

ВЕСТНИК
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ISSN 2072-8352

2015 / №4

ISSN (online) 2310-7189

серия

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научный журнал основан в 1998 г.

«Вестник Московского государственного областного университета» (все его серии) 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 России) по наукам, соответствующим названию серии.

The academic journal is established in 1998

«Bulletin of Moscow State Regional University» (all its series) 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).

ISSN 2072-8352

2015 / №4

ISSN (online) 2310-7189

series

NATURAL SCIENCES

BULLETIN OF THE MOSCOW STATE
REGIONAL UNIVERSITY

Учредитель журнала «Вестник МГОУ»:
Московский государственный областной университет

— Выходит 5 раз в год —

**Редакционно-издательский совет
«Вестника МГОУ»**

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. пс. х. н., проф., академик РАО, директор Федерального института развития образования

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

Клубуков 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
ISSN (online) 2310-7189

Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». 2015. № 4. М.: ИИУ МГОУ. 76 с.

Журнал «Вестник МГОУ» 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, 2015.

© Издательство МГОУ, 2015.

**Редакционная коллегия серии
«Естественные науки»**

Ответственный редактор серии:

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

Зам. ответственного редактора серии:

Матвеев Н.П. — к. г. н., проф., МГОУ

Ответственный секретарь:

Мануков Ю.И. — к. б. н., 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; **Коничев А.С.** — д. б. н., проф., МГОУ; **Молоканова**

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., д. т. 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 МГОУ»**

г. Москва, ул. Радио, д. 10а, офис 8

тел. (499) 261-43-41; (495) 723-56-31

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

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

Issued 5 times a year

Series editorial board «Natural Sciences»

Editor-in-chief:

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

Deputy editor-in-chief:

N.P. Matveyev – Ph.D. in Geography, 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, Doctor of Technical Science, 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: (499) 261-43-41; (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

ISSN (online) 2310-7189

Bulletin of the Moscow State Regional University. Series «Natural sciences». 2015. № 4. M.: MSRU Publishing house. 76 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, 2015.

© MSRU Publishing house, 2015.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Ахмедов С.Б., Новрузов Н.Э., Бунятова С.Н., Гасимова Г.Х.</i> К ИЗУЧЕНИЮ ГЕРПЕТОФАУНЫ (AMPHIBIA: ANURA; REPTILIA: TESTUDINES, SAURIA, SERPENTES) БИОЦЕНОЗОВ ДИВИЧИНСКОГО ЛИМАНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ.....	6
<i>Булуқтаев А.А., Сангаджиева Л.Х., Горяшкиева З.В., Хейчиев Н.С.</i> ВЛИЯНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВ	16
<i>Гурбанова Т.Ф.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАРАЖЕННОСТИ КРИПТОСПОРИДИЯМИ (COCCIDIA, EIMERIIDA, CRYPTOSPORIDIUM) РОГАТОГО СКОТА И ГРЫЗУНОВ В РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АЗЕРБАЙДЖАНА	22
<i>Мартынов В.В.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМОРФИЗМА ПЕРВИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ГЕНА AVR4 ООМИЦЕТА RHYNTOPIHORA INFESTANS (MONT.) DE BARY	29
<i>Филин А.Н.</i> КЛЕТОЧНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА КОРНЕЙ НЕКОТОРЫХ МУТАНТОВ ARABIDOPSIS THALIANA	37
<i>Холманский А.С., Ситанская И.Ю., Зайцева Н.В.</i> ПРОЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ В ФИЗИОЛОГИИ СЕМЯН	46

РАЗДЕЛ II. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Балакин Ю.А., Гладков М.И., Юнусов Х.Б., Захаров С.Л.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА РАФИНИРОВАНИЕ РАСПЛАВОВ МЕТАЛЛОВ	51
--	----

РАЗДЕЛ III. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Розанов Л.Л.</i> БИОПОЧВЕННАЯ СРЕДА ЧЕЛОВЕКА.....	59
НАШИ АВТОРЫ	73

CONTENTS

SECTION I. BIOLOGICAL SCIENCES

<i>S. Akhmedov, N. Novruzov, S. Bunyatova, G. Gasimova.</i> TO THE STUDY OF HERPETOFAUNA (AMPHIBIA: ANURA; REPTILIA: TESTUDINES, SAURIA, SERPENTES) BIOCEANOSES OF THE DIVICHI ESTUARY OF THE CASPIAN SEA.....	6
<i>A. Buluktaev, L. Sangadzhieva, Z. Goryashkieva, N. Kheychiev.</i> INFLUENCE OF RECULTIVATION ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF BROWN SEMIDESERTIC SOILS POLLUTED BY OIL.....	16
<i>T. Gurbanova.</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF <i>CRYPTOSPORIDIUM</i> (COCCIDIA, EIMERIIDA, <i>CRYPTOSPORIDIUM</i>) INFECTION IN CATTLE, SHEEP AND RODENTS IN DIFFERENT ECOSYSTEMS OF AZERBAIJANN.....	22
<i>V. Martynov.</i> DESCRIPTION OF THE PRIMARY STRUCTURE POLYMORPHISM OF <i>AVR4</i> GENE IN <i>PHYTOPHTHORA INFESTANS</i> (MONT.) DE BARY.....	29
<i>A. Filin.</i> CELL ANALYSIS OF ROOT GROWTH OF SOME ARABIDOPSIS THALIANA MUTANTS	37
<i>A. Kholmanskiy, I. Sitanskaya, N. Zaytseva.</i> THE ROLE OF THE ANOMALOUS PROPERTIES OF WATER IN THE PHYSIOLOGY OF PLANT SEEDS	46

SECTION II. CHEMICAL SCIENCES

<i>Yu. Balakin, M. Gladkov, Kh. Yunusov, S. Zaharov.</i> MATHEMATICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF VIBRATION ON THE REFINING OF MOLTEN METALS.....	51
--	----

SECTION III. EARTH SCIENCES

<i>L. Rozanov.</i> BIOSOIL ENVIRONMENT OF HUMAN.....	59
<i>OUR AUTHORS</i>	73

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 597.8+598.11-13

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-6-15

Ахмедов С.Б., Новрузов Н.Э., Бунятова С.Н., Гасымова Г.Х.
Институт зоологии НАН Азербайджана (г. Баку)

К ИЗУЧЕНИЮ ГЕРПЕТОФАУНЫ (AMPHIBIA: ANURA; REPTILIA: TESTUDINES, SAURIA, SERPENTES) БИОЦЕНОЗОВ ДИВИЧИНСКОГО ЛИМАНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Аннотация. В статье впервые приводятся данные по фауне земноводных и пресмыкающихся биоценозов Дивичинского лимана, расположенного в Восточном Азербайджане на западном побережье Среднего Каспия. Всего отмечено 4 вида земноводных и 18 видов пресмыкающихся из которых 8 видов включены в Красный список МСОП и Приложения Бернской конвенции как редкие и сокращающиеся в численности. Представляется перспективным обнаружение таких видов, как *Hyla orientalis*, *Hyla savignii*, *Triturus karelinii*, *Anguis fragilis*.

Ключевые слова: амфибии, рептилии, биоценозы, Дивичинский лиман, Каспийское море.

S. Akhmedov, N. Novruzov, S. Bunyatova, G. Gasimova
Institute of Zoology, National Academy of Sciences of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)

TO THE STUDY OF HERPETOFAUNA (AMPHIBIA: ANURA; REPTILIA: TESTUDINES, SAURIA, SERPENTES) BIOCENOSES OF THE DIVICHI ESTUARY OF THE CASPIAN SEA

Abstract. We report for the first time the data on the fauna of amphibians and reptiles of biocenoses of the Divichi Estuary which is situated in Eastern Azerbaijan on the western coast of the Middle Caspian. Total of 4 species of amphibians and 18 species of reptiles are found, of which 8 species are included in the IUCN Red List and the Appendix of the Bern Convention events as rare and declining in numbers. The discovery of such species as *Hyla orientalis*, *Hyla savignii*, *Triturus karelinii*, and *Anguis fragilis* seems promising.

Key words: amphibians, reptiles, biocenoses, Divichi Estuary, Caspian Sea.

В связи со значительным понижением уровня Каспийского моря в определенный исторический период, часть заливов побережья полностью высохла. Другие, потеряв связь с Каспием, но получая большое количество пресной воды из альтернативных водоисточников, опреснились и стали существовать вполне автономно в режиме пресноводного водоема [14]. Одним из таких водоемов является Дивичинский лиман (оз. Агзыбир) расположенный в 120 км от г. Баку на западном побережье Среднего Каспия (46°16'–41°19' с.ш.; 49°03'–49°07' в.д.). Дивичинский лиман, давно уже отделившись от моря узкой береговой полосой, представляет собой озеро, длина которого, в зависимости от уровня воды, колеблется в пределах 20–25 км, максимальная ширина 3,5–4 км, наибольшая глубина 2,5–3 м. Длина береговой линии – 37,5 км, площадь – 3600 га. Прозрачность воды изменяется от 30 до 200 см по диску Секки, температура воды – 6–32°C, соленость – 2,8–3,4‰, рН 7,2–8,3, содержание растворенного кислорода – 0,4–8,6 мг/л [1].

Лиман питается атмосферными осадками, грунтовыми водами и водами трех горных рек – Шабранчай, Дивичичай и Тахтакорпючай. Весной уровень воды в лимане сильно поднимается, что связано с усилением притока воды из вышеуказанных рек. По той же причине в это время усиливается отток воды из лимана в Каспийское море. В летний период уровень воды резко падает, поскольку повышается интенсивность испарения и уменьшается приток из горных рек [10]. Лиман имеет три основных плеса, служащих местом кормежки и отдыха водоплавающих птиц: северный – Каракыш-

лакский, южный – Ханларский, между ними расположен Сарванский плес.

Высшая растительность лимана представлена более чем 10 видами растений. В западной части лимана в прибрежной зоне берег занят прибрежно-луговой растительностью. Здесь преобладают осоковые, злаковые и разнотравные ассоциации. Климат переходный, от умеренного до субтропического. Средние температуры в январе составляют -2–3°C, в июле 24–25°C. Количество атмосферных осадков в год не превышает 300 мм. Наибольшее количество осадков приходится на весенне-осенний период. Основная часть летних дождей носит кратковременный и ливневый характер. В прошлом Дивичинский лиман имел важное рыбохозяйственное значение. В 30-е гг. прошлого века в нем вылавливалось 500–600 ц рыбы в год. В настоящее время в лимане и вытекающем из него канале происходит нерест целого ряда промысловых видов рыб. Он также служит пастбищем для мальков и взрослых особей [9].

Амфибии и рептилии являются существенным компонентом биоценозов Дивичинского лимана, существующего как одна большая экосистема вот уже много десятков лет. Десятилетиями являясь местом паломничества для зоологов разного профиля, лиман был обойден вниманием герпетологов. Поэтому специальных фаунистических исследований герпетофауны этого региона ранее не проводилось. Между тем изучение фауны таких экосистем и факторов, определяющих динамику численности и специфику размещения отдельных видов как в акватории самого водоема, так и на береговой зоне, достаточно перспективно. Зем-

новодные и пресмыкающиеся – весьма удобный объект исследований для изучения формирования береговых биоценозов водоемов [15]. Целью настоящей работы являлось установление видового состава, численности и характера распределения земноводных и пресмыкающихся в биоценозах Дивичинского лимана.

Материал и методика

Исследования проводились с 2012 по 2015 гг. с охватом трех сезонов (весна-лето-осень) как на маршрутах, так и на опытных площадках временных стационаров. Обследовались прибрежные участки акватории лимана и полоса суши шириной 1-3 км. Учет численности животных осуществлялся комбинированием различных общепринятых методик: 1) метод фиксации встреч сводился к тому, что отмечались встреченные особи видов за все время экскурсии; 2) маршрутный метод проводился на учетных лентах шириной 2 м (с каждой стороны от учетчика) протяженностью 1 км; 3) при методе пробных площадок учитывалось количество особей каждого вида на площадках 100 кв.м, а учеты проводились как в дневное (с 10 до 14 ч.), так и в вечерне-ночное (с 18 до 21 ч.) время. Учет животных, жизнедеятельность которых связана с водной средой, проводился на маршрутах по берегам водоемов и на мелководье путем фиксации встреч животных и оставленных ими следовых отпечатков [8].

Результаты и их обсуждение

Герпетофауна Дивичинского лимана гетерогенна по структуре и характеру использования жизненного про-

странства. Структура ее складывается из нескольких более или менее самостоятельных комплексов разного происхождения [2; 13]. Элементы иранской группы представлены здесь только одним видом – *Eumeces schneideri*. Малоазиатская группа представлена двумя видами – *Pelobates syriacus* и *Lacerta strigata*. Средиземноморская группа в видовом отношении самая представительная – *Bufo variabilis*, *Pelophylax ridibundus*, *Mauremys caspica*, *Testudo graeca*, *Ophisops elegans*, *Pseudopus apodus*, *Typhlops vermicularis*, *Eryx jaculus*, *Natrix n. persa*, *Natrix tessellata*, *Telescopus fallax*, *Malpolon monspessulanus*, *Macrovipera lebetina*. Элементы европейской группы – *Emys orbicularis*, *Natrix natrix*. Среднеазиатская (туранская) группа представлена *Cyrtopodion caspius*, *Eremias velox*. Кавказскую группу представляют виды *Rana macrocnemis* и *Eirenis collaris*.

Установлены различия по видовому составу в северной, средней и южной частях лимана. Так, к примеру, на северных прибрежных участках открытых сухим прохладным северным ветрам и резким перепадом дневных и ночных температур преобладали сухоустойчивые и термолабильные формы (изменчивая жаба, полосатая ящерица, желтопузик). На южных участках, открытых южным ветрам, где наблюдались небольшие перепады суточных температур, преобладали термофильные формы (озерная лягушка, быстрая ящурка, средиземноморская черепаха). На участках средней части лимана, относительно защищенной от преобладающих ветров, отмечались в основном влаголюбивые виды (малоазиатская лягушка, болотная и каспийская черепахи, водяной уж), наибольшая

концентрация которых наблюдалась в репродуктивный период. Отчасти неравномерное распределение амфибий и рептилий было связано с пространственными разграничениями некоторых участков озера разросшейся полуводной и водной растительностью.

В результате исследований установлено, что из 76 видов и подвидов, представляющих герпетофауну современного Азербайджана [4], в Дивичинском лимане и его окрестностях отмечается 22 вида, что составляет 28,9% всей герпетофауны республики. Существует большая вероятность присутствия

здесь еще 4 видов, для выявления которых потребуются долговременные дополнительные исследования. Ввиду неоднородности ландшафтов в исследуемых участках, а также мозаичности распределения герпетофауны, учет численности по общепринятым методикам нами проводился только для массовых видов. Для редких видов отмечалось количество встреч за все время прохождения маршрута. Это позволило сгруппировать все рассматриваемые виды по четырем категориям: массовые, обычные, редкие, единичные находки (табл.1).

Таблица 1

Виды земноводных и пресмыкающихся, отмеченные и перспективные для биоценозов Дивичинского лимана и их встречаемость (2012-2015 гг.)

№	Вид	Встречаемость	№	Вид	Встречаемость
1	<i>Pelophylax ridibundus</i>	М	14	<i>Eumeces schneideri</i>	Е
2	<i>Bufo variabilis</i>	О	15	<i>Eremias velox</i>	О
3	<i>Pelobates syriacus</i>	Е	16	<i>Lacerta strigata</i>	О
4	<i>Rana macrocnemis</i>	Р	17	<i>Ophisops elegans</i>	Р
5	<i>Hyla orientalis</i>	?	18	<i>Typhlops vermicularis</i>	Р
6	<i>Hyla savignyi</i>	?	19	<i>Eryx jaculus</i>	Р
7	<i>Triturus karelinii</i>	?	20	<i>Natrix natrix</i>	Р
8	<i>Emys orbicularis</i>	М	21	<i>Natrix tessellata</i>	М
9	<i>Mauremys caspica</i>	О	22	<i>Natrix. n. persa</i>	Е
10	<i>Testudo graeca</i>	Р	23	<i>Eirenis collaris</i>	Р
11	<i>Cyrtopodion caspius</i>	Р	24	<i>Malpolon monspessulanus</i>	Р
12	<i>Pseudopus apodus</i>	О	25	<i>Telescopus fallax</i>	Е
13	<i>Anguis fragilis</i>	?	26	<i>Macrovipera lebetina</i>	Р

Прим.: М – многочисленный вид; О – обычный; Р – редкий; Е – единичные находки; (?) – о существовании вида имеются лишь устные сообщения, не подтвержденные фактическими данными

Так, массовыми видами являются: лягушка озерная, черепаха болотная, уж водяной. К обычным видам следует отнести изменчивую жабу, каспийскую черепаху, желтопузика, быструю ящур-

ку и полосатую ящерицу. Редкие виды – малоазиатская лягушка, средиземноморская черепаха, каспийский геккон, стройная змееголовка, обыкновенный уж, западный удавчик, червеобразная

слепозмейка, ошейниковый эйренис, ящеричная змея, кавказская гюрза. Виды, отмеченные единичными находками: сирийская чесночница, длинноногий сцинк, персидский уж, кошачья змея. На данном этапе исследований не

подтвердились предположения об обитании здесь таких видов, как *Hyla orientalis*, *Hyla savignyi*, *Triturus karelinii*, *Anguis fragilis*. Представляют интерес данные о распределении отмеченных видов по различным биотопам лимана (табл. 2).

Таблица 2

Распределение амфибий и рептилий по основным биотопам лимана

Вид	Биотоп									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Bufo variabilis</i>	+	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Pelophylax ridibundus</i>		+		+	+		+	+	+	
<i>Rana macrocnemis</i>		+		+	+				+	
<i>Mauremys caspica</i>				+	+					
<i>Emys orbicularis</i>		+		+	+		+			
<i>Testudo graeca</i>	+	+	+			+			+	
<i>Cyrtopodion caspius</i>						+				+
<i>Pseudopus apodus</i>						+			+	
<i>Eumeces schneideri</i>			+			+				
<i>Lacerta strigata</i>		+			+		+		+	+
<i>Ophisops elegans</i>	+	+	+			+			+	
<i>Eremias velox</i>	+		+			+			+	+
<i>Typhlops vermicularis</i>			+			+			+	
<i>Eryx jaculus</i>			+			+				
<i>Natrix tessellata</i>		+		+	+	+	+	+		+
<i>Natrix natrix</i>		+		+	+				+	
<i>Natrix n. persa</i>							+			
<i>Eirenis collaris</i>	+		+			+				
<i>Telescopus fallax</i>						+				+
<i>Malpolon monspessulanus</i>	+		+			+			+	
<i>Macrovipera lebetina</i>			+			+			+	

Прим.: 1 – полынно-солончаковые полупустынные участки; 2 – береговая полоса с травянистой и полукустарниковой растительностью; 3 – каменистые полупустынные участки; 4 – плесы лимана; 5 – пересыхающие участки лимана; 6 – прибрежные скалы, каменистые россыпи; 7 – песчаные береговые откосы со стороны моря; 8 – заболоченные участки берега; 9 – огородно-садовые участки; 10 – жилые и хозяйственные постройки в пределах береговой полосы.

Ниже приведены краткие сведения для каждого из упомянутых видов по собственным и литературным данным.

Сирийская чесночница *Pelobates syriacus* Boettger, 1889. Наиболее северное местонахождение этого вида, значительно удаленное от ранее извест-

ных находок, установлено в окр. пос. Низовая Хачмазского р-на (Н.Б. Ананьева, 1976) [5]. В окрестностях Дивичинского лимана была сделана единственная находка (А.И. Зиненко, 2007) [7]. Нам обнаружить этот вид не удалось. Включена в Красную книгу Азер-

байджана, Красный список МСОП и Приложение II Бернской конвенции.

Изменчивая жаба *Bufotes variabilis* Pallas, 1769. Взрослые особи периодически встречались в различных частях прибрежной части лимана (1-3 ос./100 м). Головастики и сеголетки отмечались в мае-июне в больших количествах в заболоченных участках побережья, заводях и плесах лимана (180-230 ос./100 м). Включена в Приложение II Бернской конвенции.

Восточная квакша *Hyla orientalis* Bedriaga, 1890. По литературным данным, ближайшие точки обнаружения находятся примерно в 20 км от лимана [2]. По устным сообщениям, была дважды отмечена в зарослях северо-западной части лимана. Нами за все время исследований обнаружена не была.

Малоазиатская квакша *Hyla savignyi* (Audouin, 1827). Этот вид известен своей способностью обитать в гораздо более засушливых условиях, чем *Hyla orientalis*. Ввиду этого существует большая вероятность находки этого вида в прибрежных участках северной части лимана. За время исследований отмечена не была.

Тритон Карелина *Triturus karelinii* (Strauch, 1870). Предположение об обитании этого вида в самых укромных участках лимана пока базируется только на устных сообщениях очевидцев (2010, 2012 гг.). Потому можно только предполагать наличие здесь изолированной реликтовой микропопуляции [11]. Вид включен в Красную книгу Азербайджана и Приложение II Бернской конвенции.

Озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771). Это, пожалуй, самый многочисленный представи-

тель амфибий в Дивичинском лимане (20-45 ос./100 м). Дальше 15-20 м от воды не удаляется. Личинки и взрослые особи отмечались в большинстве биоценозов лимана включающих в себя водные участки, но особенно значительные концентрации личинок наблюдались в средней части лимана.

Малоазиатская лягушка *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885. В литературе для данного региона не отмечается. Нами было обнаружено 5 экземпляров в западной и северо-западной части лимана в 2012 г и 2 экз. в 2014 г. Может отдаляться от воды на 150-200 м. Вид включен в Приложение III Бернской конвенции.

Болотная черепаха *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). Включена в Красный список Международного союза охраны природы (МСОП), в список Конвенции о международной торговле видами дикой флоры и фауны – Приложение II «Convention on International trade in endangered species of wild fauna and flora – CITES» и II Приложение Бернской конвенции как вид, сокращающийся в численности. Встречалась практически на всех участках лимана, кроме мест с наиболее густой полуводной растительностью. Численность в разные годы колебалась в пределах 15-18 ос./1000 м. В репродуктивный период (май-июнь) фиксировались скопления половозрелых черепах до 28-35 ос./1000 м. Отмечено преобладание самок над самцами в соотношении 3:2 и отсутствие сеголеток. Ювенильные особи старше 3 лет составляли 2,6% от всего количества встреченных черепах [12].

Каспийская черепаха *Mauremys caspica* (Gmelin, 1774) отмечалась в участках лимана с разреженной полуводной растительностью. Встречалась

в разные годы от 14 до 18 ос./1000 м. Предпочитает самые укромные участки лимана, где практически отсутствуют факторы беспокойства. За время исследований нами не были отмечены сеголетки и ювенильные особи этого вида. Включен в Красный список МСОП и II Приложение Бернской конвенции как вид, сокращающийся в численности [12].

Средиземноморская черепаха *Testudo graeca* Linnaeus, 1758. Спорадически отмечалась в полупустынных участках с ксерофитной растительностью в юго-западной части лимана и на прибрежной полосе зоны, выходящей на морское побережье. По учетам численности отмечено в разные годы в среднем 0,5-0,6 ос./1000 м. Самки и самцы в популяции находились в примерно равных соотношениях. Преобладали особи старших возрастных групп. Практически не отмечены сеголетки и ювенильные особи (2 экз. за все время исследований). Включена в Красную книгу Азербайджана [3], красный список МСОП, в список Конвенции о международной торговле видами дикой флоры и фауны – Приложение II «Convention on International trade in endangered species of wild fauna and flora – CITES» и II Приложение Бернской конвенции [16].

Каспийский голопалый геккон *Cyrtopodion caspius* Eichwald, 1831. Будучи массовым видом в основной азербайджанской части ареала, в окрестностях лимана встречался редко (0,2-0,3 ос./100 м) в основном вблизи жилых и хозяйственных построек.

Желтопузик *Pseudopus apodus*, (Pallas, 1775) неоднократно отмечен в литературе для окрестностей лимана [2]. Нами там же были сделаны четы-

ре находки в 2012 г. и пять находок в 2015 г. на открытых сухих каменистых участках прибрежной полосы, густо поросшей травянистой и кустарниковой растительностью.

Веретеница ломкая *Anguis fragilis* (Linnaeus, 1758) известна только по устным сообщениям местных рыбаков и охотников, которые ранее (90-е г.) изредка отмечали ее в окрестностях лимана. По устному сообщению местного жителя, в 2002 г. была обнаружена раздавленная особь на грунтовой дороге в окрестностях западной части лимана. Нами за время исследований ни разу встречена не была. Возможно, причиной тому малочисленность и скрытный образ жизни.

Длинноногий сцинк *Eumeces schneideri* (Daudin, 1802). В литературе отсутствуют данные по его обнаружению в окрестностях Дивичинского лимана. Однако по устным сообщениям местных жителей, этот вид неоднократно встречался ими в мае-июне. Нами этот вид отмечен лишь единственной находкой, сделанной на участке каменистой полупустыни в северо-восточной части береговой полосы лимана (2013).

Полосатая ящерица *Lacerta strigata* Eichwald, 1831. В литературе указывается для лимана как обычный вид [2]. Нами также неоднократно отмечалась в мае и июне 2012-2013 гг. и в сентябре 2014 г. Можно причислить к фоновым видам. Численность составляла 5-7 ос./100 м.

Стройная змееголовка *Ophisops elegans* Menetries, 1832. В литературе отмечены находки на большом удалении от лимана [2]. Нами было встречено всего 3 особи на сухом полупустынном участке с ксерофитной

растительностью на расстоянии примерно 1,5 км от юго-восточной части побережья лимана.

Быстрая ящурка *Eremias velox* (Pallas, 1771). Отмечена в литературе для всей полупустынной части прибрежной зоны лимана [2]. Нами также отмечалась с частотой 4-6 ос./100 м в юго-восточной и 5-8 ос./100 м в восточной частях лимана.

Червеобразная слепозмейка *Thyrophlops vermicularis* Merrem, 1820. В литературе для территории Дивичинского лимана не отмечена. Самым северным пунктом находки этой змеи в Восточном Азербайджане, по данным литературы, следует считать окр. и склоны горы Бешбармак [2]. Нами сделаны три находки в прибрежной полосе юго-восточной и восточной части лимана на отдалении около 800 м от водоема.

Западный удавчик *Eryx jaculus* Linnaeus, 1831 отмечен А.М. Алекперовым (1978) в окр. лимана [2]. Нами были сделаны две находки взрослых особей этой змеи в каменистых полупустынных участках в окрестности восточной и юго-восточной части лимана (2012).

Обыкновенный уж *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758). По литературным данным, ближайšie к лиману места находок этой змеи расположены примерно в 35 км [2]. Нами были сделаны три находки в зарослях на береговой полосе западной части лимана и одна находка сеголетка – в северной части лимана. Обитающий в Азербайджане персидский подвид обыкновенного ужа *Natrix n. persa* (Pallas, 1814) в литературе указан для более южных регионов республики [2], где он, встречаясь вместе с номинальным подвидом, численно его превосходит. В более север-

ных частях азербайджанского ареала наблюдается обратная картина – номинальный подвид численно превалирует над персидским подвидом [6]. В Дивичинском лимане нами была сделана единичная находка персидского подвида (2015).

Водяной уж *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768). Отмечался практически на всей территории лимана. Численность на большей части лимана составляла 2-4 ос./100 м. В восточной части лимана, прилегающей к морскому побережью, численность составляла 5-6 ос./100 м. Вид состоит в Приложении II Бернской конвенции.

Ошейниковый эйренис *Eirenis collaris* (Menetries, 1832). В литературе отмечен для окрестностей г. Шабран (Дивичи) [2]. Нами было обнаружено два экземпляра в 2012 г. и один экземпляр в 2013 г. примерно в двух километрах от лимана.

Кошачья змея *Telescopus fallax* Fleischmann, 1831. В литературе данные по нахождению этой змеи в окрестностях лимана отсутствуют. Нами были сделаны две находки (2012) на каменистом полупустынном участке в километре от западного побережья лимана и в хозяйственной постройке возле сторожки егеря на береговой полосе со стороны моря.

Ящеричная змея *Malpolon monspessulanus* (Hermann, 1804). Отмечена для окрестностей Дивичинского лимана А.М. Алекперовым (1953) [2]. Нами были обнаружены две молодые и одна взрослая особь в каменистом полупустынном участке юго-восточной части морского побережья в километре от лимана (2014). Неоднократно обнаруживались выползки этой змеи в 2012 и в 2015 гг.

Кавказская гюрза *Macrovipera lebetina* (Linnaeus, 1758). В литературе гюрза для биоценозов лимана не отмечена. А.М. Алекперов указывает ее только для окрестностей города Шабран (Дивичи), который находится примерно в 8-10 км от Дивичинского лимана [2]. Нами обнаружены 3 молодые особи в двухкилометровой полупустынной зоне от юго-западной и юго-восточной части лимана. Неоднократно находили выползки крупных экземпляров гюрзы (115-130 см).

В заключение следует отметить перспективность дальнейших фаунистических исследований этого региона с целью мониторинга формирования герпетофауны береговых биоценозов Дивичинского лимана и подтверждения фактическими находками обитания здесь таких видов, как *Hyla orientalis*, *Hyla savignii*, *Triturus karelinii*, *Anguis fragilis*. Состояние популяций отдельных видов герпетофауны Дивичинского лимана (*Emys orbicularis*, *Mauremys caspica*, *Testudo graeca*) можно охарактеризовать как неудовлетворительное. На угнетённое состояние популяций этих видов указывает снижение репродукции черепах, что выражается в отсутствии сеголеток и малой доле (< 3%) ювенильных особей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абдуллаев А.И., Надиров С.Н., Ахундов М.М. Оценка роли Дивичинского лимана в воспроизводстве запасов промысловых полупроходных карповых видов рыб // Современное состояние биоресурсов внутренних вод: в 2-х т. Т.1. М.: Полиграф-плюс, 2014. С. 11-16.
2. Алекперов А.М. Земноводные и пресмыкающиеся Азербайджана. Баку: Элм, 1978. 264 с.
3. Алекперов А.М., Джафарова С.К. О состоянии, распространении и численности видов земноводных и пресмыкающихся, включенных в Красную книгу Азербайджана // Воздействие антропогенных факторов на фауну и экологию животных в Азербайджане. Баку: АГУ, 1981. С. 28-34.
4. Алиев Т.Р., Ганиев Ф.Р. Современное состояние батрахо- и герпетофауны в Азербайджане // Изучение и охрана животного мира. Баку: Элм, 1997. С. 144-145.
5. Ананьева Н.Б., Никитин В.Б. Находка сирийской чесночницы на северо-востоке Азербайджана // Вопросы герпетологии: четвертая всесоюзная герпетологическая конференция (г. Ленинград, 1-3 февр. 1977 г.). Л.: Наука, 1977. С. 9.
6. Банников А.Г. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР / А.Г. Банников, И.С. Даревский, В.Г. Ищенко и др. М.: Просвещение, 1977. 414 с.
7. Гасымова Г.Х., Ганиев Ф.Р. К распространению и охране редких видов амфибий Азербайджана // Биологические музеи: роль и место в научно-образовательном пространстве: мат-лы докладов Всероссийской научно-практич. конф. Махачкала: ДГУ, 2011. С. 93-97.
8. Даревский И.С. Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся / И.С. Даревский, Н.Н. Щербак, К.А. Татаринов и др. Киев: Ин-т зоологии им. И.И. Шмальгаузена, 1989. 172 с.
9. Касымов А.Г. Пресноводная фауна Кавказа. Баку: Элм, 1972. 286 с.
10. Киреева И.Ю. Продукционная характеристика некоторых малых полифункциональных водоемов аридных территорий // Научные ведомости БелГУ. Серия «Естественные науки». 2010. № 9 (вып. 11). С. 75-78.
11. Кузьмин С.Л. Земноводные бывшего СССР. М.: Товарищество научных изданий КМК, 1999. 298 с.

12. Новрузов Н.Э. Половозрастная структура популяций пресноводных черепах *Emys orbicularis* и *Mauremys caspica* (Reptilia, Testudines) некоторых водоемов Азербайджана // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: мат-лы XV междунар. науч. конф. Махачкала: ДГУ, 2013. С. 179–181.
13. Рустамов А.К. Зоогеографические связи герпетофауны Средней Азии и Кавказа // Бюл. МОИП (отд. биол.). 1981. Т. 86 (вып. 4). С. 31–36.
14. Рычагов Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря. М.: МГУ, 1997. 267 с.
15. Ушаков В.А. Влияние крупных водохранилищ на батрахо- и герпетофауну // Вопросы герпетологии: четвертая всесоюзная герпетологическая конференция (г. Ленинград, 1-3 февр. 1977 г.). Л.: Наука, 1977. С. 209–211.
16. Rhodin A.G.J. Turtles of the World, 2014 Update: Annotated checklist of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status. Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises / A.G.J. Rhodin, P. van Dijk, J.B. Iverson et al. // Chelonian Research Monographs. 2014. Vol. 7 (№ 5). P. 329–479.

УДК 504.064.45, 504.53.062.4

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-16-21

Булуктаев А.А.¹, Сангаджиева Л.Х.², Горяшкиева З.В.², Хейчиев Н.С.²¹Заповедник «Черные земли» (пос. Комсомольский, Калмыкия)²Калмыцкий государственный университет (г. Элиста)

ВЛИЯНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВ

Аннотация. В статье изучено влияние рекультивации на свойства нефтезагрязненных бурых полупустынных почв Калмыкии. Авторы исследуют изменения ферментативной активности почв и особенности роста и развития тест-растений на рекультивированных образцах. В основе исследования лежит анализ ряда ферментов, таких, как каталаза, уреазы, фосфатазы и инвертазы. Проведя химико-биологические анализы рекультивированных и загрязненных почв, авторы пришли к заключению, что в рекультивированных почвах не происходит резкого изменения активности ферментов, почвы менее фитотоксичны, в отличие от нефтезагрязненных образцов.

Ключевые слова: ферментативная активность, нефтяное загрязнение, рекультивация, сорбент, бурая полупустынная почва.

A. Buluktaev¹, L. Sangadzhieva², Z. Goryashkueva², N. Kheychiev²¹Cherny Zemli Biosphere Nature Reserve (Kalmykia, Russia)²Kalmyk State University, Elista, Russia

INFLUENCE OF RECULTIVATION ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF BROWN SEMIDESERTIC SOILS POLLUTED BY OIL

Abstract. The influence of reclamation on the properties of oil-polluted brown semidesertic soils of Kalmykia is studied. The changes in enzymatic activity of soils and features of growth and development of test plants on the remediated samples are investigated. The analysis of a number of enzymes, such as catalase, urease, phosphatase and invertase, is the cornerstone of the research. Having carried out chemical and biological analyses of remediated and polluted soils, a conclusion is drawn that in the remediated soils there is no jump of activity of enzymes, and the soil is less phytotoxic in comparison with oil-polluted exemplars.

Key words: enzymatic activity, oil pollution, reclamation, sorbent, brown semidesertic soil.

Попадание нефти и нефтепродуктов в почву приводит к изменению активности ферментов, участвующих в важных биологических процессах, и тем самым неоднозначно влияет на азотный, фосфорный, серный и угле-

водный обмен, вызывая изменение активности ряда ферментов [1; 5; 6; 11; 12]. Согласно данным ферментативной активности можно квалифицировать почвенные нарушения. Влияние нефти и нефтепродуктов на ферменты почв многостороннее: прямое – ингибирование, разрушение или активация

© Булуктаев А.А., Сангаджиева Л.Х., Горяшкиева З.В., Хейчиев Н.С., 2015.

ферментов, и косвенное – изменение ферментативного пула почвы в результате ингибирования роста почвенной мезофауны и растений [5, с. 34].

В настоящее время существует много работ, посвященных исследованию рекультивации нефтезагрязненных почв, однако влияние рекультивации на изменение активности ферментов изучено не полностью. Исследования ферментативной активности в нефтезагрязненных почвах при рекультивации необходимы для оценки действия рекультивации на свойства нарушенных почв. Целью нашей работы является изучение биологических свойств нефтезагрязненных почв при рекультивации. Это достигается путем решения задач постановки лабораторного опыта с использованием рекультивации для улучшения свойств нефтезагрязненных почв; проведением анализов для оценки использования рекультивации. В своей работе мы используем сорбент на основе отходов от стрижки овец (обножка), опилки и минеральные удобрения для рекультивации нефтезагрязненных почв [2, с. 29; 13].

Объект и методы исследования

Для изучения влияния рекультивации на нефтезагрязненные почвы был проведен лабораторный опыт на кафедре химии Калмыцкого государственного университета. Опыт проводился путем внесения в вегетационные емкости бурой полупустынной почвы в количестве 5 кг. Почвы слабозасоленные, супесчаные являются зональными для республики Калмыкия и характеризуются невысоким накоплением гумуса (1-1,5%). Почву загрязняли нефтью Состинского месторождения. Нефть

легкая, малосернистая, имеет содержание серы – 0,27%, содержание парафинов – 6,40%, плотность – 0,735 г/см³, вязкость составляет – 0,99мПа/с.

Содержание нефти в почве составило 2,5%, 5% и 10% от массы почвы, в результате разлива в вегетационные емкости 125 мл, 250 мл и 500 мл нефти. Контролем служили незагрязненные почвы. Часть вегетационных емкостей подвергнута рекультивации с внесением сорбентов совместно с минеральными удобрениями для ускорения разложения нефти в почве [3, с. 175]. В качестве сорбентов использовали обножку породы меринос после весенней стрижки, неочищенную, сухую, в количестве 31,2 г, 62,5 г и 125 г в зависимости от концентрации вносимой нефти, и опилки в том же количестве.

Рекультивация включает на первом этапе внесение отходов шерсти (обножки) и минеральных удобрений, в нефтезагрязненную почву, далее внесенный сорбент и минеральные удобрения перемешивают с нефтезагрязненной почвой и инкубируют на 24 ч. после чего осуществляют механическое удаление отработанного сорбента. На последнем этапе вносят опилки для дальнейшей очистки почв от нефтепродуктов. В ряде поставленных нами опытов доказано, что оптимальное время для полного насыщения сорбционного материала нефтью составляет 24 ч. это время также соответствует полной растворимости минеральных удобрений. Отходы шерсти ввиду своей волокнистой природы имеет большую сорбционную поверхность для поглощения нефти, но плохо соприкасаются с поверхностью почвы для извлечения нефти, поэтому в лабораторном опыте решено перемешать обножку с нефте-

загрязненной почвой для лучшего контакта сорбента с почвой.

В качестве минеральных удобрений используют аммиачную селитру, простой суперфосфат и сульфат калия (мочевины 0,3 г, суперфосфата 0,3 г, сульфата калия 0,3 г на 1 кг почвы). Применение минеральных удобрений способствует оптимизации соотношения питательных элементов в почвенном растворе и созданию определенной буферной емкости среды нефтезагрязненной почвы, что является важным фактором для обменных процессов [10, с. 117].

В качестве тест-растения для изучения влияния нефтяного загрязнения и рекультивации нами был выбран редис (*Raphanus sativus*). Семена редиса сеяли по 5 г в каждую вегетационную емкость. В ряде поставленных нами опытов доказано, что редис является хорошим индикатором нефтяного загрязнения, а относительно короткий вегетационный период позволяет использовать редис для лабораторных опытов [4].

Для изучения ферментативной активности опытных образцов проводи-

лись анализы активности уреазы в почве, которую определяли методом Т.А. Щербаковой; на фосфатазную активность – методом Штефаника, Ярни, Томеску; определения каталазной активности почв – по методу А.Ш. Галстяна; на активность инвертазы – методом Ф.Х. Хазиева, Я.М. Агафаровой, А.Е. Гулько. О фитотоксичности почв судили по изменению показателей прорастания семян редиса (всхожесть и скорость прорастания) и интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина зеленых проростков).

Результаты исследования

Для получения результатов морфометрических изменений редиса под действием нефтяного загрязнения и рекультивации (табл. 1) был проведен ряд опытов с загрязнением почв нефтью. Длина корней редиса отражает фитотоксические свойства нефтезагрязненных почв [7, с. 51]. Исходя из полученных данных, следует отметить положительный эффект рекультивации на всхожесть и рост редиса. На рекультивированных образцах семе-

Таблица 1

Влияние нефтяного загрязнения и рекультивации на рост и развитие редиса

№	Серия опытов	Длина стебля, см	Длина корня, см	Общая биомасса, г	Общая биомасса, % от контроля
Нефтяное загрязнение					
1	Контроль	14,2±2,1	3,4±0,9	76,5	100,0
2	Нефт. загр. 2,5%	9,3±1,2	2,1±1,1	54,3	70,9
3	Нефт. загр. 5%	8,1±1,7	1,8±0,6	34,4	44,9
4	Нефт. загр. 10%	нет	нет	нет	нет
Рекультивация					
5	Контроль	13,3±1,4	4,2±1,2	84,3	100,0
6	Нефт. загр. 2,5%	10,8±2,5	3,1±0,8	67,4	79,9
7	Нефт. загр. 5%	9,4±1,9	2,9±1,0	44,5	52,7
8	Нефт. загр. 10%	8,5±1,0	2,4±0,5	28,2	33,4

на проросли во всех сериях опыта, в отличие от загрязненных почв, здесь концентрация нефти 10% токсична для растений, семена, посаженные на этих почвах, не проросли. На рекультивированных образцах увеличивается общее количество проросших растений, увеличивается длина стебля и корня, в отличие от нереккультивированных образцов. Таким образом, фитотоксичность рекультивированных почв намного ниже нефтезагрязненных.

Для изучения биологических свойств был проведен ряд опытов на содержание ферментов (табл. 2). Активность каталазы в нефтезагрязнен-

ных почвах снижается, причем чем выше концентрация нефтяного загрязнения, тем меньшую активность проявляет фермент. Это объясняется наличием в нефти сернистых соединений – ингибиторов каталазной активности [9; 14]. Так, на образцах с нефтяным загрязнением 10% активность фермента уменьшилась в 2 раза по сравнению с контролем. Образцы, подвергнутые рекультивации, не проявляют резких изменений в активности каталазы, что объясняется действием сорбента. Следовательно, применение рекультивации носит положительный характер для каталазной активности.

Таблица 2

Изменение ферментативной активности загрязненных и рекультивированных почв

№	Серия опытов	Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту	Активность уреазы, мг N-NH ₄ на 1 г почвы за 4 ч.	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.	Активность фосфатазы, миллиграмм-процентах P ₂ O ₅ на 1 г почвы за 48 ч.
Нефтяное загрязнение					
1	Контроль	0,95	0,7	19,95	6,18
2	Нефт. загр. 2,5%	0,75	2,2	17,09	5,95
3	Нефт. загр. 5%	0,60	2,5	10,55	4,73
4	Нефт. загр. 10%	0,40	3,1	7,29	2,07
Рекультивация					
5	Контроль	1,00	0,8	20,52	5,84
6	Нефт. загр. 2,5%	0,95	1,1	18,52	5,50
7	Нефт. загр. 5%	0,85	1,5	15,09	5,13
8	Нефт. загр. 10%	0,75	2,0	13,09	4,72

Уреазная активность является наиболее чувствительным показателем по отношению к нефтяному загрязнению. В нефтезагрязненных почвах активность уреазы увеличивается, что говорит о нарушении азотного баланса почвы. Так, при максимальном содержании нефти активность фермента увеличивается в 4 раза по сравнению с незагрязненными образцами. На рекультивированных почвах также про-

слеживается увеличение активности уреазы, но не так интенсивно, как на загрязненных образцах. Здесь при загрязнении 10% активность уреазы увеличивается в 2 раза от контроля. Таким образом, применение сорбента для рекультивации нефтезагрязненных почв в отношении изменения фермента уреазы носит положительный эффект.

По результатам действия нефтяного загрязнения на активность инвер-

тазы нами доказано снижение активности этого фермента, это, возможно, связано с низкой активностью целлюлозоразлагающих микроорганизмов и, соответственно, снижением в почве дисахаридов [8, с. 617]. Активность инвертазы зависит от концентрации вносимой нефти, так при загрязнении 2,5% активность фермента практически не отличалась от контроля, но при загрязнении 10% установлено резкое снижение активности фермента. При рекультивации активность инвертазы не подверглась резкому ингибированию, что говорит о снижении концентрации нефти сорбентом.

Фосфатазы широко распространены в почвах, играя существенную роль в поступлении подвижных форм фосфора в почву. Исходя из полученных данных, следует отметить снижение активности фосфатаз в нефтезагрязненных почвах. Так, при концентрации нефти 10% активность фосфатазы снизилась в 3 раза по сравнению с контрольными образцами. Причиной такого снижения активности фермента может быть как обволакивание почвенных частиц нефтью, препятствующее поступлению субстрата, так и ингибирующее действие тяжелых металлов, концентрация которых в нефтезагрязненных почвах увеличивается. Активность фосфатазы при рекультивации практически не отличается от контроля, это, видимо, объясняется присутствием минеральных удобрений в составе сорбента.

Выводы

Доказано, что нефтезагрязненные бурые полупустынные почвы при рекультивации проявляют менее токсичные свойства по отношению к

тест-растению, увеличивается общая биомасса растений, длина корней и побегов, в отличие от загрязненных почв. Установлено изменение ферментативной активности при нефтяном загрязнении, уменьшается активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов. Загрязнение почвы нефтью негативно действует на ферменты азотного и фосфорного обмена. Выявлено положительное влияние рекультивации на биологические свойства нефтезагрязненных почв, активность каталазы, уреазы, инвертазы и фосфатазы не подверглась резкому ухудшению свойств за счет уменьшения концентрации нефти и внесения минеральных удобрений сорбентом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антоненко А.М., Занима О.В. Влияние нефти на ферментативную активность аллювиальных почв Западной Сибири // Почвоведение. 1992. № 1. С. 38–43.
2. Артемов А.В. Современные технологии очистки нефтяных загрязнений // Нефть. Газ. Промышленность. 2004 № 4 (9). С. 28–31.
3. Булуктаев А.А., Сангаджиева Л.Х. Устойчивость светло-каштановых почв Калмыкии к нефтяному загрязнению // Вестник Восточно-Сибирского гос. ун-та технологий и управления. 2013. № 3. С. 173–180.
4. Даваева Ц.Д. Биоиндикация и мониторинг состояния нефтезагрязненных территорий Прикаспийской низменности / Ц.Д. Даваева, Л.Х. Сангаджиева, З.Б. Бадмаева и др. Элиста: НПП «Джангар». 2014. 152 с.
5. Исмаилов Н.М. Процессы самоочищения нефтезагрязненных почв и пути их интенсификации: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Баку, 1990. 47 с.
6. Киреева Н.А., Митрофанова А.М.,

- Кузяхметов Г.Г. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы // *Агрохимия*. 2001. № 5. С. 64–69.
7. Киреева Н.А., Юмагузина Х.А., Кузяхметов Г.Г. Рост и развитие растений овса на почвах, загрязненных нефтью // *С.-х. биология*. 1996. № 5. С. 48–54.
8. Колесников С.И. Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, М.Л. Татосян и др. // *Почвоведение*. 2006. № 5. С. 616–620.
9. Мукатанов А.Х., Ривкин П.Р. Техногенное загрязнение почв нефтяных промыслов // *Нефтяное хозяйство*. 1980. № 4. С. 45–51.
10. Терещенко Н.Н., Лушников С.В. К вопросу о рациональном применении минеральных удобрений для ускорения микробиологической деструкции нефтяных углеводов в почве // *Контроль и реабилитация окружающей среды: мат-лы IV междунар. симпозиума*. Томск. 2004. С. 117–119.
11. Хазиев Ф.Х., Фатхиев Ф.Ф. Изменение биологических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // *Агрохимия*. 1981. № 10. С. 102–111.
12. Хазиев Ф.Х., Тишкина Е.И., Киреева Н.А. Влияние нефтепродуктов на биологическую активность почвы // *Научн. докл. высш. школы (Отд. биол. наук)*. 1988. № 10. С. 93–99.
13. Цомбуева Б.В. Применение природных материалов в качестве сорбентов для очистки почв от нефтяного загрязнения // *Современные проблемы науки и образования (электронное издание)*. 2014. № 6. <http://www.science-education.ru/120-15695>.
14. Яшвили Н.Н., Берадже М.А. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическую активность почв Колхидской низменности // *Изв. АН ГССР. Сер. Биол.* 1982. Т. 8. С. 56–59.

УДК 593.192.1

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-22-28

Гурбанова Т.Ф.*Институт зоологии НАН Азербайджана (г. Баку)***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАРАЖЕННОСТИ КРИПТОСПОРИДИЯМИ (COCCIDIA, EIMERIIDA, CRYPTOSPORIDIUM) РОГАТОГО СКОТА И ГРЫЗУНОВ В РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Аннотация. В статье на основе сравнительного анализа степени инвазированности криптоспоридиями грызунов, крупного и мелкого рогатого скота, совместно обитающих на территориях различных экосистем Азербайджана, рассматривается взаимозависимость зараженности криптоспоридиями этих животных. Проведенное морфологическое диагностирование видового состава криптоспоридий исследованных синантропных грызунов, краснохвостой песчанки, коров и овец даёт основание полагать, что грызуны являются резервуаром протозойных патогенов.

Ключевые слова: Cryptosporidium, грызуны, экосистема, ооцисты, морфометрические параметры.

T. Gurbanova*Institute of Zoology, National Academy of Sciences of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)***COMPARATIVE ANALYSIS OF CRYPTOSPORIDIUM (COCCIDIA, EIMERIIDA, CRYPTOSPORIDIUM) INFECTION IN CATTLE, SHEEP AND RODENTS IN DIFFERENT ECOSYSTEMS OF AZERBAIJANN**

Abstract. The interdependence of Cryptosporidium contamination of rodents, cattle and sheep living in close proximity to each other is analyzed. The study compares data from several ecosystems in Azerbaijan. A morphological study of cryptosporidium species composition of commensal rodents, red-tailed gerbils, cattle and sheep suggests that the rodents serve as a reservoir of protozoan pathogens.

Key words: Cryptosporidium, rodents, ecosystem, oocysts, morphometric parameters.

Криптоспоридии – внутриклеточные паразитические простейшие, способны к генерализованному заражению хозяев – людей и животных – сельскохозяйственных, домашних и животных дикой природы [14]. Среди известных хозяев криптоспоридий грызуны считаются существенным фактором риска для здоровья людей. Представляя собой резервуар для воз-

© Гурбанова Т.Ф., 2015.

будителей криптоспоридиоза в окружающей среде, фекалии грызунов, содержащие ооцисты криптоспоридий, могут загрязнять пищу, воду и почву [2].

В Азербайджане исследования животных на зараженность криптоспоридиями были начаты в конце 80-х гг. прошлого столетия [5]. Известно, что в Азербайджане криптоспоридии широко распространены у сельскохозяй-

ственных и некоторых диких животных [1; 4]. Мы провели сравнительный анализ литературных данных по исследованию динамики зараженности криптоспоридиями сельскохозяйственных животных с результатами наших исследований по зараженности грызунов обитающих на пастбищах, вблизи территорий, где ранее содержались исследованные сельскохозяйственные животные. В данной статье представлены результаты зараженности грызунов и сравнительного анализа сельскохозяйственных животных, что позволяет выяснить – являются ли грызуны резервуарами криптоспоридиозов.

Материал и методика

Материалом для исследований служили ооцисты криптоспоридий из фекалий серых крыс (*Rattus norvegicus*), домашних мышей (*Mus musculus*), полевых мышей (*Apodemus agrarius*), краснохвостых песчанок (*Meriones libycus*). Наши изыскания мы проводили в урбанизированных экосистемах в восточных районах области Большого Кавказа (Гобустанского нагорья и Апшеронского полуострова) и в малоурбанизированной экосистеме на северо-западе Большого Кавказа (Белакен, Гах, Шеки, Закатала) и северо-востоке Большого Кавказа (Хачмазский район).

Собранный материал обрабатывали в Лаборатории протистологии Института зоологии НАН Азербайджана. Для выявления ооцист криптоспоридий из изолятов фекалий каждого зверька готовили тонкие мазки на предметных стеклах. После фиксации препаратов в абсолютном метаноле мазки окрашивали карболовым фуксином по Циль-Нильсену [8, pp. 594-596]. Препараты микро-

скопировали под иммерсионной системой светооптического микроскопа Leica DM 1000 с объективом Ч100. Размеры обнаруженных ооцист и их содержимого определяли с помощью компьютерной программы ImageScopeM (© корпорация СМА, 2009). Вычисляли индекс формы ооцист и спороцист (отношение длина/ширина – ИФ). Учитывали экстенсивность инвазии (ЭИ) исследуемых животных (ЭИ – процентное отношение зараженных животных к общему количеству животных). Интенсивность инвазии (ИИ) криптоспоридиями каждого животного определяли подсчетом количества ооцист в 1000 полях зрения (п.з.) микроскопа. Все полученные размерные характеристики обрабатывали с помощью программы STATISTICA StatSoft 10. Обнаруженные ооцисты фотографировали цифровой камерой Leica DFC 425.

Результаты исследования

Всего на зараженность криптоспоридиями были исследованы изоляты фекалий от 45 серых крыс, 107 домашних мышей, 9 полевых мышей и 123 краснохвостых песчанок. Грызунов отлавливали в разных районах Азербайджана (табл. 1).

Из 45 серых крыс у 8 (17.7%) были найдены сферические ооцисты *Cryptosporidium*. Диаметр ооцист колебался от 3,89 до 5,01 мкм. ИФ=1,00. ИИ низкая, составляет 3-4 ооцисты в 1000 п.з. микроскопа. Также из 45 серых крыс у 6 (13.3 %) были найдены эллипсоидные ооцисты *Cryptosporidium*. Длина ооцист колебалась от 7,53 мкм до 7.85 мкм, ширина от 6,40 мкм до 7.85 мкм. ИФ=1.04-1.17. ИИ низкая, составляет 1-2 ооцист в 1000 п.з. (табл. 2).

Таблица 1

Количество и места обитания исследованных животных

Исследованные животные	Количество исследованных животных	Место обитания животных
Серая крыса	34	Апшеронский полуостров
	11	Гах
Домовая мышь	107	Апшеронский полуостров
Полевая мышь	9	Хачмаз
Краснохвостая песчанка	123	Гобустанское нагорье
Крупный рогатый скот (КРС)*	179	там же
	464	Белакен, Гах, Шеки, Закатала
Мелкий рогатый скот (МРС)*	143	Гобустанское нагорье
	733	Белакен, Гах, Шеки, Закатала

*Прим.: данные по КРС и МРС взяты из литературных данных [3]

Из 107 домашних мышей у 8 (7.47%) были найдены сферические ооцисты *Cryptosporidium*. Диаметр ооцист колебался от 4,05 до 5,06 мкм. ИФ=1,00. ИИ низкая, составляет 1-2 ооцист в 1000 п.з. Также из 107 домашних мышей у 18 (16.82 %) были найдены эллипсоидные ооцисты *Cryptosporidium*. Длина ооцист колебалась от 7,73 мкм до 7.91 мкм, ширина от 6.04 мкм до 6,24 мкм. ИФ=1.29. ИИ низкая, составляет 2-3 ооцисты в 1000 п.з. (табл. 2).

У одной из 9 полевых мышей была найдена единичная ооциста криптоспоридий, эллипсоидной формы, размером 5,14 x 6.21 мкм (ИФ=1,12) (табл. 2).

Из 123 краснохвостых песчанок у 21 (17,07%) были найдены удлиненных ооцисты *Cryptosporidium*. Длина удлиненных ооцист колебалась от 4.12 до 4.89 мкм, ширина от 4.05 до 4.69 мкм. ИФ= 1.007 – 1.04. ИИ низкая, составляет 2-4 ооцист в 1000 п.з. Из 123 краснохвостых песчанок у 17 (13.8%) были найдены эллипсоидные ооцисты *Cryptosporidium*. Длина ооцист колебалась от 7,66 мкм до 7,94 мкм, ширина от 5,50 до 7,73 мкм. ИФ= 1.38- 1.41. ИИ

низкая, составляет 1-2 ооцист в 1000 п.з. (табл. 2).

Зараженность грызунов криптоспоридиями мы проанализировали в соответствии с сезонами года (табл. 3). Среди серых крыс больше всего зараженных особей наблюдали летом, из 17 исследованных крыс у 9 (52.94%) были выявлены ооцисты криптоспоридий. Из 14 особей, отловленных в зимний период, 4 (28.6%) были заражены криптоспоридиями. Осенью было отловлено 5 серых крыс, из них у 1 (20.0%) были выявлены ооцисты криптоспоридий.

Домовые мыши выделяли ооцисты криптоспоридий во все сезоны. Больше всего зараженных мышей наблюдали зимой – из 41 исследованных особей у 13(31.7%) были выявлены ооцисты криптоспоридий. Весной из 19 домашних мышей 5 (26.32%) были зараженными. Летом из 11 отловленных особей 3 (27.27%) выделяли ооцисты криптоспоридий, осенью наблюдали самую низкую ЭИ – из 36 исследованных особей 5 (16.13%) оказались зараженными.

Таблица 2

Размеры найденных ооцист *Cryptosporidium* у животных

Виды хозяев	Форма ооцист	Размеры ооцист (мкм)	ИФ	n*	Источник информации
Серая крыса	сферические	от 3.89 до 5.01	1.00	3-4	данное исследование
	эллипсоидные	7,53 - 7.85 x 6,40 - 7.85	1.04-1.17	1-2	там же
Домовая мышь	сферические	от 4.05 до 5.06	1.00	1-2	там же
	эллипсоидные	7,73 - 7.91 x 5,50 - 7,73	1.29	2-3	там же
Полевая мышь	эллипсоидная	5,14 x 6.21	1,12	1	там же
Краснохвостая песчанка	удлиненные	4.12 - 4.89 x 4.05 - 4.69	1.007 - 1.04	2-4	там же
	эллипсоидные	7,66 - 7,94 x 5,50 - 7,73	1.38- 1.41	1-2	там же
КРС	сферические	от 4.2 до 5.01	1.00	1-2	Ист.: [3]
		4.6±0.04Ч4.2±0.12	1.09	30	
		6.7-5.85Ч6.7-5.01	1.0-1.2	4-5	
МРС	сферические	от 5.01 до 5.85	1.00	2-4	там же
		4.7±0.04Ч4.64±0.05	1.01	39	
		6.3± 0.07 Ч 6.08± 0.08	1.03	25	

*Прим.: n- количество ооцист в препарате.

Полевых мышей исследовали только летом. Из 9 отловленных особей у 1 (11.1%) были выявлены ооцисты криптоспоридий. В остальные периоды года данных о зараженности криптоспоридиями этих грызунов нет.

Краснохвостые песчанки, как и домовые мыши, выделяли ооцисты криптоспоридий во все сезоны. Больше всего зараженных животных наблюдали весной и осенью. Весной – из 30 песчанок 12 (40.0%), осенью – из 36 песчанок 16 (44.44%) были зараженными. В зимний период из 18 отловленных особей 6 (33.3%) выделяли ооцисты криптоспоридий. Летом наблюдали самый низкий процент зараженных песчанок – из 39 особей 4 (10.26%).

Обсуждение

Известно, что у грызунов паразитируют 4 вида *Cryptosporidium*: *C. muris*, *C. parvum*, *C. ubiquitum* и *C. tyzzeri* [6; 7; 13]. Эти виды криптоспоридий морфо-

логически неразличимы, отличаются лишь размерными характеристиками и по локализации в организме хозяина. Масштабные исследования крупных популяций грызунов из разных стран выявили у них значительные колебания численности зараженных криптоспоридиями особей. Так, например, проведенные исследования на популяциях серых крыс из разных стран показали, что процент зараженных особей колеблется от 2% до 49% [12], а у домашних мышей – от 1% до 62% [10].

В доступной нам литературе мы находили упоминание лишь об использовании песчанок разных видов в качестве лабораторных животных [11, с. 700]. Проведенные нами исследование Гобустанской популяции краснохвостых песчанок – это первое исследование песчанок на наличие у них криптоспоридий-протозойных патогенов зоонозной природы. Большинство

Таблица 3

Зараженность животных криптоспоридиями по сезонам года

Виды хозяев		Исследованные/ зараженные (%)				Источник информации
		Зима	Весна	Лето	Осень	
Серая крыса		14/4 (28.6)	9/0 (-)	17/9 (52.94)	5/1 (20.0)	данное исследование
Домовая мышь		41/13 (31.7)	19/5 (26.32)	11/3 (27.27)	36/5 (13.89)	там же
Полевая мышь		-	-	9/1 (11.1)	-	там же
Краснохвостая песчанка		18/6 (33.3)	30/12 (40.0)	39/4 (10.26)	36/16 (44.44)	там же
КРС	Гобустан	37/25 (67.6)	62/26 (41.9)	30/4 (13.3)	50/38 (76.0)	Ист.: [3]
	Шеки-Загатальский регион	70/38 (54.3)	128/80 (62.5)	134/86 (64.2)	132/71 (53.8)	
МРС	Гобустан	11/2 (18.2)	89/21 (23.6)	-	43/25 (58.1)	там же
	Шеки-Загатальский регион	130/37 (28.5)	207/114 (55.1)	171/91 (53.2)	225/113 (50.2)	

обнаруженных нами ооцист криптоспоридий у грызунов и ранее обнаруженные у КРС и МРС имели средние размеры в пределах 4.35/4.6-4.9Ч3.9/4.2-4.5 мкм. Они были диагностированы как *S. parvum*. Более крупные ооцисты, обнаруженные у грызунов, по своим параметрам соответствуют виду *S. muris*, а у КРС виду *S. andersoni*.

Как мы уже отмечали, в хозяйствах в Апшеронском полуострове, главным образом, в окрестности города Баку, у 21.0 % КРС и у 22.7 % МРС были найдены ооцисты криптоспоридий. Также ЭИ отловленных на этой территории серых крыс и домашних мышей был почти схож с ЭИ сельскохозяйственных животных, соответственно 31.7% и 24.5%. ЭИ у МРС (33.6%) в животноводческих хозяйствах, расположенных на территории Гобустанского нагорья,

соответствовал ЭИ краснохвостых песчанок (30.9%), широко распространенных на этих территориях.

В хозяйствах, расположенных на северо-западе Большого Кавказа (Белакенский, Гахский, Шеки, Закаталские районы), у 59.3 % КРС и 48.1 % МРС обнаружены ооцисты криптоспоридий. У широко распространенных в этом регионе серых крыс экстенсивность инвазии достигала 72.7 %. Следует отметить, что исследование полевых мышей в природной экосистеме в Хачмазском районе выявило небольшое количество особей зараженных криптоспоридиями (ЭИ – 11.1 %).

Известно, что распространение криптоспоридий зависит от условий внешней среды, в которых находится хозяин [9]. В популяции всех исследованных нами грызунов криптоспо-

ридии обнаруживали в течение года, следовательно, они могут быть резервуаром и потенциальным источником распространения болезни. Выделяемые грызунами ооцисты загрязняют окружающую среду, в которой находятся и животные, и люди. Высокая степень инвазии среди животных – весной, когда наблюдается выделение большого числа ооцист грызунами. Это приводит к перезаражению здорового поголовья животных. Загрязненные ооцистами объекты окружающей среды (помещения ферм, корма, предметы ухода за животными т.д.) становятся постоянным источником инвазирования восприимчивых к заболеванию животных.

Особую опасность представляет криптоспоридиоз для здоровья животных и людей с нарушенной иммунной системой. У иммунодефицитных хозяев криптоспориозы вызывают тяжелые заболевания, нередко с летальным исходом. Для людей со СПИД (синдром приобретённого иммунного дефицита) инфицирование криптоспоридиями смертельно опасно. Криптоспориозы человека отнесены Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) к категории ВИЧ-ассоциированных (вирус иммунодефицита человека) заболеваний. Можно полагать, что зараженность криптоспоридиями КРС и МРС грызунов в разных экосистемах взаимосвязана, и наши исследования проводятся в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гаибова Г.Д. Криптоспоридии (*Cryptosporidium*, *Coccidia*, *Apicomplexa*) животных в Азербайджане и обзор современных подходов к идентификации их видов // Изв. НАН Азербайджана. Сер. биол. наук. 2004. № 3–4. С. 108–118.
2. Гаибова Г.Д., Искендерова Н.Г. Загрязнение окружающей среды кокцидиями, возбудителями кокцидиозов животных и человека // Proceedings of the Azerbaijan Society of Zoologists. 2013. Vol. 5 (№ 1). P. 133–139.
3. Гаибова Г.Д., Искендерова Н.Г. Криптоспоридии (*Cryptosporidiida*, *Coccidea*, *Apicomplexa*) домашних жвачных животных и человека в Азербайджане // Актуальные проблемы паразитологии в Грузии: сб. науч. тр. (Т. XII). Тбилиси: Ассоц. паразитологов Грузии, 2014. С. 110–122.
4. Гурбанова Т.Ф., Мамедова С.О. К вопросу о видовом составе кокцидий (*Apicomplexa*: *Sporozoa*, *Eucoccidiida*) серой крысы (*Rattus norvegicus*) из разных районов Азербайджана // The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series: biology. 2013. Vol. 17 (№1056). С. 103–108.
5. Исмаилова Г.И., Гаибова Г.Д. Обнаружение ооцист криптоспоридий у телят в хозяйствах Апшерона / Современные проблемы протозоологии: тезисы докл. и сообщ. III съезда ВОПР. Л.: Наука, 1987. С. 135.
6. Fayer R. Taxonomy and species delimitation in *Cryptosporidium* // Experimental Parasitology. 2010. Vol. 124 (Is. 1). P. 90–97.
7. Fayer R. Santin M. Macaraisin D. *Cryptosporidium ubiquitum* n. sp. in animals and humans // Veterinary Parasitology. – 2010. Vol. 172. P. 23–32.
8. Henriksen A., Pohlenz J. Staining of Cryptosporidia by a modified Zichi-Neelson technique // Acta veter. Scand. 1981. Vol. 22 (№ 3-4). P. 594–596.
9. Jagai J.S. Seasonality of Cryptosporidiosis: A Meta-Analysis Approach / J.S. Jagai, D.A. Castronovo, J. Monchak et al. // Environ Res. 2009. Vol. 109 (№ 4). P. 465–478.
10. Lv C. *Cryptosporidium* spp. in Wild, Laboratory, and Pet Rodents in China: Prevalence and Molecular Characterization /

- Lv C., Zhang L., Wang R. et. al. // *Applied and Environmental Microbiology*. 2009. – Vol. 75. P. 7692–7699.
11. Mayer J., Donnelly T. *Clinical Veterinary Advisor: Birds and Exotic Pets*. – Philadelphia, USA: Saunders an imprint of Elsevier Inc., 2013. 784 p.
12. Ng-Hublin J.S., Singleton G.R., Ryan U. Molecular characterization of *Cryptosporidium* spp. from wild rats and mice from rural communities in the Philippines // *Infection, Genetics and Evolution*. 2013. Vol. 16. P. 5–12.
13. Ren X. *Cryptosporidium tyzzeri* n. sp. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in domestic mice (*Mus musculus*) / X. Ren, J. Zhao, L. Zhang et al. // *Experimental Parasitology*. 2012. Vol. 130. P. 274–281.
14. Xiao L. Fayer R. Molecular characterization of species and genotypes of *Cryptosporidium* and *Giardia* and assessment of zoonotic transmission // *Int. J. Parasitol.* 2008. Vol. 38. P. 1239–1255.

УДК 574.2:577.2

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-29-36

Мартынов В.В.*Московский государственный областной университет***ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМОРФИЗМА ПЕРВИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ГЕНА AVR4 ООМИЦЕТА PHYTOPHTHORA INFESTANS (MONT.) DE BARY**

Аннотация. В работе приводится описание полиморфизма первичной структуры гена вирулентности Avr4 оомицета *P. infestans* в полевых образцах *P. infestans* из Московской и Владимирской областей. В частности, в нуклеотидных последовательностях гена Avr4 было выявлено четыре сайта однонуклеотидного полиморфизма, которые можно отнести к горячим точкам мутагенеза (положения 180, 278, 376 и 439). В зависимости от нуклеотидного состава в вышеуказанных положениях среди нефункциональных вариантов гена Avr4 было выявлено пять аллельных вариантов. На основании полученных данных был сделан вывод о том, что ген Avr4 обладает значительным полиморфизмом первичной структуры, но для выяснения причин этого полиморфизма и характера эволюции этого гена, а также установления частот выявленных аллелей в популяциях *P. infestans*, необходимо проведение дополнительных популяционно-генетических исследований.

Ключевые слова: молекулярная генетика, гены вирулентности, аллель, фитопатоген.

V. Martynov*Moscow State Regional University***DESCRIPTION OF THE PRIMARY STRUCTURE POLYMORPHISM OF AVR4 GENE IN PHYTOPHTHORA INFESTANS (MONT.) DE BARY**

Abstract. The paper describes the primary structure polymorphism of the oomycete virulence gene Avr4 in field samples of *P. infestans* from the Moscow and Vladimir regions of Russia. It is found that in nucleotide sequences the Avr4 gene exhibits four site of single nucleotide polymorphism that can be attributed to hot spots of mutagenesis (at 180, 278, 376 and 439). Depending on the nucleotide composition, among the non-functional variants of the Avr4 gene, five allelic variants are identified. Based on these data, it was concluded that the Avr4 gene has considerable polymorphism of the primary structure, but in order to elucidate the causes of this polymorphism and the nature of the evolution of this gene, as well as to establish the allele frequencies in populations of *P. infestans*, additional population-genetic studies are required.

Key words: molecular genetics, virulence genes, alleles, phytopathogens.

Фитофтороз является одним из вредоноснейших заболеваний картофеля, которое угнетает рост и развитие растений в период формирования клубней и вызывает гниение клубней во время хранения. Возбудителем фитоф-

© Мартынов В.В., 2015.

тороза является оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Этот патоген проникает в ткани растения, нарушает целостность клеток, забирает из них питательные вещества, перемещается по отдельным органам и всему растению, воздействует на растительный

организм продуктами своего метаболизма.

Для защиты от патогенов растения обладают врожденным иммунитетом, который можно условно разделить на два типа: неспецифический, развивающийся в ответ на консервативные «молекулярные паттерны, ассоциированные с патогенами» (PAMPs), и зависящий от передачи сигнала через трансмембранные «паттерн-распознающие рецепторы» (PRRs); и специфический или вторичный, развивающийся в ответ на присутствующие у патогенов эффекторные белки, распознаваемые цитоплазматическими рецепторами. Связывание PAMPs с рецепторами приводит к индукции базальной защитной реакции, которая вызывает комплексные изменения в клетке, в конечном итоге приводящие к апоптозу [1; 3].

Однако эволюция патогенов, направленная на преодоление базальной защитной реакции, привела к появлению у них эффекторных белков, подавляющих эту первичную защитную реакцию. В частности, у *P. infestans* были описаны гены, кодирующие эффекторные белки, одним из которых является ген вирулентности *Avr4*. Этот ген кодирует белок, принадлежащий к семейству RXLR-dEER эффекторов, и обладает полиморфизмом, связанным с функцией: мутантные варианты вирулентны, вариант дикого типа авирулентный и распознается соответствующим геном *R4* устойчивости картофеля [9].

Однако данный полиморфизм был описан только для некоторых изолятов из зарубежных коллекций, и, кроме того, в генетических базах данных отсутствуют нуклеотидные последовательности этих полиморфных вариан-

тов. В связи с этим целью настоящей работы было охарактеризовать полиморфизм первичной структуры гена *Avr4* в российских полевых образцах *P. infestans*. Полученные данные являются вкладом в изучение механизмов изменчивости у *P. infestans* на молекулярном уровне, и в дальнейшем они могут быть использованы при разработке мер борьбы с фитофторозом картофеля.

Материалы и методы

В качестве *материала* *Phytophthora infestans* использовали пораженные фитофторозом листья растений картофеля, собранные летом 2013 г. в посадках картофеля вблизи поселка Юрьево (Владимирская область) и поселка Детково (Московская область). Каждый из образцов был собран с индивидуального растения. Эти растения находились друг от друга на расстоянии не менее 10 м. Всего было собрано четыре образца – два из Московской и два из Владимирской области. Для подтверждения того, что растение поражено именно фитофторозом, использовали тест-набор для экспресс-определения фитофторы в полевых условиях производства фирмы ООО «Генконтроль». Собранные листья высушивали и хранили в виде гербария для последующего выделения из них препарата тотальной ДНК. Пригодность гербарных образцов для выделения из них ДНК *P. infestans* известна из литературы [8].

Методы. *Выделение ДНК.* Тотальную ДНК выделяли из гербарных образцов при помощи набора реагентов «SILICA plant» производства ООО компании «Биоком» по протоколу фирмы – производителя. Для выделе-

ния тотальной ДНК брали фрагмент высушенного листа растения площадью примерно 1 см².

Условия ПЦР. Препараты тотальной ДНК амплифицировали с праймерами Avr4F (ATGCGTTTCGCTT-CACATTTTGCTG) и Avr4R (СТААГАТАТGGGССGТСТАGCTG), подобранными, исходя из нуклеотидной последовательности гена *Avr4 P. infestans*, зарегистрированной в базе данных NCBI под номером EF672355. Эти праймеры амплифицировали всю кодирующую последовательность гена *Avr4* размером 864 п.н.

Программа для амплификации была следующей: 94°C – 3 мин. (первичная денатурация), затем 35 циклов, состоящих из следующих этапов: 94°C – 30 сек., 60°C – 30 сек. и 72°C – 1 мин., и финальный синтез: 72°C – 5 мин. Объем реакционной смеси составлял 25 мкл. На одну реакцию брали 50 нг тотальной ДНК. Для амплификации использовали прибор GeneAmp PCR System 2700 (Applied Biosystems, Inc., USA). Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводили в 1% агарозном геле в 0,5X TBE-буфере.

Клонирование и секвенирование. ПЦР-продукты клонировали в вектор pAL-TA (Евроген) по протоколу фирмы-производителя, которым трансформировали компетентные клетки *E.coli* штамма DH5α, и секвенировали по два клона из каждого образца (по методу Сэнгера с помощью набора реактивов Big Dye Terminator v.3.1 (Applied Biosystems, Inc., USA) на автоматическом секвенаторе ABI PRIZM 3730 (Applied Biosystems, Inc., USA) согласно инструкциям производителя. Надежность прочтения при секвениро-

вании подтверждали тем, что каждый клон секвенировали в двух повторностях с прямого и обратного праймера, и полученные таким образом сиквенсы для каждого клона были идентичны по нуклеотидной последовательности. В общей сложности было получено 8 нуклеотидных последовательностей 8 клонов.

Математическая обработка данных. Поиск последовательностей, гомологичных последовательностям, полученным в результате секвенирования, проводили в базе данных GeneBank NCBI при помощи программы BLAST. Множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей осуществляли при помощи программы ClustalW, доступной на сервере GeneBee (www.belozersky.msu.ru/genebee), с последующим анализом результатов этого выравнивания при помощи программы GeneDoc. Производные аминокислотные последовательности были получены с помощью программы EditSeq.

Результаты

Были получены данные о нуклеотидной последовательности и полиморфизме гена *Avr4* в полевых образцах *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bruy из Московской и Владимирской областей РФ. Всего было получено восемь последовательностей из четырех образцов, два из которых были собраны во Владимирской, а два – в Московской области. Из каждого образца было клонировано и отсеквенировано по две последовательности гена *Avr4*. Все полученные последовательности имели размер 863 п.н. и были гомологичны аннотированному гену *Avr4 P. infestans* на 98%.

Гипотетическая трансляция с использованием стандартного генетического кода показала, что ни одна из полученных последовательностей не кодирует нормальный полноразмерный белок *Avr4*, т.е. они представляют собой нефункциональные (вирулентные) варианты гена *Avr4*. Все полученные последовательности были зарегистрированы в базе данных GeneBank NCBI под номерами KR013197, KR013198, KR013199, KR013200, KR013201, KR013202, KR013203 и KR013204. Полученные последовательности методом множественного выравнивания сравнили между собой и с ранее зарегистрированными и аннотированными в NCBI последовательностями гена *Avr4 P. infestans*, для которых были указаны раса и гаплотип изолята, из которого они были получены (табл. 1). В результате подробного анализа множественного выравнивания исследуемых последовательностей было установлено, что в целом исследуемые нуклеотидные последовательности гена *Avr4* различаются между собой по 37 сайтам однонуклеотидного полиморфизма, но большинство из этих однонуклеотидных полиморфизмов, а именно 22, встречаются только в какой-либо одной из 19 исследуемых последовательностей. Эти полиморфизмы в дальнейшем не рассматривались, так как нельзя исключить того, что они являются артефактами.

Функциональные варианты отличаются от всех нефункциональных вариантов по 11 сайтам однонуклеотидного полиморфизма (положения 55, 96, 122, 416, 423, 479, 492, 527, 570, 661 и 811), а также тем, что в нефункциональных вариантах имеет место делеция нуклеотида в положении 196 (здесь и далее

нумерация нуклеотидов указывается в соответствии с их положением в функциональных вариантах), которая приводит к сдвигу рамки считывания и, вероятно, к синтезу нефункционального белка. Кроме того, было выявлено еще четыре сайта однонуклеотидного полиморфизма, которые можно отнести к горячим точкам мутагенеза (положения 180, 278, 376 и 439). Нуклеотидами в этих положениях различаются между собой нефункциональные варианты гена *Avr4* (табл. 2). Кроме того, нуклеотидами в этих положениях некоторые нефункциональные варианты дополнительно отличаются от функциональных вариантов.

В зависимости от нуклеотидного состава в положениях 180, 278, 376 и 439 среди нефункциональных вариантов гена *Avr4* можно выделить 5 аллельных вариантов, а именно вариант I, который имеет в вышеуказанных положениях нуклеотиды такие же, как у функционального варианта, вариант Ia, который отличается от варианта I нуклеотидом в положении 376, вариант Ib, который отличается от варианта Ia нуклеотидом в положении 278, а от варианта I – нуклеотидами в положениях 278 и 376, вариант Ic, который отличается от варианта I нуклеотидами в положениях 180 и 376, от варианта Ia – нуклеотидом в положении 180 и от варианта Ib нуклеотидами в положениях 180 и 278, и вариант II, который отличается от варианта I по всем четырем нуклеотидам, от вариантов Ia и Ib – тремя нуклеотидами в положениях 180, 278, 439, и от варианта Ic вариант II отличается двумя нуклеотидами в положениях 278 и 439. Все эти варианты оказались представлены в данном исследовании разным числом последовательностей.

Наиболее представленным оказался вариант II, он характерен для восьми последовательностей. Вариант I представлен шестью последовательностями. Варианты Ia, Ib и Ic представлены одной последовательностью каждый. При этом распределение этих вариантов не связано с расой патогена. Образцы из Владимирской области содержат вариант I, а один образец из Московской области содержит вариант II, а другой варианты I и Ic. В вариантах, которые имели в положении 278 нуклеотид Т, это приводило к образованию в последовательности стоп-кодона раньше, чем в вариантах, которые имели в положении 278 нуклеотид А или С, и, таким образом, эти варианты кодировали усеченный белок, состоящий из 92 аминокислотных остатков, в то время как варианты с нуклеотидом 278А или 278С кодировали усеченный белок, состоящий из 97 аминокислотных остатков. Обе вовлеченные в исследование последовательности функциональных вариантов гена *Avr4* оказались консервативными, они кодируют абсолютно одинаковые белковые последовательности.

Обсуждение результатов

Эффекторные белки играют важную роль в жизненном цикле биотрофических фитопатогенов, в том числе *P. infestans* [3]. Как правило, у *P. infestans* определяется только наличие авирулентной или вирулентной формы ответствующего *Avr* гена при помощи набора растений-дифференциаторов, т.е. генетический полиморфизм оценивается на уровне фенотипа. Однако такой подход к оценке полиморфизма в значительной степени уже исчерпал себя, так как подавляющее большин-

ство изолятов *P. infestans* имеет максимальное число вирулентных форм *Avr* генов.

В тоже время было показано, что *Avr* гены, в частности гены *Avr3a* и *Avr4*, обладают полиморфизмом первичной структуры [5; 9], но это было сделано на зарубежных изолятах. При этом было показано, что популяции *P. infestans* Московской области являются высокополиморфными по другим молекулярным маркерам [6]. Поэтому можно ожидать, что российские популяции также обладают полиморфизмом первичной структуры генов вирулентности, в частности гена *Avr4*. Целью настоящей работы было охарактеризовать полиморфизм гена вирулентности *Avr4* в образцах *P. infestans* из Московской и Владимирской областей, чтобы наметить пути его дальнейшего изучения.

Большинство проанализированных последовательностей (2 из 19) представляют собой вирулентную (нефункциональную) форму гена *Avr4*, что косвенно подтверждает предположение о распространенности вирулентных форм в современных популяциях *P. infestans*. Две авирулентные формы оказались весьма консервативными, а среди вирулентных форм было выявлено два основных аллельных варианта, один из которых (вариант I) по четырем выявленным полиморфным положениям полностью идентичен функциональному (авирулентному) варианту, а другой по этим же положениям (вариант II) полностью от него отличается. Также было выявлено три промежуточных варианта (Ia, Ib и Ic), которые, вероятно, являются переходными формами между вариантом I к вариантом II.

Наблюдаемая картина, по-видимому, отражает характер эволюции гена *Avr4*. Известно, что RXLR-dEER эффекторы эволюционируют под действием сильного положительного отбора, чтобы избежать распознавания соответствующим R-белком растения [7]. Для гена *Avr4* было показано, что за распознавание кодируемого им эффекторного белка отвечает несколько доменов в С-концевой области этого белка (три W-домена и один Y-домен) [11]. Мутации гена *Avr4*, приводящие к сдвигу рамки считывания, приводят к образованию усеченного белка размером 92 или 97 аминокислотных остатков, лишённого этих доменов и сохраняющего только RXLR-dEER-домен, отвечающий за проникновение эффекторного белка в клетку хозяина. В работе [11] высказывается предположение, что точечные мутации в нефункциональных (вирулентных) формах гена *Avr4*, находящиеся правее делеционной мутации в положении 196 (т.е. ближе к 3'-концу), появились эволюционно позднее и без давления отбора.

Однако возможно, что, наоборот, горячие точки мутагенеза в области 3'-конца в положениях 278, 376 и 439 возникли под давлением отбора раньше, чем мутация в положении 196, и они изменяли аминокислотную последовательность без нарушения рамки считывания, как это имеет место в случае другого гена вирулентности *P. infestans* *Avr3a*, у которого вирулентная и авирулентная формы отличаются друг от друга точечными мутациями,

изменяющими аминокислотную последовательность [2; 4]. В пользу этой гипотезы свидетельствует тот факт, что мутация в положении 278 в нормальном белке приводила бы к замене аминокислоты в положении 93, а другая мутация (в положении 376) находится в первом W-доме белка *Avr4*, распознаваемом системой защиты растения, и она приводит к образованию стоп-кодона. Кроме того, такой характер эволюции гена *Avr4* может обеспечивать полиморфизм гена устойчивости *R4* картофеля, ответственного за распознавание эффекторного белка *Avr4*.

Этот ген еще не охарактеризован на молекулярном уровне, но было показано, что одни и те же изоляты *P. infestans* по-разному взаимодействовали с имеющими ген *R4* растениями из двух разных наборов растений-дифференциаторов, что свидетельствовало о функциональном полиморфизме этого гена [10]. То есть различные нефункциональные варианты гена *Avr4* могли оказаться вирулентными на растении с одним генотипом по гену *R4*, и авирулентными на растении с другим генотипом по гену *R4*. Таким образом, можно сделать вывод о том, что ген *Avr4* обладает значительным полиморфизмом первичной структуры, но для выяснения причин этого полиморфизма и характера эволюции этого гена необходимо проведение дополнительных популяционно-генетических исследований, для которых полученные в данной работе результаты могут послужить хорошей отправной точкой.

Таблица 1

**Нуклеотидные последовательности гена *Avr4*,
использованные для множественного выравнивания**

Регистрационный номер в GeneBank NCBI	Описание последовательности
KR013197, KR013198, KR013203, KR013204	Нефункциональные варианты гена <i>Avr4 P. infestans</i> из образцов из Владимирской области
KR013199, KR013200, KR013201, KR013202	Нефункциональные варианты гена <i>Avr4 P. infestans</i> из образцов из Московской области
KF188215	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 1.4 гаплотипа 1
KF188216	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 1.4 гаплотипа 2
KF188217	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 3 гаплотипа 1
KF188218	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 3 гаплотипа 2
KF188219	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 3 гаплотипа 3
KF188220	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 3 гаплотипа 4
KF188221	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 11 гаплотипа 1
KF188222	Нефункциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 11 гаплотипа 2
KF188223	Функциональный вариант гена <i>Avr4 P. infestans</i> из изолята расы 11 гаплотипа 3
EF672355	Ген, кодирующий эффекторный белок <i>Avr4 P. infestans</i>
EF672354	Ген, кодирующий усеченный эффекторный белок <i>Avr4 P. infestans</i>

Таблица 2

**Варианты аллельного полиморфизма гена *Avr4*
и нуклеотиды, которыми они различаются**

Варианты <i>Avr4</i>	Обозначение варианта	Образцы	Порядковые номера нуклеотидов			
			180	278	376	439
Функциональный	WT	PiAvr4, <i>Avr4-r11-h3</i>	T	T	G	G
Нефункциональные	I	1-B1, 1-B2, 2-B2, 2-B3, 1-D1, <i>Avr4-r1.4-h1</i>	T	T	G	G
	Ia	<i>Avr4-r3-h1</i>	T	T	T	G
	Ib	<i>Avr4-r3-h4</i>	T	C	T	G
	Ic	1-D2	C	T	T	G
	II	2-D5, 2-D6, <i>Avr4-r1.4-h2</i> , <i>Avr4-r3-h2</i> , <i>Avr4-r11-h1</i> , <i>Avr4-r11-h2</i> , <i>Avr4 EF672354</i> , <i>Avr4-r3-h3</i>	C	A	T	A

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вахрушева О.А., Недоспасов С.А. Система врожденного иммунитета у растений // Молекулярная Биология. 2011. Т. 45 (№ 1). С. 20–29.
2. Armstrong M.R. An ancestral oomycete locus contains late blight avirulence gene *Avr3a*, encoding a protein that is recognized in the host cytoplasm / M.R. Armstrong, S.C. Whisson, L. Pritchard et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2005. Vol. 102. P. 7766–7771.
3. Bent A.E., Mackey D. Elicitors, Effectors, and R Genes: The New Paradigm and a Lifetime Supply of Questions // Annu. Rev. Phytopathol. 2007. Vol. 45. P. 399–436.
4. Bos J.I. The C-terminal half of *Phytophthora infestans* RXLR effector AVR3a is sufficient to trigger R3a-mediated hypersensitivity and suppress INF1-induced cell death in *Nicotiana benthamiana* / J.I. Bos, T.D. Kanneganti, C. Young et al. // Plant J. 2006. Vol. 48. P. 165–176.
5. Cárdenas M. Genetic diversity of *Phytophthora infestans* in the Northern Andean region / M. Cárdenas, A. Grajales, R. Sierra et al. // BMC Genet. 2011. Vol. 12 (pub. 23). 13 p.
6. Elansky S. Genotypic analysis of Russian isolates of *Phytophthora infestans* from the Moscow Region, Siberia and Far East / S. Elansky, A. Smirnov, Y. Dyakov et al. // J. Phytopathology. 2001. Vol. 149. P. 605–611.
7. Jiang R. RXLR effector reservoir in two *Phytophthora* species is dominated by a single rapidly evolving superfamily with more than 700 members / R. Jiang, S. Tripathy, F. Govers et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2008. Vol. 105. P. 4874–4879.
8. Ristaino J.B., Groves C.T., Parra G.R. PCR amplification of the Irish potato famine pathogen from historic specimens // Nature. 2001. Vol. 411. P. 695–697.
9. van Poppel P., Guo J., van de Vondervoort P. et al. The *Phytophthora infestans* avirulence gene *Avr4* encodes an RXLR-dEER effector / P. van Poppel, J. Guo, P. van de Vondervoort et al. // Mol. Plant–Microbe Interact. 2008. Vol. 21. P. 1460–1470.
10. van Poppel P., Huigen D.J., Govers F. Differential recognition of *Phytophthora infestans* races in potato *R4* breeding lines // Phytopathology. 2009. Vol. 99 (10). P. 1150–1155.
11. van Poppel P. Recognition of *Phytophthora infestans* *Avr4* by potato *R4* is triggered by C-terminal domains comprising W motifs / P. van Poppel, R. Jiang, J. Sliwka et al. // Mol. Plant Pathol. 2009. Vol. 10 (5). P. 611–620.

УДК 581.144.2

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-37-45

Филин А.Н.*Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН (г. Москва)*

КЛЕТочный АНАЛИЗ РОСТА КОРНЕЙ НЕКОТОРЫХ МУТАНТОВ ARABIDOPSIS THALIANA

Аннотация. В статье приведены результаты анализа роста корней на клеточном уровне у мутантов *Arabidopsis thaliana* с ослабленным сигналингом цитокинина *cre1-12ahk3-3*, *cre1-2ahk3-7*, с нарушенным ответом на ауксиновый сигнал *shy2-31*, полярного транспорта ауксина *pin2* и *pin4*. Показана возможность использования этих мутантов для выяснения того, как действуют цитокинины и ауксины на отдельные процессы, из которых складывается пролиферация и рост клеток, а именно на длительность клеточного цикла, время жизни клеток в меристеме, скорость образования клеток и скорость их перехода к растяжению. *Ключевые слова:* биология развития, клеточный цикл, фитогормоны, цитокинины, ауксины, пролиферация.

A. Filin*Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

CELL ANALYSIS OF ROOT GROWTH OF SOME ARABIDOPSIS THALIANA MUTANTS

Abstract. In this paper, we provide results of the analysis of the root growth at a cellular level in *Arabidopsis thaliana* mutants *cre1-12ahk3-3*, *cre1-2ahk3-7* with reduced cytokinin signaling, *shy2-31* with infringement response to the auxin signal and mutants *pin2*, *pin4* with infringement of polar auxin transport. We show the possibility of using this mutant for finding how auxin and cytokinin affect the individual processes that make up the proliferation and growth of cells, namely, the duration of the cell cycle, lifetime of cells in the meristem, rate of cell proliferation and rate of transition to elongation.

Key words: developmental biology, cell cycle, phytohormones, cytokinins, proliferation, transition to differentiate.

Не вызывает сомнений, что фитогормоны играют ключевую роль в регуляции роста и морфогенеза растений. Наиболее изучаемыми и изученными на данный момент фитогормонами являются цитокинины и ауксины. Однако, несмотря на то, что изучению их действия на рост и морфогенез корней посвящено огромное количество работ,

до сих пор относительно мало изучено, как действуют эти фитогормоны на отдельные процессы, из которых складывается пролиферация и рост клеток, а именно на длительность клеточного цикла, время жизни клеток в меристеме, скорость образования клеток и скорость их перехода к растяжению. Создание ряда мутантов, у которых одно или несколько звеньев цепи восприятие-пере-

дача-ответ нарушено или изменена скорость синтеза и распада фитогормонов, стало одним из эффективных инструментов для решения проблемы изучения действия фитогормонов.

Введение новых генов, а также включение работы существующих генов у трансгенных растений или вследствие мутации часто приводит к изменению скорости роста, в частности, к изменению скорости роста корней [6; 9; 11]. Для того чтобы оценить, как это сказывается на росте корня, необходимо провести полный клеточный анализ роста. Прежде чем перейти к методике проведенного эксперимента, кратко рассмотрим строение растущей части корня, чтобы понять, из чего складывается рост корня.

В самой апикальной части корня располагается небольшая группа клеток, они делятся реже остальных и составляют покоящийся центр (ПЦ). Далее располагаются непосредственно активно делящиеся клетки, они вместе с ПЦ образуют меристему, или зону деления. На продольных срезах или снимках корней можно провести границу между меристемой и следующей зоной корня по резкому увеличению длины клеток. Сейчас в этом месте принято выделять переходную зону между меристемой и растяжением [4]. Четкая граница между меристемой и переходной зоной обусловлена резким возрастанием скорости роста клеток [8]. Далее следует зона растяжения, в конце которой клетки приобретают свой максимальный размер. Граница между зоной растяжения и следующей зоной дифференциации (зона корневых волосков) хорошо различима по

появлению корневых волосков и протоксилемы.

Из-за резкого ускорения роста клеток можно легко отличить меристематические клетки и клетки, которые перешли к растяжению, следовательно, можно узнать число клеток в меристеме и в зоне растяжения. Делая несколько измерений числа клеток на протяжении некоторого времени, например, раз в сутки, можно вычислить, с какой скоростью они делятся и переходят к растяжению, что позволяет нам оценить скорость пролиферации и скорость перехода клеток к растяжению [8]. Важно отметить, что для получения полной и ясной картины влияния последствий трансгенеза на рост растения необходимо проведение полного клеточного анализа роста корня, включающего изучение длительности клеточного цикла, времени жизни клеток в меристеме, скорости образования клеток и скорости их перехода к растяжению.

На сегодняшний день одним из эффективных инструментов для изучения роли фитогормонов в регуляции жизнедеятельности растений являются мутанты с измененным сигналингом, транспортом, ответом на фитогормональный сигнал, а также с измененными скоростями синтеза и/или деградации фитогормонов. Задача данной работы состоит в изучении с помощью клеточного анализа особенностей роста корней мутантов, у которых ослаблен сигналинг цитокинина – *cre1-12ahk3-3*, *cre1-2ahk3-7* [7], нарушен ответ на ауксиновый сигнал – *shy2-31* [8] и мутантов с нарушением полярного транспорта ауксина – *pin2* и *pin4* [10].

Материалы и методы

Растительный материал. В качестве контроля использовались растения *Arabidopsis thaliana* L. дикого типа (экотип *Columbia 0*). Семена мутанта *Shy2-31* мы получили от S. Sabatini (Dipartimento di Genetica e Biologia Molecolare Laboratory of Functional Genomics and Proteomics of Model Systems Universita La Sapienza, Rome, Italy). Семена мутантов *cre1-2ahk3-7*, *cre1-12ahk3-3* нам любезно предоставили в лаборатории Г.А. Романова (Институт физиологии растений РАН, лаборатория сигнальных систем контроля онтогенеза им. академика М.Х. Чайлахяна, Москва, Россия). Семена мутантов *pin2* и *pin4* были получены от T.Pasternak из лаборатории K. Palme (Institute for Biology II, Albert Ludwigs University Freiburg, Freiburg, Germany).

Перед посадкой семена стерилизовали 5% раствором гипохлорита натрия, после чего промывали в трех порциях стерильной дистиллированной воды по 5 мин в каждой. Стерилизованные семена высаживали в чашки Петри на среду, содержащую 1/4 нормы МС, 1% сахарозу, 0.8% агар-агар, 0.5 г/л 2-(N-морфолино)-этансульфоновой кислоты (MES), pH 5.8. Стратификацию проводили при 4°C в темноте в течение 2 суток в чашках Петри. После стратификации проростки выращивали в чашках Петри, помещенных вертикально в климатическую камеру, при длине светового дня 16 ч, освещенности 10 клк и температурном режиме 22/18°C (день/ночь).

Фиксация материала и подготовка к микроскопированию. На 3, 4 и 5 сутки после прорастания семян чашки Петри с проростками сканировали

на световом сканере Epson Perfection V300 Photo (Epson, Индонезия) с разрешением 600 dpi для последующего измерения длины корней. Далее при необходимости корни фиксировали в 4% формалине на фосфатном буфере (pH 7.2) в течение 4 ч при комнатной температуре. Живые или фиксированные проростки выкладывали на предметное стекло и капали на них раствором трихлоруксусной кислоты (ТХУ) 2 г/мл. Затем покрывали проростки покровным стеклом и смотрели под микроскопом с использованием оптики Номарского (Carl Zeiss, Германия). Данная процедура, называемая «просветление», является необходимой при использовании в процессе микроскопирования оптики Номарского и позволяет получать препараты такого же качества, как при методике просветления, использованной в нашей предыдущей работе [3], однако при использовании ТХУ в качестве просветляющего агента существенно сокращается время изготовления микропрепаратов.

Эксперимент дублировался, причем каждый повтор включал по 15 растений на вариант. Количественные данные показателей роста корня, полученные в ходе измерений и вычислений, обрабатывали с помощью программного обеспечения MS Excel 2007 и представляли как средние значения и их стандартные отклонения.

Анализ длины корней и размера меристемы. Анализ препаратов проводили под микроскопом Carl Zeiss Imager D1 (Германия) с использованием оптики Номарского. Для измерения длины главных корней использовали программу IMAGE J. Длину главного корня измеряли начиная от покояще-

гося центра до конца корневой шейки. Число клеток в меристеме и в зоне растяжения главного корня считали, используя программное обеспечение Carl Zeiss AxioVision. Измерения длины закончивших рост клеток проводили на снимках в программе Carl Zeiss AxioVision с помощью инструмента Length. Все измерения проводили вдоль одного продольного ряда клеток корня начиная от покоящегося центра.

Вычисление показателей роста клеток корня. Длительность клеточного цикла (T , ч) вычисляли по формуле, разработанной Ивановым [1; 2]:

$$T = \frac{\ln 2 * Nm * l}{V}, \quad (1)$$

где N_m – число меристематических клеток в одном ряду, l – длина клеток, закончивших рост (мкм), V – скорость роста корня (мкм/ч). Применимость этой формулы для вычисления средней длительности клеточного цикла в меристемах корней доказана в ряде работ [1; 8].

Время жизни клеток в меристеме ($T_{ж}$, ч) [1; 2] вычисляли следующим образом:

$$T_{ж} = p * T, \quad (2)$$

где T – длительность клеточного цикла (ч), p – число циклов деления клетки с момента отделения от первой клетки на границе покоящегося центра до выхода из меристемы. Величину p можно вычислить по формуле [1; 2]:

$$p = \frac{\ln(Nm - 1)}{\ln 2} \quad (3)$$

Число клеток, закончивших рост (N), рассчитывали по формуле [1; 2]:

$$N = \frac{\Delta L}{l}, \quad (4)$$

где ΔL – прирост корня (мкм), l – длина закончивших рост клеток (мкм).

Число клеток в меристеме можно непосредственно подсчитать на снимке меристемы, считая клетки в одном ряду коры от покоящегося центра до начала зоны растяжения, либо вычислить, зная p [1; 2]:

$$Nm = 2^{p+1} - 1, \quad (5)$$

где p – число циклов деления клетки.

Скорость образования новых клеток в одном ряду (V_m , кл./ч), вычисляли по формуле:

$$Vm_{(1-2)} = N_{(1-2)} + (Nm_2 - Nm_1) + (Ne_2 - Ne_1), \quad (6)$$

где $N_{(1-2)}$ – число клеток ряда закончивших рост между измерениями; N_{m1} – число клеток ряда меристемы в первое (Nm_2 – второе) измерение; Ne_1 – число клеток ряда в зоне растяжения на первое (Ne_2 – второе) измерение.

Скорость перехода клеток меристемы к растяжению (V_{me} , кл./ч) в одном ряду вычисляли по формуле:

$$Vme_{(1-2)} = Vm_{(1-2)} - (Nm_2 - Nm_1), \quad (7)$$

где $V_{me(1-2)}$ – скорость образования клеток между измерениями (кл./ч);

N_{m1} – число клеток ряда меристемы в первое, (Nm_2 – второе) измерение.

Результаты и обсуждение

Скорость роста корней. Все варианты эксперимента показали увеличение скорости роста и длины корней по отношению к контролю в разной сте-

пени (табл. 1, 3 и 4). Заметная разница в длине корней на 3 сутки эксперимента наблюдалась только у *cre 1-12ahk3-3* (табл. 1), что объясняется максимальной V по отношению к остальным вариантам, наблюдаемой у корней данного мутанта (табл. 3). На 4 и 5 сутки эксперимента разница в длине корня и V у этого мутанта увеличилась и по отношению к остальным вариантам продолжала оставаться максимальной (табл. 1 и 4). К концу эксперимента наибольшая длина корня и V наблюдалась у *cre 1-12ahk3-3*, у мутантов *pin2*, *shy2-31* и *pin4* была примерно одинаковой, а у *pin2* – близкой к контролю (табл. 1 и 4).

Длина закончивших рост клеток.

У всех мутантов наблюдалось увеличение длины закончивших рост клеток, однако разница между длиной клеток

была незначительна и не превышала 30 μ (табл. 1). Однако стоит отметить, что на 4 сутки эксперимента у *pin4* наблюдалось наибольшее отличие в длине закончивших рост клеток, которое составляло примерно 45 μ , а на 5 сутки у *pin2* разница в длине клеток составляла 50 μ (табл. 1), что говорит о некоторой стимуляции процесса роста растяжением. Наблюдаемое нами увеличение прироста корней по сравнению с контролем, а также незначительные отличия в длине закончивших рост клеток позволили предположить, что, возможно, у всех исследуемых нами мутантов наблюдается стимуляция пролиферации; чтобы это подтвердить или опровергнуть, мы посчитали число клеток в меристеме, зоне растяжения и число закончивших рост клеток.

Таблица 1

Измеренные показатели роста корней растений арабидопсиса

Вариант	Длина главного корня, мм						Длина закончивших рост клеток, мкм		
	3 сутки		4 сутки		5 сутки		3 сутки	4 сутки	5 сутки
	абс.	%	абс.	%	абс.	%			
Контроль	7,6 ± 1	100	12,4 ± 0,9	100	17,6 ± 0,9	100	104 ± 7	104 ± 6	122 ± 6
Cre1-2 ahk3-7	8,1 ± 0,7	107	15,2 ± 0,9	123	24 ± 1	136	116 ± 17	138 ± 13	142 ± 10
Cre1-12 ahk3-3	10,8 ± 1,5	142	22,6 ± 0,9	182	33,3 ± 1,8	189	122 ± 15	138 ± 9	142 ± 8
Shy2-31	6,9 ± 0,9	91	15,3 ± 1,1	123	24 ± 1,2	136	144 ± 11	142 ± 9	140 ± 13
Pin2	8 ± 0,9	105	13,8 ± 0,7	111	19,5 ± 0,9	111	134 ± 7	147 ± 10	151 ± 8
Pin4	7,6 ± 0,8	100	14,8 ± 0,7	119	23 ± 1	131	137 ± 11	157 ± 8	132 ± 11

Прим.: Для каждого варианта эксперимента приведены средние значения и стандартные отклонения (\pm). Длина корней дана в абсолютных величинах (абс.) и процентном отношении к контролю. Для каждого варианта эксперимента приведены данные, полученные при измерении 30 корней.

Число меристематических (Nm), растягивающихся (Ne) и закончивших рост клеток ($N1$) в одном продольном ряду коры. Зная прирост главного корня за определенный про-

межутков времени и длину закончивших рост клеток, по формуле (4) было вычислено, сколько всего было в корне клеток, которые закончили рост. У всех мутантов, кроме *pin2*, наблюдалось уве-

личение N_m , разница с контролем составляла примерно 10 клеток (табл. 2). Среди всех вариантов эксперимента на 3 сутки N_e было максимальным у *cre 1-2ahk3-7*, и отличалось от контроля на 6 клеток. Затем разница в N_e нивелировалась, и к концу эксперимента во всех вариантах N_e было примерно одинаковым (табл. 2). За все время

наблюдения наибольшее N_1 было у *cre 1-12ahk3-3* между 3 и 4 сутками, число которых было в 2 раза больше по отношению к контролю. *Pin4*, *shy2-31* и *cre1-2ahk3-7* имели одинаковое число закончивших рост клеток, которых было больше, чем в контроле, примерно на 10. У *pin2* число клеток не отличалось от контроля.

Таблица 2

Число клеток в разных зонах корня растений арабидопсиса

Вариант	Число клеток							
	в меристеме (N_m)			в зоне растяжения (N_e)			закончивших рост (N)	
	3 сутки	4 сутки	5 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки	3-4 сутки	4-е сутки
Контроль	24 ± 1	23 ± 2	22 ± 2	6 ± 1	7 ± 1	9 ± 2	47 ± 4	43 ± 4
Cre1-2 ahk3-7	26 ± 1	28 ± 2	30 ± 1	12 ± 1	9 ± 1	7 ± 1	56 ± 4	63 ± 9
Cre1-12 ahk3-3	29 ± 4	31 ± 3	33 ± 3	10 ± 1	9 ± 1	10 ± 1	91 ± 13	76 ± 7
Shy2-31	30 ± 3	29 ± 3	33 ± 2	9 ± 1	12 ± 1	11 ± 2	58 ± 4	61 ± 6
Pin2	21 ± 2	21 ± 2	21 ± 2	8 ± 1	8 ± 1	7 ± 1	41 ± 3	39 ± 4
Pin4	33 ± 2	31 ± 3	37 ± 3	7 ± 1	8 ± 1	9 ± 1	49 ± 4	54 ± 4

Прим.: Для каждого варианта эксперимента приведены средние значения и стандартные отклонения (\pm). Для каждого варианта эксперимента приведены данные, полученные при измерении 30 корней.

Результаты подсчета числа клеток подвели нас к предположению, что стимуляция пролиферации, по всей видимости, может наблюдаться только у мутантов *cre 1-2ahk3-7*, *cre 1-12ahk3-3* и *shy2-31* по тому, как у них наблюдалось существенное увеличение числа клеток, как в меристеме, так и закончивших рост. У *pin4* число клеток в меристеме и закончивших рост клеток было большим на 10 по сравнению с контролем. Это позволяет предполагать, что влияние на пролиферацию в данном случае не столь существенно, как в случае с другими мутантами. А значит, скорее всего, увеличение числа

клеток в меристеме может быть связано с задержкой в ней клеток. А столь малое отличие в числе закончивших рост клеток может быть вызвано, наоборот, ослаблением пролиферации. Для того чтобы разобраться в этом, мы вычислили показатели, связанные с пролиферацией.

Скорость образования клеток (V_m) и продолжительность клеточного цикла (T). Расчет величины T по формуле (1) показал, что среди всех вариантов эксперимента T была минимальна у *cre 1-12ahk3-3*, у него же наблюдалась наибольшая V_m , которая рассчитывается по формуле (6).

Во всех остальных вариантах, кроме *pin4*, отличий в T от контроля не наблюдалось (табл. 3 и 4). У *pin4* при увеличенной T V_m была близка к той, что наблюдалась у *cre 1-2ahk3-7* и *shy2-31* (табл. 3 и 4). Таким образом, наше

предположение частично подтвердилось, так как мы наблюдали заметную стимуляцию пролиферации только у *cre 1-12ahk3-3*, в то время как у *shy2-31* предполагаемой стимуляции пролиферации обнаружено не было.

Таблица 3

Вычисленные показатели роста корней растений арабидопсиса (3-4 сутки)

Вариант	$T_{ж}$, ч	T , ч	V_m , кл./ч	V_{me} , кл./ч	p , число циклов	Скорость роста корня (V), мкм/ч
Контроль	58,1 ± 4,5	16,7 ± 1,3	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2	3,4	102 ± 10
Cre1-2ahk3-7	59,9 ± 6,0	16,2 ± 1,3	2,3 ± 0,2	2,4 ± 0,2	3,7	147 ± 12
Cre1-12ahk3-3	42,9 ± 8,1	11,1 ± 1,9	3,8 ± 0,6	3,9 ± 0,6	3,8	246 ± 36
Shy2-31	65,5 ± 5,8	17 ± 1,2	2,5 ± 0,3	2,4 ± 0,3	3,8	174 ± 15
Pin2	56,7 ± 3,9	17,1 ± 1,1	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,2	3,3	120 ± 11
Pin4	85,1 ± 5,6	21,5 ± 1,3	2,0 ± 0,3	2,0 ± 0,3	3,9	161 ± 12

Прим.: Длительность клеточного цикла (T), время жизни клеток в меристеме ($T_{ж}$), число циклов деления (p), скорость образования клеток (V_m) и скорость перехода клеток меристемы к растяжению (V_{me}) вычислены, как описано в разделе «материалы и методы». Для каждого варианта эксперимента приведены средние значения и стандартные отклонения (\pm). Для каждого варианта эксперимента приведены данные, полученные при измерении 30 корней.

Таблица 4

Вычисленные показатели роста корней растений арабидопсиса (4-5 сутки)

Вариант	$T_{ж}$, ч	T , ч	V_m , кл./ч	V_{me} , кл./ч	p , число циклов	Скорость роста корня (V), мкм/ч
Контроль	59,2 ± 4,3	17,3 ± 1,1	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2	3,4	102 ± 9
Cre1-2ahk3-7	59,6 ± 8,4	15,6 ± 2,2	2,6 ± 0,1	2,5 ± 0,1	3,8	182 ± 25
Cre1-12ahk3-3	55 ± 5,0	14 ± 1,0	3,3 ± 0,33	3,2 ± 0,3	3,9	222 ± 22
Shy2-31	66,1 ± 6,0	16,9 ± 1,4	2,7 ± 0,3	2,5 ± 0,2	3,9	180 ± 20
Pin2	60,3 ± 3,6	18,1 ± 1,0	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1	3,3	122 ± 14
Pin4	84,8 ± 5,5	20,9 ± 1,1	2,5 ± 0,1	2,3 ± 0,2	4,0	163 ± 13

Прим.: Длительность клеточного цикла (T), время жизни клеток в меристеме ($T_{ж}$), число циклов деления (p), скорость образования клеток (V_m) и скорость перехода клеток меристемы к растяжению (V_{me}) вычислены, как описано в разделе «материалы и методы». Для каждого варианта эксперимента приведены средние значения и стандартные отклонения (\pm). Для каждого варианта эксперимента приведены данные, полученные при измерении 30 корней.

Скорость перехода клеток к растяжению. Подсчитав Nm , Ne и Nl , мы по формуле (7) вычислили скорость перехода клеток к растяжению V_{me} . Результаты показали увеличение скорости у всех мутантов, за исключением

мутанта *pin2*. Наибольшая скорость наблюдалась у *cre 1-12ahk3-3*, у которого этот показатель был примерно в 2 раза выше по отношению к контролю, что соотносится с высоким значением V_m . Все это позволяет предполагать, что у *pin4*, по всей видимости увеличение числа клеток в меристеме связано с тем, что они дольше в ней задерживаются. Чтобы это подтвердить, мы вычисляли время, через которое клетка, находящаяся на границе с ПЦ, покидает меристему – $T_{ж}$.

Время жизни клеток в меристеме. Чтобы вычислить $T_{ж}$ по формуле (2), необходимо сначала найти p (3). Результаты расчетов p и $T_{ж}$ приведены в табл. 3 и 4. Из наших данных видно, что у мутантов во всех вариантах эксперимента, кроме *pin2*, p было несколько выше, по сравнению с контролем. *Pin2* не проявлял отличия в p по отношению к контролю. Среди всех вариантов эксперимента максимальное значение $T_{ж}$ было у *pin4* между 3 и 4 сутками наблюдений (табл. 3). Минимальное значение $T_{ж}$ было у *cre 1-12ahk3-3*. К концу эксперимента такая тенденция сохранилась (табл. 4). Таким образом, увеличение $T_{ж}$ у *shy2-31* и *pin4*, у которого мы также обнаружили слабое смещение в соотношении скоростей образования и перехода клеток к растяжению, привело к тому, что клетки дольше находились в меристеме, из-за чего можно было подумать, что у них наблюдается стимуляция пролиферации, на самом деле она была, наоборот, несколько подавлена. Причина, по которой мы наблюдали увеличение числа закончивших рост клеток, в том, что из-за задержки клеток в меристеме за один цикл делилось большее число клеток, а столь малая разница в числе

клеток по сравнению с контролем обусловлена увеличением длительности T . То есть клеток делилось больше, но делились они медленнее. Интересно отметить, что у *pin2*, несмотря на некоторое подавление деления, V была выше, чем в контроле. Обусловлено это тем, что у него, как и у других мутантов была увеличена длина закончивших рост клеток, но в отличие от других мутантов, у которых также изменялись и другие показатели, и соответственно V , у *pin2* стимулировался только этот показатель роста.

Сравнивая особенности роста изученных мутантов, можно увидеть, что ослабление сигналинга цитокининов приводит к стимуляции пролиферации клеток корня, и связанного с этим увеличения V_{me} , однако $T_{ж}$ не меняется. Напротив, в корнях мутантов нарушение ответа на ауксиновый сигнал у *shy2-31* или полярного транспорта ауксина у *pin4* ведет к задержанию клеток в меристеме и удлинению заканчивающих рост клеток при небольшом ингибировании пролиферации. В это же время у мутанта по другому полярному переносчику *pin2* ярко выраженных изменений показателей роста не наблюдается.

Таким образом, подводя итог этого исследования, можно утверждать, что приведенная методика анализа роста корней на клеточном уровне, будучи использована на различных мутантах, позволяет не только точно изучить, какие именно показатели затрагиваются после мутаций, но и позволяет оценить полную картину действия фитогормонов, так как, изучая растения с измененной фитогормональной системой, можно понять, как фитогормоны регулируют важнейшие про-

цессы жизнедеятельности растения. Этот подход также позволяет изучать и трансгенные растения.

Автор благодарен В.Б. Иванову за руководство данной работой.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 15-04-02502а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов В.Б. Клеточные основы роста растений. М.: Наука, 1974. 223 с.
2. Иванов В.Б. Клеточные механизмы роста растений. М.: Наука, 2011. 104 с.
3. Филин А.Н. Анализ роста мутанта *Arabidopsis thaliana* по генам, контролирующим скорость синтеза цитокининов // Вестник Московского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 2. С.14–17.
4. Baluška F. Root apex transition zone: a signalling–response nexus in the root / F. Baluška, S. Mancuso, D. Volkmann et al. // Trends in Plant Science. 2010. Vol. 15 (№ 7). P. 402–408.
5. Beemster G.T.S., Baskin T. I. STUNTED PLANT 1 Mediates Effects of Cytokinin, But Not of Auxin, on Cell and Expansion in the Root of *Arabidopsis* // Plant Physiology. 2000. Vol. 124 (№ 4). P. 1718–1727.
6. Casamitjana-Martinez E. Root-Specific CLE19 Overexpression and the *sol1/2* Suppressors Implicate a CLV-like Pathway in the Control of *Arabidopsis* Root Meristem Maintenance investigated whether a CLV-like pathway might operate in roots to control root meristem maintenance / E. Casamitjana-Martinez, H. Hofhuis, J. Xu et al. // Current Biology. 2003. Vol. 13. P. 1435–1441.
7. Higuchi M. In planta functions of the *Arabidopsis* cytokinin receptor family / M. Higuchi, M.S. Pischke, A.P. Mahonen et al. // PNAS. 2004. Vol. 101(№ 23). P. 8821–8826.
8. Ivanov V.B., Dubrovsky J.G. Estimation of the cell-cycle duration in the root apical meristem: a model of linkage between cell-cycle duration, rate of cell production, and rate of root growth // International J. of Plant Sciences. 1997. Vol. 158 (№ 6). P. 757–763.
9. Sabatini S.A. Genetic Framework for the Control of Cell Division and Differentiation in the Root Meristem / S. Sabatini, S. Perilli, L. Moubayidin et al. // Science. 2008. Vol. 322 (№ 5906). P. 1380–1384.
10. Schmidt T. The iRoCS Toolbox – 3D analysis of the plant root apical meristem at cellular resolution // The Plant Journal. 2014. Vol. 77 (№ 5). P. 806–814.
11. Werner T. Cytokinin-Deficient Transgenic *Arabidopsis* Plants Show Multiple Developmental Alterations Indicating Opposite Functions of Cytokinins in the Regulation of Shoot and Root Meristem Activity // The Plant Cell. 2003. Vol. 15 (№ 11). P. 2532–2550.

УДК 57.03

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-46-50

Холманский А.С.¹, Ситанская И.Ю.², Зайцева Н.В.²¹ВНИИ электрификации сельского хозяйства РАН (г. Москва)²Московский государственный медико-стоматологический университет

ПРОЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ В ФИЗИОЛОГИИ СЕМЯН

Аннотация. Исследовано проявление аномальной термодинамики воды на кинетике набухания и прорастания семян пшеницы. В качестве контролируемого параметра использована скорость прироста веса зерновки. Оценивались энергии активации прорастания и набухания, и была установлена линейная зависимость второй величины от доли гидрофильных веществ в семенах овса, пшеницы и фасоли. С переходами между льдоподобными и спиральными кластерами воды связывается оптимизация температур стратификации и прорастания семян большинства растений. Магнитное поле не влияло на кинетику набухания и незначительно снижало скорость прорастания. Негативный эффект поля объясняется действием силы Лоренца на протоны при их движении в плазмалемме щитка.

Ключевые слова: семена пшеницы, кинетика, аномалии воды прорастание, магнитное поле.

A. Kholmanskiy¹, I. Sitanskaya², N. Zaytseva²¹All-Russian Scientific Research Institute for Electrification
of Agriculture, Russian Academy of Agriculture Sciences, Moscow²Moscow State University of Medicine and Dentistry

THE ROLE OF THE ANOMALOUS PROPERTIES OF WATER IN THE PHYSIOLOGY OF PLANT SEEDS

Abstract. The manifestation of anomalous thermodynamics of water on the kinetics of swelling and germination of wheat seeds is studied. As a controlled parameter use is made of speed weight gain of weevils. The activation energy of germination and swelling is estimated and a linear dependence of the second value on the proportion of hydrophilic substances in the seeds of oats, wheat and beans is found. The transitions between ice-like and spiral water clusters are explained by optimization of temperature stratification and germination of seeds of most plants. It is found that the magnetic field does not affect the kinetics of swelling and slightly reduces the speed of germination. The negative field effect is explained by the action of the Lorentz force on the protons as they move in the plasmalemma scutellum.

Key words: wheat seeds, kinetics, anomalies of water, germination, magnetic field.

Вода в физиологии растений играет роль матрицы и ключевого мета-

© Холманский А.С., Ситанская И.Ю., Зайцева Н.В., 2015.

болита [2; 3]. В процессе филогенеза аномальные физические свойства воды отобразились на термодинамике живых организмов и механизме адап-

тивной физиологии. Экстремальные точки (T_{ex}) температурных зависимостей (ТД) плотности (ρ) и изобарной теплоемкости (C_p) воды при 4, 25 и 35° С [8] предопределили диапазон Т жизнедеятельности большинства организмов. Семена многих растений во влажной среде пробуждаются при 3-5° С (стратификация), а распределение оптимальных Т прорастания их семян имеет максимум в районе 20-30° С [5]. Анатомия и физиология семян в миниатюре воспроизводят ключевые элементы и этапы онтогенеза живых существ [2; 3]. Учитывая также проявление T_{ex} воды на физиологии семян, их вполне можно использовать в качестве моделей для изучения механизма адаптации живых организмов.

Важную роль в чувствительности живых организмов к внешним физическим факторам играют квантово-кооперативные эффекты в воде, которые обусловлены перестройками в тетраэдрической сетке водородных связей (НВs) и переходами между спин-изомерами воды [8]. В диапазоне 0-40° С за аномалии воды ответственна в основном термодинамика флуктуирующих НВs, входящих в состав льдоподобных (W_6) и спиральных (W_a) кластеров [8]. Данные кластерные структуры воды могут сенсibilизировать живые системы к воздействиям слабых физических факторов.

Адекватной характеристикой метаболизма семян является скорость прироста веса семени (V_G) на начальных этапах набухания и прорастания [10]. Физико-химический механизм влияния постоянного и переменного МП на физиологию растений до сих пор не установлен [1; 7]. Большинство работ по магнитобиологии посвящено мо-

делированию влияния геомагнитного поля (ГМП) на скорость удлинения корней и проростков [1; 7]. Неоднозначность такого способа не позволяет выявлять невыраженные зависимости физиологии семян от МП [9]. В литературе встречаются противоречивые результаты по влиянию МП на прорастание семян [7]. Учитывая это в настоящей работе, для выяснения роли воды в механизме адаптации растений к внешним воздействиям исследовали зависимость V_G семян пшеницы от Т и постоянного магнитного поля.

Материалы и методы

Использовались семена пшеницы «Отборной для проращивания» урожая 2014 г. и водопроводная вода, выстоянная в течение суток. Зерновки располагали в чашках Петри горизонтально, ориентации их осей были случайными. Вес семян (~6 г) измеряли на лабораторных весах с точностью 20 мг. Чашки Петри располагали над магнитами с зазором в 0.5-1.0 см. Применяли магнитную мешалку ММ-3, скорость вращения $\omega \sim 1000$ об/мин. Использовали прямоугольные неодимовые магниты B_1 (3Ч2Ч1 см³) и B_2 (4Ч1Ч1 см³) с индукцией $\sim 10^4$ Гс. Индукция магнита B_1 была направлена вдоль ребра 1 см, а B_2 вдоль ребра 4 см. Контрольные образцы были удалены от магнитов на ~3 м. Магнит B_2 размещали на магните мешалки (WB_2) таким образом, что его вектор индукции вращался в горизонтальной плоскости. Магниты B_1 устанавливали под образцами двумя способами – вектор индукции направлен по Z-компоненте ГМП (ZB_1) или по H-компоненте (HB_1).

Скорости набухания и прорастания зерновок определяли в расчете на

одно семя. При набухании суммарный вес семян делили на начальное число семян, а при прорастании учитывали только живые семена, долей которых определялась всхожесть. Методика обработки кинетических кривых и оценки эффективных энергий активаций процессов сушки (E_s) и прорастания (E_G) аналогична [10]. Для построения, аппроксимации и обработки кинетических кривых использовали программу Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение

Распределение по видам растений T , при которых скорость прорастания семян (V_G) имеет максимум в районе 20-30 °С. При этом $TD V_G$ для многих растений аппроксимируются полиномом второй степени [6]. В работе [8] установлено, что $TD \rho$ и C_p воды вблизи точек $T_{ex} = 4, 25$ и 35°C аппроксимируются квадратичными функциями $\Delta T = (T - T_{ex})$. Очевидно, что параболическая форма $TD V_G$ в диапазоне 4 и 40°C есть проявление на метаболизме прорастания семян термодинамики переходов между W_6 - и W_a -кластерами воды. Данные перестройки кластерной структуры воды и аномальные флуктуации хиральности растворов сахаров при $T < 15^\circ\text{C}$ [5] указывают также на возможность участия внешнего хирального фактора [8] в механизме стратификации семян.

Из кинетических кривых (см. рис.) аналогично [10] получили константы скоростей набухания (K_s) и прорастания (K_G) для 10, 14, 21, 25 °С. Применяв аррениусовские аппроксимации к $TD K_s$ и K_G , оценили значения $E_s = 47.5$ и $E_G = 43.5$ кДж/моль. Кинетика набухания семян не чувствительна к внешнему магнитному полю. Величины E_s семян

овса (30) [8], пшеницы (47.5) и фасоли (55 кДж/моль) [8] линейно зависят от массовой доли в них гидрофильных веществ (крахмал, белок, сахара), которая составляет 58.3, 70.6 и 72.5% [4].

Близость величин E_s и E_G указывает на то, что и кинетика биохимических реакций семени пшеницы лимитируется не только аномалиями физических свойств воды, но и тем, что вода является донором протонов, играющих ключевую роль в процессах дыхания и активации ферментов [2; 3]. Зародыш отделен от эндосперма щитком, который выполняет секреторную и транспортную функции. Плоскость щитка составляет с осью зерновки угол $\varphi \sim 30-90^\circ$. В плазмалемме эпителиальных клеток щитка работает H^+ -помпа, снабжающая эндосперм протонами. Перенос питательных веществ через плазмалемму происходит в симпорте с H^+ .

Эти данные можно привлечь для объяснения незначительного снижения V_G семян на начальном этапе в магнитных полях HB_1 , ZB_1 и WB_2 . Сила Лоренца, действующая на протон перпендикулярно его движению в плазмалемме, будет зависеть от угла между вектором индукции и направлением движения протонов через плазмалемму (φ_B). Данный угол определяется углом φ и направлением индукций полей HB_1 , ZB_1 и WB_2 . При хаотическом распределении зерновок на плоскости приблизительно у половины из них угол φ_B будет близок к 90° в случае поля HB_1 и для всех семян в случае поля ZB_1 . Вследствие этого и наблюдается изменение величины отрицательного эффекта МП в ряду: $ZB_1 > HB_1 \gg WB_2$.

Исследование показало, что аномальная термодинамика воды лимити-

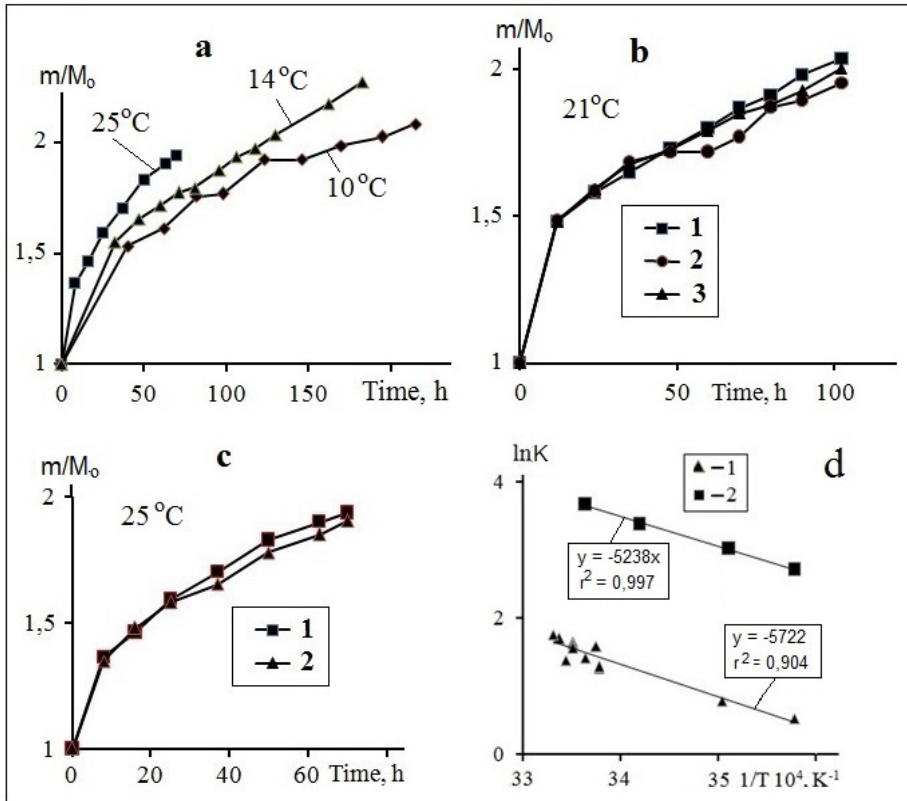


Рис. Кинетики набухания и прорастания семян пшеницы при температурах 10, 14, 21, 25 °C (a, b, c) и их аррениусовские аппроксимации (d): 1 – набухание, 2 – прорастание. На б): 1 – контроль, 2, 3 – образцы в магнитных полях ZB_1 и NB_1 , соответственно. На с): 1 – контроль, 2 – образец в вихревом магнитном поле WB_2 .

тирует скорость набухания и прорастания семян растений. Наряду с гидратацией гидрофильных веществ в составе семени важную роль в механизме чувствительности метаболизма к действию внешних факторов играют коррелированные состояния спиизомеров воды в ее надмолекулярных структурах, образованных из льдоподобных и спиральных кластеров. Слабое негативное влияние магнитного поля на кинетику прорастания семян связали с действием силы Лоренца поперек движению протонов воды в плазмалемме щитка.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богатина Н.И. Определение порога чувствительности проростков и корней пшеницы к величине магнитного поля / Н.И. Богатина, Б.И. Веркин, В.М. Кулабухов и др. // Доклады АН УССР. Серия: Биологическая. 1979. № 7. С. 620–624.
2. Прокофьев А.А. Физиология семян. М.: Наука, 1982. 318 с.
3. Полевой В.В. Физиология растений: учеб. для биолог. спец. ВУЗов. М.: Высшая школа, 1989. 464 с.
4. Химический состав пищевых продуктов [Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых

- продуктов] / под ред. И.М. Скурихина. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.
5. Холманский А.С. Фактор хиральности в физиологии семян // Научный фонд «Биолог». 2015. № 3 (7). С. 22–25.
 6. Balkaya A. Modelling the Effect of Temperature on the Germination Speed in Some Legume Crops // J. of Agronomy. 2004. № 3. P. 179–183.
 7. Galland P., Pazur A. Magnetoreception in plants // J. Plant Res. 2005. Vol. 118 (№ 6). P. 371–389.
 8. Kholmanskiy A. Activation energy of water structural transitions // J. of Molecular Structure. 2015. Vol. 1089. P. 124–128.
 9. Kholmanskiy A. Modeling of Growth Kinetics of Conifer Trees // Open J. of Forestry. 2015. № 5. P. 21–27.
 10. Kholmanskiy A. S., Tilov A.Z. Drying Kinetics of Plant Products: Dependence on Chemical Composition // J. of Food Engineering. 2013. 117. P. 378–382.

РАЗДЕЛ II. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 669. 017

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-51-58

Балакин Ю.А.¹, Гладков М.И.², Юнусов Х.Б.³, Захаров С.Л.⁴

¹Московский государственный университет технологий
и управления (МГУТУ) им. К.Г. Разумовского

²Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

³Московский государственный областной университет

⁴РХТУ им. Д.И. Менделеева (г. Москва)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА РАФИНИРОВАНИЕ РАСПЛАВОВ МЕТАЛЛОВ

Аннотация. Методом кинетостатики Даламбера разработана математическая модель вибрационного рафинирования расплавов металлов. Расчетами по модели показана возможность повышение эффективности процесса удаления из расплава газов и примесей. Обсуждается влияние на процесс рафинирования физико-химических свойств металла, параметров вибрации и литейной формы. Проведены расчёты по модели для расплава стали, которые показали, что при наклонной вибрации ($\alpha=45^\circ$) и размерах пузырька R от 0,1 до 1 мм, поверхностные силы преобладают над статическим напором и всплывание частиц ускоряется.

Ключевые слова: математическая модель, металлический расплав, рафинирование, вибрация, газовый пузырек, неметаллическое включение.

Yu. Balakin¹, M. Gladkov², Kh. Yunusov³, S. Zaharov⁴

¹*K.G. Razumovskiy Moscow State University of Technologies and Management*

²*Moscow State University of Mechanical Engineering*

³*Moscow State Regional University*

⁴*D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow*

MATHEMATICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF VIBRATION ON THE REFINING OF MOLTEN METALS

Abstract. The kineto-static method based on D'Alembert' principle is used to develop a mathematical model of the vibrational refining of molten metals. The model calculations show the possibility of increasing the efficiency of the removal process from melt gases and impurities.

© Балакин Ю.А., Гладков М.И., Юнусов Х.Б., Захаров С.Л., 2015.

The impact of physico-chemical properties of metal, the vibration parameters and mold on the refining process is discussed. The calculations are performed by the model for the molten steel, which show that in the case of inclined vibration ($\alpha=45^\circ$) and bubble size R from 0.1 to 1 mm, surface forces dominate over the static pressure and the floating of particles is accelerated.

Key words: metal, melting, refining, vibration, gas bubble, non-metallic inclusion.

Проблема повышения качества металлопродукции в значительной степени зависит от содержания в ней примесей, газов, неметаллических включений. Рафинирование металлических расплавов приводит к повышению физико-химических, технологических, эксплуатационных и других свойств металлов и сплавов. Эффективность рафинирования кристаллизующихся расплавов от газов и неметаллических включений зависит среди других причин от быстроты удаления примесей, т.к. увеличение вязкости расплава при его затвердевании ухудшает возможность очищения расплава от примесей. Операции рафинирования обычно сопровождаются различными внешними воздействиями на расплав. Это вакуумирование, продувка инертными газами, ультразвуковая обработка и т.д.

Воздействие на расплав других колебаний акустических частот также приводит к успешному удалению из расплавов металлов газов и неметаллических включений [1]. Однако влияние вибрации на процесс дегазации в сочетании с удалением неметаллических включений, которые прилипают к газовому пузырьку за счёт сил поверхностного натяжения на границах раздела фаз «включение-расплав-газ», до сих пор не исследовано. Проблема тем более становится актуальной с изобретением авторами устройства для воздействия на расплав произвольно направленной в пространстве вибро-

возмущающей силой акустического поля¹.

Цель работы – математическое моделирование процесса рафинирования расплавов металлов от газов и неметаллических включений с учетом стабильности физико-химических параметров, а также разработка технологических рекомендаций по вибрационному рафинированию расплавов металлов. При математическом моделировании процесса удаления из расплава газов и примесей рассматривался элементарный объём расплава. В расплаве находится пузырёк воздуха или другого газа, на котором твёрдое неметаллическое включение удерживается силами межмолекулярного взаимодействия.

Применяя метод Даламбера, выделим в расплаве элементарный объём, поместим в него газовый пузырёк и включение, изобразим силы, действующие на них (схему сил см. рис. 1). Равновесие этих сил запишется по методу кинестатики векторным уравнением:

$$\vec{F}_C + \vec{P} + \vec{F}_{mp} + \vec{F}_a + \vec{F}_n + \vec{F}_v + \vec{F}_{ин} = 0, \quad (1)$$

где: \vec{F}_C, \vec{P} – статическая сила давления, сила тяжести, действующая на пу-

¹ Патент России № 2087251: Способ вибрационной обработки кристаллизующегося металла и устройства для его осуществления / М.И. Гладков, Л.И. Гофеншефер, Ю.А. Балакин и др. (заявка подана 21.11.1995 г., публ. в БИ, № 23, 20.08.1997 г.).

зырёк и включение; \vec{F}_{mp} – сила трения пузырька в расплаве; \vec{F}_a – сила Архимеда; \vec{F}_n – поверхностные силы на границах раздела фаз; \vec{F}_e – вибрационная сила; $\vec{F}_{ин}$ – сила инерции, равная произведению общей массы пузырька газа с включением – $\sum m$ на ускорение движения пузырька с учётом вибрации расплава – \vec{U}_δ , взятому со знаком минус.

Рассматривая выделенный элементарный объём расплава как материальную точку, и, проецируя векторные уравнения сил на оси плоской декартовой системы координат, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} F_0 \cos(\omega t) \cdot \sin \alpha + \sigma_{m.ж.} \cdot l + (\sigma_{z.ж.} - \sigma_{m.z.}) \cos \theta \cdot l = 0; \\ -\rho_p g \cdot V - \sum mg - 6\pi \cdot \eta \cdot R \cdot v_\delta + (V_n + V_e) \rho_p g + (\sigma_{z.ж.} - \sigma_{m.z.}) \sin \theta \cdot l + \\ + F_0 \cos(\omega t) \cdot \cos \alpha = \sum m \dot{v}_\delta \end{cases} \quad (2), (3)$$

где: $F_0 \cos(\omega t)$ – проекция вибрационной силы, изменяющейся с амплитудой F_0 по гармоническому закону с круговой частотой ω за время t , Н; $\sigma_{m.ж.}$, $\sigma_{z.ж.}$, $\sigma_{m.z.}$ – поверхностные натяжения на границах раздела «твёрдое включение – жидкий расплав – газовый пузырёк», Н/м; V – объём литейной формы, м; α – угол отклонения от вертикали силы вибрации, град.; θ – угол краевого смачивания пузырька включением, град.; l – длина контура смачивания, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; η – динамическая вязкость расплава, мПа·с; R – радиус пузырька газа, м; v_δ – скорость всплывания пузырька при вибрации расплава, м/с; V_n , V_e – объёмы пузырька и

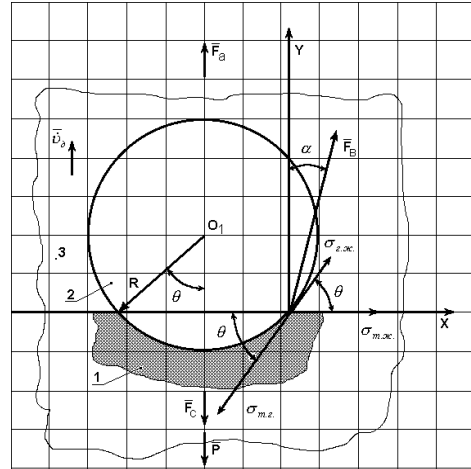


Рис. 1. Элементарный объём расплава с пузырьком газа и включением, удерживаемым силами поверхностного натяжения (1 – твёрдое включение; 2 – пузырёк газа; 3 – элементарный объём расплава металла).

включения, м³; ρ_p , ρ_n – плотности расплава и газового пузырька, кг/м³.

Для упрощения решения системы (2) и (3) были введены обозначения: скорости всплывания пузырька при вибрации расплава v_δ через производную перемещения y по времени t ($v_\delta = dy/dt = \dot{y}$); ускорения всплывания пузырька \ddot{y} через производную скорости v_δ по времени t ($\ddot{y} = \dot{v}_\delta = dv_\delta/dt$). После преобразований с учетом указанных обозначений система (2) и (3) решена относительно траектории перемещения пузырька газа с включением вдоль вертикальной оси Y и получено дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$\ddot{y} + a \dot{y} - (b + c) = 0 \quad (4),$$

где a, b, c – коэффициенты, не зависящие от времени, имеющие вид

$$a = 4,5\eta / (R^2 \rho_n), \quad (5)$$

$$b = \left(\frac{\rho_p}{\rho_n} - \rho_p V - 1 \right) \cdot g, \quad (6)$$

$$c = \frac{(\sigma_{z.ж.} - \sigma_{m.г.}) \sin \theta \cdot l - [(\sigma_{z.ж.} - \sigma_{m.г.}) \cos \theta - \sigma_{m.ж.}] \operatorname{ctg} \alpha \cdot l}{V_n \cdot \rho_n} \quad (7).$$

Выражения (5), (6), (7) упрощены из предположения, что размер включения много меньше размера газового пузырька, с помощью которого примесная частица всплывает в расплаве, т.е. $V_n \gg V_g$. Коэффициенты, входящие в уравнение (4), характеризуют следующие силовые составляющие: a – определяется силой вязкого трения, b – соотношение сил тяжести, Архимеда и статического напора, причём он взят максимальный в предположении, что включение всплывает с пузырьком со дна формы; c – поверхностный коэффициент, определяется смачиванием на границе раздела фаз, направлением силы вибрации ($\operatorname{ctg} \alpha$). Выражение этого коэффициента весьма громоздкое даже с учётом уже сделанного допущения ($V_n \gg V_g$). Однако для наклонной вибрации, хорошего смачивания, когда $\alpha = \theta = 45^\circ$, и сферичности пузырька газа, соотношение (7) можно упростить:

$$c = 1,5\sigma_{z.ж.} / (R^2 \rho_n) \quad (8).$$

Таким образом, полученные более компактные выражения коэффициентов позволяют заключить, что значения параметров « a » и « c » зависят в ос-

новном от размера газового пузырька, обратно пропорциональны R^2 и резко увеличиваются с уменьшением радиуса пузырька. Значение коэффициента « b » определяется в основном высотой литейной формы h при постоянной площади ее основания S ($V = h \cdot S$).

Характеристическое уравнение для решения равенства (4) имеет вид:

$$k^2 + ak - d = 0 \quad (9),$$

где: $k = \dot{y}$, $d = b + c$, тогда корни этого уравнения определяются известным соотношением

$$k_{1,2} = -\frac{a}{2} \pm \sqrt{\left(-\frac{a}{2}\right)^2 + d} \quad (10).$$

Общее решение уравнения (4) имеет вид:

$$y = C_1 \exp(k_1 t) + C_2 \exp(k_2 t) \quad (11).$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 определены из начальных условий:

$$t = 0; y = 0; \dot{y} = \dot{y}_p \quad (12),$$

где

$$\dot{y}_p = 2g \cdot R^2 (\rho_p - \rho_n) / (9\eta) \quad (13).$$

– скорость всплывания пузырька с включением при его равномерном движении (известная формула Стокса).

Тогда общее решение уравнения (4) с учётом (12) запишется в виде:

$$y = \frac{\dot{y}_p}{k_1 - k_2} [\exp(k_1 t) - \exp(k_2 t)] \quad (14).$$

Анализ траектории перемещения пузырька газа с включением при наклонной вибрации показывает явно нелинейную зависимость перемещения пузырька во времени, что, вероятно, должно привести к ускоренному всплыванию газовых пузырьков из расплава и возможному повышению эффективности рафинирования расплава металла или сплава от газов и неметаллических включений по сравнению с аналогичным процессом без вибрации.

Выполнен детальный анализ изменения траектории перемещения газового пузырька с включением. С этой целью проведены вычислительные эксперименты по модели. При проведении расчётов рассмотрено внешнее воздействие наклонной вибрацией под углом 45° к горизонтали, с хорошим смачиванием на границе раздела фаз. В качестве модельного вещества взят расплав стали, имеющий следующие физические свойства [3]:

$\eta = 2,8 \text{ мПа}\cdot\text{с}$; $\rho_p = 7,0 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\sigma_{\text{з.ж.}} = 1,5 \text{ кг}/\text{м}^3$, полагая, что газ в пузырьке – воздух, получим $\rho_n = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Расчёты проводили в следующей последовательности. Сначала определяли коэффициенты a , b и c уравнения (4), а также скорости равномерного движения включения \dot{y}_p . Затем вычисляли коэффициенты k_1 и k_2 в решении уравнения (13) и, таким образом,

перемещение, т.е. траекторию пузырька с включением. Расчёты выполнены для различных размеров газового пузырька и высоты литейной формы, полагая площадь ее основания $S=1 \text{ м}^2$. Результаты вычислений сравнивали с перемещением при равномерном движении. Во всех расчётах фиксировалось стабильное время $t=0,1 \text{ с}$.

Получены результаты расчётов коэффициентов в уравнении (4) и скорости равномерного движения газового пузырька с включением по формуле Стокса (табл. 1), равно и итоги расчётов коэффициентов в уравнении перемещения (11) и самих траекторий в зависимости от размера газового пузырька и высоты литейной формы (табл. 2). Рассмотрение данных расчетов показывает, что с увеличением размера газового пузырька коэффициенты « a » и « c », характеризующие вязкое трение и поверхностные силы на границе раздела фаз при наклонной вибрации, будут уменьшаться. Коэффициент « b » при $h=0,5 \text{ м}$ зависит не от размера пузырька газа, а от высоты литейной формы h . В табл. 2 приведены расчёты этого параметра при $h=0,83 \text{ м}$, когда « b » обращается в нуль, и $h=1,0 \text{ м}$, когда он становится отрицательным. В этом случае в выражении (6) начинает заметно преобладать статический напор.

Величина скорости равномерного всплывания газового пузырька с включением увеличивается с нарастанием размера пузырька от $5,44 \text{ м}/\text{с}$ при

$R=10^{-4} \text{ м}$ до $5,44 \cdot 10^2 \text{ м}/\text{с}$ при $R=10^{-2} \text{ м}$,

хотя эти значения скорее оценочные, т.к. обычно применяют формулу Стокса до $R=10^{-4} \text{ м}$ [2]. Анализ расчётных данных в табл. 2 показывает, что уже

Таблица 1

Коэффициенты в уравнении математической модели и значения скорости равномерного движения газового пузырька с включением

№ п/п	Коэффициенты модели и скорость пузырька		Радиус пузырька газа, R , м		
	буквенное обозначение	индекс формулы	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}
1	a, c^{-1}	(5)	$10,50 \cdot 10^5$	$10,50 \cdot 10^3$	105,00
2	$b, м \cdot c^{-2}$	(6)	$2,85 \cdot 10^{4*}$	$2,85 \cdot 10^4$	$2,85 \cdot 10^4$
3	$c, м \cdot c^{-2}$	(7)	$1,90 \cdot 10^8$	$1,90 \cdot 10^6$	$1,90 \cdot 10^4$
4	$\dot{y}_p, \frac{м}{с}$	(13)	$5,44 \cdot 10^{-2}$	5,44	$5,44 \cdot 10^2$

Прим.: (*) Расчёт значения коэффициента «b» проведён при высоте литейной формы $h=0,5$ м.

Таблица 2

Результаты расчетов перемещений пузырька газа с включением

№ п/п	Высота литейной формы, h , м	Радиус пузырька газа, R , м	Коэффициенты в уравнении (11), c^{-1}		Перемещение за время $t=0,1$ с
			k_1	k_2	
1	0,50	10^{-4}	180	$-10,5 \cdot 10^5$	$60 \cdot \dot{y}_p$
		10^{-3}	180	$-10,68 \cdot 10^3$	$6,2 \cdot 10^3 \cdot \dot{y}_p$
		10^{-2}	172	-172	$2,8 \cdot 10^5 \cdot \dot{y}_p$
2	0,83*	10^{-4}	180	$-10,5 \cdot 10^5$	$60 \cdot \dot{y}_p$
		10^{-3}	180	$-10,68 \cdot 10^3$	$6,2 \cdot 10^3 \cdot \dot{y}_p$
		10^{-2}	87	-192	$5,7 \cdot \dot{y}_p$
3	1,00**	10^{-4}	180	$-10,5 \cdot 10^5$	$60 \cdot \dot{y}_p$
		10^{-3}	170	$-10,68 \cdot 10^3$	$300 \cdot \dot{y}_p$
		10^{-2}	49	-154	$1,3 \cdot \dot{y}_p$

Прим.: * При $h=0,83$ м значение коэффициента $b \approx 0$. ** При $h=1,00$ м – $b = -1,14 \cdot 10^4 \frac{м}{с^2}$.

при $t=0,1$ с величины перемещений существенно превышают аналогичное значение при равномерном всплывании: $y_p = 0,1 \cdot \dot{y}_p$. Поверхностные силы влияют на значение коэффици-

ентов k_1 и k_2 , а значит, и на перемещение частиц при наклонной вибрации. При малых размерах пузырька $R=10^4 \cdot 10^{-3}$ м они ускоряют его всплывание, но тормозят с увеличением R до 10^{-2} м.

Однако это может быть и совместное влияние увеличения статического напора и поверхностных сил, т.к. при $R=10^{-2}$ м значение коэффициентов « b » и « c » (см. табл. 1) – одного порядка. Однозначно можно сказать, что увеличение высоты литейной формы, интерпретированное в модели величиной статического напора ($\rho_p \cdot g \cdot S \cdot h$) при постоянной площади основания формы S тормозит всплывание пузырьков с включением с нарастанием их размера. Однако зависимость перемещения от высоты формы с нарастанием высоты $h=0,83$ до $1,0$ м становится экстремальной, причём максимум приходится на размер пузырьков порядка $R=10^{-3}$ м.

Последний вывод можно объяснить сравнением величин коэффициентов « b » и « c » в табл. 1. При $R=10^{-4}..10^{-3}$ м $c \gg b$, т.е. поверхностные силы значительно превышают статический напор на пузырёк, поэтому его перемещение возрастает. С увеличением размера R до 10^{-2} м данные коэффициенты становятся одного порядка, но с увеличением статического напора при высоте формы более $0,83$ м он превышает силу Архимеда и начинает заметно тормозить всплывание пузырька, даже знак « b » изменяется с плюса на минус. Значит, удаление пузырьков газа размером более сантиметра при высоте формы более метра становится проблематичным. Следовательно, с увеличением высоты литейной формы более одного метра для рафинирования, кроме вибрации, желательно применять методы снижения статического напора, например, вакуумирование расплава.

В результате разработанная математическая модель позволяет оценить возможности применения вибрации

для рафинирования расплавов от газов и включений с учётом поверхностных сил на границе раздела фаз, а также определить влияние высоты литейной формы на процесс рафинирования расплава стали. Повышение эффективности виброобработки расплавов с целью их рафинирования приводит к уменьшению энергозатрат на эту операцию, что позволяет перейти к опытному и промышленному опробованию этой операции внепечной обработки расплавов.

В заключение отметим, что методом кинестатики Даламбера разработана математическая модель вибрационного рафинирования металлов с учетом физико-химических процессов, для обеспечения стабильности параметров расплава стали. Модель позволяет оценить влияние поверхностных сил на границе раздела газ-расплав-включение и высоты литейной формы на процесс всплывания газовых пузырьков, флотирующих твёрдые неметаллические включения, а также направления в пространстве вектора вибровозмущающей силы. Анализ уравнения траектории движения газового пузырька с включением в расплаве при наклонной вибрации и смачивании на межфазной границе показал нелинейность зависимости перемещения пузырька в жидком металле от времени. Вибрация должна ускорить процесс рафинирования расплава от газов и включений.

Проведены расчёты по модели для расплава стали, которые показали, что при наклонной вибрации ($\alpha=45^\circ$) и размерах пузырька R от $0,1$ до 1 мм, поверхностные силы превалируют над статическим напором и всплывание частиц ускоряется. Однако при боль-

ших размерах пузырька (до 10 мм) и высоте литейной формы $h > 0,83$ м всплывание газовых пузырьков, наоборот, тормозится из-за изменения баланса сил: статический напор и вязкое трение превалируют над поверхностными и архимедовой силами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Балакин Ю.А. Разработка технологии обработки литейных инструментальных сталей вибрацией и модифицированием с целью повышения качества отливок: дисс. ... канд. технич. наук. М., 1995. 191 с.
2. Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов. Л.: Машиностроение, 1976. 216 с.
3. Смитлз К. Дж. Металлы: справ. изд. М.: Металлургия, 1968. 288 с.

РАЗДЕЛ III. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 502.64

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-59-72

Розанов Л.Л.

Московский государственный областной университет

БИОПОЧВЕННАЯ СРЕДА ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В статье уточняется введенное ранее автором понятие «биопочвенная среда». На современном уровне знаний биопочвенная среда – это почва, растительность, грибы и животные, представляющие собой совокупность естественных и созданных людьми образований, которые, испытывая воздействие экзогенных и техногенных сил, влияют на человека и его хозяйственную деятельность, а также на природные тела и явления. Рассматривается деградация биопочвенной среды. Приведены показатели биопочвенных ресурсов на душу населения по регионам мира. Обсуждаются геоэкологические процессы, влияющие на человека, растительные и животные организмы. Обобщены геоэкологические функции биопочвенной среды. Подчеркнут механизм образования биогенного кислорода. Раскрыта сущность геотехнопедогенеза и геотехнобиогенеза в управлении биопочвенной средой. Обращено внимание на негативные последствия применения генетически модифицированных организмов, потребления продуктов, полученных на их основе.

Ключевые слова: биопочвенная среда, геоэкологические процессы, геотехнопедогенез, генетически модифицированные организмы.

L. Rozanov

Moscow State Regional University

BIOSOIL ENVIRONMENT OF HUMAN

Abstract. We have refined the previously introduced concept “biosoil environment”. At the present level of knowledge, biosoil environment is soil, vegetation, fungi and animals, representing a set of natural and manmade formations that, when subjected to the influence of exogenous and anthropogenic forces, affect the man and his economic activities, as well as natural bodies and phenomena. The degradation of biosoil environment is discussed. Indices of biophotonic resources per capita by regions of the world are presented. The geoecological processes that affect human, plant and animal organisms are discussed. The mechanism of the formation of biogenic oxygen is outlined. The essence of geotechnopedogenesis and geotechnobiogenesis

© Розанов Л.Л., 2015.

in the management of biosoil environment is analyzed. Attention is drawn to the adverse effects of genetically modified organisms (GMOs), consumption of products derived from GMOs.

Key words: biosoil environment, geocological processes, geotechnopedogenesis, geotechnobiogenesis, genetically modified organisms.

Понятие «биопочвенная среда» введено в свете научных задач оптимизации охраны окружающей среды [7; 8]. На современном уровне знаний *биопочвенная среда* – это почва, растительность, грибы, животные, микроорганизмы, представляющие собой совокупность естественных и созданных людьми образований, которые, испытывая воздействие экзогенных и техногенных сил, влияют на человека и его хозяйственную деятельность. Биопочвенная среда – это жизнеобитаемое геоэкологическое пространство.

Биологические явления в почве, биогенная миграция в ней химических элементов послужили основанием для объединения почв с наземными растительными и животными организмами в общую систему – единую биопочвенную среду [11]. При этом необходимо особо отметить способность грибов поддерживать динамическое равновесие в биопочвенной среде, поскольку они утилизируют всю органику растений и животных, возвращая вещество в исходное состояние. Компоненты биопочвенной среды связаны между собой биотическим круговоротом обменных процессов, проявление которых зависит от свойств и физиологической важности химического элемента для организмов. Влияние растений на почвы в основном сводится к обеспечению биогеохимического круговорота веществ, а также к изменению их свойств. Растения перераспределяют влагу в почвах, а выделяемая корнями углекислота повышает ее растворяю-

щее действие. Почвенные животные и выделяемые ими вещества повышают пористость, аэрацию, водопроницаемость, меняют количество гумуса. Дождевые черви, являющиеся детритофагами, перерабатывают растительный опад, способствуя обогащению почвы органическими веществами и тем самым повышая ее плодородие.

Почва как полифункциональное биокосное тело представляет собой уникальную среду обитания и жизнедеятельности самых разнообразных форм жизни – от микроорганизмов, мельчайших простейших и беспозвоночных до высших позвоночных животных и корней многообразных наземных растений. Особенность почвы – одновременное наличие воды, воздуха, косного вещества, органических веществ, пригодных для функционирования биоразнообразия.

В условиях техногенной цивилизации, для которой характерны непредвиденные и опасные последствия производственной и иной деятельности человека, актуальными задачами стали оценка, прогноз изменения и регулирование биопочвенной среды с целью сохранения ее приемлемого состояния для жизнедеятельности нынешнего и будущего поколения людей. При их решении содержательная определенность функционирования биопочвенной среды приобретает особое научно-практическое значение. Новизна исследования этой среды заключается в раскрытии геоэкологических процессов, влияющих на здоровье и

жизнедеятельность человека, на перемены в состоянии растительных и животных организмов. В числе подобных процессов – негативные последствия применения генетически модифицированных организмов (ГМО), потребления продуктов, полученных на основе ГМО.

Деградация биопочвенной среды

Почва и растительность выступают в качестве основного средства производства в сельском и лесном хозяйстве. Возникновение и развитие нарушений физических и химических свойств почвы приводят к ее истощению (потере биологической продуктивности), что чаще всего вызывается хозяйственной деятельностью: переуплотнением, засолением, неправильным поливом орошаемых земель, нарушением правил агротехники и севооборота, вырубкой охранных лесов, распашкой крутых склонов, чрезмерным выпасом скота. Ежегодно в мире происходит отчуждение около 8 млн. га освоенных продуктивных почв на несельскохозяйственные нужды (застройка, отводы земель для трубопроводов, добычи полезных ископаемых и др.). Для компенсации потерь распахиваются целинные земли, в первую очередь лучшие пастбища, луга, вырубается леса.

Составлявшая 56 % к началу земледельческо-скотоводческой деятельности человечества среднемировая лесистость сократилась уже до 31 % [14]. Уместно отметить, что сегодня в мире 2,6 млрд. людей готовят пищу, сжигая дрова. За последние десятилетия уменьшение площади лесов, особенно тропических, происходило со скоростью 13 млн. га в год, расширились площади засушливых земель, состав-

ляющих 40 % суши, выросло техногенное опустынивание за счет нарушения влагооборота, вырубки лесов и загрязнения почв, снижалось плодородие, активизировались процессы закисления и засоления почв. Многократно увеличился в мире в XX в. смыв почв (млрд. т/год): 1920-е гг. – 3, 1960-е гг. – 9, 1970-е гг. – 24. К началу XXI в. утрачено около 2 млрд. га сельскохозяйственных земель, что превышает теперешнюю пахотную площадь 1470 млн. га. Согласно исследованию [1] общая площадь пахотнопригодного почвенного покрова Земли составляет 3278 млн. га, из них: 13,6 % – высокопродуктивные; 27,3 % – умереннопродуктивные; 59,1 % – низкопродуктивные почвы. Разной степени деградации подвержены 1964 млн. га почв, из них: 55,7 % – из-за смыва и эрозионного разрушения; 27,9 % – посредством дефляции; 12,2 % – вследствие химических факторов; 4,2 % – по причине физического уплотнения и подтопления [1]. В «глобализацию» как американизацию втянуто практически все человечество, что ознаменовалось заметной деградацией социального качества жизни, а также биопочвенной среды. Возрастание численности населения в Китае и Индии с 2,5 до 3 млрд. человек к середине 21-го века, очевидно, обострит в этих странах проблему недостатка биопочвенных ресурсов (табл. 1).

Систематическое поступление загрязнителей, накопление их в почве, в надземных и подземных органах растений нарушает геохимическую обстановку, вызывает изменения в тканях, нарушение дыхательных и обменных процессов у живых организмов. О деградации биопочвенной среды оперативно судят по анализам состава при-

месей в пчелином мёде (в частности радионуклидов с учетом коэффициентов понижения их концентрации при прохождении от корневой системы, расположенной в почве, до места выделения нектара). Применение новых инсектицидов и возрастание электромагнитных полей радиочастотного диапазона (вследствие функционирования большого числа базовых станций сотовой связи) привело к массовому

исчезновению пчел и шмелей в США, Европе, Латинской Америке, Азии. Деграцию биопочвенной среды в городе и пригороде определяют процессы, обусловленные деятельностью человека (термометаморфизация, искусственное засоление и уплотнение, вытаптывание, экскавация, вспашка и перекопка, замусоривание и захламление, экранирование и запечатывание искусственными материалами).

Таблица 1

Биопочвенные ресурсы, га/чел

Регионы	Пахотные угодья	Лесные земли
Европа	0,28	1,40
Азия	0,15	0,14
Африка	0,23	0,68
Сев. и Центр. Америка	0,51	1,50
Южная Америка	0,36	2,20
Австралия и Океания	1,44	5,50
Индия	0,15	0,06
Китай	0,10	0,09
США	0,53	1,50
Россия	0,84	5,38
Мир в целом	0,20	0,57

Геоэкологические процессы

В изучении биопочвенной среды основополагающими являются *геоэкологические процессы* – изменения здоровья и жизнедеятельности человека, перемены в состоянии растительных и животных организмов под прямым или опосредованным воздействием природных и техногенных факторов [9; 13]. Неблагоприятные последствия для человека вызывают загрязнение биопочвенной среды химически вредными веществами (избыточно внесенные минеральные удобрения,

ядохимикаты, нефть, продукты радиоактивного распада, промышленные выбросы, канцерогены), засорения ее строительным мусором, бытовыми и коммунальными отходами, отвалами горных пород, сточными водами. Несбалансированное применение пестицидов (разнообразных по химическому составу, классу опасности, продолжительности сохранения в биопочвенной среде) приводит к их накоплению в почвах, из которых они поглощаются корнями растений и по трофической цепи попадают в орга-

низм животных и человека, нарушая обмен веществ, повреждая аппарат наследственности. Опасно накопление в почвах и биологических объектах диоксинов (химически, термически, биологически очень устойчивых), способных аккумулироваться в экосистемах по пищевым цепям. Тяжелые металлы, обладающие высокой токсичностью и канцерогенностью, вследствие биологического накопления в трофических цепях через продукты питания, производимые на загрязненных сельскохозяйственных угодьях, вызывают повышение заболеваемости и смертности людей от злокачественных новообразований, среди которых первое место занимает рак легких.

К морфологическим отклонениям высших растений относят изменение окраски листьев, хлороз, пожелтение, некроз, увядание листвы и ее опадение. Концентрация озона в воздухе 80 мкг/м^3 для растений считается уже опасной и может привести к понижению продуктивности и необратимым повреждениям листьев при длительном воздействии. В подветренную сторону от промышленных центров, больших городов и автомагистралей концентрация озона нередко достигает 400 мкг/м^3 , что в смеси с оксидами азота и серы приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Морфологические аномалии растений могут возникать под воздействием ионизирующего излучения радионуклидов, свидетельствуя о геоэкологическом неблагополучии биопочвенной среды. Биодиагностика радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС показала, что среди хвойных пород наиболее радиочувствительной является ель обыкно-

венная, эпифитные кустистые виды лишайников более чувствительны, чем листовые и накипные, грибы – абсолютные концентраторы цезия-137.

Опасные паразиты человека и теплокровных животных значительный период своего жизненного цикла обитают в почве. Постоянно или временно находящиеся в почве болезнетворные микроорганизмы, являясь возбудителями инфекционных болезней, могут оказывать негативное влияние на здоровье людей. Почва участвует в механизме передачи заболеваний, к которым относятся: кишечные инфекции (при употреблении немытых овощей и др.), пылевые инфекции (туберкулез), вирусные инфекции (полиомиелит), зоонозы (сибирская язва и др.), гельминтозы (яйца аскарид и др.), а также вызванные спороносными анаэробами (столбняк и др.). Почва селитебных территорий и агроценозов – это своеобразный аккумулятор длительного сохранения возбудителей опасных болезней человека, домашних животных и культивируемых растений.

Велико значение микроэлементов, поступающих в организм человека с пищей и водой по биологической схеме «почвы – растения – животные». Малое количество меди в почве вызывает полегание злаков, избыток – изменение морфологии растений (утолщение междоузлий, покраснение листьев). Воздействие меди на организм человека вызывает функциональные нарушения нервной системы, печени, почек, снижение иммунитета. Жизненно важным микроэлементом является поглощаемый из почвы корнями растений бор, для которых вреден не только недостаток, но и его избыток. В районах степных отгонных пастбищ

равнинного Дагестана наблюдается проявление так называемого митоза (болезни мышц у овец) как следствие избытка бора в почвах и растениях. От «борного отравления» у растений замедляется клеточное деление, разрушаются стенки клеток. Их листья усыхают, резко снижается урожайность. Влияние микроэлементов на функционирование растений, состояние и заболевания человеческого организма, связанные с заражением от животных (бруцеллез, туляремия и др.), подчеркивают единство биопочвенной среды.

Усиливающееся в последние десятилетия непреднамеренное техногенное воздействие на биопочвенную среду негативно сказывается на растениях и животных. Причем менее организованные организмы, включая вирусы и бактерии, быстро изменяются и приспособляются к новым условиям существования, вызывая распространение эпидемий. Вирусы – это бесклеточные организмы, распространенные в природе повсеместно (известно около 800 форм), размеры которых измеряются десятками долями микрометров (мкм соответствует 10^{-6} метра), способные проникать в определенные живые клетки и размножаться только внутри этих клеток, заражая растения, теплокровных животных и человека.

В природе сейчас можно наблюдать всю «лестницу существ» – от примитивных до самых сложных, причем в функциональном отношении происходило их наложение, а не вторичная замена. Поэтому сохранение всей системы живых существ (старых даже больше, чем новых) – необходимое условие устойчивости биосферы, ее биогеохимической эволюции в рамках, приемлемых для жизни. Нельзя

не учитывать, что путь разрушения сокращенно повторяет в обратном порядке путь образования живой системы [2]. Принципиально, что самим человеком, как и практически всей биосферой управляют микроорганизмы. Если их изъять, то человек не сможет жить. Основной поток энергии в биоте (90%) проходит через микроорганизмы.

Не менее важным геоэкологическим признаком состояния биопочвенной среды являются инфекционные заболевания природной очаговости [10]. Возбудителями инфекционных заболеваний являются вирусы и микроорганизмы (или микробы). Патогенность болезнетворных микроорганизмов в почве сохраняется от 5 до 12 месяцев (возбудители сальмонеллеза, лептоспироза, ящура, туляремии) и от 17 до 36 месяцев (бруцеллеза, туберкулеза). Особенностью таких заболеваний является то, что их возбудители существуют в пределах определенной территории вне связи с людьми или домашними животными. Передача возбудителей от животных происходит преимущественно через переносчиков, чаще всего насекомых и клещей, но возможны и другие пути заражения. В настоящее время известно около 200 болезней человека, которые распространяются насекомыми и членистоногими животными. В частности, животное происхождение имеют такие инфекционные болезни человека, как гепатит А, гепатит В, чума, лихорадка денге, трипаносомоз, желтая лихорадка и другие. Процесс, в ходе которого патоген животных трансформируется в штамм, инфицирующий только человека, включает ряд стадий, на последней из них он уже

становится исключительно патогеном человека.

К особо опасным инфекционным заболеваниям относятся чума, холера, оспа, туляремия, сибирская язва, геморрагическая лихорадка Эбола. Природный очаг обитания вирусов Эбола – это тропические леса Экваториальной и Западной Африки. Носителем вируса Эбола считаются летучие мыши, обезьяны, являющиеся объектом охоты. Заразившийся человек становится переносчиком этой геморрагической лихорадки. Вирус лихорадки Эбола передается контактным путем от человека к человеку (через кровь, любые выделения, включая пот, а также посредством вещей, с которыми контактировал больной). Скрытый период от момента внедрения в организм возбудителя до появления первых признаков лихорадки Эбола составляет от 2 до 20 дней. Заболевание, напоминая токсический грипп, сопровождается кровоизлияниями. Для заболевшего лихорадкой Эбола характерна высокая температура тела.

К природноочаговым болезням на территории России относятся бешенство, геморрагические лихорадки, энцефалиты, лептоспироз [10]. Результаты геоэкологических исследований свидетельствуют, что заражение населения происходит в основном в период нахождения в лесу, а также на дачных участках. Частота контактов населения, прежде всего городского, с иксодовыми клещами увеличивается. В настоящее время среди заболевших клещевым вирусным энцефалитом доля городских жителей достигает 70-80%. Каждый человек в нашей стране подвержен риску заражения этой часто калечащей или летальной инфек-

цией. Ряд патологических явлений в регионах тесно связан с биопочвенной средой. Накапливается все больше данных, свидетельствующих о тесной связи между глистными инвазиями и раковыми перерождениями органов, в которых гельминты поселяются в организме хозяина. В РФ ежегодно регистрируется до 1,5 млн. случаев заболеваний, вызванных гельминтами, а общее число глистно-инвазированных больных достигает 20 млн. человек.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), более 500 млн. человек ежегодно страдают от малярии – одной из самых древних болезней в мире, которая в Африке служит основной причиной детской смертности до 5 лет (20%). Как известно, комары переносят не только малярию. Москиты, слепни, мошки, мокрецы, клопы, клещи (в особенности иксодовые во всех фазах превращения) переносят тропические лихорадки, лейшманиоз, энцефалиты. Паразитарная инфекция, передающаяся через укусы москитов, поражает клетки крови и печени (без лечения человек погибает). Согласно наблюдениям, большинство заболеваний, передающихся через укусы кровососущих насекомых, поначалу похожи на острое респираторное заболевание (ОРЗ) с высокой температурой.

С позиций биопочвенной среды важны знания о прямых и косвенных проявлениях воздействий растений, грибов и животных на здоровье и жизнедеятельность человека (табл. 2). Отметим вредоносность спорыньи (род гриба), способной инфицировать большинство зерновых культур и дикорастущих злаков. Интоксикация людей и животных происходит при ис-

пользовании зерна и сена, содержащих ядовитые эргоалкалоиды в склероциях (темно-фиолетовых рожках длиной 1-5 см при диаметре до 0,8 см, представляющих собой покоящуюся стадию мицелия гриба-паразита). Поражение людей спорыньей проявляется в виде ощущения горения рук и ног, сильных

конвульсий и судорог, потери сознания и галлюцинаций, а также другими признаками (тошнотой, рвотой, болями в животе, бессонницей). Особо упомянем негативные последствия для здоровья людей использование наркотических веществ, полученных из растений.

Таблица 2

Прямое и косвенное влияние растений, грибов и животных на здоровье и жизнедеятельность человека

Биологические объекты	Воздействие на человека	
	непосредственное	опосредованное
Растения	<i>Ядовитые растения</i> распространены почти повсеместно, но преобладают в субтропиках и тропиках; очень ядовиты красавка (белладонна), дурман; случаи отравления происходят главным образом из-за сходства ядовитых растений с неядовитыми (например, ядовитым вехом, сходным со съедобной петрушкой; ягодами белладонны, похожими на вишню; семенами белены, имеющими сходство с семенами мака); сильные ожоги причиняет борщевик, стебли которого дети вырезают на дудки; от яда новозеландского крапивного дерева известны случаи гибели даже человека	Вредные вещества, попадающие в организм человека с растительной пищей, выращенной на загрязненных почвах
Грибы	<i>Ядовитые грибы</i> (бледная и белая поганки, красный и пантерный мухоморы), микроскопические грибы (плесневые), выделяющие особо опасные яды – афлатоксины, вызывают отравления; споры грибов провоцируют аллергию	Съедобные грибы, собранные на загрязненных почвах, а также в засушливые годы, вырабатывают микотоксины (яды). Отравление склероциями спорыньи (гриба), содержащимися в использованном на пищевые цели зерне
Животные	Укусы <i>ядовитых животных</i> : членистоногие – пауки, скорпионы, каракурты, осы и др.; позвоночные – змеи (гадюка, кобра, щитомордник, эфа, гюрза и др.); заболевания, передающиеся от больных животных (чума, бешенство, бруцеллез, сибирская язва, ящур, орнитоз и др.); весенне-летний клещевой энцефалит – заболевание при укусе иксодовыми клещами	Вредные вещества, попадающие в организм человека с животной пищей (например, отравление печенью белого медведя, вызванное гипервитаминозом); беспозвоночные – переносчики заболеваний (комары, москиты, мошки, клопы, слепни и др.)

Некоторые результаты применения генетически модифицированных организмов (ГМО)

Создание трансгенных организмов на основе модификации или разрушения определенных генов, а также за счет введения новых генов в геном организма затрагивает генетическую основу существования всего живого с весьма рискованными последствиями. Вопросы безопасности генно-модифицированных организмов (ГМО) в полной мере относятся к человеку и природному разнообразию. Трансгенное растениеводство проявилось в ряде регионов в опасных побочных эффектах ГМО даже непосредственно на полях: масштабная гибель всего урожая из-за внезапно потрескавшихся стеблей генетически модифицированной кукурузы, появление новых гигантосуперсорняков, необратимая мутация видов некоторых растений. Установлено, что «божьи коровки» (кокциеллиды – семейство жуков), которые питались тлями, функционирующими на генетически модифицированном картофеле, становились бесплодными. Запущенные в биопочвенную среду ГМО могут разрушить природные пищевые цепочки, вытеснить из привычных ниш естественные организмы, которые они занимали в течение миллионов лет, последствия чего для экосистем непредсказуемы.

В генетически модифицированных организмах (ГМО), как известно, наследственный материал (молекула ДНК) изменен искусственным путем, не достижимым при естественных внутривидовых скрещиваниях. Ввиду невозможности точного предсказания последствий введения чужеродного

гена (трансгена) в геном какого-либо организма проблематично оценивание безопасности создания новых ГМО и ГМ-продуктов. Потенциальная опасность заключается в возможности неконтролируемого распространения новых видов и генов, нарушающих природное равновесие и живые системы [12]. Еще более серьезную опасность представляет воздействие на геном человека, т.е. создание методов манипулирования человеческой наследственностью. Следует отметить, что транснациональные генно-инжиниринговые компании работают не только по программам биологического оружия, но и в целях перераспределения под свой контроль мирового рынка продовольствия.

В настоящее время в условиях истощения ресурсов биологических разрастается глобальный кризис на рынке продовольствия, что обусловит навязывание товаров-продуктов, полученных на основе генетически модифицированных организмов (ГМО). В этой связи обратим внимание на проведенные в России эксперименты кормления крыс до и во время скрещивания, а также в период беременности и лактации стандартными кормами и кормами с добавками, полученными на основе ГМО (организмов с чужеродными генами). Изучение смертности крысят от самок, которым скармливали генетически модифицированную соевую муку, показало, что из 221 родившихся крысят первого поколения более половины (51,6%) погибло в первые 3 недели жизни, из оставшихся в живых более $\frac{1}{3}$ оказались в 1,5-2 раза меньше по размеру и массе тела, чем крысята из контрольных групп. После скрещивания выживших самок и

самцов первого поколения из группы «ГМ-соя», потомства не получили [9].

Потребление ГМ-продуктов актуально рассматривать с позиций вреда пищеварительной и иммунной системам, ускорению старения, бесплодия, лишения людей способности к воспроизводству потомства. Вследствие отсутствия у человека механизмов биологической адаптации к пище, приготовленной из генетически модифицированных продуктов, у него могут появиться новые заболевания, возможно, усилится аллергия, изменится кишечная микрофлора. В свете этого обратим внимание, что «ввоз в страну трансгенной сои, по данным Государственного таможенного комитета России, за последние 3 года увеличился почти в 100 раз и уже почти в 1/3 мясных полуфабрикатов и переработанных молочных продуктов, в том числе детском питании, отмечены трансгенные белки» [15, с. 200].

С вступлением (2012 г.) России во Всемирную торговую организацию (ВТО) наша страна оказалась в сфере глобального распространения ГМО, ГМ-растений и ГМ-продуктов. В связи с этим необходимо научно определить степень опасности для здоровья людей и их потомков не только генетически модифицированных продуктов, но и продовольственных товаров, содержащих генетически модифицированные добавки [12]. Актуальность этого подчеркивают ужасающие результаты исследований, отмечающих раковые опухоли у лабораторных животных, возникшее бесплодие в третьем поколении, в корме которых использовались генно-модифицированные продукты. Установленные факты бесплодия крыс и других лабораторных

животных в третьем поколении позволяют считать, что долгосрочная программа ГМО транснациональных корпораций – это специфический агробизнес, направленный в конечном итоге на сокращение численности населения Земли.

Засеяв поля ГМ-культурами, сельское хозяйство «подсаживается» на конкретных производителей этих семян – зарубежные транснациональные корпорации, контролирующие экспансию ГМО и на территорию нашей страны. Площади земель для выращивания ГМ-культур увеличиваются в США, Аргентине, Бразилии, Канаде, Индии, Китае, Парагвае, ЮАР, Уругвае, Филиппинах, Австралии, Испании, Мексике и других странах [4]. Суммарно площади посевов ГМ-растений составляют 13% всех пахотных земель планеты. Из общей посевной площади ГМ-культур (190 млн. га) на сою приходится 47,6 %, кукурузу – 32,6 %, хлопчатник – 14,3 %, рапс – 5,3 %.

Производство и распространение ГМ-продуктов – прибыльный бизнес. Продажа семян ГМ-культур производится с обязательной закупкой гербицидов и пестицидов у одних и тех же транснациональных корпораций, занимающихся агробизнесом. При этом объявили себя полностью свободными от генномодифицированных организмов (ГМО) такие страны, как Австрия, Венесуэла, Греция, Польша, Швейцария, а Бельгия, Великобритания, Италия, Чили, Франция ввели жесткие ограничения на выращивание и распространение ГМО.

В России «площадь нелегальных посевов ГМ-культур занимает порядка 400 тыс. га» [4], поэтому актуально формирование национальной системы

регулирования генно-инженерной деятельности и биобезопасности, оборота ГМО, защиты внутреннего рынка от экспансии зарубежных производителей ГМО, обеспечения возможности сохранения в РФ территорий, свободных от ГМО на основе базовых международных соглашений. Примечательно, что разрешение Правительства РФ о производстве ГМ-культур на территории России (от 23 сентября 2013 г.) в начале 2014 г. было не только пересмотрено, но и введен запрет на производство ГМО с целью избежать негативных последствий применения трансгенных организмов для окружающей среды и здоровья людей. Такое решение о ГМО геоэкологически отвечает принципу природосообразности [13].

Функции биопочвенной среды

Функционирование биопочвенной среды обеспечивает жизнь человека, животных кислородом и синтезируемыми органическими веществами (172,5 млрд. т/год), а общая фотосинтетическая продукция кислорода растительным покровом суши составляет 184 млрд. т/год [16]. Биогенный кислород образуется в результате расщепления молекул воды (фотолиз) под действием солнечного света и хлорофилла растений. Биологическая функция хлорофилла заключается в поглощении энергии солнечного света и трансформации ее в химическую энергию органических веществ, образующихся в процессе фотосинтеза. Поэтому ошибочно утверждение, что «освобождающийся из CO_2 кислород выделяется в атмосферу» [5, с. 280], свидетельствующее о непонимании сути фотосинтеза. Еще в первой по-

ловине XX столетия было установлено, что зеленые растения не разлагают углекислый газ, высвобождая кислород.

Перечислим основные геоэкологические функции биопочвенной среды:

- биосферная (аккумуляция и трансформация солнечной энергии, продуцирование кислорода, воспроизводство живого вещества, обеспечивающее сохранение жизни на нашей планете);

- экосистемная (обеспечение взаимодействия растений, животных, микроорганизмов между собой и с окружающей средой);

- регулирующая (участие в глобальных биосферных процессах, биогенном круговороте веществ посредством гетеротрофов, консументов, редуцентов, выделение и поглощение газов, перевод поверхностных вод в грунтовые, биогеохимическое преобразование веществ);

- биопродуктивная (использование для получения продовольственного и промышленного сырья, количественное и качественное получение урожая, фитоэкстракция);

- пространственно-ресурсная (использование в качестве местонахождения, проживания, источника удовлетворения материальных и духовных потребностей людей);

- сорбционная (поглощение и удержание газовых примесей, промышленных и бытовых стоков, ограничение миграции загрязняющих веществ);

- медико-биологическая (защитный барьер от проникновения загрязнений в грунтовые воды, депонирование токсических веществ, пыли, поддержание качества среды обитания человека).

Управление биопочвенной средой

Термин «управление» означает сознательное воздействие человека на различные объекты и процессы с целью получения желаемых результатов. Под управлением биопочвенной средой подразумевается «решение задач обеспечения наиболее благоприятных условий существования человека, удовлетворения его основных материальных, физиологических и духовных потребностей» [6, с. 356]. Управление биопочвенной средой – сложным природно-техногенным объектом, должно основываться на знании, объяснении современного и будущего его геоэкологического состояния, определяющего насущные жизненные потребности человечества.

Целенаправленные изменения биопочвенной среды происходят в результате *геотехнопедогенеза* – процессов поддержания плодородия современных сельскохозяйственных почв внесением концентратов удобрений и технологическими средствами, образования почв парников, теплиц, отвалов, рекультивированных и мелиорированных грунтов и в результате *геотехнобиогенеза* – процессов обезлесивания, лесонасаждения, интродукции растений, их акклиматизации. В условиях неуклонного уменьшения площади пашни (га/чел.): 0,5 (1960 г.), 0,38 (1975 г.), 0,3 (1985 г.), 0,2 (2010 г.) одним из технологических способов восстановления плодородия почв является внесение биогумуса, представляющего собой смесь торфа с результатами переработки дождевыми червями навоза крупного рогатого скота или птичьего помета. Согласно российским испытаниям, внесение 3,6

тн биогумуса на 1 га давало прибавку урожая, равноценную внесению 24 тн минеральных удобрений.

Современные подходы к очистке загрязненных почв токсикантами основываются на физических, химических, фитобиологических процессах [3]. Преимущества биоремедиационных технологий связаны с возможностями живых систем извлекать вредные вещества или превращать их в безопасные соединения [17]. Применяются следующие направления биоремедиации почв: фитоэкстракция (аккумуляция загрязнителя в растении), фитостабилизация (перевод веществ в растении из растворимых в нерастворимую форму; накопление в корнях тяжелых металлов препятствует их попаданию в пищевые цепи), фитодеградация («внутреннее» разрушение поллютантов при участии растительных ферментов), фитоиспарение (экстракция поллютанта из грунта и выделение его в газообразной форме), ризодеградация (разложение поллютанта микроорганизмами в прикорневой зоне растений). На фитоэкстракции основана фитодобыча, подразумевающая разработку малорентабельных рудных тел посредством выращивания растений-гипераккумуляторов, их последующее сжигание для получения биоруды.

Одним из приемов управления биопочвенной средой является посев и выращивание в течение определенного периода времени специально подобранных видов сельскохозяйственных растений (в частности, горчицы как высокоэффективной культуры) для извлечения из почвы тяжелых металлов корневой системой и накопления их в наземной биомассе, в последую-

щем утилизируемой. Такая технология считается более простой в использовании и щадящей почву, чем механические и физико-химические способы ее очистки от тяжелых металлов. В прикладных геоэкологических мероприятиях по биологической реабилитации загрязненных тяжелыми металлами почв используются сосудистые растения и мохообразные. В настоящее время известно уже около 400 растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов. Перспективна очистка почв с разной степенью загрязнения биотехнологическим методом, основанным на использовании групп микроорганизмов, способных к биодеградации органических соединений, поверхностно-активных веществ, углеводородов и др.

Выводы

Парадокс современной цивилизации состоит в том, что при осознании значимости естественных экосистем (прежде всего автотрофов как продуцентов) в жизнеобеспечении людей техногенные воздействия на биосферу продолжают возрастать, отчуждая человека от природы. Человечество по сути не находится в органическом единстве ни с биоценозами, ни с биосферными процессами (сукцессиями), поскольку выступает по отношению к ним в качестве внешнего фактора. Подход к человеку как части биосферы методологически неконструктивен. Животный и растительный миры также демонстрируют свою автономную природу, в своем существовании они не проявляют никаких признаков внутренней зависимости от людей, при необходимости входят в состояние анабиоза.

Выявление научной сущности противоречий, возникающих между необходимостью сохранения приемлемого качества биопочвенной среды для жизнедеятельности человека и усиленным использованием ее жизнеобеспечивающих ресурсов, – приоритетная задача геоэкологии. В самом общем виде ухудшение качества биопочвенной среды определяет взаимодействующая триада – население, технологическое «давление», потребление. Именно в регулировании каждого из компонентов этой триады возможен путь к установлению взаимосвязи и достижению компромисса между потреблением биопочвенных ресурсов, населением, производством и воздействием на биопочвенную среду.

С позиций биопочвенной среды принципиально рассматривать развертывание транснациональными корпорациями (ТНК) трансгенного растениеводства, охватившего уже 13 % всех посевных площадей в мире. Накапливающиеся негативные последствия применения генетически модифицированных организмов (ГМО), потребления продуктов, полученных на основе ГМО, очевидно, свидетельствуют о двойном предназначении такого вида агробизнеса. Реализация транснациональными корпорациями долговременной программы ГМО может привести к существенному сокращению численности населения планеты из-за утраты способности к воспроизводству потомства. Тревожная перспектива!

ЛИТЕРАТУРА:

1. Добровольский Г.В. Тихий кризис планеты // Вестник РАН. 1997. Т. 67 (№ 4). С. 313–320.

2. Заварзин Г.А. Становление биосферы // Вестник РАН. 2001. Т. 71 (№ 11). С. 988–1001.
3. Копчик Г.Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор литературы) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 851–868.
4. Кузнецов И.А. Технология и риски генной инженерии в растениеводстве // Вестник РАН. 2015. Т. 85 (№ 4). С. 329–337.
5. Наумов Г.Б. Геохимия биосферы: учеб. пособ. М.: Академия, 2010. 384 с.
6. Розанов Б.Г. Основы учения об окружающей среде. М.: МГУ, 1984. 376 с.
7. Розанов Л.Л. Задачи геоморфологии в свете оптимизации охраны окружающей среды // Рельеф и хозяйственная деятельность. М.: Моск. ф-л Географического общ-ва СССР, 1982. С. 6–19.
8. Розанов Л.Л. Четвертичные отложения и охрана окружающей среды // XI Конгресс ИНКВА: итоги и перспективы. М.: Наука, 1985. С. 129–136.
9. Розанов Л.Л. Геоэкология: учебно-методич. пособ. для вузов. М.: Дрофа, 2010. 272 с.
10. Розанов Л.Л. Предметно-объектная сущность медицинской геоэкологии // Научный диалог (естествознание и экология). 2012. № 7. С. 19–38.
11. Розанов Л.Л. Концептуальная основа динамической геоэкологии // Вестник Московского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 5. С. 98–105.
12. Розанов Л.Л. Актуальные аспекты прикладной геоэкологии // Вестник Московского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 4. С. 46–53.
13. Розанов Л.Л. Методологический аспект геоэкологии // Вестник Московского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 2. С. 46–56.
14. Страхов В.В. Глобальная конкуренция за леса и землю // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2011. № 2. С. 28–33.
15. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 312 с.
16. Шилов И.А. Экология / 2-е изд., испр. М.: Высшая школа, 2000. 512 с.
17. Янкевич М.И., Хадеева В.В., Мурыгина В.П. Биоремедиация почв: вчера, сегодня, завтра // Биосфера: междисциплинарный научный и прикладной журнал. 2015. Т. 7 (№ 2). С. 199–208.

НАШИ АВТОРЫ

Ахмедов Сахиб Беглер – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории герпетологии Института зоологии НАН Азербайджана (г. Баку); e-mail: akhmedov_saxib@rambler.ru

Балакин Юрий Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского; e-mail: Ur/balakin@mail.ru

Бунятова Сабина Низами – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории герпетологии Института зоологии НАН Азербайджана (г. Баку); e-mail: s_bunyatova@mail.ru

Булуктаев Алексей Александрович – аспирант Калмыцкого государственного университета (г. Элиста), старший научный сотрудник Государственного природного биосферного заповедника «Черные земли» (пос. Комсомольский, Калмыкия); e-mail: buluktaev89@mail.ru

Гасимова Гюльбаниз Хафиз – научный сотрудник лаборатории герпетологии Института зоологии НАН Азербайджана (г. Баку); e-mail: gqasimova@mail.ru

Гладков Михаил Иванович – кандидат технических наук, профессор, доцент кафедры машин и технологии литейного производства Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ); e-mail: fakul-bh@mgou.ru

Горяшкиева Зинаида Валериевна – лаборант Калмыцкого государственного университета (г. Элиста); e-mail: 79371927669@yandex.ru

Гурбанова Туркан Фирудин гызы – младший научный сотрудник лаборатории протистологии Института Зоологии НАН Азербайджана (г. Баку); e-mail: turkan.qurbanova@gmail.com

Зайцева Наталия Викторовна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры нормальной физиологии и медицинской физики Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова Минздрава России; e-mail: nvz1409@yandex.ru

Захаров Станислав Леонидович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева (г. Москва); e-mail: staszaharov@yandex.ru

Мартынов Виктор Викторович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией Московского государственного областного университета; e-mail: martynov.vik@gmail.com

Новрузов Низами Энвер – младший научный сотрудник лаборатории герпетологии Института зоологии НАН Азербайджана (г. Баку); e-mail: niznovzoo@mail.ru

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

Сангаджиева Людмила Халгаевна – доктор биологических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, преподаватель Калмыцкого государственного университета (г. Элиста); e-mail: chalga_ls@mail.ru

Ситанская Ирина Юрьевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры нормальной физиологии и медицинской физики Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова Минздрава России; e-mail: sitairina@yandex.ru

Филин Алексей Николаевич – аспирант Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН (г. Москва); e-mail: filinalexej@yandex.ru

Хейчиев Нимгир Сергеевич – магистрант Калмыцкого государственного университета (г. Элиста); e-mail: kheychiev92@mail.ru

Холманский Александр Сергеевич – доктор химических наук, профессор старший научный сотрудник ВНИИ электрификации сельского хозяйства РАН (г. Москва); e-mail: allehol@ya.ru

Юнусов Худайназар Бекназарович – доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, декан биолого-химического факультета Московского государственного областного университета; e-mail: fakul-bh@mgou.ru



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал «Вестник МГОУ» основан в 1998 г. На сегодняшний день выходят десять серий «Вестника»: «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 и архив журнала доступна в Интернете на платформе Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), а также на сайте Московского государственного областного университета (www.vestnik-mgou.ru).

ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»

2015. №4

Над номером работали:

менеджер Отдела по изданию журнала «Вестник МГОУ» И.А. Потапова
литературный редактор О.О. Волобуев
переводчик И.А. Улиткин
корректор Н.Л. Борисова
компьютерная верстка А.В. Тетерин

Отдел по изданию научного журнала «Вестник МГОУ»
105005, г. Москва, ул. Радио, д.10а, офис 98
тел. (499) 261-43-41; (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. 4, усл. п.л. 5.

Подписано в печать 20.10.2015. Заказ № 2015/10-8.

Отпечатано в типографии МГОУ
105005, г. Москва, ул. Радио, 10а