	21	34	10	9	12	30	23	2	20	18
≥25	6	0	6	5	15	0	0	0	12	0	0	0	4
>26	0	0	0	0	6	0	0	0	7	0	0	0	1
<17	150	149	144	157	156	147	140	158	148	150	163	157	152
<13	120	112	118	118	122	115	115	115	115	128	127	120	119
<10	98	92	105	96	109	92	88	79	97	106	105	95	97

Как видим, по годам продолжительность периодов распределена неравномерно, особенно чётко это проявляется в периодах с температурами выше 25°C, в отдельные годы их просто не существует (в 7 из 12 лет), а периодов с температурами выше 26 °C не существует в 10 случаях из 12. Если рассматривать эти данные с точки зрения рекреации, то отметим, что продолжительность купального сезона зависит от реальных термических условий. В нашей местности благоприятная для купания температура воды в среднем начинает регистрироваться в середине июня. Заканчиваются благоприятные условия для купания, главным образом, в конце августа – первую пентаду сентября.

Число дней с температурой >17°C подряд в среднем составляет 92 дня.

Однако необходимо учитывать тот факт, что большинство людей предпочитают купание в воде с температурой выше 20°C. Такие периоды значительно короче и составляют в среднем 57 дней. Но следует помнить, что наблюдаются периодические похолодания и, соответственно, понижение температуры воды вплоть до 10-16°C в периоды, посчитанные нами как с более высокой температурой. Самый продолжительный период с температурой выше 20°C без перерывов составляет 56 дней, и наблюдался он в 2004 г. То есть в целом благоприятные условия для купания, особенно детей, фикси-

руются в довольно непродолжительный период.

С июня по сентябрь показатели температуры воды однородны, когда суточные изменения незначительны. В апреле и ноябре отмечается однородность ряда значений температуры значительно ниже, поскольку зарегистрированы нулевые температуры. Летние температуры, как правило, выше 17-20°C. Температуры межсезонья отличаются в связи с общеклиматическими закономерностями.

Кроме того, рассчитаны средне-многолетние показатели месячной

температуры: средние, максимальные и минимальные значения и размах колебаний (рис. 1). Кривая показателей отличается плавностью, имеет вершину в июле. Размах колебаний признака (R) наименьший в ноябре, в июле, наибольший в мае и октябре, что говорит об однородности показателей в первом случае и больших различиях во втором. Средние, максимальные и минимальные значения близки друг другу, резких отличий не имеют, что в целом свидетельствует об однородности рядов данных и низкой ошибке репрезентативности.

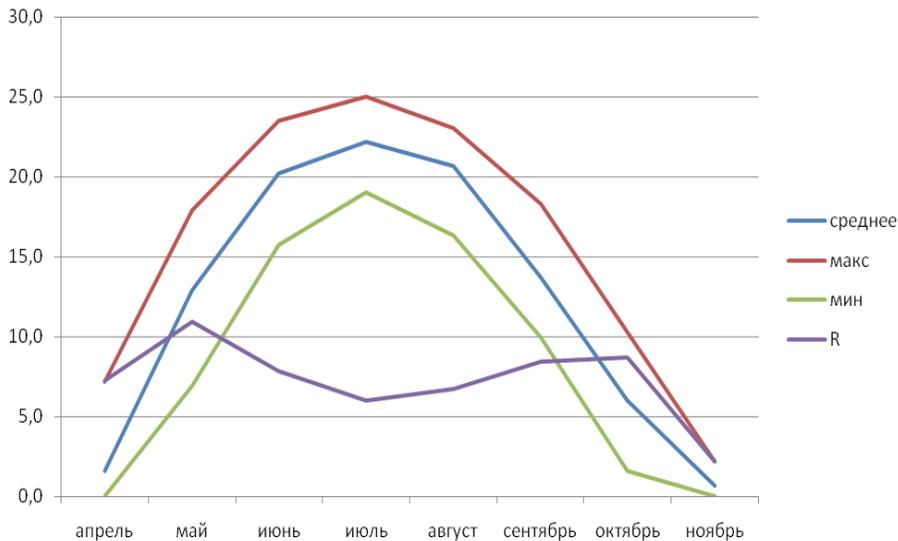


Рис. 1. Распределение средне-многолетних показателей месячной температуры.

Подытоживая наши исследования, можно сделать вывод о том, что в целом годовой ход температуры воды в р. Ишим имеет плавные, постепенные изменения, резких колебаний в силу физических свойств воды не обнаружено. Годовые максимумы фиксируются в летний период, преимущественно в июле. Это подтверждает визуализация годовых изменений динамики темпе-

ратуры воды. В динамике температуры воды отмечаются периоды пороговых (значимых в отраслях хозяйства и жизнедеятельности человека) температур различной протяженности. Внутримесячные различия, как правило, незначительны, за исключением апреля-мая и октября-ноября, когда наблюдается прогрев или остывание воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 247 с.
2. Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.И. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. 736 с.
3. Кошечева Г.С., Губанова Л.В., Новосёлова О.В. Анализ повторяемости и обеспеченности уровней р. Ишим в пределах г. Ишима // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 5. С. 63–68.
4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам [Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках]. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 382 с.

REFERENCES

1. Donchenko R.V. Ledovyi rezhim rek SSSR [The ice regime of the rivers of the USSR]. L., Gidrometeizdat, 1987. 247 p.
2. Zakonomernosti gidrologicheskikh protsessov [Patterns of hydrological processes]. M., GEOS, 2012. 736 p.
3. Koshcheeva G.S., Gubanova L.V., Novoselova O.V. Analiz povtoryaemosti i obespechenosti urovnei r. Ishim v predelakh g. Ishima [Analysis of repeatability and security levels of the Ishim river within the town of Ishim] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya «Estestvennye nauki». 2015. no. 5. pp. 63–68.
4. Nastavlenie gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam [Выпуск 6. Chast' I. Gidrologicheskie nablyudeniya i raboty na bol'shikh i srednikh rekakh] [Manual for hydrometeorological stations and posts [Issue 6. Part I. Hydrological observations and works on large and medium rivers]]. L., Gidrometeizdat, 1978. 382 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кошечева Галина Сергеевна – кандидат географических наук, доцент кафедры биологии, географии и методики их преподавания, Ишимский педагогический институт им. П.П. Ершова (филиал ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»);
e-mail: gala-s-k@mail.ru

Губанова Лариса Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, географии и методики их преподавания, Ишимский педагогический институт им. П.П. Ершова (филиал) ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»;
e-mail: karabanova_l@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORESS

Koshcheeva Galina S. – candidate of geographical sciences, associate professor of the department of Biology, Geography and Methods of their Training at the P.P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (branch) of Tyumen State University (town of Ishim);
e-mail: gala-s-k@mail.ru

Gubanova Larisa V. – candidate of biological sciences, associate professor of the department of Biology, Geography and Methods of their Training at the P.P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (branch) of Tyumen State University (town of Ishim);
e-mail: karabanova_l@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Кощеева Г.С., Губанова Л.В. Анализ годового хода температуры воды в р. Ишим в пределах г. Ишима // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 88–95.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-88-95

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

G. Koshcheeva, L. Gubanova. Analysis of the annual variation in water temperature in the river Ishim within the area of the town of Ishim // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 88–95.
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-88-95

УДК 502.64

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-96-105

ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ

Розанов Л.Л.*Московский государственный областной университет
105005, г. Москва, ул. Радио, д.10А, Российская Федерация*

Аннотация. На современном уровне знаний историческая геоэкология рассматривается как направление прикладной геоэкологии, изучающее пространственно-конкретные воздействия прошлой (былой) окружающей среды на человека, растительные и животные организмы. Приведено концептуальное обобщение исторической геоэкологии. Обсуждается содержание историко-расселенческой геоэкологии, антропохимической геоэкологии, историко-почвенной геоэкологии, историко-климатической геоэкологии, историко-хозяйственной геоэкологии, историко-медицинской геоэкологии. Выдвинута идея о геоэкологических ловушках – опасных местах в окружающей среде, где можно погибнуть от воздействия экстремальных природных или техногенно-природных процессов.

Ключевые слова: историческая геоэкология, окружающая среда, заболеваемость, геоэкологическая ловушка.

HISTORICAL GEOECOLOGY

L. Rozanov*Moscow State Regional University
ul. Radio 10A, 105005 Moscow, Russia*

Abstract. At the present level of knowledge, historical geoeology is treated as the direction of applied geoeology, studying the spatial-specific effects of the last (or past) environment on humans, plants and animals. A conceptual generalization of historical geoeology is presented. We discuss the content of historical settlement geoeology, anthropochemical geoeology, historical and soil geoeology, historical and climatic geoeology, historical and economic geoeology, and historical and medical geoeology. We put forward an idea of geoeological traps, i.e. dangerous places in the environment where man can die from exposure to extreme natural or anthropogenic-natural processes.

Key words: historical geoeology, environment, morbidity, geoeological trap.

Введение в науку термина «историческая геоэкология» обусловлено разработкой геоэкологической периодизации взаимоотношений человечества с биосферой [3]. На современном уровне знаний под *исторической геоэкологией* автором понимается направление прикладной геоэкологии, изучающее пространственно-конкретные воздействия прошлой окружающей среды на человека, растительные и животные организмы. Историко-геоэкологические объекты (археологические находки, погребенные почвы, костные останки древних жи-

вотных и человека) обладают способностью сохранять информацию о былых состояниях окружающей среды в виде устойчивых во времени признаков [10]. Качество окружающей среды в различных географических регионах в разные периоды и состояние человека, а также биосферных организмов – две взаимосвязанные, исторически непостоянные категории.

С позиций существования и выживания человека представления о воздействии окружающей среды в прошлом важны в свете возникновения экстремальности окружающей среды в пространстве и времени (например, при загрязнении). Новизна проведенного исследования заключается в концептуальном обобщении исторической геоэкологии, в раскрытии содержания историко-расселенческой, антропохимической, историко-почвенной, историко-климатической, историко-хозяйственной, историко-медицинской геоэкологий, в аргументации идеи о геоэкологических ловушках в прошлом и настоящем.

Историко-расселенческая геоэкология

Исследования опорных стоянок древнего человека позволили реконструировать пути первоначального заселения Арктики, получить палеогеоэкологические данные об условиях окружающей среды того времени (в том числе о ресурсной базе охотничьей деятельности первобытных людей). Скандинавский полуостров и территория Финляндии 10000 лет назад были покрыты ледником. Первые поселения первобытных людей на берегах Норвежского и Балтийского морей появились 9200-9600 лет назад. Для первых

поселений на юге и востоке Финляндии установлены датировки 8150-8950 лет назад. Наиболее ранний памятник (стоянка) во внутреннем районе финской Лапландии на озере Ветсиярви датирован временем 8600 лет назад. Находки на этой стоянке характерного каменного инвентаря позволили финским ученым прийти к выводу, что «население, оставившее этот памятник, проникло из области верхнего течения Волги» [7, с. 21]. Датировки первых поселений на территории современной Финляндии свидетельствуют о северо-западном направлении расселения древних людей из бассейна Волги в постледниковое время, что принципиально для понимания и установления культурно-исторических взаимосвязей между финно-угорскими народами Европы.

Образ жизни древних людей был обусловлен доступными пищевыми ресурсами. Охота, рыболовство, собирательство зависели от жизненных циклов животных и растений, употреблявшихся человеком в пищу. Традиции питания, определяющие характер обменных процессов в организме и влияющих на состояние здоровья, коренным образом отличается у населения тундры, тайги, степей и прибрежных территорий. Изотопный состав азота позволяет различить морской, пресноводный и континентальный источники белков в диете древних людей. По результатам изотопных исследований установлено, что питание кочевых и полукочевых степных племен, обитавших 4 тыс. лет назад на территории нынешнего Ставропольского края, основывалось, главным образом, на мясе травоядных животных. В отличие от кочевников, люди, жившие 8-5

тыс. лет назад в окрестностях Москвы, вели оседлый образ жизни, в их рационе преобладало потребление речной рыбы. Изотопный состав фосфатов костей человека отражает условия окружающей среды последних 10 лет жизни. Согласно изотопным данным, 2200-2400 лет назад на территорию Южного Урала и Предуралья пришли кочевники из лесостепных районов Западной Сибири.

Антропхимическая геоэкология

Важнейшим условием развития человечества было освоение огня для защиты от холода и диких животных. Использование огня и очага повлияло на организмы людей, их здоровье и поведение. При вдыхании дыма костров в организмы людей, кроме соединений углерода, кальция, калия, попадали все элементы, содержащиеся в древесной и кустарниковой растительности. Использование огня положило начало активному взаимодействию человека с окружающей средой. На основе данных по химическому составу золы древних кострищ из археологических раскопок и заполнений печей установлено высокое содержание марганца.

Полагают, что вдыхание дыма костров, очагов и бытовых печей могло приводить к избыточному поступлению в организмы людей ряда элементов, не только ухудшающих здоровье, но и меняющих их поведенческие реакции. Известно, что марганец накапливается в костях, головном и спинном мозге. При постоянном и избыточном поступлении марганца в организм человека снижается его активность, ухудшается память, нарастает психическая астения (повышенная истощаемость, медленность восстановления

энергии и работоспособности, неспособность к длительным усилиям). Сравнительное исследование костной ткани древних людей в районах Предкавказья и «москвичей», живших в различных природных и культурных условиях, показало «повышение содержания марганца в костной ткани женщин по сравнению с мужчинами. Это может быть связано с более длительным нахождением женщин у очагов или печей» [1, с. 57–58].

Согласно результатам исследований костных останков людей (из двух захоронений вблизи г. Кисловодск), содержание в них железа, меди, цинка, марганца, бария было в пределах нормы, однако, повышено содержание циркония в 5–10 раз, брома – в 5 раз, ртути, мышьяка и никеля – в 3 раза, серебра – в 2,5 раза. Если повышенное содержание брома обусловлено спецификой микроэлементного состава вод этого региона, то ртути и мышьяка объясняется использованием минералов этих элементов в косметических или лечебных целях, а серебра и никеля – возможностью вхождения в сплавы, из которых изготавливалась посуда того времени. Поскольку цирконий особенно сильно накапливается в кустарниках, то дым костров и печей мог быть источником повышенного его содержания в костных тканях древних людей [1].

Историко-почвенная геоэкология

В последнее время внимание исследователей-геоэкологов привлекает функция почв сохранять свидетельства прошлой окружающей среды. Под геоэкологической «памятью» почв понимается способность функционирующей почвенной системы формировать и удерживать устойчивые при-

знаки, которые хранят информацию о почвообразующих процессах и факторах окружающей среды. Палеогеоэкологическая информация содержится в виде различных минеральных и органических новообразований, почвенного гумуса, растительных и животных включений в погребенных почвах под степными курганами, в грунтовых толщах древних городищ, старых поселений и городов, что позволяет судить о геоэкологической обстановке тех времен, когда они формировались.

Каштановые почвы бронзового и раннежелезного веков (3500 и 1800 лет назад), погребенные под курганами, использованы для реконструкции условий естественных атмосферных выпадений свинца и определения источников его поступления в экосистемы [9]. Содержание валового свинца и подвижной его формы минимально в профиле самой древней подкурганной почвы XVI–XV вв. до н.э. (3500 лет назад) и несколько повышено по всему профилю современной каштановой почвы. Курганные насыпи надежно изолируют палеопочвы от современных атмосферных выпадений свинца. В результате исследования подкурганной почвы установлено, что на юго-востоке Русской равнины около 5000 лет назад началась постепенная аридизация климата, продолжавшаяся на протяжении тысячелетия, которая достигла максимума около 4000 лет назад. Она обусловила наступление полупустыни на степь. Смягчение климатических условий с увеличением увлажнения произошло 3500 лет назад, выразившееся в ландшафтных сдвигах. Климатические условия в степях Нижнего Поволжья в новое и новейшее (XVIII–XIX вв.) время были более

влажными по сравнению с XVI–XV вв. до н.э. и II–III вв. н.э. [9].

Историко-геоэкологическое значение имеет интерпретация загрязнения средневековых московских почв мышьяком, свинцом и медью. Содержание мышьяка в почве, достигающее в центре Москвы 74 мг/кг (при кларке – среднем содержании в земной коре, 2 мг/кг), объясняется существованием кожевенных производств и применением мышьяковых красок. В настоящее время предельно допустимой концентрацией мышьяка в почве считается 4 мг/кг. В качестве микроэлемента он необходим для нормального функционирования организма. Согласно исследованиям [1], содержание свинца в почвах XIX в. доходит до 1321 мг/кг, при этом наличие его свыше 50 мг/кг почвы считается опасным. Среднее содержание меди (кларк) – 65 мг/кг, в древних почвах монастырей и богатых усадеб ее наличие доходит до 100–150 мг/кг, что связывается с применением микроудобрений и медного купороса для борьбы с вредителями культурных растений.

Историко-климатическая геоэкология

В свете дискуссии о причинах современного глобального потепления геоэкологически значимы изменения климата в прошлом. В климатический оптимум голоцена 6000–4000 лет назад Арктический бассейн был безледным. Леса вплотную подходили к побережью Баренцева моря. Произошло активное расселение человека по Земле и создание первых цивилизаций. Тогда в Египте возводились первые пирамиды. Теплые периоды сменялись мощными похолоданиями в Северном по-

лушарии. Установлено, что 2500–3000 лет назад средняя температура воздуха на Земле была почти на 2°С ниже современной. Примерно 3000 лет назад началось восстановление ледяного покрова Арктического бассейна.

В так называемый «малый климатический оптимум» IX–XIII вв. среднемировая температура воздуха превышала нынешнюю примерно на 1°С. «Малый климатический оптимум» средневековья стал периодом освоения земель, ставших Московской Русью, а норвежские викинги в тот же период заселили Гренландию («Зеленую страну»). На юго-западе Гренландии с 900 по 1200 г. существовали скандинавские колонии с поразительно высоким уровнем скотоводства. Согласно исследованиям в 1920 г. датских археологов средневекового кладбища, произведенные в конце X в. захоронения (гробы, саваны) и даже сохранившиеся тела пронизаны корнями растений, что, очевидно, свидетельствует о значительном оттаивании грунта, поскольку «температура в Южной Гренландии в то время была на 2–4°С выше современной» [4, с. 15]. В настоящее время это кладбище находится в зоне вечной мерзлоты.

В так называемый «малый ледниковый период» XIV–XIX вв. температура опускалась на 2°С ниже современных значений. Известны датировки образцов отмерших растений с сохранившимися корнями, погребенные наступавшим ледником в период между 1275–1300 гг. на о. Баффина Земля в Канадской Арктике. Похолодание было настолько резким, что корни растений не успели разложиться и вмерзли в лед наступавшего ледника в конце XIII в. Похолодание «малого ледникового периода» наиболее четко прояви-

лось в 1550–1850 гг. В кульминацию похолодания снеговая граница в Гренландии снижалась до уровня моря. «Малый климатический оптимум» и «малый ледниковый период» средневековой эпохи нашли отражение в известных историко-геоэкологических событиях (например, скотоводство в Гренландии, а также значительно превышающую современную площадь Арктического ледяного покрова Северного Ледовитого океана).

Геоэкологически существенны археологические находки на современном дне высохшего Аральского моря древнего поселения Арал-Асар и некрополей Кердери I и II, относящиеся к XIV в. По космическим снимкам осушенного дна Арала выявлены следы древнего русла р. Сыр-Дарья, на берегах которой были расположены мавзолеи Кердери. На основании установленного «возраста найденных костей человека и домашних животных» определены два этапа заселения дна Аральского моря. Для последних 2000 лет достоверно восстановлены две регрессии (V–X века н.э. и 1400–1850 гг.) и две трансгрессии (1000–1400 гг. и 1850–1980 гг.), сменявшие друг друга. «Примерно 600 лет назад Арал испытывал глубокую регрессию» [5, с. 50], которая совпадает со средневековым «малым ледниковым периодом» (1400–1850 гг.). Очевидно, Арал в ответ на колебания климата обладал потенциалом самовосстановления.

С позиций историко-климатической геоэкологии представляют значительный интерес исследования переселений народов, завоевательных походов, освоения новых земель, «возникновения русского государства или создание империи монголов» [4, с. 10].

Историко-хозяйственная геоэкология

Поиск причинно-следственной связи между аномалиями погодных условий, обусловленных как минимумами, так и максимумами 11-летних циклов солнечной активности и сельскохозяйственным производством в прошлом (по которому можно судить о состоянии окружающей среды), – одно из направлений исторической геоэкологии. Для выявления влияния погодных условий на урожай израильские ученые привлекли архив данных о годовых ценах на пшеницу в средневековой Англии с 1259 г. по XVIII в. Они проанализировали восприимчивость рынков пшеницы в средневековой Англии, принадлежащей к зоне рискованного земледелия, крайне чувствительного к неблагоприятным погодным аномалиям (возможным похолоданиям и избыточным осадкам) во время вегетации. Ими было установлено «для всех девяти циклов солнечной активности в период 1580–1700 гг. систематическое превышение цен (в среднем в 2 раза) на пшеницу в средневековой Англии в годы минимума солнечной активности по сравнению с ценами в годы ближайшего максимума» [8, с. 49].

В так называемый «малый ледниковый период» на значительной части Европы (1590–1700 гг.) происходил переход сельскохозяйственных регионов в состояние «рискованного земледелия», обусловленного повышенной значимостью погодных аномалий в производстве зерна. Показательна установленная связь между неблагоприятными погодными условиями (связанными с солнечной активностью) с явлениями массового голода и вызванными ими скачками смер-

ности в Исландии в период с 1774 по 1900 гг. Специфика тогдашнего сельского хозяйства Исландии определялась, по мнению израильских ученых, не прибрежным рыболовством (как в более позднее время), а животноводством, полностью зависевшим в тот период от урожая травы на местных пастбищах. Сельское хозяйство Исландии крайне чувствительно к погодным условиям (облачности, осадкам), поэтому к падению объема кормов мог привести как избыток осадков и дефицит солнечной радиации, так и недостаток осадков и засуха.

Установлено, что все периоды сокращения численности населения Исландии совпадают с падением поголовья скота, вызванного неурожаем кормов. Принадлежность Исландии к зоне рискованного земледелия, крайне чувствительного к погодным условиям, ее изолированность от основных продовольственных рынков, поставки из которых могли бы смягчить последствия неурожая кормов, обусловили сокращение населения [8]. Приведенные результаты проявления эффектов «погода – урожай» в пространственно-временной конкретности свидетельствуют о возможности геоэкологического изучения прошлых состояний окружающей среды на основе установления причинно-следственных связей между производством сельскохозяйственной продукции, погодными аномалиями и смертностью населения. Резкое отклонение локальных погодных условий может привести к тому, что стандартное региональное сельскохозяйственное производство окажется в состоянии «рискованного земледелия», весьма чувствительного к погодным аномалиям.

Историко-медицинская геоэкология

Региональные исследования состояния здоровья населения за длительный период времени позволяют судить об изменении качества окружающей среды. В этом отношении представляет интерес сравнение *заболеваемости* – распространенности болезней среди населения Московской губернии и области для двух временных срезов: рубежей XIX–XX и XX–XXI вв. (см. табл.). Применительно к качеству окружающей среды в Московской губернии смертность новорожденных была в два раза ниже там, где отсут-

ствовали промышленные предприятия, загрязнявшие окружающую среду. Несмотря на высокий уровень младенческой смертности, в Московской губернии на протяжении 1883–1913 гг. отмечался естественный прирост населения. Приведенные табличные данные для временных срезов в 100 лет о структуре заболеваемости населения свидетельствуют об увеличении числа заболеваний органов дыхания, системы кровообращения, злокачественных новообразований и об уменьшении младенческой смертности, инфекционных, паразитарных и болезней органов пищеварения.

Таблица

Заболеваемость на 1000 населения в Московской губернии и Московской области (по [2] с дополнением автора)

Наименования видов болезней	1905 г.	2005 г.	2005 к 1905 гг.
Болезни органов дыхания	74,4	342,9	4,61
Болезни системы кровообращения	9,9	131,3	13,26
Новообразования (опухоли)	4,5	33,5	7,44
Болезни органов пищеварения	148,5	63,0	0,42
Инфекционные и паразитарные болезни	120,2	38,2	0,32
Младенческая смертность	321,0	9,8	0,03

В наибольшей степени отражают связь с состоянием окружающей среды в современной Московской области злокачественные новообразования, болезни эндокринной и мочеполовой системы, болезни крови; геоэкологически значимыми признаны бронхиальная астма, аллергический ринит [2].

Геоэкологические ловушки

Для познания динамики окружающей среды и ее воздействия на человека и биоту существенно изучение повторяемости экстремальных при-

родных процессов (землетрясений, вулканизма, цунами, паводков, селей, обвалов, оползней и т.п.) и их геоэкологических последствий в прошлом и настоящем. В этом отношении особо значимы знания о *геоэкологических ловушках* – опасных местах в окружающей среде, где можно погибнуть от воздействия экстремальных природных или техногенно-природных процессов.

В пределах Центральной и Восточной Европы известны так называемые «кладбища мамонтов», содержащие

костные останки от одного десятка до 100-400 особей погибших животных. При этом для некоторых костяков мамонтов характерно «расположение костей особей в близком к анатомическому порядку» [6, с. 3]. Геоэкологические ловушки, приведшие к гибели мамонтов, лошадей, возникали в результате экстремального равнинного селевого осадконакопления (особенно в приустьевых частях балок, оврагов), излияний пльвунув в бортах древних балок, локальных суперполоводий в период 23–13 тыс. лет назад. В районе одного из археологических памятников на Дону «в краевой части шлейфа пльвунных образований были обнаружены костяки погибших людей доисторического человека разных возрастных групп» [6, с. 41].

Геоэкологическую ловушку для человека представляют собой места на океанском побережье, подверженные цунами. Например, возникшие в Ин-

дийском океане от цунами 26 декабря 2004 г. волны высотой до 34 м проникли в глубь низменных побережий на 2–4 км, вызвали разрушения в Индонезии, Африке, на Мадагаскаре и гибель около 300 тыс. человек.

Выводы

Историко-геоэкологическое изучение взаимоотношений человека с окружающей средой позволяет установить влияние изменений питания, технологий, образа жизни людей в различных географических регионах, что важно для понимания нынешних конфликтов между человеком и средой его обитания. Историческая геоэкология содействует целостному изучению окружающей человека среды в пространственно-временной конкретности. В свете динамики окружающей среды представления о геоэкологических ловушках актуальны для жизнедеятельности современного человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александровская Е.И., Александровский А.Л. Историко-географическая антропохимия. М.: НИИ-Природа, 2003. 204 с.
2. Здоровье населения Московской области: медико-географические аспекты / С.М. Малхазова, В.Ю. Семенов, Н.В. Шартова и др. М.: ГЕОС, 2010. 112 с.
3. Зубаков В.А. Историческая геоэкология: предмет, задачи, первые выводы // Геоэкология: глобальные проблемы. Л.: ГО СССР, 1990. С. 69–78.
4. Клименко В.В. Климат средневековой теплой эпохи в Северном полушарии. М.: МЭИ, 2001. 88 с.
5. Кривоногов С.К. Арал умер. Да здравствует Арал! // Природа. 2012. № 8. С. 46–53.
6. Палеозоологические катастрофы в позднем палеолите центра Восточной Европы (основы седиментолого-палеозоологической концепции возникновения кладбищ мамонтов) / Ю.А. Лаврушин, А.Н. Бессуднов, Е.А. Спиридонова и др. М.: ГЕОС, 2015. 88 с.
7. Первоначальное заселение Арктики человеком в условиях меняющейся природной среды: Атлас-монография / Отв. ред. В.М. Котляков, А.А. Величко, С.А. Васильев. М.: ГЕОС, 2014. 519 с.
8. Пустильник Л., Иом Дин Г. Космическая погода и сельскохозяйственные цены – от Гершеля до наших дней // Экология и жизнь. 2012. № 10 (131). С. 48–53.
9. Содержание и изотопный состав свинца в подкуранных и современных каштановых почвах Приволжской возвышенности / Т.В. Пампура, А. Пробст, Д.В. Ладонин и др. // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1325–1343.

10. Розанов Л.Л. Актуальные аспекты прикладной геоэкологии // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». 2013. № 4. С. 46–53.

REFERENCES

1. Aleksandrovskaya E.I., Aleksandrovskii A.L. Istoriko-geograficheskaya antropokhimiya [Historical and geographical anthropogenical chemistry]. М., NIA-Priroda, 2003. 204 p.
2. Zdorov'e naseleniya Moskovskoi oblasti: mediko-geograficheskie aspekty / S.M. Malkhazova, V.Yu. Semenov, N.V. Shartova i dr [The health of the population of the Moscow region: medico-geographical aspects / S.M. Malkhazova, V.Yu. Semenov, N. In. Shartova, et al.]. М., GEOS, 2010. 112 p.
3. Zubakov V.A. Istoricheskaya geoekologiya: predmet, zadachi, pervye vyvody [Historical geoeology: subject, tasks, first conclusions] Geoekologiya: global'nye problemy [Geoeology: global problems]. L., GO SSSR, 1990. pp. 69–78.
4. Klimenko V.V. Klimat srednevekovoi teploi epokhi v Severnom polusharii [The climate of the medieval warm epoch in the Northern hemisphere]. М., MEI, 2001. 88 p.
5. Krivonogov S.K. Aral umer. Da zdravstvuet Aral! [The Aral Sea died. Long live the Aral Sea!] // Priroda. 2012. no. 8. pp. 46–53.
6. Paleozoologicheskie katastrofy v pozdnem paleolite tsentra Vostochnoi Evropy (osnovy sedimentologo-paleozoologicheskoi kontseptsii voznikoveniya kladbishch mamontov) / Yu.A. Lavrushin, A.N. Bessudnov, E.A. Spiridonova i dr [Paleozoological disaster in the upper Paleolithic period of the Eastern Europe center (foundations of sedimentological-paleozoological concept of the occurrence of graveyards of mammoths) / Yu.A. Lavrushin, A.N. Bessudnov, E.A. Spiridonova, et al.]. М., GEOS, 2015. 88 p.
7. Pervonachal'noe zaselenie Arktiki chelovekom v usloviyakh menyayushcheisya prirodnoi sredy: Atlas-monografiya [Initial colonization of the Arctic by man in changing natural environment: Atlas-monograph]. М., GEOS, 2014. 519 p.
8. Pustil'nik L., Iom Din G. Kosmicheskaya pogoda i sel'skokhozyaistvennye tseny – ot Gershelya do nashikh dnei [Space weather and agricultural prices – from Herschel to the present day] // Ekologiya i zhizn'. 2012. Vol. 10 (131). pp. 48–53.
9. Soderzhanie i izotopnyi sostav svintsya v podkurgannykh i sovremennykh kashtanovykh pochvakh Privolzhskoi vozvysheynosti [The contents and isotopic composition of lead in burial ground tombs and modern chestnut soils of the Volga upland] / T.V. Pampura, A. Probst, D.V. Ladonin, et al. // Pochvovedenie. 2013. no. 11. pp. 1325–1343.
10. Rozanov L.L. Aktual'nye aspekty prikladnoi geoekologii [Current aspects of applied geoeology] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya «Estestvennye nauki». 2013. no. 4. pp. 46–53.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Розанов Леонид Леонидович – доктор географических наук, профессор кафедры общей и региональной геоэкологии Московского государственного областного университета; e-mail: rozanovleonid@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Rozanov Leonid L. – doctor of geographical sciences, professor of the department of General and Regional Geoeology at the Moscow State Regional University; e-mail: rozanovleonid@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Розанов Л.Л. Историческая геоэкология // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 96–105.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-96-105

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

L. Rozanov. Historical geocology // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 4. Pp. 96–105.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-96-105

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

ЮБИЛЕЙНАЯ V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ», 21 НОЯБРЯ – 23 НОЯБРЯ 2016 г.

THE ANNIVERSARY OF THE V INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE “ACTUAL PROBLEMS OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL ECOLOGY” 21 NOVEMBER – 23 NOVEMBER 2016

В период с 21 ноября по 23 ноября 2016 г. на базе биолого-химического факультета МГОУ состоялась юбилейная Пятая международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы биологической и химической экологии». Конференция проводится раз в два года. Впервые она объединила ученых, научных работников, преподавателей, начинающих исследователей в 2008 г. В рамках первой конференции, проходившей 21–24 октября 2008 г. под названием «Актуальные проблемы биоэкологии» была организована работа только трёх секций: «Биоразнообразие Европейской территории России», «Экологическая физиология и биохимия растений», «Экологические проблемы микробиологии и биотехнологии». Однако вопросы, рассматривавшиеся в рамках этих трёх секций, были настолько актуальны и разноплановы, что привлекли внимание более 200 участников. Среди них были специалисты из Московского региона, других областей России, а также международные участники из Соединенных Штатов Аме-

рики, Турции, Египта, Азербайджана, Армении, Узбекистана, Таджикистана. Конференция подтвердила свой международный статус. В сборник материалов первой конференции вошли 73 публикации, тематика которых была шире секционных рамок.

В 2010 г. при решении о проведении Второй международной научно-практической конференции, предыдущий опыт стал основанием для расширения проблематики конференции. В результате изменилась и расширилась тематика секций, что привлекло к участию еще больше специалистов в вопросах биоэкологии и сопредельных областей научных знаний. Более 220 специалистов приняли участие в работе шести секций конференции «Актуальные проблемы биоэкологии», проходившей 26–28 октября 2010 г. на базе Биолого-химического факультета МГОУ: «Биоразнообразие Европейской территории России и сопредельных территорий», «Микробиология и биотехнология», «Экология и генетика популяций», «Экологическая физиология и биохимия растений»,

«Экологическая химия», «Проблемы современного естественнонаучного образования». В сборник материалов конференции вошли 95 публикаций, освящающих разносторонние вопросы биологической и химической экологии, актуальные не только для России, но имеющие международное значение.

Третья международная научно-практическая конференция состоялась в 2012 г. Тематика, заданная в предыдущие годы проведения этого мероприятия, сохранилась и расширилась. Участие в конференции 2012 г. приняли специалисты из разных регионов России, сопредельных территорий и других государств. Более ста докладов прозвучало на пленарном и секционных заседаниях, столько же слушателей и гостей посетили конференцию. В сборник материалов по итогам конференции «Актуальные проблемы биоэкологии» вошло более 70 авторских публикаций и статей по результатам исследований научно-исследовательских коллективов.

Четвёртая международная научно-практическая конференция состоялась 4–5 декабря 2014 г. Расширение и углубление вопросов, обсуждавшихся в рамках конференций предыдущих лет, послужило основанием для изменения названия конференции на «Актуальные проблемы биологической и химической экологии». В рамках работы девяти секций приняли участие около 200 докладчиков. На обсуждение были вынесены вопросы биологической, химической экологии, экологии популяций, экологии человека, медицинской экологии, а также экологического образования. В сборник материалов конференции вошли 87 публикаций, соответствующих

проблематике девяти секций: «Биоразнообразие европейской территории России и сопредельных территорий», «Экологическая физиология и биохимия растений», «Экологические проблемы биотехнологии и микробиологии», «Экология и физиология человека», «Экология и генетика популяций», «Зоология и охрана природы», «Химия объектов окружающей среды, приборы и методы определения загрязнений», «Экологическая биохимия и биоорганическая химия», «Проблемы современного естественнонаучного образования». Организация и проведение конференции были поддержаны Министерством инвестиций и инноваций, а также Российским фондом фундаментальных исследований. Поддержка выражалась в форме гранта, выделенного на организацию и проведение этого мероприятия.

В 2016 г. (21–23 ноября) состоялась Пятая международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы биологической и химической экологии». В пленарном и секционных заседаниях приняли участие более 250 человек. Конференция по-прежнему подтверждает свой международный статус, привлекая к участию ведущих специалистов из дальнего и ближнего зарубежья: США, Канады, Вьетнама, Армении, Азербайджана, Узбекистана и т.д. В заседании девяти секций приняли участие не только состоявшиеся ученые, но и студенты, магистранты, аспиранты, молодые исследователи. Студенты биолого-химического факультета проявили живой интерес к проблемам, обсуждавшимся на заседаниях разных секций, участвовали в дискуссии, задавали неординарные вопросы, которые по-

зволили расширить границы секционных тем. Начинаящие исследователи в очередной раз показали перспективы расширения тематики конференции и необходимость формирования междисциплинарных секций.

Председатель предметно-организационного комитета Пятой международной научно-практической конференции – декан биолого-химического факультета Худайназар Бекназарович Юнусов, открывая пленарное заседание, выразил надежду на плодотворную работу в рамках проведения секционных заседаний и возможность дальнейшего научно-практического сотрудничества участников конференции. В рамках пленарного заседания к гостям и организаторам конференции обратилась проректор по научной работе, доктор юридических наук, доктор педагогических наук, профессор Елена Александровна Певцова. В её приветственных словах, обращенных к участникам конференции, прозвучал призыв к расширению междисциплинарных взаимодействий, укреплению международного сотрудничества и продолжению подобных встреч в будущем.

Все доклады, прозвучавшие на пленарном заседании, вызвали искренний интерес слушателей и переросли в оживленную дискуссию. В форме живого общения и плодотворной дискуссии прошли и секционные заседания.

В ходе работы секций «Фиторазнообразии европейской территории России и сопредельных территорий» и «Физиология растений, микробиология и биотехнология» прозвучали доклады ведущих специалистов в области биологии, физиологии и систематики растений, микробиоло-

гии и биотехнологии. Участниками дискуссии была затронута проблема сохранения биоразнообразия Европейской России с использованием методов биотехнологии на основе данных фундаментальных исследований. Акцентируется внимание на том, что в современных условиях очень часто исчезают ареалы обитания многих видов растений, в связи с чем они находятся под угрозой полного исчезновения. Активное применение методов биотехнологии, основанное на методах семенного и микроклонального размножения растений, могут позволить сохранить исчезающие виды и заложить основы для реинтродукции растений в естественную среду обитания.

Секции «Экология и генетика популяций» и «Зоология и охрана природы» объединила специалистов и начинающих ученых, исследующих вопросы генетики популяций и проблему сохранения видового разнообразия.

В рамках работы секции «Экология и генетика популяций» были представлены результаты исследований видового состава и географического распространения кровососущих двукрылых насекомых – переносчиков заболеваний человека и животных (малярии, лихорадки Денге, лихорадки Чикунгунья, вируса Зика). Обсуждались результаты разностороннего анализа генетической структуры популяций переносчиков, связь хромосомной изменчивости с ландшафтно-климатическим зонированием территории европейской части России. Выявлена проблема распространения инвазивных видов насекомых на территории России в условиях глобального по-

тепления. Рассматривались генетические механизмы видообразования у двукрылых насекомых.

Участники секции «Зоология и охрана природы» обсудили влияние хозяйственной деятельности на состояние популяций животных в ряде регионов европейской части России. В процессе дискуссии была дана оценка результатов природоохранных мероприятий по поддержанию численности животных и охране редких и исчезающих видов. Обсуждались проблемы биоиндикации состояния окружающей среды в урбоценозах. Рассмотрены биологические методы регуляции численности вредителей лесных насаждений.

Разносторонние вопросы экологического характера обсуждались в работе секций «Экологическая физиология, гистология и медицинская микробиология» и «Экологическая биобезопасность». Живая дискуссия состоялась при обсуждении микробиологических, санитарно-гигиенических и профилактических вопросов. Активно обсуждались проблемы экологической биобезопасности и экологических рисков. В рамках секционного заседания произошёл обмен информацией по актуальным вопросам и современным достижениям в области экологической физиологии, гистологии, медицинской микробиологии и других медико-биологических и эколого-медицинских сферах научного исследования. Сублимация сведений о современном состоянии и научно-практических достижениях в области экологической физиологии, гистологии, медицинской микробиологии и других медико-биологических и эколого-медицинских сферах научного исследования по-

зволила опубликовать результаты исследований в сборнике материалов конференции. Было принято решение о внедрении в научно-исследовательскую и педагогическую практику передовых научно-практических достижений в области экологической физиологии, гистологии, медицинской микробиологии и других медико-биологических и эколого-медицинских сферах научного исследования.

Участники секционного заседания по экологической биобезопасности обсудили проблемы на территории Российской Федерации и сопредельных территориях, в том числе общемирового значения. Были рассмотрены основные факторы экологической опасности и определены наиболее оптимальные способы обеспечения экологической и биологической безопасности. Объединенное заседание секций «Экологическая физиология, гистология и медицинская микробиология» и «Экологическая биобезопасность» послужило укреплению научно-практических связей в области экологической физиологии, гистологии, медицинской микробиологии и других медико-биологических и эколого-медицинских сферах научного исследования, а также в сфере экологической биобезопасности. Каждый доклад, прозвучавший на заседании объединенной секции «Экологическая физиология, гистология и медицинская микробиология» и «Экологическая биобезопасность», вызвал живой интерес аудитории, активную дискуссию. В обсуждение актуальных вопросов вовлекались все участники заседания. По итогам встречи были намечены возможные направления междисциплинарного сотрудничества

и совместных научно-практических исследований.

Вопросы химической экологии обсуждались в рамках работы секций «Экологическая биохимия и биоорганическая химия» и «Химия объектов окружающей среды, приборы и методы определения загрязнений». Благодаря работе этих секций до представителей научного сообщества доведена информация о современном состоянии, проблемах и успехах в области экологической биохимии и биоорганической химии, проведен обмен мнениями и идеями в этих областях знаний. В рамках секционного заседания обсуждался широкий круг вопросов химической экологии и методы анализа экотоксикантов различного типа, в том числе проблемы, существующие в Московском регионе, и их сравнение с мировыми экологическими проблемами. Состоялся обмен мнениями по существующим проблемам химической экологии. Специалистами, участвовавшими в работе объединенной секции, был сформулирован совместный прогноз развития экологической ситуации в России в целом и в Московском регионе в частности. Предложены новые подходы и методы анализа экотоксикантов. Проведен обмен информацией по этому вопросу с коллегами, работающими в аналогичных областях научного исследования в России и за рубежом.

Заседание секции «Проблемы современного естественнонаучного образования» прошло оживленно, в русле обсуждения актуальных вопросов естественнонаучного образования и обмена педагогическим опытом. Был поднят вопрос о совершенствовании профессиональной подготовки педа-

гогических кадров в связи с требованиями новых стандартов педагога начального, основного общего, среднего, высшего образования. Помимо вопросов формирования у учителя биологии необходимых знаний и умений для выполнения трудовых функций «обучение» и «развитие», «воспитание», была озвучена проблема необходимости включения в подготовку учителя-предметника дисциплин, позволяющих ему реализовать в полной мере задачи инклюзивного образования и включения в полноценное школьное сообщество детей с ограниченными возможностями. Рассмотрены вопросы системно-деятельностного подхода в биологическом образовании: отбор и систематизация содержания школьной биологии, в том числе в рамках углубленного изучения биологии; реализации новых методических подходов к формированию у школьников компонентов исследовательской деятельности. Обсуждались проблемы реализации стандарта профессионального экологического образования при подготовке бакалавров в области международных отношений. Затронуты были проблемы развития обучающихся средствами предмета биологии, формирования у них приемов мыслительной деятельности, в том числе при выполнении ими учебных исследований и проектов. Выявлена необходимость расширения тематики проектно-исследовательских работ обучающихся по биологии и экологии, отбора актуальных и практически значимых тем для их исследовательских работ.

В результате Пятой международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биологической и химической экологии» 21–23 ноября

2016 г., были выявлены актуальные проблемы, тенденции и достижения в области биологической и химической экологии, а также сопредельных областей научно-практической деятельности. Намечены пути внедрения в научно-исследовательскую, практическую и педагогическую сферу инновационных научно-практических достижений. Состоялось укрепление и расширение научно-практических связей регионального, всероссийского и международного уровней.

В день закрытия конференции председатель предметно-научного ко-

митета Х.Б. Юнусов высказал слова благодарности участникам конференции и пригласил к продолжению научно-практического сотрудничества. Всем участникам конференции были вручены сертификаты участников. Результаты научно-практических исследований, изложенные участниками конференции на пленарном и секционных заседаниях, вошли в сборник материалов V международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биологической и химической экологии».

Молоканова Ю.П.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Молоканова Ю.П. – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физиологии, экологии человека и медико-биологических знаний Московского государственного областного университета, куратор конференции;
e-mail: kaf-feomz@mgou.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Molokanova Yu. P. – candidate of biological sciences, associate professor, head of the department of Physiology, Human Ecology and Biomedical Knowledge at the Moscow State Regional University, curator of the conference;
e-mail: kaf-feomz@mgou.ru



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал «Вестник Московского государственного областного университета» основан в 1998 г. Выпускается десять серий журнала: «История и политические науки», «Экономика», «Юриспруденция», «Философские науки», «Естественные науки», «Русская филология», «Физика-математика», «Лингвистика», «Психологические науки», «Педагогика». Все серии включены в составленный Высшей аттестационной комиссией Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по наукам, соответствующим названию серии. Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Печатная версия журнала зарегистрирована в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Полнотекстовая версия журнала доступна в Интернете на платформе Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), а также на сайте журнала www.vestnik-mgou.ru.

ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»

2016. № 4

Над номером работали:

Литературный редактор О.О. Волобуев
Переводчик И.А. Улиткин
Корректор Н.Л. Борисова
Компьютерная верстка Д.А. Заботиной

Отдел по изданию научного журнала
«Вестник Московского государственного областного университета»:
105005, г. Москва, ул. Радио, д.10А, офис 98
тел. (495) 780-09-42 (доб. 6104); (495) 723-56-31
e-mail: vest_mgou@mail.ru
сайт: www.vestnik-mgou.ru

Формат 70x108/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Minion Pro».

Тираж 500 экз. Уч.-изд. л. 6,5, усл. п.л. 7.

Подписано в печать: 30.12.2016. Выход в свет: 16.01.2017. Заказ № 2016/12-02.

Отпечатано в ИИУ МГОУ
105005, г. Москва, ул. Радио, 10А