

ISSN 1993-3916

Том 23
Volume

Номер 1 (70)
Number

Март 2017
March

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ARID ECOSYSTEMS

Журнал освещает фундаментальные исследования и результаты прикладных работ по проблемам аридных экосистем и борьбы с антропогенным опустыниванием в региональном и глобальном масштабах. Издается с 1995 года по решению Бюро Отделения общей биологии Российской академии наук.

The journal is published by the decision Department of Biological Sciences of Russian Academy of Sciences (RAS). The results of fundamental and applied investigations on the problems of arid ecosystems and on struggle against anthropogenic desertification are published on its pages. Principles of system study of arid territories and the dynamics of their biology potential changes in global and regional aspects are put into basis.

МОСКВА: Товарищество научных изданий КМК
MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd



2017

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
WATER PROBLEMS INSTITUTE
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCES RAS
DAGESTAN SCIENTIFIC CENTER
PRICASPIYSKIY INSTITUTE OF BIOLOGICAL RESOURCES
INSTITUTE OF GEOLOGY

SECTION "Problems of arid ecosystems and combat against desertification"
Scientific council "Problems of ecology and biological systems"

ARID ECOSYSTEMS

Vol. 23, No. 1 (70), 2017, MARCH

Journal is founded in January 1995

Issued 4 times per year

Editor-in-chief Prof., Dr. biol. Z.G. Zalibekov**

Deputy editor Dr. geogr. Zh.V. Kuzmina*

Editorial Board:

B.D. Abaturov, G. Björklund (Sweden), S.-W. Breckle (Germany),
K.B. Gongalsky, P.D. Gunin, A. Jilili (China), T.V. Dikariova,
L.A. Dimeeva (Kazakhstan), T.D. Zinchenko, I.S. Zonn, K.N. Kulik, G.S. Kust,
Yu.A. Mazei, V.V. Neronov, K.Z. Omarov, L. Orlovsky (Israel), B. Oyungerel
(Mongolia), A.A. Tishkov, V.I. Cherkashin, A.A. Chibilev, Z.Sh. Shamsutdinov,
N.G. Mazey (*executive secretary*)

Editorial council:

A.B. Biarslanov, M. Glantz (USA), Zhigang Jiang (China),
M.H. Durikov (Turkmenistan), P.M.-S. Muratchaeva, V.M. Neronov,
E.A. Rustamov (Turkmenistan), I.V. Springuel (Egypt), N.Z. Shamsutdinov,
P. Shafroth (USA), R.V. Jashenko (Kazakhstan)

Responsibilities for issue:

Zh.V. Kuzmina *, N.G. Mazey*

Addresses of Editorial Offices:

*Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS
Tel.: (499) 135-70-31, (499) 135-70-41. Fax: (499) 135-54-15
E-mail: arid.journal@yandex.ru

**Russia, 367025 Mahachkala, Gadjeva str., 45, PIBR DSC RAS
Tel. / Fax: (872-2) 67-60-66
E-mail: pibrdncran@mail.ru

MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd

2017

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН
ДАГЕСТАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ПРИКАСПИЙСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

СЕКЦИЯ "Проблемы изучения аридных экосистем и борьбы с опустыниванием"
Научного совета по проблемам экологии биологических систем

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 23, № 1 (70), 2017, март

Журнал основан в январе 1995 г.

Выходит 4 раза в год

Главный редактор

доктор биологических наук, профессор

З.Г. Залибеков**

Заместитель главного редактора

доктор географических наук

Ж.В. Кузьмина*

Редакционная коллегия:

Б.Д. Абатуров, Г. Бйоклунд (Швеция), С.-В. Брекле (Германия), К.Б. Гонгальский,
П.Д. Гунин, А. Джилили (Китай), Т.В. Дикарева, Л.А. Димеева (Казахстан),
Т.Д. Зинченко, И.С. Зонн, К.Н. Кулик, Г.С. Куст, Ю.А. Мазей, В.В. Неронов,
К.З. Омаров, Л. Орловская (Израиль), Б. Оюнгерел (Монголия), А.А. Тишков,
В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, З.Ш. Шамсутдинов,
Н.Г. Мазей (*Ответственный секретарь*)

Редакционный совет

А.Б. Биарсланов, М.Г. Гланц (США), Джиганг Джанг (Китай),
М.Х. Дуриков (Туркмения), П.М.-С. Муратчаева, В.М. Неронов,
Э.А. Рустамов (Туркмения), И.В. Спрингель (Египет), Н.З. Шамсутдинов,
П. Шафрот (США), Р.В. Ященко (Казахстан)

Ответственные за выпуск:

Ж.В. Кузьмина*, Н.Г. Мазей*

Адреса редакции:

*Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-31, (499) 135-70-41. Fax: (499) 135-54-15
E-mail: arid.journal@yandex.ru

**Россия, 367025 Махачкала, ул. Гаджиева, 45, ПИБР ДНЦ РАН
Телефон: (872-2) 67-09-83
E-mail: pibrdncran@mail.ru

Москва: Товарищество научных изданий КМК

2017

© Журнал основан в 1995 г.
Издается при поддержке
Прикаспийского института биологических ресурсов и
Института геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук,
Института водных проблем Российской академии наук,
Товарищества научных изданий КМК
и содействии региональных отделений секции
"Проблемы изучения аридных экосистем и борьбы с опустыниванием"
Научного совета "Проблемы экологии биологических систем"
отделения биологических наук Российской академии наук.
Подписной индекс русской версии журнала 39775 в 1 томе каталога «Пресса России»

The journal has been founded in 1995.
It is published under support of
Pricaspiyskiy Institute of Biological Resources
Dagestan Scientific Center of Russian Academy of Sciences,
Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences,
KMK Scientific Press Ltd with assistance of regional departments of the section:
"Problems of Arid Ecosystems and Desertification Control",
Scientific Council "Problems of Biosystems Ecology",
Department of General Biology of Russian Academy of Sciences.
Subscription index of the Russian version of the journal 39775
is in the 1 volume of catalogue «Press of Russia»

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) eLIBRARY.RU, в базу данных Russian Science Citation Index, размещенную на платформе Web of Science, входит в число реферируемых журналов и Базы данных ВИНТИ, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery Service, OCLC, Summon by ProQuest включен в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ (2011 и 2016 г.), переводится на английский и распространяется издательством Springer за пределами России.

Сведения о журнале ежегодно поступают в международную справочную систему «Ulrich's Periodicals Directory».

Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте <https://aridecosystems.ru/index.php/ru/>; архив полнотекстовых статей по адресу http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527

The journal is included in the system of the Russian science index citation (RINC) eLIBRARY.RU, in the database of Russian Science Citation Index, available on the Web of Science platform, including in the list of reviewed journals, database of VINITI, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery Service, OCLC, Summon by ProQuest and in the list editions, recommended by Higher Attestation Commission of Russian Federation (VAK). It is translated from Russian to English and distributed by Springer Publisher House outside of Russia.

Information about the journal is annually has sent in the International inquiry system of the «Ulrich's Periodicals Directory».

Information about Journal and Rules for authors are at the site <https://aridecosystems.ru/index.php/ru/>; archive of full-text articles are at the site http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527

СОДЕРЖАНИЕ

Том 23, номер 1 (70), 2017 март

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

- Биологическая активность горных антропогенных почв средневековых
земледельческих террас горного Дагестана
Н.Н. Каширская, Е.В. Чернышева, А.К. Ходжаева, А.В. Борисов 5-16
- Элементы круговорота С и N в природных и антропогенных экосистемах
полупустыни северного Прикаспия
Н.Ю. Кулакова, Б.Д. Абатуров, Ю.Д. Нухимовская 17-25
- Влияние засушливых периодов на минерализацию вод водохранилищ северо-
восточной Бразилии
Ю.С. Даценко 26-30
-

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

- Растительные сообщества низовий Волги на почвах с резко выраженной сезонной
динамикой засоления
В.Б. Голуб, А.В. Чувашов, В.В. Бондарева, Л.Ф. Николайчук 31-39
- Фитоценотическая характеристика чиевых сообществ (*Achnatherum splendens*
(Trin.) Nevski) Западного Забайкалья
М.Г. Меркушева, А.Л. Балданова, Л.Н. Болонева, И.Н. Лаврентьева 40-50
- Анализ современного состояния популяций редких видов растений памятника
природы Троицкие меловые горы (Оренбургская область)
О.А. Каримова, Л.М. Абрамова, Я.М. Голованов 51-59
- Распространение и экологические особенности *Peganum harmala* L. в окрестностях
озера Баскунчак (Астраханская область)
К.А. Гребенников 60-63
- История изучения биоразнообразия гиперсоленых водоемов Крыма
Е.В. Ануфриева, Н.В. Шадрин, С.Н. Шадрина 64-71
- Топическая и трофическая структура летнего зоопланктона соленых рек
бассейна оз. Эльтон
В.И. Лазарева 72-82
- Новые данные о распространении *Rhinopoma cystops* Thomas, 1903 (Mammalia,
Chiroptera) в аридных регионах юго-западной алжирской Сахары
М. Ахмим, Р. Тахри 83-86
- Об особенностях эволюции почв горного Дагестана
З.Г. Залибеков, Х.М. Гамзатова 87-92
- Особенности питьевого водоснабжения в аридной зоне Республики Дагестан
Т.О. Абдулмуталимова, Л.М. Курбанова, А.Ш. Гусейнова, А.С. Курбанисмаилова 93-97
-

ХРОНИКА

- О международной научно-практической конференции "Природные и антропогенные
изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием"
А.Ш. Гусейнова, М.З. Залибекова 98-99

CONTENTS

Volume 23, Number 1 (70), 2017 MARCH

SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES

Biological activity of mountain Dagestan's anthropogenic soils of middle ages agricultural terraces	
<i>N.N. Kashirskaya, E.V. Chernisheva, A.K. Khodzaeva, A.V. Borisov</i>	5-16
Components of C and N cycle in natural and anthropogenic ecosystems of semi-deserts of the northern Caspian area	
<i>N.Yu. Kulakova, B.D. Abaturov, Yu.D. Nukhimovskaya</i>	17-25
The impact of droughts on the mineralization of reservoirs in north-eastern part of Brazil	
<i>Yu.S. Dacenko</i>	26-30

BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

The plant communities of the lower Volga on soils with strongly seasonal dynamics of salinization	
<i>V.B. Golub, A.V. Chuvashov, V.V. Bondareva, L.F. Nikolaychuk</i>	31-39
Phytocenoses characteristics of the communities <i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski of west Transbaikalia	
<i>M.G. Merkusheva, A.L. Baldanova, L.N. Boloneva, I.N. Lavrent'eva</i>	40-50
Analysis of the current status of populations of rare plant species of nature monument Troicki chalk mountains (Orenburg region)	
<i>O.A. Karimova, L.M. Abramova, Ya.M. Golovanov</i>	51-59
The distribution and ecological features of <i>Peganum harmala</i> L. in the environments of lake Baskunchak (Astrakhan' region)	
<i>K.A. Grebennikov</i>	60-63
The history of researches in biodiversity of Crimean hypersaline waters	
<i>E.V. Anufrieva, N.V. Shadrin, S.N. Shadrina</i>	64-71
Topical and trophic structure of midsummer zooplankton in saline rivers in the Elton lake basin	
<i>V.I. Lazareva</i>	72-82
New record <i>Rhinopoma cystops</i> Thomas, 1903 (Mammalia, Chiroptera) in arid southwestern Sahara of Algeria	
<i>M. Ahmim, R. Tahri</i>	83-86
About the features of soil evolution of mountainous Dagestan	
<i>Z.G. Zalibekov, H.M. Gamzatova</i>	87-92
Drinking water supply in the arid zone of the Dagestan	
<i>T.O. Abdulmutalimova, L.M. Kurbanova, A.Sh. Guseynova, A.S. Kurbanismailova</i>	93-97

CHRONICLE

On the international scientific-practical conference "Natural and anthropogenic changes of arid ecosystems and managing desertification"	
<i>A.Sh. Guseynova, M.Z. Zalibekova</i>	98-99

УДК 631.46:631.48:930.26

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОРНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ПОЧВ СРЕДНЕВЕКОВЫХ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС ГОРНОГО ДАГЕСТАНА¹

© 2017 г. Н.Н. Каширская, Е.В. Чернышева, А.К. Ходжаева, А.В. Борисов

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
Россия, 142290, Московская обл., г. Пущино, ул. Институтская, д. 2
E-mail: nkashirskaya81@gmail.com*

Поступила 15.04.2016

Исследование средневековых земледельческих террас горного Дагестана выявило полигенетический характер антропогенных почв, отражающий основные этапы их эволюции. Почвенные слои естественного этапа эволюции, с учетом длительного пребывания в погребенном состоянии, характеризовались достаточно высокими величинами биологической активности, за исключением биомассы грибного мицелия, сохранившегося здесь в незначительной степени. В почвенных слоях раннего агрогенного этапа распашка без полива не вызвала существенных изменений микробиологических свойств, однако увеличение уреазной активности в отдельных изученных профилях может свидетельствовать о внесении удобрений на некоторых участках террасы. Прекращение обработки во время Малого ледникового периода (XVI-XVIII вв. н.э.) привело к накоплению в почвах органического углерода в результате залежного процесса, а также к увеличению их ферментативной активности. Второй агрогенный этап в условиях орошения характеризовался заметным увеличением активной микробной биомассы, фосфатазной и особенно уреазной активности почв, что можно рассматривать как свидетельство интенсивного земледелия и внесения органических удобрений. Развитие террас в естественных условиях на протяжении последних 20 лет привело к заметному росту биологической активности верхних залежных горизонтов. Однако для неорошаемых участков здесь отмечалось существенное уменьшение величин уреазной активности, тогда как показатели микробной биомассы оставались на прежнем уровне.

Ключевые слова: горно-каштановые почвы, земледельческие террасы, биологическая активность, микробные сообщества, ферментативная активность.

Изучение истории развития почв и их антропогенных изменений является одной из важнейших проблем генетического почвоведения. К настоящему времени проведены многочисленные исследования почвенных объектов, характеризующихся следами антропогенного влияния на тех или иных этапах своего естественного развития. Выявлены отдельные типы антропогенного преобразования почв на протяжении различных археологических эпох (Плеханова, 2010). В этой связи представляет интерес исследование антропогенных почв, возникновение и развитие которых обусловлено многовековой хозяйственной деятельностью древних земледельческих культур (Борисов, Коробов, 2009; Korobov, Borisov, 2013). Одним из наиболее ярких результатов подобной деятельности являются террасные поля – неотъемлемая составляющая ландшафтов горного Дагестана.

Многочисленные работы последних лет посвящены изучению свойств почв, особенностей почвенного покрова Дагестана (Бабаева, 2002; Залибеков, 2010), оценке земельных ресурсов (Стасюк и др., 2009; Аличаев, 2013), проблемам землепользования (Черкашин, Абдулаев, 2014), приоритетным направлениям сельского хозяйства республики (Аджиев и др., 2000; Залибеков, 2010; Баламирзоев и др., 2008; Баламирзоев, Аджиев, 2013). Однако почвы террасных полей, в результате создания и тысячелетнего использования которых сформировался самостоятельный новый почвенный тип (Залибеков, 2010), к настоящему времени изучены в меньшей степени. Создание

¹ Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 15-06-05763, 14-04-00934, и 14-06-00200.

террас как наиболее целесообразная форма адаптации сельского хозяйства к условиям горного ландшафта было характерно для всех этапов сельскохозяйственного освоения в горной зоне и успешно применялось в широко известных очагах древнего земледелия, таких как Кавказ, Южная Азия и Центральная Америка (Агларов, 2007).

Для выявления особенностей сельскохозяйственной практики прошлых эпох особенный интерес представляет изучение биологической активности антропогенных почв. По сравнению с целинными современными и погребенными почвами аридных регионов, где этот вопрос активно изучается (Каширская и др., 2009; Демкина и др., 2009), можно констатировать практически полное отсутствие работ по биологической активности антропогенных почв. Показано лишь, что уменьшение биомассы микроскопических грибов является результатом распашки территории (Лысак и др., 2004; Bittman et al., 2005), тогда как забрасывание полей приводит к увеличению данного показателя (Zarnoza et al., 2009). Использование навоза в качестве удобрения увеличивает микробную биомассу почв (Масютенко и др., 2008) и повышает уровень их уреазной активности (Chernisheva et al., 2015). В данном направлении успешно используются различные микробиологические и биохимические почвенные показатели (Чернышева, 2015). Увеличение фосфатазной активности также может свидетельствовать о поступлении в почву органических субстратов, так как при участии почвенных фосфатаз происходит мобилизация органического фосфора – элемента, широко используемого в археологической практике (Holliday, 2007).

В этой связи цель настоящей работы заключалась в исследовании биологической активности горных антропогенных почв земледельческих террас Дагестана.

Район, объекты и методы исследований

Исследования проводились совместно с Гочатлинской (Ортокалинской) археологической экспедицией Института истории, археологии и этнографии ДНЦ РАН и ОАО НПЦ ДАРС в 2013 г. в рамках охранно-спасательных раскопок в зоне строительства Гочатлинской ГЭС (Хунзахский район). Объекты исследований расположены в окрестностях поселения Ортоколо эпохи развитого Средневековья (X-XII вв.). Район исследований представляет собой крупную террасу в долине реки Аварское Койсу с высотными отметками на уровне 750 м, окруженной хребтами высотой свыше 1500 м. Климат района сухой и континентальный. Годовое количество осадков составляет 350-500 мм. Температура самого теплого месяца (август) достигает 16-18°C, самого холодного (январь) – 5-7°C, при среднегодовой температуре 6-7°C.

В геоморфологическом плане террасы расположены на склоне восточной экспозиции с уклоном до 5°. Подстилающие породы представлены аллювиально-делювиальными отложениями известковистого песчаника и крупного галечника с примесью суглинистых и глинистых отложений аллювиальной природы. Подобные участки террас в речных долинах, как правило, заняты горно-долинными почвами. Таким образом, на подтиповом уровне, согласно высотным отметкам и наличию дополнительного поверхностного увлажнения, в почвенном покрове данного участка должны преобладать луговые предгорно-долинные почвы. Однако многовековая сельскохозяйственная обработка полностью изменила генетический профиль этих почв, и в настоящее время их можно идентифицировать как горные антропогенные. Профили почв имели полигенетический характер и содержали следы чередовавшихся на протяжении последнего тысячелетия естественных и агрогенных этапов эволюции. Ранний агрогенный этап развития почв, имевший место до наступления Малого ледникового периода (МЛП), был, по-видимому, связан с выращиванием злаковых культур в условиях богарного земледелия. Последующее прекращение обработки привело к формированию почвенного слоя без признаков распашки, морфологически близкого к черноземам. Время формирования данного слоя, вероятнее всего, относилось к МЛП (XVI-XVIII вв. н.э.), когда отмечалось резкое похолодание на Кавказе (Александровский, Александровская, 2005; Perry, Hsu, 2000). Следующий этап развития почв был связан с выращиванием плодовых культур в условиях орошения, что подтверждается этнографическими сведениями. После включения горного Дагестана в экономику России началось поступление более дешевого зерна из центральных областей страны в горную зону. Это сделало нерентабельным выращивание хлеба и привело к широкомасштабному развитию поливного плодового садоводства в Дагестане, которое продолжалось до 80-х годов прошлого века. В 80-90-х гг. значительная доля поливного садоводства

пришла в упадок, часть садов была запущена, террасы стали использоваться в качестве пастбищ. После прекращения полива почвообразование стало развиваться по естественному пути и началось восстановление почвенных свойств.

Полевые исследования почвенных разрезов и отбор образцов проводились в наиболее информативных участках с выраженной стратиграфией профиля по бортам траншеи глубиной 100-120 см, ориентированной вдоль террасированного склона в направлении запад-восток, перпендикулярно магистральному оросительному каналу (рис. 1).

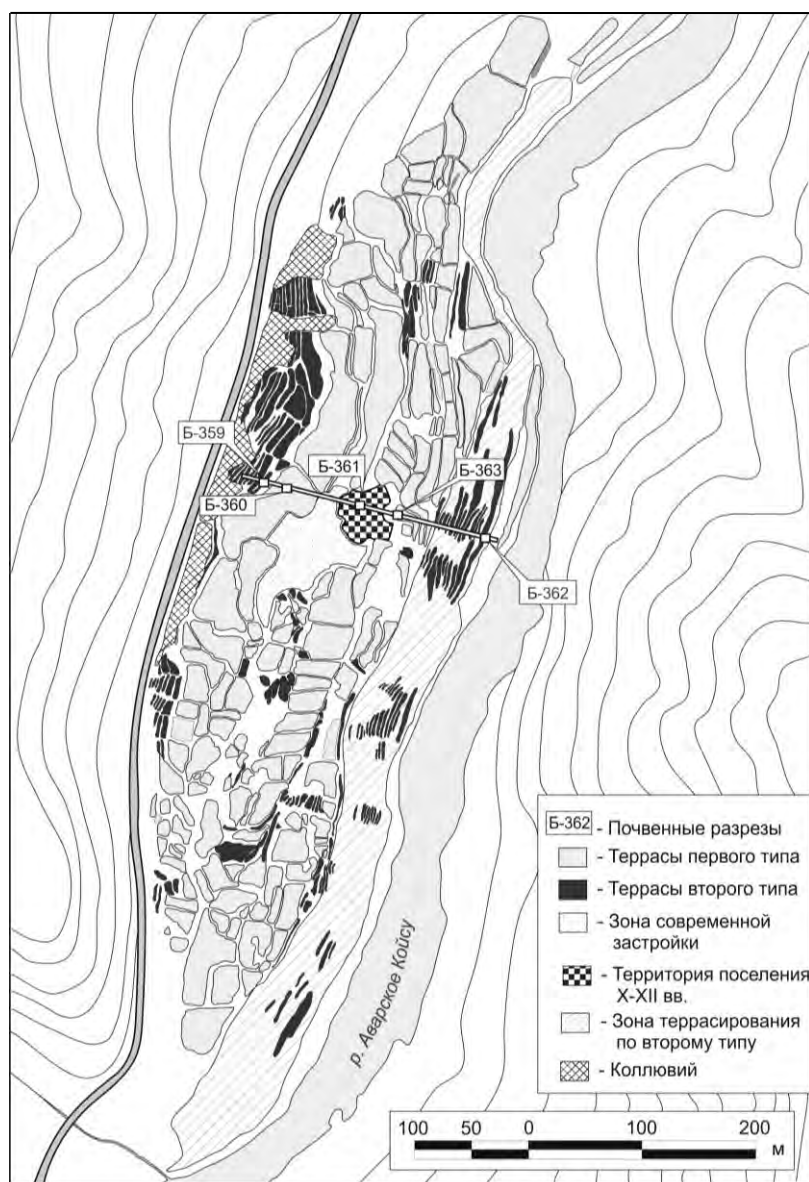


Рис. 1. Общая схема террасных полей и расположение разрезов.

Траншея проходила через весь склон, начинаясь в области тылового шва, где уклон местности составлял 20-30°, проходила по выровненному участку речной террасы с уклоном 5-10° и заканчивалась на склоне террасы у уреза воды, где уклон достигал 45° и более.

Разрез Б-360 был заложен на участке 46-47 м от верхнего края траншеи на выровненном участке с уклоном около 5°. Морфолого-генетическое строение профиля имеет следующий вид. Слой А1 0-15 см, задернованный с поверхности, проработан почвообразованием в результате залежного процесса за последние 20 лет. Слои АВ1 15-40 см и АВ2 40-85 см относятся к периоду поливного

земледелия (XVIII-XX вв.), слой [B] 85-100 см – к периоду МЛП (XVI-XVIII вв.), когда почва не обрабатывалась (этот вывод подтверждается хорошей гумусированностью, оструктуренностью почвы и отсутствием керамики). Слои [B1] 100-130 см и [B2] 130-150 см относятся к наиболее древнему богарному периоду (XI-XVI вв.). Горизонты целинной погребенной почвы в данном профиле отсутствуют, так как почва распаивалась до материкового слоя. Этот участок, расположенный наиболее близко к магистральному оросительному каналу, подвергался интенсивному поливу.

Разрез Б-361 был заложен в 110 м от верхнего края траншеи в центральной части речной террасы. Данный участок, вероятнее всего, был наиболее благоприятным для земледелия, и осваивался в первую очередь, так как характеризовался поверхностью, близкой к горизонтальной. Почва с поверхности была задернована. Профиль составляли проработанные залежным процессом слои Ад 0-2 см и А 2-15 см, слои позднего этапа сельскохозяйственной обработки АВ 15-28 см, В1 28-50 см и В2 50-65 см, слой раннего сельскохозяйственного этапа [AB] 65-75 см и слои целинной погребенной почвы [B] 75-100 см и [BC] 100-115 см. Слой заустения МЛП на данном участке был распахан на первых стадиях поливного этапа. Участок поливался в меньшей степени по сравнению с участком, расположенным выше, однако достаточно интенсивно.

Разрез Б-363 был заложен в 145 м от верхнего края траншеи на третьей большой террасе, самой нижней в комплексе больших террас. В этом месте заканчивается горизонтальная поверхность речной террасы и начинается склон. Профиль составляли слои естественного этапа Ад 0-3 см и А 2-14 см, слои позднего этапа сельскохозяйственной обработки АВ 14-31, В1 31-45 и В2 45-60 см и слои раннего сельскохозяйственного этапа [AB] 65-74 см, [B] 74-90 см и [BC] 90-105 см. Таким образом, профиль Б-363 отличался от профиля Б-361 отсутствием нижних слоев целинной погребенной почвы. По всей видимости на первом этапе сельскохозяйственного освоения мощность почвенного слоя была невелика и распаивалась вся почва почвообразующей породы.

Разрез Б-362 был заложен на участке 180 м от верхнего края траншеи, на узкой террасе с подпорной стенкой, расположенной на самом нижнем участке склона у берега р. Аварское Койсу. Предположительно, данная терраса была создана относительно недавно, позднее других террас, когда более удобные участки были полностью освоены. Следы орошения в профиле не обнаружены. В профиле почвы не отмечены признаки деградации структуры, уплотнения, окисления почвенной массы. Отсутствуют следы агроирригационных наносов. Почва в районе разреза Б-362 начала обрабатываться на более позднем этапе, чем предыдущие профили. Здесь зафиксированы только три слоя – верхний А 8-65 см, проработанный залежным процессом, и слои позднего этапа обработки АВ 8-55 см и В 55-65 см.

Для сравнительного анализа на неорошаемом террасированном участке в окрестностях с. Гочатль был заложен разрез Б-364. В профиле выделяется горизонт современной залежи (горизонт А, 0-20 см), под которым залегает слой позднего этапа обработки (горизонт АВ, 20-35 см. Ниже залегает слой заустения на глубине 35-52 см (горизонт В, сформированный также, предположительно, во время МЛП), который характеризуется более темной окраской, хорошей оструктуренностью, более высоким содержанием гумуса. На глубине 52-85 см сохранился горизонт (А) погребенной почвы и переходный горизонт (BC).

Таким образом, при террасном земледелии в развитии почв начинается период функционирования в условиях положительного баланса почвообразования. В это время происходит постепенный рост почвы вверх за счет аккумуляции мелкозема, переносимого с вышележащих участков плоскостным смывом. Этот процесс продолжается и в те периоды, когда территория не используется в сельскохозяйственном производстве, как это видно из профилей разрезов Б-360 и Б-364, где выделяется горизонт В, соответствующий периодам заустения в МЛП. Профиль почв приобретает специфические стратиграфические различия, связанные с особенностями агротехники и возможными изменениями климата. Последнее применимо к террасам, которые функционируют длительное время. Под горизонтом В залегает слой раннего этапа обработки на глубине 52-100 см. Установление времени начала функционирования террас возможно на основании изучения керамики в почвах. Этот метод уже используется при изучении террасного земледелия (Борисов, Коробов, 2009). В данном случае вся керамика в погребенных агрогенных горизонтах в целом однотипная и относится к развитому средневековью. Соответственно, весь террасный комплекс может датироваться от XII века до наших дней.

Определение содержания органического углерода, карбонатов, значений pH, гранулометрического состава было проведено по традиционным методикам (Аринушкина, 1970). Для микробиологического анализа использовали почвенные образцы, отобранные репрезентативно по генетическим горизонтам с соблюдением условий стерильности. Оценка биомассы микроорганизмов, дающих респираторный отклик на внесение глюкозы (С-СИД), проводилась методом субстрат-индуцированного дыхания (Anderson, Domsch, 1978). Биомассу грибного мицелия определяли прямым подсчетом на мембранных фильтрах по методу Хансена в модификации Демкиной и Мирчинк (Звягинцев и др., 1980). Оценка фосфатазной активности почв проводилась методом Галстяна-Арутюнян (Хазиев, 2005), уреазной активности – методом Кандлер-Гербер (Kandeler, Gerber, 1988), полифенолоксидазной и пероксидазной активности – методом Михайловой-Карягиной (Хазиев, 2005). Статистическую обработку данных проводили стандартными методами.

Результаты и обсуждение

Химические свойства. В профилях горных антропогенных террасовых почв были определены содержание органического углерода, карбонатов, pH, а также содержание илистых и глинистых частиц (табл. 1), так как именно эти показатели во многом определяют особенности биологических свойств почв. Исследуемые почвы относятся к сильно карбонатным, поскольку были сформированы на породах древних аллювиальных отложений, обогащенных карбонатами. Повышенное содержание карбонатов в профилях почв обусловило высокие величины pH в пределах 8.2-8.8. По содержанию илистых и глинистых частиц все почвы были определены как среднесуглинистые, за исключением профиля Б-360, который отличался более легким гранулометрическим составом.

Микробиологические свойства. Естественный этап эволюции почв. Среди всех исследованных почв только в профиле Б-361 сохранились ненарушенные земледелием погребенные слои на глубине 75-100 см (рис. 2). Содержание органического углерода составляло здесь 0.76-0.88%. Среди микробиологических свойств обращают на себя внимание достаточно высокие величины активной микробной биомассы С-СИД (112-123 мкг/г), что указывает на высокий исходный уровень биологической активности погребенной естественной почвы. Величина доли С-СИД/Сорг в сохранившихся слоях этой почвы достигала 1.6%, и была выше, чем в отдельных слоях, сформированных на более поздних этапах и испытавших антропогенное воздействие. В то же время длительное пребывание в погребенном состоянии вызвало резкое сокращение биомассы грибного мицелия, в структуре которого стали преобладать темноокрашенные гифы, как более жизнеспособные в условиях стресса и недостатка питательных веществ.

Первый агрогенный этап. Земледелие в богарных условиях. Агрогенный этап развития почв на данном участке начался, вероятнее всего, с момента возникновения поселения Ортоколо, возможно в XI-XII вв., что подтверждается археологическими материалами. Почвенные горизонты этого периода эволюции сохранились практически во всех исследованных профилях, за исключением разреза Б-362. Пахотные неорошаемые горизонты сохранились в профиле Б-360 на глубине 100-150 см, в профиле Б-361 на глубине 65-75 см, в профиле Б-363 на глубине 60-105 см. Что касается профиля Б-364, то здесь орошение не применялось никогда, но наиболее близкими по времени функционирования являются слои 52-85 см и 85-100 см. Для всех агрогенных горизонтов первого этапа характерна непрочная призмовидная и мелкоглыбистая структура, а также равномерное дисперсное распределение по всему слою мелких камней и щебня, что связано с многолетней распашкой. Крупные камни размером более 5 см извлекались из пахотного слоя и использовались при строительстве подпорных стен.

Содержание органического углерода в пахотном слое раннего этапа сельскохозяйственной обработки в профиле Б-361 (рис. 2) практически не изменилось относительно слоев естественной погребенной почвы. Величины Сорг. на данном этапе варьировали от 0.49% в профиле Б-364 до 1.18% в профиле Б-363. Величины биомассы грибного мицелия в слоях раннего этапа обработки были выше, чем в слоях естественной погребенной почвы, при этом увеличивалась доля светлоокрашенных грибных гиф, что можно рассматривать как следствие улучшений условий существования микобиоты. Аналогичный вывод применим к активной микробной биомассе: показатели С-СИД и С-СИД/Сорг увеличились в рассматриваемом слое профиля Б-361 соответственно до 172 мкг С/г и 2.1%. В остальных профилях отдельные слои раннего этапа

Таблица 1. Физико-химические свойства горных антропогенных террасовых почв.

Горизонт, глубина	Сорг, %	CaCO ₃ , %	pH водный	Ил, %	Глина, %
Разрез Б-360 Почва горно-долинная антропогенная легкосуглинистая					
А 0-15	1.31	22.5	8.2	10	25
AB1 15-40	0.75	24.0	8.4	16	35
AB2 40-85	0.75	28.9	8.3	13	26
[B] 85-100	1.26	23.6	8.4	17	35
[B1] 100-130	0.60	26.6	8.6	18	34
[B2] 130-150	0.65	23.6	8.7	15	47
Разрез Б-361 Почва горно-долинная антропогенная среднесуглинистая					
Ад 0-2	2.27	21.6	8.2	11	31
А 2-15	1.83	24.5	8.5	12	32
AB 15-28	0.86	21.6	8.7	13	30
B1 28-50	0.81	22.7	8.8	15	23
B2 50-65	0.74	20.9	8.7	19	41
[AB] 65-75	0.82	16.2	8.8	24	46
[B] 75-100	0.88	15.5	8.6	21	46
[BC] 100-115	0.76	28.1	8.6	22	45
Разрез Б-362 Почва горно-долинная антропогенная среднесуглинистая					
А 0-8	4.55	21.8	8.3	27	43
AB 8-55	2.07	24.4	8.5	10	24
В 55-65	2.77	25.9	8.2	9	22
Разрез Б-363 Почва горно-долинная антропогенная среднесуглинистая					
Ад 0-3	1.69	23.6	8.5	18	40
А 3-14	1.99	23.6	8.2	18	43
AB 14-31	1.32	25.1	8.6	22	44
B1 31-45	1.08	22.9	8.5	22	41
B2 45-60	1.02	21.8	8.5	23	41
[AB] 60-74	1.04	22.1	8.6	23	38
[B] 74-90	1.18	15.4	8.5	23	38
[BC] 90-105	0.93	27.0	8.5	16	32
Разрез Б-364 Почва горно-долинная антропогенная среднесуглинистая					
А 0-20	0.94	9.4	8.6	17	32
AB 20-35	0.70	7.9	8.6	20	35
В 35-52	0.95	6.5	8.6	19	38
[А] 52-85	0.49	10.5	8.7	19	33
BC 85-100	0.58	12.3	8.7	16	33

использования почв обнаруживали различную изменчивость данных показателей с глубиной. Если в профиле Б-360 величины С-СИД и С-СИД/Сорг увеличивались с глубиной соответственно в 25 и 20 раз, то в профиле Б-363 они практически не изменялись, а в профиле Б-364 уменьшались с глубиной соответственно в 2.5 и 2.0 раза.

Малый ледниковый период. Запустение. Почвенные слои периода МЛП сохранились в разрезе Б-360 на глубине 85-100 см и в разрезе Б-364 на глубине 35-52 см (рис. 2). Слои характеризуются

признаками, указывающими на прекращение сельскохозяйственной обработки: отсутствием камней и керамики, естественным постепенным переходом в нижележащий горизонт. В других разрезах слой МЛП полностью уничтожен последующей распашкой. В слоях запустения, прежде всего, отмечалось резкое увеличение содержания Сорг – в 2 раза по сравнению со слоями предыдущего этапа, при этом величины активной микробной биомассы С-СИД практически не изменялись.

При выявлении внутрипрофильной изменчивости суммарной биомассы грибного мицелия, обращает на себя внимание разнонаправленное ее изменение в слоях запустения профилей Б-360 и Б-364 относительно более глубоких слоев, относящихся к первому агрогенному этапу. В профиле Б-360 в слое запустения было выявлено увеличение СБГМ, закономерное при увеличении содержания органического углерода. В профиле Б-364 существенное увеличение грибной биомассы было отмечено в предыдущем пахотном слое раннего агрогенного этапа. По-видимому, именно здесь после прекращения распашки начался процесс восстановления грибного мицелия (Zarnoza et al., 2009). Однако в структуре грибного сообщества, сохранившегося в слоях МЛП, в отличие от предыдущего этапа, преобладали темноокрашенные мицелиальные формы.

Второй агрогенный этап. Поливное земледелие. На отдельных террасах второй агрогенный этап был связан вначале с распашкой территории и выращиванием зерновых, об этом свидетельствует равномерное распределение мелких камней в слое 40-85 см в разрезе Б-360. Затем распашка прекратилась, и вся территория стала использоваться для выращивания косточковых в условиях полива (Борисов и др., в печати). Верхняя часть профиля всех почв, за исключением разрезов Б-362 и Б-364, несет в себе признаки орошения. На морфологическом уровне это проявляется в резком изменении всех почвенных свойств: сильно увеличивается плотность, содержание карбонатов, нарушается структура, почва в сухом состоянии становится монолитной, плотной, крупноглыбистой, сцементированной. Изменяется гранулометрический состав, отмечается некоторое уменьшение содержания органического углерода. Что касается микробиологических свойств этого слоя, то здесь отмечены разнонаправленные тенденции, которые объясняются интенсивностью полива. В зоне наиболее интенсивного полива, в профиле Б-360, отмечается довольно высокая величина С-СИД и наблюдается резкое ее уменьшение с глубиной (рис. 2). В зоне менее интенсивного полива, в профиле Б-361, уменьшение данного показателя фиксируется во втором слое рассматриваемого этапа (28-50 см), тогда как в третьем слое (50-65 см) активная микробная биомасса и ее доля в органическом углероде почв увеличиваются более чем на порядок. В зоне минимального полива, в профиле Б-363, величины содержания С-СИД на данном этапе обработки были в 1.5-2 раза ниже, чем максимальные его величины в профилях Б-360 и Б-361, и практически не изменялись с глубиной. Профиль Б-362, не подвергавшийся орошению, характеризовался высокой величиной активной микробной биомассы в слое 55-65 см, что, по-видимому, указывает на внесение удобрений на данном этапе. Наиболее низкие показатели С-СИД отмечены в профиле Б-364, где не было орошения.

Биомасса грибного мицелия в слоях позднего этапа сельскохозяйственной обработки на орошаемых участках практически не изменилась относительно предыдущих этапов, тогда как на неорошаемом участке в профиле Б-364 было отмечено существенное уменьшение данного показателя по сравнению с периодом запустения. Практически во всех профилях преобладал темноокрашенный мицелий, за исключением профиля Б-362, где оптимизация условий для грибного сообщества соответствовала высокому содержанию органического углерода.

Современный этап. Запустение и восстановление почвенных свойств. После прекращения полива в 80-90-х гг. прошлого века почвы участка вновь стали развиваться в естественных условиях. Произошло увеличение содержания органического углерода, активной микробной биомассы и ее доли в общем органическом углероде почв. Только в неорошаемой почве за пределами траншеи величины С-СИД и С-СИД/Сорг оставались на прежнем уровне. Во всех изученных профилях на данном этапе заметно выросла биомасса грибного мицелия, при этом в его структуре стали преобладать светлоокрашенные гифы, что указывает на оптимизацию условий.

Ферментативная активность. Ферментативная активность горно-долинных антропогенных террасовых почв исследовалась на примерах фосфатазной, уреазной, полифенолоксидазной и пероксидазной активности (рис. 3). В погребенных слоях естественного этапа развития почв, сохранившихся в профиле Б-361 на глубине 75-115 см, были отмечены низкие уровни фосфатазной и уреазной активности, что свидетельствует об отсутствии дополнительного поступления в почву

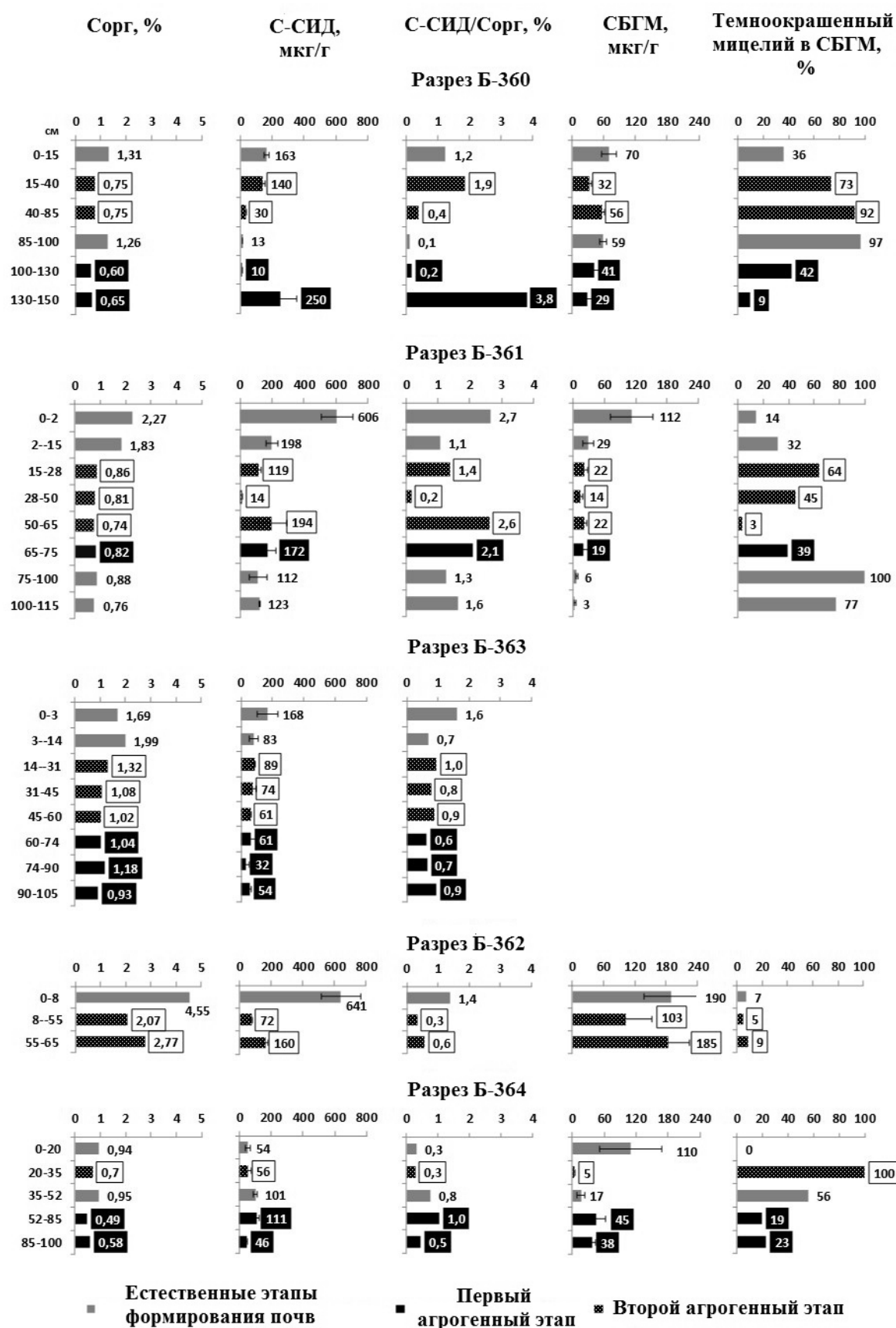


Рис. 2. Микробиологическая характеристика горных антропогенных террасовых почв.

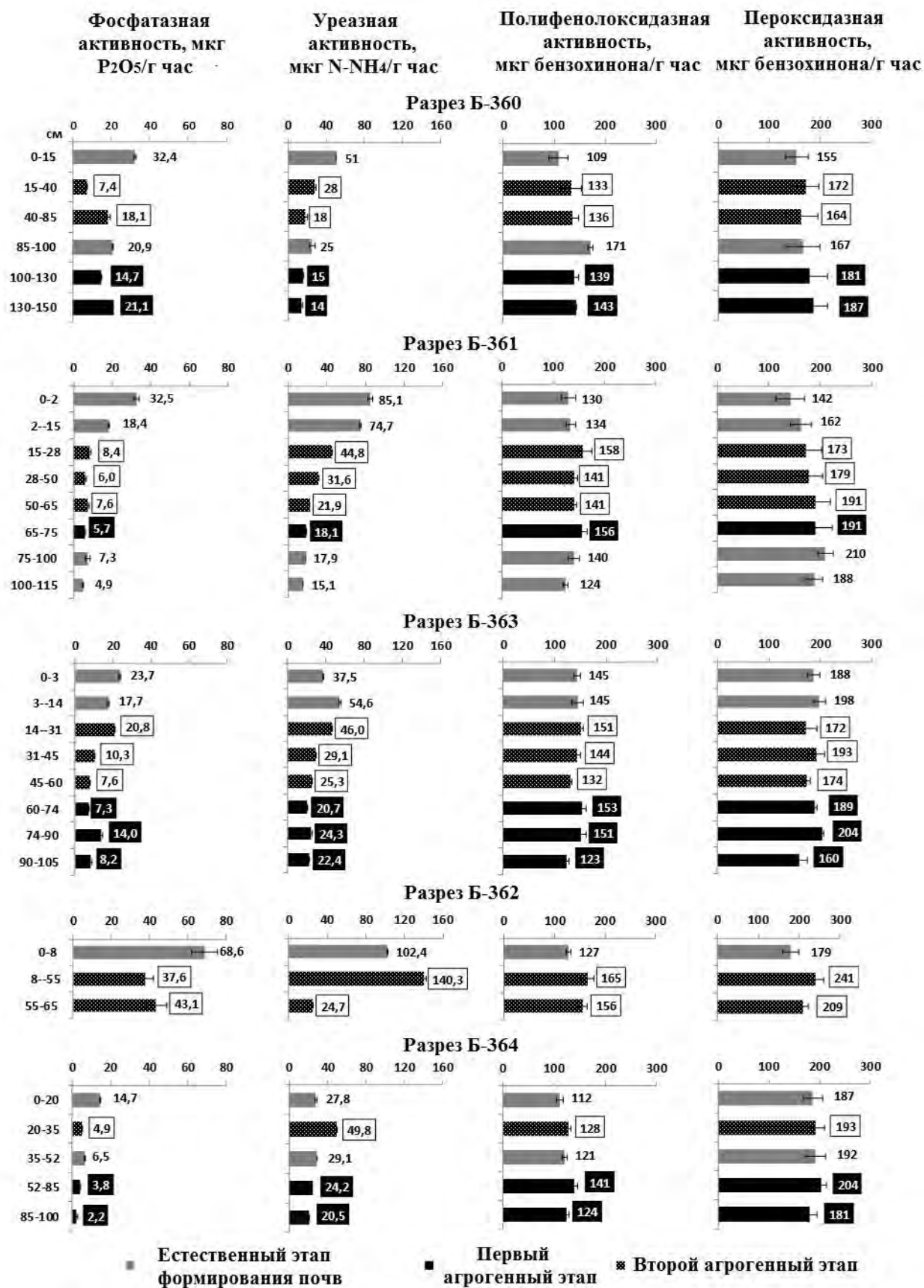


Рис. 3. Ферментативная активность горных антропогенных террасовых почв.

мочевины, навоза и других органических удобрений. Что касается низких, в целом, значений полифенолоксидазной активности относительно более высоких значений пероксидазной активности, то эти показатели являются результатом преобладания процессов разрушения гумуса и его минерализации.

В слоях первого агрогенного этапа фосфатазная и уреазная активности в профиле Б-361 практически не изменились относительно предыдущего этапа, что не позволяет сделать вывод о внесении органических удобрений в почву на раннем этапе функционирования данного участка. На остальных участках величины фосфатазной активности на данном этапе распределялись, как правило, в соответствии с величинами содержания органического углерода, за исключением профиля Б-360, характеризовавшегося максимальной фосфатазной активностью в наиболее глубоком слое. По-видимому, это объясняется увеличением активной микробной биомассы в данном слое. Величины уреазной активности здесь варьировали в меньшей степени по сравнению с величинами фосфатазной активности. В профилях Б-363 и Б-364 были отмечены более высокие значения уреазной активности, что, вероятно, связано с внесением навоза на данных участках. Отмечается возрастание полифенолоксидазной активности и некоторое уменьшение пероксидазной активности, что можно считать признаком уменьшения интенсивности разложения гумуса, но различия в данном случае недостоверны. В целом, ферментативная активность почв периода распашки без полива изменилась относительно предыдущего периода незначительно.

На этапе запустения фосфатазная и уреазная активность заметно увеличились относительно раннего этапа сельскохозяйственной обработки. Это позволяет предполагать, что в рассматриваемый период данная территория использовалась в качестве пастбища. Повышенный уровень полифенолоксидазной активности на данном этапе (профиль Б-360) может свидетельствовать о преобладании процессов гумусообразования в период запустения, хотя на другом участке (профиль Б-364) такой закономерности не было обнаружено.

Для слоя поливного земледелия характерно возрастание как фосфатазной, так и уреазной активности, что можно рассматривать как свидетельство внесения органических удобрений. Аномально высокие значения всех микробиологических параметров в почве разреза Б-362 следует связывать именно с внесением высоких норм органических удобрений при создании почвы данной террасы.

Резкое увеличение фосфатазной и уреазной активности в верхних залежных слоях всех исследованных профилей является результатом общего увеличения биологической активности в приповерхностных горизонтах почвы. Однако для неорошаемых профилей в верхних слоях было отмечено уменьшение величин уреазной активности. В целом, по мере приближения к поверхности, в почвенных слоях отмечается стабилизация гумусного состояния, что проявляется в снижении уровня полифенолоксидазной активности.

Выводы

1. Выявлен полигенетический характер антропогенных почв древних земледельческих террас. Установлено, что в условиях террасного земледелия почвы характеризуются седиментационным развитием профиля, причем седиментация на террасах шла и при антропогенных воздействиях, и в естественных условиях. Наиболее интенсивный рост почвенного профиля наблюдался в условиях орошения за счет ирригационных наносов и плоскостного смыва. Процесс развития почв земледельческих террас включал следующие основные этапы: естественный этап эволюции (до XI в. н.э.), первый агрогенный этап без применения орошения (XI-XVI вв. н.э.), период запустения (предположительно XVI-XVIII вв. н.э.), второй агрогенный этап в условиях орошения (до 90-х годов прошлого века) и заключительный период запустения, продолжающийся по настоящее время.

2. Почвы естественного этапа эволюции характеризовались достаточно высоким исходным уровнем биологической активности, что подтверждается высокими величинами активной микробной биомассы и доли углерода активных клеток в общем углероде почвы. Длительное пребывание в погребенном состоянии вызвало сокращение биомассы грибного мицелия. Низкий уровень фосфатазной и уреазной активности свидетельствует об отсутствии дополнительного поступления в почву органического вещества в виде удобрений.

3. В почвах первого агрогенного этапа распашка без полива не вызвала существенных изменений

химических и микробиологических свойств.

4. Во время Малого ледникового периода (XVI-XVIII вв.) почвы находились в залежном состоянии. В этот период отмечается накопление гумуса, оструктурирование, увеличение ферментативной активности при сравнительно низкой величине активной микробной биомассы.

5. Во время второго агрогенного этапа в условиях орошения происходило увеличение содержания активной микробной биомассы и ферментативной активности, что является свидетельством интенсивного земледелия и внесения органических удобрений. Повышенные величины уреазной активности в почвах, особенно в профиле Б-362, указывают на внесение навоза. Неорошаемая почва с минимальными показателями биологической активности, по-видимому, не удобрялась.

6. Развитие почв в естественных условиях на протяжении последних 20 лет, как правило, приводило к росту биологической активности. Однако, для неорошаемых профилей было отмечено уменьшение величин уреазной активности, а в неорошаемой почве за пределами траншеи показатели микробной биомассы оставались на прежнем уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агларов М.А. 2007. Дагестан – один из исходных центров мирового террасного земледелия // Вестник Дагестанского научного центра. № 28. С. 1-6.
- Аджиев А.М., Контаев И.А., Аджиева Д.А. 2000. Экологические условия аридных территорий и приоритеты агропромышленного комплекса Дагестана // Аридные экосистемы. Т. 6. № 11-12. С. 115-120.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И. 2005. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука. 223 с.
- Аличаев А.М. 2013. О новой электронной оцифрованной почвенной карте Дагестана. Масштаб 1:400000 // Аридные экосистемы. Т. 19. № 1 (54). С. 84.
- Ариунушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 488 с.
- Бабаева М.А. 2002. Закономерности распределения содержания гумуса в почвах Дагестана // Аридные экосистемы. Т. 8. № 17. С. 68-72.
- Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М.-Р., Аджиев А.М., Муфараджев К.Г. 2008. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала: Дагестанское книжное издательство. 336 с.
- Баламирзоев М.А., Аджиев А.М. 2013. Эколого-генетические особенности горно-долинных почв Дагестана и их использование под многолетние насаждения // Аридные экосистемы. Т. 19. № 1 (54). С. 44-52.
- Борисов А.В., Коробов Д.С. 2009. Изучение следов террасного земледелия в Кисловодской котловине // Российская археология. № 3. С. 23-34.
- Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Стретович И.В., Демкин В.А. 2009. Характеристика микробных сообществ степных подкурганов палеопочв сарматского времени (I-IV вв. н.э.) // Почвоведение. № 7. С. 836-846.
- Залибеков З.Г. 2010. Почвы Дагестана. Махачкала: Изд-во ДГУ. 243 с.
- Звягинцев Д.Г. 1980. Методы почвенной микробиологии. М.: Издательство МГУ. 225 с.
- Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А. 2009. Микробная биомасса подкурганов и современных почв степной зоны Нижнего Поволжья // Почвоведение. № 5. С. 581-587.
- Лысак Л.В., Семенова Н.А., Буланкина М.А., Урусевская И.С., Матинян Н.Н. 2004. Бактерии в окультуренных почвах монастырей таежно-лесной зоны // Почвоведение. № 8. С. 976-985.
- Масютенко Н.П., Нагорная О.В., Лукьянчикова О.В. 2009. Влияние удобрений, типа севооборота, экспозиции склона и вида угодий на динамику содержания микробной биомассы в черноземе типичном // Агрохимия. № 5. С. 49-54.
- Плеханова Л.Н. 2010. Древние нарушения в почвах // Природа. № 3. С. 37-43.
- Стасюк Н.В., Быкова Е.П., Залибекова М.З., Саидов А.К. 2009. Дистанционные методы оценки земельных ресурсов Дагестана // Аридные экосистемы. Т. 15. № 2 (38). С. 52-62.
- Хазиев Ф.Х. 2005. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука. 252 с.
- Черкашин В.И., Абдулаев Ш.-С.О. 2014. Новая концепция устойчивости эколого-экономического развития горных экосистем (на примере Республики Дагестан) // Аридные экосистемы. Т. 20. № 4 (61). С. 5-10.
- Чернышева Е.В. 2015. Влияние древнего антропогенного воздействия на биологическую активность почв Кисловодской котловины // Автореф. дис. канд. биол. наук. Воронеж. 23 с.
- Anderson J.P.E., Domsch K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 10. № 3. P. 215-221.
- Bittman S., Forge T.A., Kowalenko C.G. 2005. Responses of the bacterial and fungal biomass in a grassland soil to multi-year applications of dairy manure slurry and fertilizer // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 37. P. 613-623.
- Chernisheva E.V., Korobov D.S., Khomutova T.E., Borisov A.V. 2015. Urease activity in cultural layers at archeological

- sites // Journal of archeological science. Vol. 57. P. 24-31.
- Holliday V.T., Gartner W.G. 2007. Methods of soil P analysis in archeology // Journal of Archaeological Science. Vol. 34. P. 301-333.
- Kandeler E., Gerber H. 1988. Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of // Biology and Fertility of Soils. № 6 (1). P. 68-72.
- Korobov D.S., Borisov A.V. 2013. The origins of terraced field agriculture in the Caucasus: new discoveries in the Kislovodsk basin // Antiquity. Vol. 87 (338). P. 1086-1100.
- Perry C., Hsu K. 2000. Geophysical, archaeological, and historical evidence support a solar-output model for climate change // Proceedings of the National Academy of Sciences. November 7. Vol. 97. № 23. P. 12433-12438.
- Zarnoza R., Guerrero C., Mataix-Solera J., Scow K.M., Arcenegui V., Mataix-Beneyto J. 2009. Changes in soil microbial community structure following the abandonment of agricultural terraces in mountainous areas of Eastern Spain // Applied Soil Ecology. Vol. 42. P. 315-323.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF MOUNTAIN DAGESTAN ANTHROPOGENIC SOILS OF MIDDLE AGES AGRICULTURAL TERRACES

© 2017. N.N. Kashirskaya, E.V. Chernisheva, A.K. Khodzaeva, A.V. Borisov

Institute Physicochemical and biological problems of soil science RAS

Russia, 142290, Moscow Region, Pushchino, Institutskaya str., 2. E-mail: nkashirskaya81@gmail.com

The anthropogenic soils of Middle Age agricultural terraces of mountain Dagestan were studied. A polygenetic character, reflecting the main stages of the evolution of the anthropogenic terraced soils was identified. The high level of biological activity, excluding the biomass of fungal mycelium was observed in the soil layers of a pre-anthropogenic stage of evolution. At the early anthropogenic stage, the soil was used for crop production without irrigation. At these circumstances, the microbiological properties of soils did not change significantly. However, urease activity in some terraces was increased. This may indicate that cattle fertilizers in some areas of the terraces were applied. During the Little Ice Age (XVI-XVIII cc.) the terraces were abandoned, that led to increasing organic carbon content and enzymatic activity as a result of fallow process. In the layers of the late anthropogenic stage, the soils were used for growing fruit-tree with irrigation. Here the active microbial biomass, phosphatase and urease activity were significantly increased. This may indicate that agriculture was intensive and organic fertilizers were applied. In the last 20 years, terraces were not used. The biological activity in the upper horizons was significantly increased. However, in non-irrigated areas urease activity decreased and microbial biomass did not change.

Keywords: mountain anthropogenic soils, agricultural terraces, biological activity, microbial communities, enzymatic activity.

УДК 631.421; 630.114 631.461

ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА С И N В ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОЛУПУСТЫНИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ¹

© 2017 г. Н.Ю. Кулакова*, Б.Д. Абатуров**, Ю.Д. Нухимовская**

*Институт лесоведения РАН

Россия, 143030, Московская обл., с. Успенское, ул. Советская, д. 21. E-mail: nkulakova@mail.ru

**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Россия, 119071, г. Москва, Ленинский пр., д. 33

Поступила 23.05.2016

Прослежены изменения в количестве и динамике депонирования поступающих на поверхность почвы углерода и азота в антропогенных пастбищных и лесных экосистемах Северного Прикаспия, созданных на месте естественных степных и пустынных растительных ассоциаций. Показано, что в подстилке насаждения дуба черешчатого (*Quercus robur*) через два года после поступления депонируется в 1.3 раза больше углерода и примерно такое же количество азота, как в степной подстилке, несмотря на то, что масса поступающего опада в лесном насаждении в 1.4 раза меньше, чем в травяной экосистеме. При близких значениях запасов углерода и азота в почве под степной растительностью и под насаждением, отмечено перераспределение запасов углерода и азота в лесной почве: запасы углерода в лесной подстилке и слое 0-5 см составляют 33% от запасов в подстилке и в слое почвы 0-50 см, а под степной растительностью – 22%; запасы азота соответственно 2.9 и 2.0%. В результате интенсивного выпаса в экосистемы западин поступает в 1.6-1.7 раз меньше углерода и азота, в экосистемы микроповышений – в 1.4 раза меньше этих элементов, чем на заповедных участках. Достоверное уменьшение запасов углерода и азота отмечено в подстилке и слое 0-5 см лугово-каштановых почв западин, находящихся под прессингом интенсивного выпаса.

Ключевые слова: круговорот С и N, экосистемы полупустыни, искусственные лесные насаждения, пастбища.

Запас биофильных элементов, аккумулирующихся в природных экосистемах, зависит от скорости накопления фитомассы в биоценозах, которая в аридных условиях Северного Прикаспия определяется особенностями перераспределения почвенной влаги в ландшафте (Биогеоценотические основы ..., 1974). Создание лесных насаждений и природных охраняемых территорий, пастьба скота приводят к изменениям массы органического материала, поступающего на поверхность почвы, её состава. В результате скорость поступления питательных веществ в почву, обеспеченность растений питательными веществами также изменяются (Кулакова, 2008; Kulakova, 2012), что отражается на состоянии и продолжительности жизни лесных насаждений (Душков, 1981), определяет продуктивность пастбищ.

Основная цель работы состояла в сравнении параметров круговорота азота и углерода в естественных и антропогенных экосистемах Северного Прикаспия. В задачи работы входило исследование скорости разложения отмерших частей доминирующих видов растений в пустынных и степных нативных экосистемах, опавших листьев в насаждении дуба черешчатого (*Quercus robur*), помета овец в пастбищных растительных сообществах; определение массы растительного опада и фекалий пастбищных животных, поступающих на поверхность почвы; оценка количества углерода и азота, сохраняющегося на поверхности почвы через два года после поступления; сравнение запасов азота и углерода в почве исследуемых нативных и антропогенных экосистем.

¹ Работа выполнена на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий», Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 13-04-00469, № 12-04-00242, № 15-04-03542).

Материалы и методы исследований

Работа проводилась в Северном Прикаспии (Волгоградская область, 49°25' с.ш., 46°46' в.д.), на Джаныбекском стационаре ИЛАН РАН. Регион относится к засушливым аридным территориям со среднегодовой (1952-2013 гг.) суммой осадков 291 мм и среднегодовым коэффициентом увлажнения 0.32 (Сиземская, Сапанов, 2010; Сапанов, Сиземская, 2015).

В силу специфического мезо- и микрорельефа, и обусловленного им поверхностного перераспределения атмосферных осадков, здесь сформированы три резко различающихся по природным особенностям почвенно-растительных комплекса. Типично степная мезофитная разнотравно-дерновиннозлаковая растительность на лугово-каштановых почвах по микрозападинам и падинам чередуется с пустынно-степными сообществами галофильных полукустарничков на сильнозасоленных солонцовых почвах по микроповышениям и с полупустынными группировками ксерофильных злаков и разнотравья на солонцеватых светлокаштановых почвах по микросклонам (Каменецкая, 1952).

Работы проведены на участках, идентичных по физико-географическим условиям, но различающихся характером использования: на заповедном участке площадью 20 га с многолетним исключением пастбы животных (естественные растительные сообщества), на пастбище с постоянным (многолетним) выпасом комплекса пастбищных животных, преимущественно овец, и в лесном насаждении из дуба черешчатого 65-летнего возраста, приуроченном к понижению с лугово-каштановыми почвами. Участки расположены не далее, чем 2.5 км друг от друга.

Объектами исследований были образцы пяти видов растений: листья и стебли злаков типчака (*Festuca valesiaca* Gaudin) и ковыля (*Stipa lessingiana* Trin.&Rupr.), однолетние побеги полукустарничков – полыни черной (*Artemisia pauciflora* Web.) и прутняка (*Kochia prostrata* Schrad.), опад дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), а также овечий помет. Специальные сетчатые пакеты с растительным материалом или с помётом фиксировали в тех местах, куда этот материал поступает в естественных условиях: типчак и ковыль в микропонижениях, полынь черная и прутняк – на микроповышениях. Произрастание видов и поступление опада каждого вида растений локализовано, поэтому пакеты содержали растения только одного вида. Пакеты с листовым опадом дуба закрепляли на поверхности почвы, непосредственно под деревьями, где они были собраны. Пакеты с образцами овечьего помета закрепляли и в микропонижениях и на микроповышениях. Ячейки верхней сетки пакета имели диаметр 2 мм, нижней – 0.2 мм, за исключением пакетов с образцами дуба и помёта, где размеры ячеек нижней и верхней сеток были 2 мм. Необходимость использования более мелких ячеек в случае злаков и кустарничков была вызвана очень небольшим размером семян этих растений. Образцы компостировали в течение двух лет (с осени 2011 г. по осень 2013 г.). После первого и второго годов компостирования по шесть образцов каждого вида изымали для анализа. До и после компостирования определяли массу и влажность образцов. Почвенные образцы отбирали из скважин с глубин 0-5, 5-10, 10-20 см и далее до 50 см в трехкратной повторности в каждой из исследуемых экосистем. В растительных и почвенных образцах определяли концентрацию С и N на анализаторе элементного состава.

Учет запасов надземной фитомассы проводили трехкратно в течение вегетационного периода методом укусов на площадках размером 1 м² в 3-5-кратной повторности отдельно в растительных сообществах двух типов: степном и пустынном. На всех укусных площадках отдельно учитывали ветошь, текущий опад и подстилку. Следует отметить, что на пастбище опад и подстилка в период весенних учетов (апрель) практически отсутствовали, в дальнейшем их образование было целиком вызвано пастбой животных (вытаптыванием), т.е. отторжением растительной массы копытами животных. Травянистые растения срезали на высоте 1-2 см от поверхности почвы, у полукустарничков срезали текущий (годовой) прирост, который в условиях пастбища почти соответствовал всей годичной надземной продукции растения. Учет опада дуба проводили с помощью опадоуловителей площадью 1 м² в трёхкратной повторности.

Годичную продукцию оценивали по сумме запасов видов, учтенных в момент максимума массы каждого, т.е. методом “суммирования пиков” (Титлянова, 1983). Суммарную продукцию надземной фитомассы на участке с постоянным выпасом овец рассчитывали, как сумму надземной фитомассы на корню, потребленной фитомассы и текущих опада и подстилки, образованных приростом текущего года. Для оценки, потребленной животными фитомассы на пастбище использован учет

массы фекалий (непереваренных остатков), отложенных пасущимися животными за определенный отрезок времени, с последующим пересчетом этой величины на потребленную кормовую массу. Поступление фекалий на поверхность почвы в условиях выпаса учитывали на постоянных пробных площадях в 100 м², заложенных в трехкратной повторности в западинах и на микроповышениях трижды за сезон (Абатуров и др., 2008; Абатуров, Нухимовская, 2013).

Результаты и обсуждение

Скорость разложения образцов. В полупустыне роль почвенной мезофауны в разложении растительного опада не велика. Известно, что степная подстилка может сохраняться и накапливаться в течение многих лет, если отсутствует выпас домашних или диких копытных (Абатуров, Кулакова, 2010). В лесных насаждениях мезофауна более активно участвует в процессах разложения. В основном это сапротрофные личинки двукрылых, среди которых преобладают Bibionidae (*Bibio marci*), Tipulidae (*Tipula peliostigma*; Всеволода-Перель, Сиземская, 2005). Однако, воздействие даже этих, наиболее активных сапротрофов, локализовано, их распространение очень неравномерно. Несмотря на довольно крупные ячейки сетки пакетов, в которые были заложены образцы, следы поедания их почвенными животными практически отсутствовали.

Потери массы образцами за первый год компостирования были примерно одинаковыми у ковыля, типчака и полыни черной, между ними нет достоверных различий. Оставшаяся масса составляла 60-70% от первоначальной. Несколько выше была скорость разложения растений прутняка – масса образцов после годового компостирования составила 55% от массы до компостирования, достоверно отличаясь от значений, полученных для типчака и полыни черной. Очевидно, быстрая потеря массы образцами этого растения в первый год связана с разложением листьев, составляющей 50% до компостирования и 40% после первого года компостирования. Такой же процент отмечается в образцах помёта. Более быстрое разложение помёта в первый год компостирования связано с наличием в свежем помёте легко минерализующихся соединений. Масса образцов листьев дуба после компостирования практически не изменилась. Масса образцов злаков и полкустарничков после второго года компостирования изменилась примерно одинаково – осталось около 60-70% от массы образцов после первого года. Листья дуба и помёт слабо подверглись разложению во второй год компостирования – осталось около 80% от массы образцов первого года.

В итоге после двух лет компостирования образцов злаки, полкустарнички и помёт сохранили примерно 35-45% от первоначальной массы, а листья дуба – 80%. Начальные различия в химическом составе растений естественных экосистем и помёта, а также анатомические различия этих растений, сказались на скорости разложения только в первый год компостирования.

Изменение содержания и запаса С в образцах при компостировании. В процессе разложения состав компостируемого материала меняется. При этом менее всего в образцах изменяется содержание углерода. До компостирования в растительных образцах содержание углерода составляло 43-46% (табл. 1), достоверные различия обнаружены только между листьями дуба (наиболее высокое содержание углерода) и образцами других видов растений. В помёте овец углерод составлял около 28%. После первого года компостирования достоверные изменения в содержании углерода отмечены в образцах помёта (оно увеличилось примерно на 7%) и в образцах злаков, в которых содержание углерода понизилось на 2-4%. После второго года компостирования имеется тенденция к снижению содержания углерода, но она не подтверждается статистически в образцах ковыля и помёта.

После двух лет компостирования содержание углерода снизилось на 9-10% в растениях типчака и прутняка и на 4-5% в других растительных образцах; в помёте содержание углерода примерно на 4% увеличилось.

Потери углерода по мере снижения общей массы образцов у злаков и полкустарничков были примерно одинаковыми. Образцы полыни и типчака сохранили около 65% от первоначального запаса углерода, а ковыля и полыни 57-59%. Помёт и листья дуба изменились меньше – в образцах помёта осталось 69, а в образцах листьев дуба – 94% от первоначального запаса. Такие же тенденции сохранились и во второй год компостирования. В результате после двух лет наименьшие запасы углерода остались в образцах ковыля, прутняка и типчака (33-35% от первоначального запаса), несколько больше (43%) в растениях прутняка. В образцах листьев дуба сохранилось около 70%, а в помёте – около 50% от первоначального запаса углерода.

Таблица 1. Содержание (% от абсолютно сухого веса) и запас углерода (% от запаса до компостирования) в образцах с разной длительностью компостирования.

Объекты	Содержание С, %			Запас С, %	
	0 лет	1 год	2 года	1 год	2 года
Ковыль Лессинга <i>Stipa lessingiana</i>	43.79±1.07 ^a	41.47±0.68 ^b		56.94	32.58
Типчак <i>Festuca valesiaca</i>	43.36±0.98 ^a	39.3±1.80 ^b	34.29±2.72 ^c	65.01	35.62
Прутняк <i>Kochia prostrata</i>	43.26±1.03 ^a	44.39±1.67 ^a	33.74±1.70 ^c	59.18	34.47
Полынь черная <i>Artemisia pauciflora</i>	44.8±0.92 ^a	42.15±1.47 ^a	39.47±1.09 ^c	65.29	42.57
Листья дуба <i>Quercus robur</i>	46.02±0.87 ^a	44.61±1.31 ^a	40.56±2.06 ^c	94.51	70.65
Помёт овцы	27.81±0.75 ^d	34.76±0.82 ^e	32.12±2.27 ^d	69.02	50.87

Примечание к таблице 1 и 2: разными буквами отмечены достоверно отличающиеся значения при $n=6$, $P \geq 0.95$.

Изменение содержания и запаса N в образцах при компостировании. В отличие от содержания углерода, содержание азота в исходных, взятых для компостирования растительных образцах, существенно различалось (табл. 2). Наименьшие значения отмечены в образцах злаков: 0.72-0.76%. Достоверно выше содержание азота в листьях дуба, более чем в 1.5 раз выше в растениях прутняка и полыни. Известно, что значительная часть обменного (усвоенного) азота в организме млекопитающих выделяется не только с мочой, но и с фекалиями животных (Абатуров, 1999; Абатуров, 2005). Содержание азота в помёте было наибольшим в анализируемых образцах – 1.84%.

Таблица 2. Содержание (% от абсолютно сухого веса) и запас азота (% от запаса до компостирования) в образцах с разной длительностью компостирования.

Объекты	Содержание N, %			Запас N, %	
	0 лет	1 год	2 года	1 год	2 год
Ковыль Лессинга <i>Stipa lessingiana</i>	0.76±0.04 ^a	1.36±0.20 ^b	1.98±0.27 ^c	107.60	93.31
Типчак <i>Festuca valesiaca</i>	0.72±0.05 ^a	0.99±0.22 ^a	1.56±0.12 ^c	98.63	97.70
Прутняк <i>Kochia prostrata</i>	1.08±0.08 ^a	1.61±0.04 ^b	2.25±0.23 ^c	82.36	80.26
Полынь черная <i>Artemisia pauciflora</i>	1.40±0.08 ^a	1.57±0.10 ^a	2.43±0.15 ^c	77.86	71.43
Листья дуба <i>Quercus robur</i>	0.97±0.05 ^a	0.98±0.13 ^a	1.22±0.24 ^a	98.51	100.83
Помёт овцы	1.84±0.06 ^a	1.95±0.03 ^a	2.12±0.18 ^c	58.52	50.68

В процессе компостирования, как известно, процентное содержание азота в органических образцах увеличивается. Достоверное увеличение содержания азота после первого года произошло только в образцах ковыля и прутняка, после второго года – в образцах злаков и полукустарничков, в то время как в образцах помёта и листьев дуба увеличение содержания азота не подтверждается статистически. За два года содержание азота увеличилось более чем в 2 раза в образцах прутняка и злаков, в 1.6 раза в образцах полыни, и совсем незначительно – в 1.2-1.3 раза в образцах помёта и листьев дуба (табл. 2). При этом в последнем случае увеличение не подтверждается статистически.

Потери общего запаса азота в растительных образцах в процессе компостирования были незначительны (табл. 2). Максимально за первый год запас азота снизился в образцах растений прутняка и полыни – на 18 и 23% соответственно. У злаков и в образцах листьев дуба изменений в запасах азота после года компостирования не обнаружено. За второй год скорость потерь азота образцами уменьшилась. За два года образцы прутняка и полыни потеряли 20-29% азота, в образцах злаков запас снизился на 2-7%, в листьях дуба изменений не произошло.

Существенные потери азота были отмечены в образцах помёта – после первого года осталось всего 59% от первоначального запаса. Затем скорость резко снизилась и в результате за два года потери азота составили 50%. Очевидно, высокая скорость потерь азота в первый год объясняется, как

и в случае с высокой скоростью потери массы этими образцами, содержанием большого количества легко минерализующихся соединений азота в свежем помёте. Этому дополнительно способствовало то обстоятельство, что свежий помёт для компостирования отбирали в загонах, в местах ночного пребывания овец, где он насыщен азотом мочи.

Изменение соотношения C/N в процессе компостирования. Показатель C/N в растительных образцах во многих случаях определяет скорость их разложения (Manzoni, Porporato, 2007; Manzoni et al., 2010). Процент оставшейся массы образцов после первого года компостирования, был связан прямой зависимостью с соотношением C/N в образцах до начала компостирования ($R^2=0.77$ при $n=6$, $P=0.051$). После второго года компостирования корреляция между значениями оставшейся массы и соотношением C/N в образцах до, после первого и второго годов компостирования не обнаружена. Это совпадает с данными о том, что показатель C/N коррелирует со скоростью разложения растительного материала только на начальных стадиях этого процесса, когда деструкции подвергаются крахмал, аминокислоты (McClaugherty, Berg, 1987; Martin et al., 1996). Разложение лигнина (следующая фаза), наоборот, может подавляться при высоком содержании азота (Berg, 2000). Уменьшение значений соотношения C/N со временем (табл. 3) связано с потерями CO_2 при разложении органических остатков, в то время как основная часть минеральных соединений азота вновь иммобилизуются микроорганизмами и накапливаются в разлагающемся материале.

Таблица 3. Соотношение C/N в образцах до компостирования, после 1 и 2-х лет компостирования.

Объекты	C_0/N_0	C_1/N_1	C_2/N_2
Ковыль Лессинга <i>Stipa lessingiana</i>	58	30	20
Типчак <i>Festuca valesiaca</i>	60	40	22
Прутняк <i>Kochia prostrate</i>	40	25	15
Полынь черная <i>Artemisia pauciflora</i>	32	27	18
Листья дуба <i>Quercus robur</i>	47	46	33
Помёт овцы	15	18	15

После двух лет компостирования величины соотношения C/N в образцах становятся весьма близкими, изменяясь в пределах 15-22. Исключение представляют листья дуба, высокое значение соотношения C/N в этих образцах после компостирования свидетельствует о наличии трудно разлагающихся углеводов и лигнина.

Поступление мортмассы, C и N на поверхность почв. Масса отмерших растительных остатков, поступающих на поверхность почвы, в среднем равна надземной продукции фитомассы в степных и пустынных растительных ассоциациях. Продукция фитомассы в рассматриваемых экосистемах варьировала по годам и составляла в годы наших исследований (2012-2015 гг.) в целинных экосистемах западин и микроповышений в среднем соответственно 369.7 ± 79.7 г/м² и 189.9 ± 73.3 г/м². На пастбищном участке ежегодная продукция, остающаяся не съеденной копытными, достоверно ниже этих величин: в 1.7 раза в степных растительных ассоциациях (215.4 ± 62.8 г/м²) и в 1.5 раза в пустынных (128.8 ± 44.3 г/м²). В насаждении дуба опад составил 242 ± 36.8 г/м², что в полтора раза меньше массы опада степных растений. Дополнительное поступление органических веществ в местах выпаса овец связано с накоплением фекалий. Размер накоплений зависел от типа растительной ассоциации и составил в среднем за 4 года наблюдений 8.4 ± 1.5 г/м² в степных ассоциациях западин и 6.1 ± 1.4 г/м² в пустынных ассоциациях микроповышений.

Опираясь на наши данные по поступлению и разложению растительных остатков и фекалий, можно составить примерную схему распределения и депонирования углерода и азота на поверхности почвы в разных экосистемах. В западинах на заповедном участке поступает больше всего углерода и азота (около 162 г/м² углерода и 2.74 г/м² азота), в то время, как на пастбищном участке в 1.7-1.6 раз меньше (рис. 1). В экосистемах микроповышений заповедного участка в среднем поступает 83 г/м² углерода и 2.4 г/м² азота. На пастбищном участке – в 1.4 раза меньше углерода и азота (рис. 1). В насаждении дуба поступает в 1.5 раза меньше углерода и в 1.2 раза меньше азота, чем в степных сообществах.

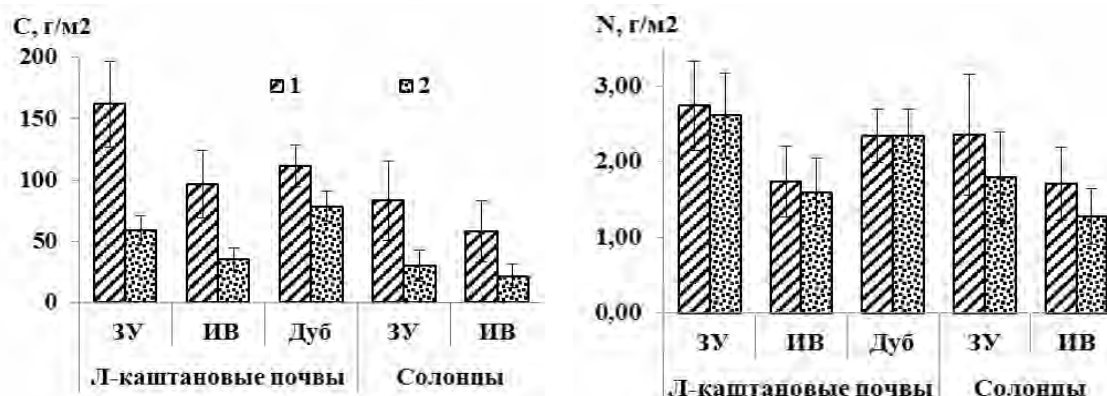


Рис. 1. Поступление углерода (А) и азота (Б) и депонирование элементов на поверхности почвы через два года, г/м². Условные обозначения: ЗУ – заповедный участок, ИВ – интенсивный выпас, Дуб – дубовые насаждения, 1 – поступление С, 2 – депонирование С.

Депонирование С и N на поверхности почвы через 2 года после поступления. Из полученных нами значений скорости поступления и разложения растительных остатков следует, что в насаждении дуба процесс накопления углерода и азота идет интенсивнее, чем на заповедном участке без выпаса животных. Хотя в насаждении дуба на поверхность почвы поступает в 1.6 раз меньше углерода, чем в травяных сообществах западин, запас углерода в двухлетних органических остатках в 1.3 раза больше. В травяных сообществах всех участков депонирование углерода на поверхности почвы пропорционально поступлению: на пастбищном участке в западинах, запасы углерода в двухлетних растительных остатках в 1.7 раза ниже, а на микроповышениях – в 1.3 раза ниже, чем на заповедном участке.

Процесс накопления азота в подстилке насаждения дуба также идет более интенсивно, чем в естественной степной экосистеме: поступление азота со свежим опадом в насаждении дуба меньше, чем в травяных сообществах западин, а в двухлетних растительных остатках этих экосистем запас азота примерно одинаков. Скорость накопления азота в пустынных фитоценозах меньше, чем в степных: в первых с опадом поступает всего в 1.2 раза меньше азота чем во-вторых, а запас азота в двухлетних растительных остатках в пустынных экосистемах в 1.5 раза меньше, чем в степных. Возможно, это объясняется изначально более высоким содержанием азота в образцах пустынных растений (табл. 2).

Изменение морфологии профиля, запасов С и N в почвах антропогенных экосистем. Запасы и структура подстилки (соотношение её слоёв) в естественных и антропогенных экосистемах отражает многообразие факторов, влияющих на депонирование азота и углерода.

Запасы горизонта L подстилки в степных растительных сообществах на заповедном участке в среднем за 4 года составляли 670 ± 195.2 г/м², на участке с интенсивным выпасом – почти в 9 раз меньше (78 ± 41.4 г/м²). Величина запасов горизонта F-H на заповедном участке – 1298 ± 216 г/м², на пастбищных участках горизонт F-H практически полностью отсутствовал. Такой быстрой деструкции подстилки способствует постоянное её измельчение и втоптывание копытами пасущихся животных. На микроповышениях слой L существенно меньше – 31.2 ± 32.5 г/м² на заповедном участке и 21.2 ± 26.6 г/м² в местах выпаса, а слой F-H подстилки отсутствует как на заповедном участке, так и на пастбище. В насаждении дуба запас слоя L достигает в среднем 1957.3 ± 604.9 г/м², а слоя F-H – 1935.5 ± 596.9 г/м².

Данные по содержанию углерода в естественных почвах стационара приводятся во многих работах (Колесников, 2004; Колесников, Соколова 2010; Сиземская, 2013; Kulakova, 2012) и близки к значениям, полученным нами. Содержание углерода составляет в верхней 5-сантиметровой части гумусового горизонта нативных лугово-каштановых почв $3.25 \pm 0.37\%$, солонцов – $1.47 \pm 0.23\%$, закономерно уменьшаясь к низу. Значимые различия в содержании углерода между участками отмечены в слое 0-5 см гумусового горизонта. Содержание углерода в слое 0-5 см на выпасаемых участках уменьшается в западинах с лугово-каштановыми почвами до $2.47 \pm 0.49\%$, на солонцах остаётся практически без изменений – $1.25 \pm 0.18\%$. Соответственно изменяется и содержание азота –

0.36±0.11% на заповедном участке и 0.24±0.09% на пастбище в западинах. В солонцах микроповышений достоверных различий между заповедным и выпасаемым участками в содержании азота не обнаружено: 0.16±0.03% и 0.16±0.10% на заповедном участке и на пастбище соответственно. В лесных насаждениях содержание углерода и азота в этом слое несколько выше, чем в степных почвах западин – соответственно 4.50±0.36 и 0.48±0.12%.

Основной запас углерода сосредоточен в лугово-каштановых почвах заповедного участка в толще 0-50 см, составляя здесь вместе с подстилкой около 87 т/га, а в солонцах – 44 т/га.

На участках с интенсивным выпасом потери углерода составляют около 7 т/га в лугово-каштановых почвах и близки к нулю в солонцах. Почва под насаждением дуба имела примерно такой же запас углерода, как и почва под степной растительностью (рис. 2).

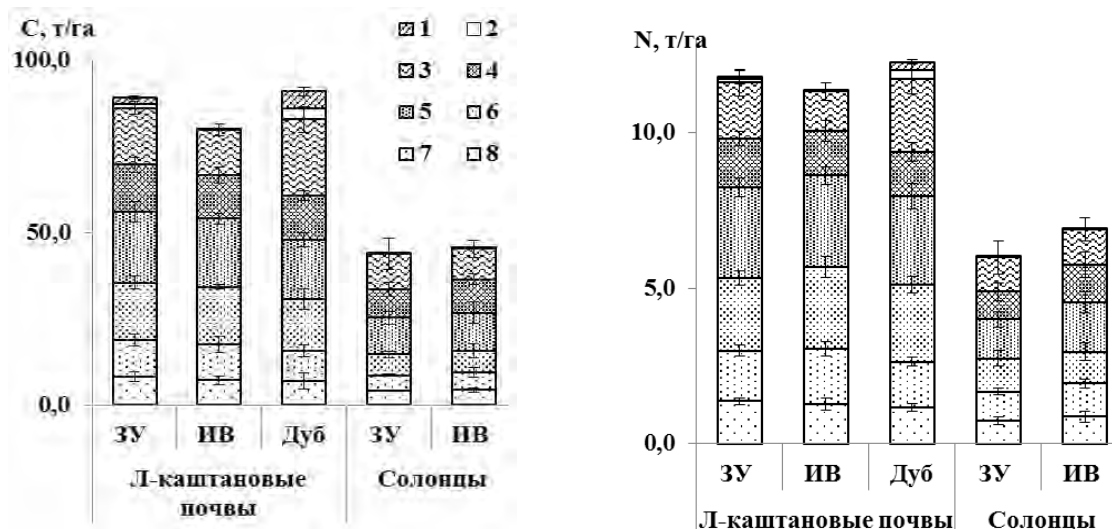


Рис. 2. Запасы углерода (А) и азота (Б) в почвах исследуемых экосистем. Условные обозначения: ЗУ – заповедный участок, ИВ – интенсивный выпас, Дуб – дубовые насаждения, 1 – Л, 2 – F-H, 3 – 0-5 см, 4 – 5-10 см, 5 – 10-20 см, 6 – 20-30 см, 7 – 30-40 см, 8 – 40-50 см.

Наибольшие различия в запасах углерода в исследованных экосистемах зафиксированы в подстилке и слое 0-5 см гумусового горизонта. Так, запасы углерода в подстилке составляют в лесном насаждении около 8 т/га, или 9% от запаса углерода в слое 0-50 см и в подстилке, под степной растительностью – около 3 т/га, или примерно 3.4% от общих запасов. На участках с интенсивным выпасом под степной растительностью запасы углерода в подстилке всего 0.22 т/га (0.3%). Запасы углерода в подстилке естественной пустынной растительной ассоциации весьма незначительны – 0.09 т/га, или 0.2% от суммы запасов в подстилке и в почве, а на участке ИВ – 0.06 т/га, или 0.2 %.

В слое 0-5 см под насаждением дуба содержится на 5.6 т/га больше углерода, чем в лугово-каштановой почве заповедной степной экосистемы, а на выпасаемом участке – на 3.4 т/га меньше, чем на заповедном участке. В солонцах под пустынными растительными ассоциациями на заповедном участке и на пастбище достоверной разницы в запасах углерода в этом слое нет.

Запасы и закономерность распределения азота в профиле почв антропогенных экосистем также изменяются относительно этих показателей в естественных почвах (рис. 2). Запас азота в почве и подстилке степных экосистем составляет 11.78 т/га. Для лесных почв получено близкое значение запаса азота в почве и подстилке – 12.27 т/га, но характер распределения запасов азота, так же, как и запасов углерода, другой. Запас азота в подстилке и слое 0-5 см почв под насаждением увеличивается на 0.9 т/га, а в слое 5-50 см убывает на – 0.41 т/га относительно почвы под степной растительной ассоциацией. В подстилке лесных почв он достигает 0.54 т/га, а в степной подстилке на 0.34 т/га меньше. Запасы азота в лесной и степной подстилках составляют соответственно 4.4 и 1.4% от общего запаса азота. Запасы азота в слое 0-5 см лугово-каштановых почв под лесом 2.35 т/га, а в этом слое почвы под степным типом растительности – 1.82 т/га.

Запасы азота в лугово-каштановых почвах на участках с интенсивным выпасом несколько меньше, чем в почвах нативных степных экосистем; разница составляет 0.46 т/га, все потери приходится на подстилку и слой 0-5 см. В условиях заповедного участка в солонцах, запасы азота почти в два раза ниже, чем в лугово-каштановых почвах западин – 5.99 т/га. В солонцах на участках с интенсивным выпасом запасы азота не отличаются от запасов на заповедном участке.

Выводы

Скорость круговорота углерода в подстилке насаждения дуба черешчатого примерно в 2 раза медленнее, чем в подстилке естественных степных экосистем. Об этом свидетельствуют в 2 раза более низкие значения скорости потери углерода образцами опавших листьев дуба, чем образцами ковыля Лессинга и типчака при компостировании их в естественных условиях. В результате при меньшей в полтора раза массе поступающего на поверхность почвы опада, в насаждении дуба за 2 года депонируется в 1.3 раза больше углерода, чем в естественных степных экосистемах западин.

Существенной разницы в скорости освобождения азота из образцов дубового и травяного опада за 2 года компостирования образцов не обнаружено.

В насаждении дуба черешчатого в условиях полупустыни происходит перераспределение запасов углерода и азота в почвенном профиле относительно нативных почв под степной растительностью. В подстилке и слое 0-5 см гумусового горизонта запасы углерода увеличились примерно на 11 т/га и азота на 1 т/га, а в слое почвы 5-50 см – уменьшение на 9 и 0.4 т/га соответственно относительно почвы под степной растительностью.

Интенсивный выпас животных приводит к уменьшению массы, поступающих на поверхность почвы органических остатков. В степных экосистемах западин поступает в 1.6-1.7 раз меньше углерода и азота, в экосистемах микро повышений – примерно в 1.4 раза меньше этих элементов. В результате этого процесса в профиле лугово-каштановых почв западин наблюдается уменьшение запасов углерода и азота на глубине 0-5 см соответственно на 3.4 и 0.55 т/га и в подстилке на 2.81 и 0.16 т/га. В солонцах, занимающих микроповышения, достоверные изменения не выявлены.

Начальные различия в химическом составе помёта и изученной группы злаков и полукустарничков, а также различия в анатомии этих растений, сказываются на скорости потерь массы образцами только в первый год компостирования. За два года образцы теряют приблизительно одинаковую массу. При этом потери углерода и азота в образцах разных растений и помёта различаются между собой.

Авторы искренне благодарны к.б.н., ст. н. сотруднику ИЛАН РАН А.В. Колесникову за помощь в организации полевого опыта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д. 1999. Критические параметры качества растительных кормов для сайгаков (*Saiga tatarica*) на естественном пастбище в полупустыне // Зоологический журнал. Т. 78. Вып. 8. С. 999-1010.
- Абатуров Б.Д. 2005. Кормовые ресурсы, обеспеченность пищей и жизнеспособность популяций растительноядных млекопитающих // Зоологический журнал. Т. 84. № 10. С. 125-1271.
- Абатуров Б.Д., Дмитриев И.А., Жаргалсайхан Л., Омаров К.З. 2008. Утилизация фитомассы и отложение фекалий копытными млекопитающими на степных пастбищах Восточной Монголии // Известия РАН. Серия Биологическая. № 3. С. 350-359.
- Абатуров Б.Д., Кулакова Н.Ю. 2010. Роль выпаса животных и степных палов в круговороте азота и зольных элементов в степных пастбищных экосистемах // Аридные экосистемы. Т. 16. № 2. С. 54-64.
- Абатуров Б.Д., Нухимовская Ю.Д. 2013. Опыт количественной оценки продукции надземной фитомассы и ее составляющих на степном пастбище // Аридные экосистемы. Т. 19. № 4 (57). С. 5-24.
- Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. 1974. / Ред. А.А. Роде. М.: Наука. 360 с.
- Всеголодова-Перель Т.С., Сиземская М.Л. 2005. Лесная подстилка и роль почвообитающих беспозвоночных в её формировании в условиях глинистой полупустыни Северного Прикаспия // Почвоведение. № 7. С. 864-870.
- Душков В.Ю. 1981. Опыт восстановления усыхающих насаждений вяза мелколистного на темноцветных почвах падин // Лесоведение. № 6. С. 51-58.
- Каменецкая И.В. 1952. Естественная растительность Джаныбекского стационара // Труды Комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР. С. 101-162.

- Колесников А.В. 2004. Закономерности катионного обмена в лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия (на примере почв Джаныбекского стационара). Автореф. дис. канд. биол. наук. Москва: МГУ. 24 с.
- Колесников А.В., Соколова Т.А. 2010. Некоторые химические свойства лугово-каштановых почв залежного участка на территории Джаныбекского стационара // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5. С. 67-78.
- Кулакова Н.Ю. 2008. Влияние искусственных лесных экосистем на состояние основных элементов питания в почвах глинистой полупустыни Северного Прикаспия: на примере Джаныбекского стационара. Автореф. дис. канд. биол. наук. М.: Институт лесоведения РАН. 24 с.
- Кулакова Н.Ю., Абатуров Б.Д. 2010. Элементы круговорота азота в ландшафтах Северного Прикаспия // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 151-159.
- Сапанов М.К., Сиземская М.Л. 2015. Изменение климата и динамика целинной растительности в Северном Прикаспии // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 307-320.
- Сиземская М.Л., Сапанов М.К. 2010. Современное состояние экосистем и стратегия адаптивного природопользования в полупустыне Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5 (45). С. 15-24.
- Сиземская М.Л. 2013. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК. 276 с.
- Тутлянова А.А. 1983. Методология и методы оценки чистой первичной продукции и построения баланса химических элементов в экосистемах // Теоретические основы и опыт экологического мониторинга / Ред. В.Е. Соколова, Н.И. Базилевич. М.: Наука. С. 63-76.
- Berg B. 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils // For Ecol Manage. Vol. 133. P. 13-22.
- Kulakova N. 2012. Impact of plant species on the formation of carbon and nitrogen stock in soils under semi-desert conditions // European Journal of Forest Research. Vol. 131. Issue 6. P. 1717-1726.
- Manzoni S., Porporato A. 2007. A theoretical analysis of nonlinearities and feedbacks in soil carbon and nitrogen cycles // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 39. Issue 7. P. 1542-1556.
- Manzoni S., Trofymow J.A., Jackson R.B., Porporato A. 2010. Stoichiometric controls on carbon, nitrogen, and phosphorus dynamics in decomposing litter // Ecological Monographs. Vol. 80. Issue 1. P. 89-106.
- Martin A., Gallardo J.F., Santa Regina I. 1996. Long-term leaf decomposition in four oak forests located at the 'Sierra de Gata' mountains in Spain // Chap CE et al (eds) Humic substances and organic matter in soil and water environments. IHSS—University of Minnesota. StPaul. USA. P. 119-130.
- McClougherty C, Berg B. 1987. Cellulose, lignin and nitrogen concentrations as rate regulating factors in late stages of forest litter decomposition // Pedobiologia. Vol. 30. No. 2. P. 101-112.

COMPONENTS OF C AND N CYCLE IN NATURAL AND ANTHROPOGENIC ECOSYSTEMS OF SEMI-DESERTS OF THE NORTHERN CASPIAN AREA

© 2017. N.Yu. Kulakova*, B.D. Abaturon**, Yu.D. Nukhimovskaya**

*Institute of Forest Science RAS

Russia, 143030, Moscow region, Uspenskoe s., Soviet str., 21. E-mail: nkulakova@mail.ru

**A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS

Russia, 119071, Moscow, Leninsky prospect, 33

The changes in the amounts and the dynamics of deposition of carbon and nitrogen in the soil surface of anthropogenic pasture and forest ecosystems created on the places of natural steppe and desert vegetation associations in the Northern Cis-Caspian area are traced. It is shown that two years after the input, the litter of oak stands (*Quercus robur*) deposited 1.3 times more carbon and about the same amount of nitrogen compared to the steppe litter, despite the fact that the mass of litter input in the forest plantation is 1.4 times less than in the grass ecosystem. At close values of carbon and nitrogen stocks in the soil under steppe vegetation and plantation, the redistribution of carbon and nitrogen stocks in the forest soil is marked. The carbon stocks in the forest litter and 0-5 cm layer make up 33% of the stocks in the litter and in 0-50 cm soil layer, and under the steppe vegetation – 22%; the nitrogen stocks make up 2.9% and 2.0% respectively. Due to intensive grazing, ecosystems of micro-depressions obtain 1.6-1.7 times, ecosystem of micro-elevations – 1.4 times less carbon and nitrogen than those of the virgin plots. Reliable decrease of stocks of carbon and nitrogen was observed in the litter and 0-5 cm layer of meadow-chestnut soils of micro-depressions under the pressure of intensive grazing.

Keywords: C and N cycle, forest plantations, grazing, semi-desert.

УДК 556.551:55(213)

ВЛИЯНИЕ ЗАСУШЛИВЫХ ПЕРИОДОВ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ ВОД ВОДОХРАНИЛИЩ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ БРАЗИЛИИ¹

© 2017 г. Ю.С. Даценко

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119992, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: yuri0548@mail.ru*

Поступила 04.02.2016

Климатические особенности северо-восточной части Бразилии обуславливают практически полное отсутствие речного стока в засушливый период. Вследствие крайней неравномерности стока в водохранилищах региона наблюдается увеличение минерализации вод к концу засухи. Методом расчета режима минерализации воды для условий отсутствия притока в водохранилища получены оценки степени увеличения минерализации воды в зависимости от объема водохранилища в начальный период засушливого периода и величины водозабора из него в течение этого периода. Эти оценки представлены в виде расчетных номограмм для трех водохранилищ бразильского штата Сеара.

Ключевые слова: водохранилища, минерализация, электропроводность воды, засушливый период, речной сток.

Северо-восточная часть Бразилии – самый сухой район страны, население которого сотни лет страдает от жестоких засух. Умеренная жара здесь наблюдается с января по май, когда средние ночные температуры составляют +22 ...+24°C, а дневные +28 ...+30°C. С сентября по декабрь средние ночные температуры составляют около +25°C, а дневные +32 ...+34°C. Самые засушливые месяцы: август, сентябрь, октябрь, в которых число дней с осадками не более трех. Дождливый период длится с января по май (до 17 дней в месяц с дождями). В Северо-Восточной части Бразилии выпадает меньше всего осадков (в среднем 500-650 мм в год) и максимальная величина интенсивности годового слоя испарения – 1200-1300 мм/год. Климатическая особенность региона состоит в том, что выпадение сезонных осадков полностью зависит от направленности и интенсивности перемещения внутритропической зоны конвергенции, в которой формируются мощные системы кучево-дождевых облаков. Количество осадков в короткий период с марта по май в зависимости от положения этой зоны в отдельные годы резко колеблется от весьма обильных до полного отсутствия. Соответственно, региональные особенности речного стока характеризуются крайней неравномерностью внутригодовых изменений расходов воды рек. Максимум многоводного сезона приходится на март-апрель, а маловодный длится почти 9 месяцев. Основной сток рек проходит в период с февраля по май, а в период с июля по декабрь он практически отсутствует, устойчивые расходы в январе и июне наблюдаются редко. Высокими значениями характеризуются коэффициенты вариации месячного стока, характеризующиеся максимальными значениями в периоды крайне низкого стока.

Эта неравномерность иллюстрируется среднесреднегодными значениями слоя стока в течение года, пример которых для пункта на р. Шоро – притоке водохранилища Пакажус в центральной части штата Сеара (рис. 1).

В экономическом плане регион ориентирован на развитие сельскохозяйственного производства, которое в этих условиях возможно только при реализации ирригационных проектов, предполагающих равномерное использование воды. Для регулирования неравномерности формирования водных ресурсов немногочисленные и обычно пересыхающие реки региона почти повсеместно зарегулированы многочисленными водохранилищами. Аккумуляцией стока в водохранилищах в короткий период дождей обеспечивается межсезонное и межгодовое регулирование речного стока. Кроме количества воды для обеспечения ирригации немаловажное

¹ Работа выполнена в рамках госбюджетного финансирования по теме: "Гидрологический режим водных объектов суши в условиях изменения климата и антропогенного воздействия" № АААА-А16-116032810054-3.

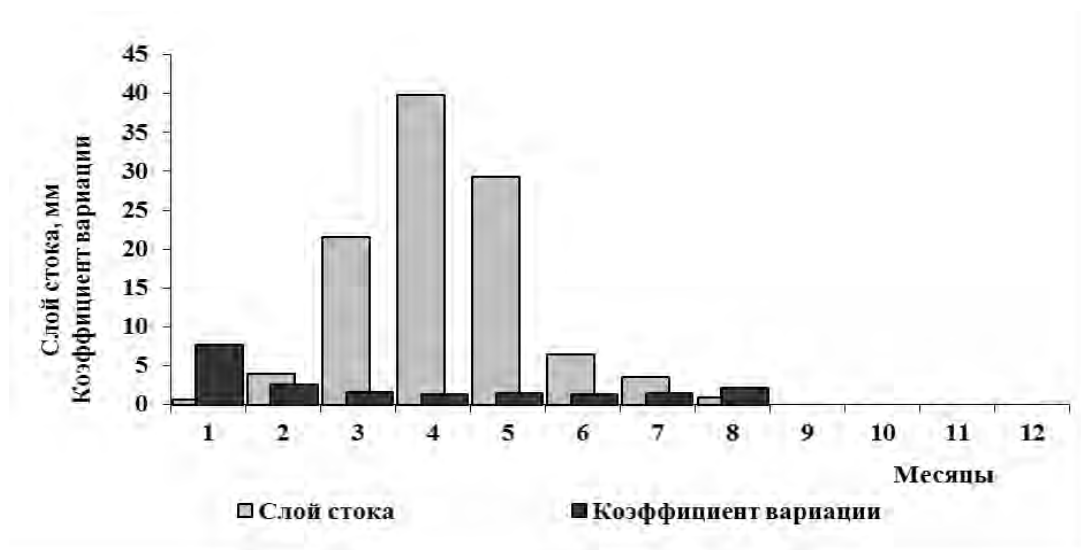


Рис. 1. Слой стока и коэффициент вариации стока р. Шоро.

значение имеет ее качество. Из показателей качества воды в аридной зоне Бразилии наибольшее значение имеет общая минерализация воды, увеличение которой под влиянием испарения представляется основной проблемой качества воды. В водохранилищах региона после серии засух значение характеризующей минерализацию электропроводности воды нередко превышает значение 1500 мк/см, что соответствует значениям минерализации для доминирующих в этом регионе хлоридно-натриевых вод около 800 мг/л. Поэтому расчеты минерализации воды водохранилищ Северо-востока Бразилии актуальны для прогноза эффективности ирригационных проектов этого региона. Увеличивающаяся к концу засухи минерализация создает проблемы не только для орошения, но и для водоснабжения, поскольку непропорциональный рост концентраций хлорид-иона в конце сухого сезона приводит к нарушению норм качества воды в системе централизованного водоснабжения. Целью настоящей статьи является разработка метода расчета минерализации воды водохранилищ аридной зоны в конце засушливого периода, характеризующегося отсутствием притока воды в водоем.

Результаты и обсуждение

Пространственно-временные закономерности распределения минерализации воды в водохранилищах и ее колебаний в течение года определяются интенсивностью внешнего и внутреннего водообмена. Водоохранилищам вообще и рассматриваемым водохранилищам аридной зоны в частности присуща генетически обусловленная пространственная неоднородность минерализации вод водохранилищ, что имеет важное значение при изучении особенностей функционирования их экосистем и существенно отличает от озер. Величина минерализации воды тесным образом связана с генезисом стока, а поскольку водохранилища накапливают воды различных фаз стока одной или более рек, то в каждый момент времени в них наблюдается генетически обусловленная пространственная неоднородность минерализации воды. Эта неоднородность ярко проявляется в водохранилищах аридной зоны только в короткий период их наполнения, что подтверждается гидролого-гидрохимическими съемками водохранилищ северо-востока Бразилии, выполненными в различные сезоны (Эдельштейн, 2005; Даценко, Карра, 1998). В остальное время распределение минерализации в этих водохранилищах при отсутствии притока близко к однородному.

В практических расчетах при рассмотрении средней (по объему) минерализации воды водохранилища пространственная неоднородность распределения растворенных солей в водоеме нередко игнорируется, а характер внутреннего водообмена предполагается соответствующим гипотезе полного мгновенного перемешивания. При этом упрощении А.П. Браславским (Браславский, 1961) получена формула для расчета минерализации в конце расчетного периода, выведенная на основе дифференциальных уравнений солевого и водного баланса при следующих

условиях: 1) отсутствия осаждения солей в водоеме и приноса их воздушным путем, 2) минерализация воды притока и величина расхода всех слагаемых водного баланса водохранилища для расчетного периода постоянны. Эта формула имеет вид:

$$M_k = M_n + (M_{np} \frac{V_{np}}{V_{np} - V_{исп} + V_{ос}} - M_n) \cdot B \quad (1),$$

где $B = 1 - \left(\frac{V_n}{V_k} \right)^{1 + \frac{V_{см}}{V_k} - \frac{V_{исп}}{V_k}}$, M_k , M_n – минерализация воды водохранилища в конце и начале расчетного

интервала, M_{np} – минерализация воды в притоке к водохранилищу, V_{np} , $V_{исп}$, $V_{ос}$, V_n , V_k , $V_{см}$, – объемы воды соответственно в притоке к водохранилищу, испарившейся за расчетный интервал воды с поверхности водохранилища, осадков на поверхность водохранилища, в водохранилище в начале расчетного интервала, в водохранилище в конце расчетного интервала, сброшенной из водохранилища за расчетный интервал.

Расчеты показали, что эта упрощенная формула дает удовлетворительные результаты при расчете минерализации воды водохранилищ в различных природных зонах и с различным режимом минерализации воды рек. Формула А.П. Браславского была применена нами для расчета минерализации воды водохранилища аридной зоны. Расположенное в штате Сеара водохранилище Перейра де Миранда аккумулирует сток рек лишь в течение относительно короткого дождливого периода. В остальное время изменение его минерализации происходит под влиянием испарения и водозабора воды из водохранилища. Результаты расчета характеризующей минерализацию вод по электропроводности воды этого водохранилища, выполненные по среднемесячным данным, представлены на рисунке 2.

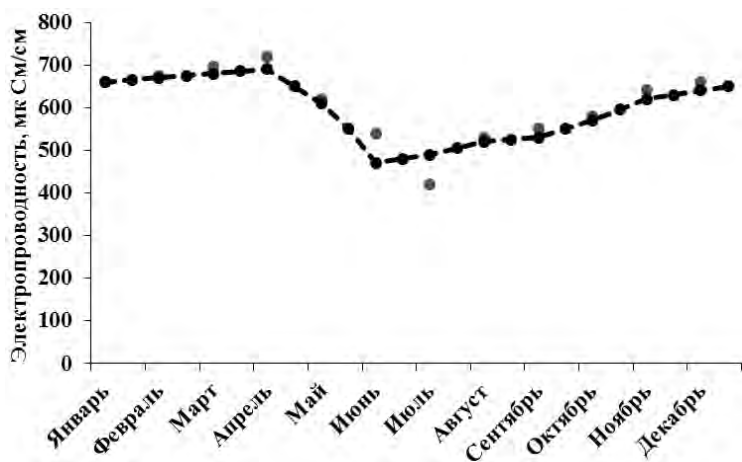


Рис. 2. Рассчитанные (линия) и измеренные (точки) значения средней электропроводности воды в водохранилище Перейра де Миранда (Бразилия). 1994г.

Сопоставление рассчитанных и измеренных данных показывает, что расчет по формуле А.П. Браславского дает вполне адекватные результаты. Маломинерализованные дождевые воды в реках в период заполнения водохранилища резко снижают минерализацию вод. В периоды засухи и почти полного отсутствия притока минерализация воды водохранилища постепенно возрастает, главным образом, под влиянием испарения. При продолжительных засухах, длящихся несколько лет подряд это увеличение растягивается и до нового дождливого периода минерализация может значительно увеличиться.

Адекватность получаемых результатов расчета по формуле А.П. Браславского результатов позволяет применить ее для оценки степени увеличения минерализации в течение засушливого периода в зависимости от режима отбора воды из водоема на ирригационные нужды. Увеличение минерализации водохранилища в конце засушливого периода при отсутствии притока определяется следующими факторами: 1) уровнем (объемом) водохранилища после его заполнения в период дождей, 2) начальной минерализацией воды в водохранилище, 3) морфометрическими

особенностями водохранилища (формой кривой уровень-площадь водной поверхности), 4) интенсивностью отбора воды из водохранилища на водоснабжение и ирригацию в засушливый период. При отсутствии притока в засушливый период формула А.П. Браславского приобретает простой вид:

$$M_k = M_n(1 - B) \quad (2).$$

Потери воды на испарение сравнительно просто определить по эмпирической формуле расчета слоя испарения в зависимости от дефицита влажности и скорости ветра. Для водохранилищ северо-востока Бразилии при расчете испарения с поверхности водоема вполне приемлемо использовать величину испаряемости. Расчет увеличения минерализации в течение засушливого периода был проведен для трех водохранилищ штата Сеаре: Кашиторе, Перейра де Миранда и Женерал Сампайо, которые являются базовыми водохранилищами крупного ирригационного проекта в бассейне р. Куру (Bagos, 1994). Основные характеристики этих водохранилищ представлены в таблице.

Таблица. Гидролого-морфологические характеристики водохранилищ бассейна р. Куру.

Водохранилище	Год создания	Площадь бассейна, км ²	Площадь при НПУ, км ²	Объем при НПУ, млн. м ³	Глубина, м	
					Средняя	Максимальная
Женерал Сампайо	1935	1720	33	322	9.8	25
Перейра де Миранда	1957	2840	57	395	6.9	25
Кашиторе	1958	1430	46	202	4.4	23

Начальные объемы воды в водохранилищах на момент начала засушливого периода значительно варьируют в зависимости от условий их наполнения в период дождей. Также колеблются, хотя и в меньшей степени величины забора воды на орошение в течение засушливого периода. Используя приведенные расчетные формулы, можно получить зависимости для оценки величины увеличения минерализации (в процентах по отношению к начальной) в водохранилищах за период засухи в реальных диапазонах изменения этих величин.

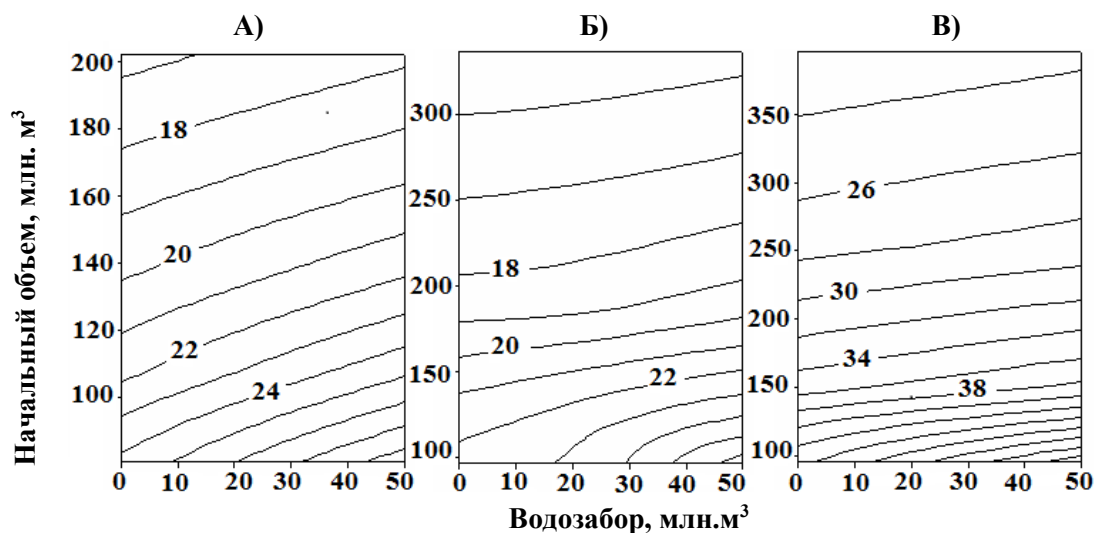


Рис. 3. Номограмма для определения степени увеличения минерализации воды (в процентах от начальной минерализации) в водохранилищах Кашиторе (А), Женерал Сампайо (Б) и Перейра де Миранда (В).

Период засухи в рассматриваемом регионе длится примерно 9 месяцев – с мая по январь. Иногда в эти месяцы происходит выпадение осадков на водосборе, в том числе на поверхность водоема. Однако, эта составляющая водного баланса водохранилищ в эти периоды столь мала, что в

расчетах минерализации ей можно пренебречь и считать только расходные части баланса – испарение и водозабор.

Расчет минерализации проводился с шагом один месяц по климатическим значениям испаряемости, объем водохранилища на конец каждого месяца вычислялся методом итерации. Полученные расчетами множественные зависимости превышения минерализации в процентах по отношению к начальной для рассмотренных водохранилищ представлены в виде номограмм на рисунке 3.

Как видно из этих номограмм, в водохранилище Кашиторе, увеличение минерализации при самых неблагоприятных условиях (малый объем воды в конце дождливого периода и интенсивный отбор воды в засуху) не превысит 30%, в то время как для водохранилища Перейра де Миранда минерализация при таких условиях может возрасти на 50%.

Заключение

Для всех водохранилищ важнейшее значение имеет начальный объем воды, т.е. количество аккумулированной в них воды в период дождей. При наполнении водохранилищ до отметок нормального подпорного горизонта отбор воды на орошение слабо влияет на рост минерализации воды. Резкое увеличение минерализации воды в водохранилищах Перейра де Миранда и Женерал Сампайо при низких уровнях обусловлено особенностями кривых площадей этих водохранилищ. Особенности изменений площадей водохранилищ при сработке их объема является существенным фактором режима минерализации водохранилищ в засушливый период.

Расчеты по полученным номограммам позволяют оценить изменение среднего значения минерализации воды водохранилищ в течение засушливого периода и прогнозировать качество воды для орошения и у водозаборов станций водоподготовки в зависимости от интенсивности расходования аккумулированных в водохранилищах запасов воды в течение засушливого периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Браславский А.П. 1961. Расчет минерализации воды водохранилищ // Гидрохимические материалы. Т. 32. С. 72-96.
- Эдельштейн К.К. 2005. Структурная гидрология суши. М.: ГЕОС. 316 с.
- Даценко Ю.С., Карра Р.Л. 1998. О гидрологической структуре вод в водохранилищах тропической зоны Бразилии // Вестник Московского университета. Сер. География. № 1. С. 59-63.
- Barros F.F. 1994. Estudo da Qualidade da Água e Balanço de Sais em Reservatórios Superficiais na Bacia do Rio Curu. Dissertação de Mestrado submetida a Coordenação do Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceara. 119 p.

THE IMPACT OF DROUGHTS ON THE MINERALIZATION OF RESERVOIRS IN NORTH-EASTERN PART OF BRAZIL

© 2017. Yu.S. Dacenko

*M.V. Lomonosov Moscow State University
Russia, 119992, Moscow, Leninskie gory, 1. E-mail: yuri0548@mail.ru*

The climatic features of North-Eastern Brazil cause almost complete lack of river runoff during the dry season. Due to the extreme irregularity of runoff in reservoirs of the region there is an increase in salinity by the end of the drought. The method of calculation of mineralization of water for the conditions of no flow to reservoirs the estimates of the mineralization increasing degree was developed depending of the volume of the reservoir in the initial part of the dry period and amount of water abstraction from reservoir during this period. These estimates are presented in the form of graphical calculations diagrams for the three reservoirs of the Brazilian state Ceará.

Keywords: reservoirs, mineralization, specific electrical conductivity, dry season, river glow.

УДК 581.5

РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА НИЗОВИЙ ВОЛГИ НА ПОЧВАХ С РЕЗКО ВЫРАЖЕННОЙ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКОЙ ЗАСОЛЕНИЯ¹

© 2017 г. В.Б. Голуб, А.В. Чувашов, В.В. Бондарева, Л.Ф. Николайчук

Институт экологии Волжского бассейна РАН

Россия, 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10. E-mail: vbgolub2000@mail.ru

Поступила 20.03.2016

Анализировалась база данных геоботанических описаний долины Нижней Волги EU-RU-002, содержащая характеристику 15029 пробных площадок, которые были размещены в этом регионе в период с 1924 г. по 2013 г. Среди этих описаний выявлены две ассоциации *Alismato-Salicornietum* Golub 1985 и *Crypsido aculeatae-Salsolietum sodae* ass. nova, в состав которых на одной и той же пробной площадке входят галофиты и гликофиты. Анализ водной вытяжки образцов почвы, взятых на экотопах, в которых произрастают сообщества асс. *Alismato-Salicornietum*, позволил установить значительную динамику токсичности почвенного раствора в течение года. В свою очередь эти изменения связаны с особенностями гидрологического режима реки Волги.

Ключевые слова: дельта Волги, засоленные почвы, динамика растительности, базы данных растительных сообществ.

В низовьях Волги широко распространены засоленные почвы. Причинами их засоления являются выпотной гидрогеологический режим и материнские породы – хвалынские отложения. На особенности засоления почв в этом регионе значительное влияние оказывают также гидрологический режим и специфика хозяйственного использования территории. Воздействия всех этих факторов отражаются на растительном покрове, который служит индикатором как современных условий, в которых находится экотоп, так и имевших место исторических процессов. В данной статье рассматриваются растительные сообщества и экологические условия экотопов с остро переменным режимом засоления почв.

По материалам геоботанических описаний 1980 г., сделанных в дельте р. Волги, была выделена ассоциация *Alismato-Salicornietum* Golub 1985, особенностью которой является произрастание на одной и той же площади гликофитов и галофитов (Голуб, 1985). К первым относятся однолетники: *Crypsis aculeata*, *C. schoenoides*, *Xanthium albinum*. Эту же экологическую нишу занимает и многолетник с поверхностно расположенной корневой системой – *Alisma gramineum*. Никто из изучавших экологию этого растения не отмечал склонности *A. gramineum* к засоленным почвам (Hroudová et al., 2004; Palmer, 2006; Лапиров, 2008). Сразу же после половодья в этой ассоциации появляются и всходы *Typha angustifolia*. Ко второй группе относятся типичные суккулентные однолетние галофиты: *Salicornia prostrata*, *Suaeda confusa*, *Suaeda maritima* ssp. *salsa*. Они развиваются во второй половине вегетационного сезона. Гликофиты (*Crypsis aculeata*, *C. schoenoides*) в это время уже заканчивают свой цикл развития, а всходы *Typha angustifolia* и экземпляры *Xanthium albinum*, не достигшие генеративной фазы, погибают. Причем *Crypsis aculeata* и *C. schoenoides* в сентябре полностью засыхают и уже могут быть частично разрушены. Кроме перечисленных видов, в сообществах асс. *Alismato-Salicornietum* часто встречаются еще два однолетних вида, не относящихся к суккулентам. Это *Polygonum arenarium* ssp. *pulchellum* и *Echinochloa crus-galli*.

Задачами нашей работы являлись: 1) определение распространения ассоциации *Alismato-Salicornietum*; 2) установление в низовьях р. Волги других фитоценозов, сходных по своему флористическому составу с асс. *Alismato-Salicornietum*; 3) выявление особенностей сезонной

¹ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-04-00011). Авторы благодарят за помощь в определении растений сотрудника Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН Н.Ю. Степанову.

динамики токсичности почвенного раствора, которые определяют наличие в одном сообществе гликофитов и галофитов; 4) испытание современных информационных технологий для мониторинга растительного покрова.

Объекты и методы исследований

Для решения первых двух задач использовали базу данных геоботанических описаний долины Нижней Волги (Голуб и др., 2009; Golub et al., 2012). База данных зарегистрирована в Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD) под индексом EU-RU-002 (<http://www.givd.info/>). Она создана на основе программы TURBOVEG (Hennekens, Schaminée, 2001) и в настоящее время содержит геоботанические описания 15029 пробных площадок, заложенных в период с 1924 г. по 2013 г. в Волго-Ахтубинской пойме, дельте р. Волги и подstepных ильменах. База передана для хранения и свободного использования в европейский архив растительности – European Vegetation Archive, постоянно обновляемая информация о содержании которого доступна в интернете (<http://euroveg.org/eva-database>). В сравнении с другими зарегистрированными в GIVD и переданными в европейский архив наша база по своему объему весьма скромная. Однако она является самой большой по количеству геоботанических описаний, собранных на европейской территории России (Chytrý et al., 2016).

Отбор из базы EU-RU-002 геоботанических описаний проводили с помощью экспертной системы ("Expert System"), имеющейся в пакете программ JUICE 7.0. Методика ее применения дана в инструкции, прилагаемой к названному пакету (http://www.sci.muni.cz/botany/juice/JUICEman_all.pdf). Авторами настоящей статьи она уже была опробована ранее и изложена в их публикации, посвященной характеристике тростниковых зарослей Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги (Голуб и др., 2015). Применение экспертной системы заключалось в разработке формул, которые позволяют из базы данных отбирать геоботанические описания определенного флористического состава и с заданным обилием видов. Если такая формула создавалась для выявления фитоценозов, относящихся к определенной ассоциации, то вначале ее конструировали на примере описаний, имевшихся в ее протологе. Затем формулу проверяли на всем массиве описаний, включенных в базу данных EU-RU-002, и при необходимости корректировали.

Для сравнения низших синтаксонов между собой использовали другую базу данных – "Classify", также созданную на основе программы TURBOVEG, которая содержит характеристику 2300 субассоциаций и ассоциаций, установленных на территории северной Евразии на засоленных почвах (Sorokin, Golub, 2013). Оценку сходства синтаксонов проводили с помощью кластерного анализа, в процессе которого определяли коэффициент Серенсена (McCune et al., 2002).

Для решения третьей задачи, касающейся установления особенностей сезонной динамики токсичности почвенного раствора, привлекли материалы наблюдений на стационарном участке, на котором было представлено сообщество растений асс. *Alismato-Salicornietum*. Эти наблюдения велись в 1983-1986 гг. Данные, относящиеся к результатам сезонной динамики засоления почв на этом участке, ранее не анализировались и не были опубликованы.

Стационарный участок занимал площадь 200 м². Он находился вблизи с. Мешково Володарского района Астраханской области и эксплуатировался как пастбище. Географические координаты его центральной части: 46°22'30.4" с.ш., 48°38'57.9" в.д. С помощью нивелира высота поверхности участка была привязана к расположенной поблизости рейке водомерного поста гидрометеослужбы в с. Большой Могой, что позволяло судить о его гидрологическом режиме.

В течение вегетационного сезона несколько раз на участке с помощью бура отбирали образцы почвы в 4-х – 6-и кратной повторности для определения ионного состава водной вытяжки. Анализ был выполнен в Астраханской областной агрохимической лаборатории по существовавшим во время их проведения государственным стандартам, которые в целом совпадали с методами, описанным в руководстве Е.В. Аринушкиной (1970).

При приготовлении водной вытяжки в соответствии с упомянутым руководством (разбавление 1:5) в лабораторных условиях в титруемый раствор переходит значительная доля солей, находящаяся в почве в естественном состоянии в твердой фазе. Это касается прежде всего таких соединений как Са(НСО₃)₂ и СаSO₄. В результате водная вытяжка дает искаженные представления о составе и концентрации реального почвенного раствора, с которым контактирует корневая система растений.

Физиологическое воздействие на растения лучше характеризует не общее содержание солей в водной вытяжке, а так называемый "суммарный эффект токсичных ионов" в эквивалентах хлора (Т), вычисленный по алгоритму Н.И. Базилевич и В.И. Панковой (1968). Использование этого показателя в определенной мере снимает артефакты, возникающие за счет растворения в лабораторных условиях в почвенных образцах гипса и гидрокарбоната кальция. Кроме того, этот показатель учитывает неодинаковую для растений токсичность разных ионов. Алгоритм расчета суммарного эффекта токсичных ионов, выраженный в мг-экв. на 100 г почвы, для хлоридно-сульфатного типа засоления, который характерен для экотопа асс. *Alismato-Salicornietum*, выглядит следующим образом (1):

$$T = Cl^- + (SO_4^{2-} - (Ca^{2+} - HCO_3^-))/5 \quad (1).$$

Названия сосудистых растений приводим по их списку, который представлен в электронной базе "The Euro+Med PlantBase" (<http://www.emplantbase.org/home.html>).

Следует заметить, что чаще всего на засоленных почвах в низовьях р. Волги из таксонов секции *Polygonum* рода *Polygonum* произрастает *P. arenarium* ssp. *pulchellum*. Но он в вегетативном состоянии трудно отличим от других таксонов секции *Polygonum*, которые тоже встречаются в Волго-Ахтубинской пойме и дельте р. Волги: *P. aviculare*, *P. bellardii*, *P. patulum*, *P. arenarium* ssp. *arenarium*. Они не всегда правильно определялись геоботаниками, описания которых включены в базу данных. Поэтому, когда мы обращались к базе данных EU-RU-002, то запрашивали из нее описания со всеми перечисленными выше таксонами секции *Polygonum*. А затем оперировали обобщенным для них названием: *P. aviculare* agg. В базе данных EU-RU-002 обилие растений указывается в процентах проективного покрытия. Но при составлении представленных в статье таблиц проценты переведены в баллы: + – <1%, 1 – 1-5%, 2 – 6-15%, 3 – 16-25%, 4 – 26-50%, 5 – >50%.

Результаты и обсуждение

Для асс. *Alismato-Salicornietum* характерно совместное произрастание двух групп видов, проходящих полный цикл развития: однолетников-суккулентов и видов однолетников, не являющихся суккулентами. Поэтому для отбора с помощью экспертной системы описаний фитоценозов, которые следует отнести к этой ассоциации, мы выделили две группы видов: 1) *Salicornia prostrata*, 2) *Polygonum aviculare* agg. Первая группа включает *Salicornia prostrata*, *Suaeda maritima* ssp. *salsa*, *Suaeda confusa*; вторая – *Crypsis schoenoides*, *C. aculeata*, *Polygonum aviculare* agg., *Echinochloa crus-galli*. Минимальное количество видов, которые должны быть представлены в растительном сообществе для отнесения к асс. *Alismato-Salicornietum*, из первой группы равно 1, а из второй – 2. При этом в фитоценозах асс. *Alismato-Salicornietum* в соответствии с ее протоколом должны доминировать виды рода *Crypsis*: их суммарное проективное покрытие должно быть более 15%. При таких задаваемых условиях формула для отбора геоботанических описаний, которые следует отнести к асс. *Alismato-Salicornietum*, выглядит следующим образом: *Crypsis aculeata* + *C. schoenoides* покр. >15% AND гр. *Polygonum aviculare* agg. AND гр. *Salicornia prostrata*.

Подчеркнем, что эта формула не является универсальной характеристикой ассоциации: она может быть использована только при работе с базой данных долины Нижней Волги EU-RU-002. С помощью приведенной формулы из этой базы данных было извлечено 106 геоботанических описаний растительности, которые могут считаться сообществами, относящимися к асс. *Alismato-Salicornietum*. Все эти описания были осуществлены в период с 1972 г. по 1993 г. Ни раньше, ни позже эта ассоциация не выявлялась. В 93-х случаях она была отмечена в дельте Волги, в 6-и в нижней части Волго-Ахтубинской поймы, примыкающей к дельте, в 6-и – в западных подступных ильменах и 1 раз – на обвалованном участке залежи в северной части Волго-Ахтубинской поймы.

Нас интересовал вопрос, имеются ли в долине Нижней Волги другие сообщества со схожей комбинацией видов, что и в асс. *Alismato-Salicornietum*, но с доминированием не представителей рода *Crypsis*, а других родов. Для этого из базы данных EU-RU-002 были извлечены описания, в которых были представители групп *Polygonum aviculare* и *Salicornia prostrata* с тем же условием: минимальное количество видов первой группы равно – 1, второй – 2. Среди отобранных оказалась небольшая компактная группа из 8-и описаний с доминированием *Salsola soda*. С помощью кластерного анализа мы сравнили эту группу с галофитными сообществами, которые представлены в

базе данных "Classify". Кроме асс. *Alismato-Salicornietum*, по флористическому составу с ней оказалась сходна асс. *Salsoletum sodae* Slavnić 1948 (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная синоптическая таблица.

Синтаксон	1	2	3	4
Количество описаний	3	10	8	10
Среднее число видов на площадке	3	4	6	10
<i>Aster tripolium</i> ssp. <i>Pannonicus</i>	1 ⁻¹	II ⁻¹	.	IV ⁻¹
<i>Atriplex littoralis</i> s.l. (incl. <i>A. intracontinentalis</i>)	3 ⁺²	V ⁺	.	III ⁻¹
<i>Salsola soda</i>	3 ²⁻³	V ²⁻³	V ²⁻⁴	.
<i>Puccinellia distans</i> ssp. <i>Limosa</i>	3 ¹⁻²	I ⁺	.	.
<i>Crypsis schoenoides</i>	.	III ⁺	II ⁻¹	IV ⁻⁵
<i>Spergularia media</i>	.	II ⁻¹	.	.
<i>Crypsis aculeata</i>	.	I ⁺	V ⁺¹	III ⁻⁴
<i>Salicornia prostrata</i>	.	.	IV ⁻¹	V ¹
<i>Alisma gramineum</i>	.	.	IV ⁻²	V ¹⁻²
<i>Polygonum arenarium</i> ssp. <i>pulchellum</i>	.	.	III ⁻¹	IV ⁻¹
<i>Suaeda confusa</i>	.	.	I ⁺	IV ⁻¹
<i>Atriplex prostrata</i>	.	.	II ⁻¹	V ¹⁻¹
<i>Scirpus maritimus</i> ssp. <i>maritimus</i>	.	I ⁺	I ⁻³	IV ⁻¹
<i>Suaeda maritima</i> ssp. <i>salsa</i>	.	.	IV ⁻²	.
<i>Aeluropus littoralis</i> s.l. (incl. <i>Aeluropus pungens</i>)	.	.	I ⁻¹	II ⁻³
<i>Lepidium latifolium</i>	.	.	.	II ⁻¹
<i>Typha angustifolia</i>	.	.	.	II ⁻¹
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	II ⁻¹
<i>Xanthium albinum</i>	.	.	.	II ⁻¹
<i>Atriplex tatarica</i>	.	I ⁺	.	.
<i>Camphorosma annua</i>	.	I ⁺	.	.
<i>Althaea officinalis</i>	.	.	I ⁺	.
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	.	.	I ⁺	.
<i>Chenopodium chenopodioides</i>	.	.	I ⁺	.

Примечания к таблице 1: 1 – Асс. *Salsoletum sodae* Slavnić 1948 (Knežević, Boža, 1990), 2 – Асс. *Salsoletum sodae* Slavnić 1948 (Slavnić, 1948), 3 – Группа сообществ с доминированием *Salsola soda* в низовьях р. Волги, 4 – *Alismato-Salicornietum* Golub 1985 (Голуб, 1985). Надстрочными индексами указаны интервалы варьирования обилия растений в баллах в соответствии со шкалой, которую использовал автор в своей работе.

Ассоциация *Salsoletum sodae* Slavnić 1948 была впервые описана в Сербии (Slavnić, 1948). Ее фитоценозы приурочены к местообитаниям с засоленными почвами, которые периодически затопляются водами р. Тисы, а летом и осенью сильно обсыхают. По мнению автора, выделившего эту ассоциацию, значительное влияние на ее флористический состав оказывает выпас крупного рогатого скота. Позже в этом же районе Сербии сообщества асс. *Salsoletum sodae* Slavnić 1948 описывали А. Кнежевић и Р. Божа (1990). По литературным данным, асс. *Salsoletum sodae* Slavnić 1948 в подобных местообитаниях, что и в Сербии, встречается в Албании (Dring et al., 2002), Венгрии (Bagi, Molnár, 2011), Молдавии (Ursu, Postolache, 2014), Румынии (Handanu et al., 2015). J. M. Géhu и J. Géhu (1969) считали, что эта ассоциация представлена также на атлантическом побережье

Франции. Похожее сообщество с доминированием *Salsola soda* (*Suaedo splendentis-Salsoletum sodae* Br.-Bl. 1931) описывали в Испании на засоленной почве как на средиземноморском побережье, так и внутри континента (Cirujano, 1981).

Несмотря на сходство выделенной нами группы сообществ с доминированием *Salsola soda* и асс. *Salsoletum sodae* Slavnić 1948, признать их идентичными все же нельзя. Их флористический состав значительно различается и свидетельствует о том, что для экотопов асс. *Salsoletum sodae* свойственна меньшая степень переменности увлажнения и засоления почвы, чем в сообществах с доминированием *Salsola soda* в низовьях Волги. Поэтому выявленную нами здесь комбинацию видов растений с доминированием *Salsola soda* мы считаем возможным установить как новую ассоциацию – *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* ass. nova hoc loco, типичные описания которой помещены в таблице 2. Номенклатурный тип асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* (holotypus) описание № 6.

Таблица 2. Ассоциация *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* ass. nova hoc loco.

Порядковый номер	1	2	3	4	5	6	7	Постоянство, %
Номер описаний в базе данных EU-RU-002	8124	8125	14156	14157	14158	14159	14165	
Площадь описания (м ²)	25	10	9	9	10	10	10	
Проективное покрытие (%)	10	60	10	10	15	15	15	
Количество видов в описании	5	8	4	4	6	8	8	
<i>Salsola soda</i>	2	4	2	2	2	2	2	100
<i>Crypsis aculeata</i>	+	1	+	+	+	1	1	100
<i>Suaeda maritima</i> ssp. <i>Salsa</i>	1	2	.	.	+	+	+	71
<i>Salicornia prostrata</i>	.	+	1	1	+	.	1	71
<i>Alisma gramineum</i>	.	.	+	+	1	1	1	71
<i>Polygonum arenarium</i> ssp. <i>pulchellum</i>	.	.	.	.	1	1	+	43
<i>Crypsis schoenoides</i>	+	1	.	.	.	+	.	43
<i>Atriplex prostrata</i>	.	1	.	.	.	+	.	29

Примечания к таблице 2: Виды, встреченные только в одном описании: 1 – *Alhagi pseudalhagi* (+); 2 – *Scirpus maritimus* ssp. *maritimus* (2), *Althaea officinalis* (+); 6 – *Chenopodium chenopodioides* (+); 7 – *Aeluropus pungens* (1), *Suaeda confusa* (+). Даты осуществления геоботанических описаний и местонахождение пробных площадок: 1 – 15.09.1996 Астраханская обл., Володарский район, 2 км к западу от пос. Володарский; 2 – 15.09.1996, там же; 3 – 03.09.2013 Астраханская обл., Лиманский район, окрестности пос. Оля, 45°47'34.6" с.ш., 47°31'27.4" в.д.; 4 – 03.09.2013, там же, 45°47'34.9" с.ш., 47°31'26.1" в.д.; 5 – 03.09.2013 Астраханская обл., там же, 45°47'35.1" с.ш., 47°31'26.4" в.д.; 6 – 03.09.2013, там же, 45°47'35.2" с.ш., 47°31'28.4" в.д.; 7 – 03.09.2013, там же, 45°47'35.9" с.ш., 47°31'24.8" в.д.

Фитоценозы асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* формируются на экотопах, близких к тем, на которых встречается асс. *Alismato-Salicornietum*. Это длительно, до 2-х месяцев, затопляемые во время половодий центральные части островов, интенсивно используемые как пастбища. Поверхности относительно выровнены или находятся в неглубоких депрессиях. Почва с поверхности хорошо гумусированная за счет отложения наилка и нитчатых водорослей, выпадающих в осадок после спада воды. В составе сообществ ассоциации также произрастают вместе гликофиты и галофиты. К первым относятся *Crypsis aculeata*, *C. schoenoides*, *Alisma gramineum*, ко вторым – *Salsola soda*, *Suaeda maritima* ssp. *salsa*, *S. confusa*, *Salicornia prostrata*.

Локальным диагностическим видом в базе данных EU-RU-002 для ассоциации *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* является *Salsola soda*, доминирующий в сообществе. Но при отборе описаний, которые следует отнести к этой ассоциации, необходимо ограничивать присутствие в ней многолетника *Aeluropus pungens*. В большом обилии он характерен для асс. *Polygono-Aeluropodetum*

pungentis Golub et Mirkin 1986, обычно образующей комплексы с асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae*. Но в целом формула для этой ассоциации выглядит проще, чем для асс. *Alismato-Salicornietum*. Не было необходимости вводить в нее данные о группах *Polygonum aviculare* и *Salicornia prostrata*, достаточно оперировать лишь обилием видов: *Salsola soda* – проективное покрытие >5% NOT *Aeluropus pungens* – проективное покрытие >5%.

Это значит, что конкретный фитоценоз из базы данных должен быть отнесен к асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae*, если проективное покрытие первого вида будет более 5%, а второго – не превышать этого числа.

Что касается морфологии сообществ асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae*, то, характеризуя ее, следует сказать, что высота травостоя в них колеблется от 10 до 30 см, общее проективное покрытие – от 10 до 60%.

Фитоценозы асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* были описаны лишь в двух местах низовий р. Волги: в восточной части дельты и в районе западных подступных ильменей. Эту ассоциацию можно считать редкой для долины Нижней Волги. Видимо, поэтому она ранее и не была выделена и в результате не вошла в относительно недавно опубликованный список синтаксонов долины Нижней Волги (Голуб, Мальцев, 2013).

При решении вопроса о положении асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* в системе высших синтаксонов надо обратить внимание на сочетание в ее составе гликофитов и однолетних суккулентных галофитов. Такая комбинация характерна для сообществ кл. *Crypsidetea aculeatae* Vicherek 1973. Поэтому асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae*, также как и асс. *Alismato-Salicornietum*, мы считаем нужным отнести к этому последнему классу в составе союза *Cypero-Spergularion salinae* Slavnić 1948 и порядка *Crypsietalia aculeatae* Vicherek 1973.

Флористический состав сообществ растений, в котором присутствуют одновременно гликофиты и галофиты, говорит о том, что экотопам таких сообществ свойственна значительная переменность токсичности почвенного раствора в верхних горизонтах почвы в течение вегетационного сезона. Однако это косвенное свидетельство. Анализ водной вытяжки образцов почв на стационарном участке, где была представлена асс. *Alismato-Salicornietum*, показал, что расчетная токсичность почвенного раствора действительно значительно меняется в течение года, особенно сильно в самом верхнем слое почвы. Она минимальна после половодья, как это было в 1983 г., или весной до его наступления, как в 1984 и 1986 гг., и максимальна осенью, в конце вегетационного сезона (рис.).

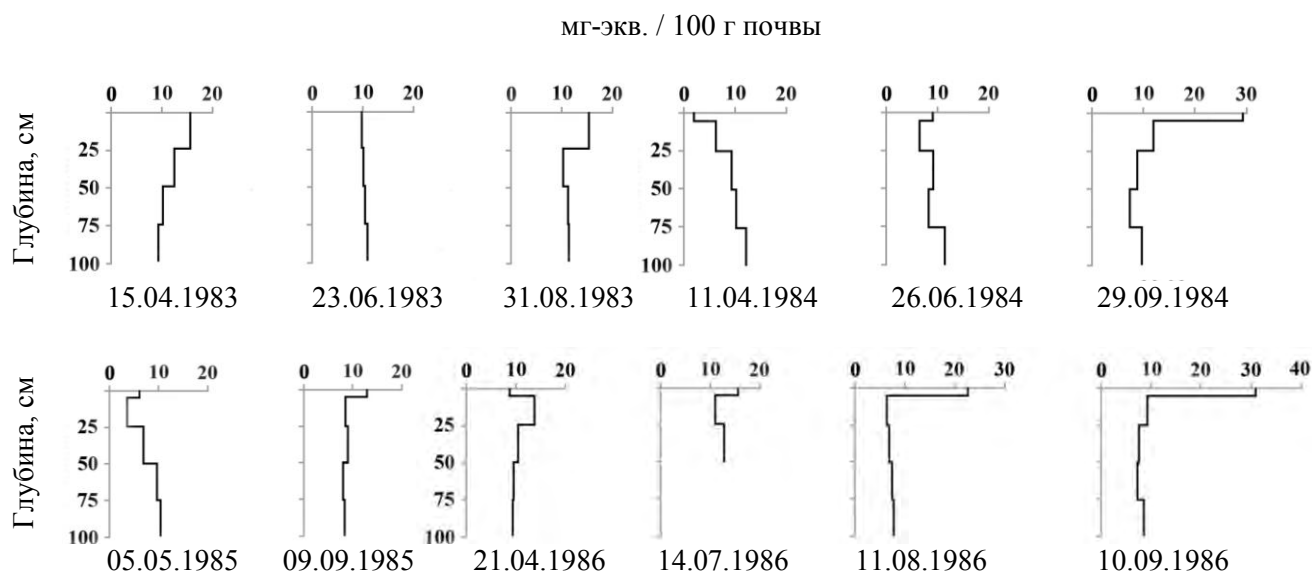


Рис. Сезонная динамика токсичности почвенного раствора в эквивалентах хлора.

Рассоление верхнего слоя почвы длительно затопляемых поверхностей после весенне-летнего половодья в низовьях Волги и повышение содержания в них солей к осени является давно установленным фактом (Лаврентьев, 1958). Эта динамика объясняется вымыванием солей из почвы

водами половодий, а затем их подъемом вверх из грунтовых вод и материнских пород в условиях выпотного гидрогеологического режима. Грунтовые воды на стационарном участке с асс. *Alismato-Salicornietum* были сильно минерализованы. Среднее содержание в них солей за годы наблюдений составляло по учетам, проведенным в августе-сентябре, 35 г/л (Голуб и др., 2011).

Что касается снижения содержания солей в зимний и ранневесенний период в верхнем горизонте почвы, то это явление в низовьях Волги никем ранее не отмечалось. По нашему мнению, оно обязано как осенне-зимним осадкам, так и периодическому затоплению низко лежащих поверхностей островов дельты в зимний и ранневесенний период (январь-март) волжскими водами. То, что стационарный участок, на котором была представлена асс. *Alismato-Salicornietum*, затопляется в зимний и ранневесенний период было выявлено визуальными наблюдениями. Подтверждается это и данными гидрологического поста в с. Большой Могой.

Зимние половодья в долине Нижней Волги вызваны антропогенными причинами. Они стали происходить после введения в эксплуатацию в 1959 г. Волгоградской ГЭС в результате более высоких, в сравнении с естественным гидрологическим режимом, расходов воды в зимний и ранневесенний период. В это время возрастает потребность в электроэнергии, поэтому из Волгоградского водохранилища через турбины ГЭС пропускают большее количество воды.

Еще одной характерной чертой гидрологического режима низовий Волги после зарегулирования стока стали более высокие меженные уровни, чем это было в естественных условиях (Новикова, 2010). Уровень грунтовых вод в низовьях Волги повторяет с запозданием и в сглаженном виде колебания уровня воды в водотоках (Васильев, 1975). Это должно было привести к повышению среднегодового уровня грунтовых вод. В свою очередь, подъем уровня грунтовых вод способствует подтягиванию солей в верхние горизонты почвы, особенно если эти воды сильно минерализованы, что наблюдалось на стационарном участке с асс. *Alismato-Salicornietum*.

Можно предполагать, что подобная динамика токсичности почвенного раствора существует и на экотопах, которые занимает асс. *Crypsido aculeatae-Salsolietum sodae*. Но, вероятно, она не столь значительна. Об этом свидетельствует меньшая представленность в последней ассоциации гликофитов и большая – галофитов.

Вернемся к интересному факту присутствия в геоботанических описаниях нашей базы данных сообществ асс. *Alismato-Salicornietum* в 1972-1993 гг. и их отсутствия в ней до и после этих лет. Обратим внимание, прежде всего, на дельту р. Волги, где эта ассоциация чаще всего встречалась в указанный выше период. С этой территории в базе данных хранится 845 описаний, сделанных до 1972 г. и после 1993 г. При этом надо заметить, что в 1994-2013 гг., некоторые пробные площадки закладывали в тех же местах, где ранее фиксировали присутствие сообществ этой ассоциации, в том числе на территории бывшего стационарного участка наблюдений. Т.е., можно говорить о том, что комбинация растений, характерная для асс. *Alismato-Salicornietum*, если и существовала в дельте р. Волги до 1972 г. и после 1993 г., то встречалась настолько редко, что не попала ни разу более чем в 2.5 тыс. описаний, сделанных здесь разными геоботаниками. По нашему мнению, "вспышка" распространения фитоценозов асс. *Alismato-Salicornietum* в 1972-1993 гг. обязана сочетанию нескольких факторов. Обратим лишь внимание на два главных из них, хотя они, конечно, не единственные. Первый – специфический гидрологический режим Нижней Волги, сложившийся после зарегулирования водного стока. Новые гидрологические условия способствовали повышению переменности увлажнения и засолению экотопов, которые заняла эта ассоциация. Вторым важным фактором является высокая интенсивность хозяйственного использования растительных ресурсов в этот период, что также благоприятствовало засолению верхних горизонтов почвы. Но в последнюю четверть века, при сохранившемся в общих чертах прежнем гидрологическом режиме, хозяйственная эксплуатация лугово-болотных угодий низовий Волги значительно снизилась. Прекратилась заготовка тростника для производства бумаги и картона (Бармин, Голуб, 2000), резко сократились пастбищная нагрузка и площади заготовок сена (Голуб и др., 2013). Эти обстоятельства привели к снижению засоления почв после 1993 г. и в результате – к уменьшению распространения асс. *Alismato-Salicornietum*.

Заключение

В долине Нижней Волги выявлены сообщества, относящихся к классу *Crypsidetea aculeatae* Vicherek 1973, флористический состав которых состоит из галофитов и гликофитов: асс. *Alismato-Salicornietum* Golub 1985 и асс. *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* ass. nova. Существование этих фитоценозов обязано высокой переменной токсичности почвенного раствора в верхних горизонтах почвы. За период геоботанических исследований в долине Нижней Волги с 1924 г. по 2013 г. сообщества кл. *Crypsidetea aculeatae* чаще всего встречались в условиях зарегулированного водного стока и высокой интенсивности хозяйственного использования растительных ресурсов в 1972-1993 гг. Установлена ценность баз геоботанических описаний, охватывающих большие периоды времени, для мониторинга растительного покрова. Авторы полагают, что создание таких баз данных, является актуальной задачей отечественной фитоценологии и биогеографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 488 с.
- Базилевич Н.И., Панкова Е.И. 1968. Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. № 11. С. 3-16.
- Васильев Б.В. 1975. Взаимосвязь речных и грунтовых вод дельты Волги. Л.: Геогр. общ-во СССР. С. 64-73.
- Голуб В.Б. 1985. К характеристике ассоциации *Alismato-Salicornietum* ass. nova в дельте реки Волги // Антропогенные процессы в растительности. Уфа: БФАН СССР. С. 35-37.
- Бармин А.Н., Голуб В.Б. 2000. Поучительный урок результатов эксплуатации тростниковых зарослей в дельте реки Волги // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 2. № 2. С. 295-299.
- Голуб В.Б., Бондарева В.В., Сорокин А.Н., Николайчук Л.Ф. 2015. Сообщества с доминированием тростника (*Phragmites australis* agg.) в долине Нижней Волги // Растительность России. № 26. С. 26-37.
- Голуб В.Б., Старичкова К.А., Бармин А.Н., Иолин М.М., Сорокин А.Н., Николайчук Л.Ф. 2013. Оценка динамики растительности в дельте Волги // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3 (56). С. 54-64.
- Голуб В.Б., Мальцев М.В. 2013. Список растительных сообществ Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги // Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. 7. № 3. С. 112-122.
- Голуб В.Б., Филипенко В.Н., Лосев Г.А., Бармин А.Н. 2011. Характеристика абиотических факторов на территории ботанических памятников природы в низовьях Волги // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Серия Экология. Вып. 11. С. 19-43.
- Лаврентьев Ю.Л. 1958. Солевой режим почв волжской дельты // Труды Гродненского сельскохозяйственного института. Вып. 4. С. 87-92.
- Лапиров А.Г. 2008. Явление квантированности роста метамерной организации побега некоторых представителей семейства Alismataceae Vent. // Вестник Тверского государственного университета. Серия Биология и экология. Вып. 9. С. 122-126.
- Новикова Н.М. 2010. Регулирование режима водно-болотных угодий Нижней Волги в природоохранных целях // ООПТ Нижней Волги как важнейший механизм сохранения биоразнообразия: итоги, проблемы и перспективы. Материалы научно-практической конференции. Волгоград: ПринТерра-Дизайн. С. 216-222.
- Bagi I., Molnár Z. 2011. F5. Padkás szikesek, szikes tavak iszap – és vakszik növényzete. Annual salt pioneer swards of steppes and lakes // Bölöni J., Molnár Z., Kun A. (szerk.). Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. Vácrátót: MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete. P. 135-139.
- Cirujano S. 1981. Las lagunas manchegas y su vegetación. II. // Anales del Jardin Botanico de Madrid. Vol. 38. P. 187-232.
- Chytrý M., Hennekens S.M., Jiménez-Alfaro B., Knollová I., Dengler J., Jansen F., Landucci F., Schaminée J.H.J., Ačić S., Agrillo E., Ambarli D., Angelini P., Apostolova I., Attorre F., Berg C., Bergmeier E., Biurrun I., Botta-Dukát Z., Brisse H., Campos J.A., Carlón L., Čarni A., Casella L., Csiky J., Čuštrevska R., Stevanović Z.D., Danihelka J., Bie De E., Ruffray de P., Sanctis De M., Dickoré W.B., Dimopoulos P., Dubyna D., Dziuba T., Ejrnaes R., Ermakov N., Ewald J., Fanelli G., Fernández-González F., FitzPatrick U., Font X., Garcia-Mijangos I., Gavilán R.G., Golub V., Guarino R., Haveman R., Indreica A., Gürsoy D.I., Jandt U., Janssen J. A.M., Jiroušek M., Kęcki Z., Kavgaci A., Kleikamp M., Kolomiychuk V., Čuk M.K., Krstonošić D., Kuzemko A., Lenoir J., Lysenko T., Marcenó C., Martynenko V., Michalcová D., Moeslund J.E., Onyshchenko V., Pedashenko H., Pérez-Haase A., Peterka T., Prokhorov V., Rašomavičius V., Rodríguez-Rojas M.P., Rodwell J.S., Rogova T., Ruprecht E., Růžička S., Seidler G., Šibík J., Šilc U., Škvorec Ž., Sopotlieva D., Stančić Z., Svenning J.-C., Swacha G., Tsiropidis I., Turtureanu P.D., Uğurlu E., Uogintas D., Valachovič M., Vashenyak Y., Vassilev K., Venzoni R., Virtanen R., Weekes L., Willner W., Wohlgemuth T., Yamalov S. 2016. European Vegetation Archive (EVA): an integrated database of European vegetation plots // Applied Vegetation Science. Vol. 19. P. 173-180.
- Dring J., Hoda P., Mersinlar M., Mullaj A., Pignatti S., Rodwell J. 2002. Plant communities of Albania - a preliminary overview // Annali di botanica. Vol. 2. P. 7-30.

- Géhu J.-M., Géhu J.* 1969. Les associations végétales des dunes mobiles et des bordures de plages de la côte atlantique Française // *Vegetatio*. Vol. 18. P. 122-166.
- Golub V.B., Mirkin B.M.* 1986. Grasslands of the Lower Volga Valley // *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*. Vol. 21. № 4. P. 337-395.
- Handanu J., Doroftei M., Sârbu I., Ștefan N.* 2015. Physical Landscape: Distribution of Vegetation // *The Bio-Politics of the Danube Delta. Nature, History, Policies*. Lanham: Lexington Books. P. 3-38.
- Hennekens S.M., Schaminée J.H.J.* 2001. TURBOVEG a comprehensive data base management system for vegetation data // *Journal of Vegetation Science*. Vol. 12. P. 589-591.
- Hroudová Z., Zákravský P., Čechurová O.* 2004. Germination of seed of *Alisma gramineum* and its distribution in the Czech Republic // *Preslia*. Vol. 76. P. 97-118.
- Knežević A., Boža P.* 1990. Asocijacijski kompleks halophitske vegetacije na priobalju akvatorije Rusanda kod Melenaca (Banat) // *Zbornik radova Prirodno-matematičkog fakulteta*. Vol. 20. P. 73-77.
- McCune B., Grace J.B., Urban D.L.* 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Glendeden Beach: MJM Press. 302 p.
- Palmer M.A.* 2006. Ribbon-leaved water-plantain *Alisma gramineum* Lejeune: a review of conservation work carried out under English Nature's Species Recovery Programme and the UK Biodiversity Action Plan, 1991 to 2005 // *English Nature Research Reports*. № 675. P. 1-33.
- Slavnić Ž.* 1948. Slatinska vegetacija Vojvodine // *Arhiv za poljoprivredne nauke i tehniku*. Vol. 3. № 4. P. 76-142.
- Sorokin A.N., Golub V.B.* 2013. Creating experience of syntaxa databases // *Linking vegetation and plant trait databases*. 4th-6th March 2013. Leipzig: German Centre for Integrative Biodiversity Research. P. 27.
- Tichý L.* 2002. JUICE, software for vegetation classification // *Journal of Vegetation Science*. Vol. 13. P. 451-453.
- Ursu A., Postolache Gh.* 2014. Solurile pajiștilor e din Republica Moldova // *Buletinul AȘM. Științele vieții*. №. 3 (324). P. 15-22.
- <http://www.givd.info/>
- http://www.sci.muni.cz/botany/juice/JUICEman_all.pdf
- <http://www.emplantbase.org/home.html>
- <http://euroveg.org/eva-database>

THE PLANT COMMUNITIES OF THE LOWER VOLGA ON SOILS WITH STRONGLY SEASONAL DYNAMICS OF SALINIZATION

© 2017. V.B. Golub, A.V. Chuvashov, V.V. Bondareva, L.F. Nikolaychuk

Institute of Ecology of Volga Basin RAS

Russia, 445003, Togliatti, Komzina str., 10. E-mail: vbgolub2000@mail.ru

The database of the Lower Volga valley vegetation plots EU-RU-002 was analyzed. It contains the characteristic of 15029 relevés located in the period from 1924 to 2013. Two associations *Alismato-Salicornietum* Golub 1985 and *Crypsido aculeatae-Salsoletum sodae* ass. nova were discovered which include halophytes and glycophytes on the same sample plots. Analysis of water extract of soil samples allowed to disclose significant dynamics of the toxicity of soil solution during the year that are related with the hydrological regime of the Volga River.

Keywords: Volga River delta, saline soils, dynamics of vegetation, database of vegetation plots.

УДК 581.526.52(571.54).

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧИЕВЫХ СООБЩЕСТВ (*ACHNATHERUM SPLENDENS* (TRIN.) NEVSKI) ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

© 2017 г. М.Г. Меркушева, А.Л. Балданова, Л.Н. Болонева, И.Н. Лаврентьева

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6. E-mail: merkusheva48@mail.ru

Поступила 13.04.2015

Рассмотрена фитоценотическая характеристика чиевых сообществ, произрастающих на солончаках в галоксерофитной степи Западного Забайкалья. Установлены особенности их состава и структуры. Сходство видового состава чиевников небольшое – слабое или среднее. В ботаническом составе выявлено 14 видов галофитов, 17 – галотолерантных гликофитов. Основу сообществ и их продукцию формируют 3-4 вида, включая доминант. Продукция чиевников составляет 1626 г/м²×год и характеризуется нормальным уровнем.

Ключевые слова: чиевые сообщества, состав, структура, видовое разнообразие, продукция, Западное Забайкалье.

Чиевая формация (*Achnatherum splendens* (Trin.) Nevski) – наиболее древнее образование, генетически связанное с неогенными саванноидами (Пешкова, 1972). Р.В. Камелин (1979) относит её к группе реликтовых флороценофитов субтропических флор, сформировавшихся в плиоцен-плейстоцене. Фитоценофит галоксерофитных степей выделен на основе крупнодерновиннозлаковой формации – чиевой. Ее ареал охватывает преимущественно Среднюю и Центральную Азию, юг Сибири, Монголию и Китай (Исамбаев, 1985; Камелин, 1987; Намзалов, 1994; 2015; Nuyin Huai et al., 2008; Эрдэнэгрл, 2014).

Чиевые сообщества являются ландшафтным типом галоксерофитных степей в межгорных котловинах Южной Сибири. В Западном Забайкалье они занимают высокие террасы рек и равнинные территории, прилегающие к озерам с содовым засолением, произрастают преимущественно на солончаках и придают неповторимый облик ландшафтам. Им свойственны экотопы с неустойчивым водно-солевым режимом. Несмотря на широкое распространение чиевников и отнесение их к объектам особой охраны (Национальная ..., 2012), изученность их видового разнообразия и продуктивности в Западном Забайкалье крайне мала (Пыхалова и др., 2013; Убугунов и др., 2001), хотя имеются данные для Монголии (Востокова, Казанцева, 1995) и других регионов (Викторов, Ремезова, 1988). Цель данной работы – рассмотреть фитоценотическую характеристику чиевых сообществ Западного Забайкалья и их продукцию.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2008-2011 гг. в Заиграевском, Иволгинском и Джидинском районах Республики Бурятия. Объектом исследования являлись чиевые сообщества, произрастающие на солончаках в Удинской (описания 1, 2), Иволгинской (описания 14, 5), Оронгойской (описания 3, 4) и Боргойской (описания 7, 6) степях Западного Забайкалья (рис. 1). Точки описаний расположены по трансекте, длиной 350-360 км, протягивающейся с северо-востока на юго-запад.

Определение проективного покрытия и обилия видов в сообществах проводили по Браун-Бланке на площади 25 м². Названия растений даны по (Определитель ..., 2001). Видовое сходство рассчитано по коэффициенту Сёренсена (Миркин, Розенберг, 1983):

$$K_s = (2c/a+b) \cdot 100$$

где с – число видов, общих для двух сообществ; а – число видов в одном сообществе; b – число видов в другом сообществе.

Отношение видов к засолению установлено по конспекту флоры засоленных местообитаний (Пыхалова и др., 2013), биоморфы – по И.Г. Серебрякову (1962).

Запасы надземной и подземной фитомасс определяли в первую декаду августа. На это время приходится максимум запасов корневой массы и наибольшая продуктивность трав. Надземную массу определяли укосным методом. Травостой срезали у самой поверхности почвы с площадок 50×50 см в десятикратной повторности. Запасы подземной фитомассы в сообществах изучали методом монолитов с последующей отмывкой на почвенных ситах (Шалыт, 1960). В каждом сообществе почвенные монолиты отбирали с трех площадок размером 25×25 см послойно через 5 см до глубины 20 см, затем до 50 см. Отмытые корни высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. Разделение корневой массы на живые и мертвые корни проводили по методике К.А. Куркина (1987). Годичный прирост подземной массы вычисляли по разности между максимальным (август) и минимальным (июнь) её запасами.



Рис. 1. Картосхема расположения геоботанических описаний.

Солончаки характеризуются в корнеобитаемом слое чередованием легких, средних и тяжелых суглинков, слабощелочной-щелочной реакцией среды, содово-сульфатным (точки 1, 2, 3, 4, 7, 6) и сульфатным (точки 14, 5) типом засоления, наличием карбонатов по всему профилю. Максимальные концентрации гумуса и легкорастворимых солей приурочены к поверхностным горизонтам почв (рис. 2). Описание ботанического состава чиевых сообществ выполнено к.б.н. Л.В. Кривобоковым, Б.Б. Найдановым, Н.К. Бадмаевой и О.А. Аненхоновым.

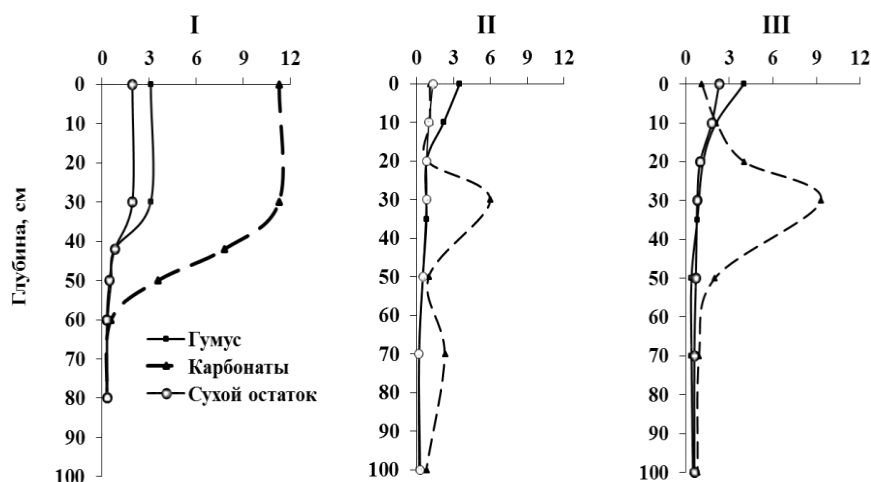


Рис. 2. Содержание и распределение гумуса, карбонатов и легкорастворимых солей в солончаках типичных, %. Условные обозначения: I – описания 1 и 2; терраса р. Уды; II – описание 3, борт оз. Белое; III – описание 14, с. Хубисхал.

Результаты и обсуждение

Чиевые сообщества галоксерофитных степей характеризуются относительно невысоким проективным покрытием, двухъярусным сложением и числом видов, варьирующим в широких пределах, от 6 до 37 (табл. 1).

Таблица 1. Чиевые сообщества Западного Забайкалья.

№ описания, название сообществ	Географические координаты	Общее проективное покрытие, %	Ярус (I, II), высота, см	Число видов	Доминанты	Содоминанты
Удинская степь						
1. Чиево-разнотравные <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i> - <i>Varioherbosum</i>	52° 01' 89.4" с.ш.; 108° 25' 38.4" в.д.; h = 555 м	45	I. 100-130 II. 10-30	20	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	<i>Convolvulus</i> <i>ammanii</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Potentilla acaulis</i>
2. Чиево-разнотравные <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i> - <i>Varioherbosum</i>	52° 01' 85.7" с.ш.; 108° 25' 20.1" в.д.; h = 554 м	60	I. 100-150 II. 10-35	37	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	<i>Artemisia</i> <i>anethifolia</i> , <i>Teloxys aristata</i>
Иволгинская степь						
14. Чиевые <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i>	51° 46' 43.0" с.ш.; 107° 22' 82.3" в.д.; h = 505 м	40	I. 100-120 II. 15-25	15	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	<i>Teloxys aristata</i> , <i>Carex duriuscula</i>
5. Чиевые <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i>	51° 48' 42.0" с.ш.; 107° 23' 62.3" в.д.; h = 505 м	50	I. 100-130 II. 10-20	9	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	
Оронгойская степь						
3. Чиево-разнотравные <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i> - <i>Varioherbosum</i>	51° 32' 16.0" с.ш.; 107° 01' 35.0" в.д.; h = 493 м	70	I. 100-120 II. 15-20	19	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	<i>Carex duriuscula</i> , <i>Stipa krylovii</i>
4. Чиевые <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i>	51° 53' 15.9" с.ш.; 107° 05' 24.1" в.д.; h = 493 м	45	I. 100-110 II. 10-15	14	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	<i>Leymus chinensis</i>
Боргойская степь						
7. Чиевые <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i>	50° 74' 70.1" с.ш.; 105° 83' 49.1" в.д.; h = 640 м	70	I. 100-120 II. 15-20	14	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	<i>Leymus chinensis</i> , <i>Agropyron</i> <i>cristatum</i>
6. Чиевые <i>Achnatheretum</i> <i>Splendens</i>	50° 39' 18.3" с.ш.; 105° 39' 67.4" в.д.; h = 639 м	45	I. 100-120 II. 10-20	6	<i>Achnatherum</i> <i>splendens</i>	<i>Leymus chinensis</i> , <i>Carex duriuscula</i>

Следует отметить, что эдификатор *Achnatherum splendens* формирует значительную долю общего проективного покрытия сообществ (20-50%), содоминанты (*Convolvulus ammanii*, *Artemisia frigida*, *A. anethifolia*, *Potentilla acaulis*, *Teloxys aristata*, *Carex duriuscula*, *Stipa krylovii*, *Leymus chinensis*, *Agropyron cristatum*) – от 3-5% до 10-13%, остальные виды – до 1-3 % (табл. 2).

Ботанический состав изученных чиевых сообществ представлен 68 видами (табл. 2), принадлежащими 21 семейству и 46 родам. На долю видового состава 5 ведущих семейств (Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Rosaceae, Fabaceae) приходится 69% от общего числа видов, что соответствует комплексу почвенно-климатических условий (наличие засоленности, малая

влагообеспеченность корнеобитаемого слоя почв, наличие карбонатов с поверхности, низкое содержание усвояемых питательных веществ) и современному состоянию флоры галохсероморфных степей. Конкретные сообщества сложены видами, относящимися к 5-13 семействам. Например, окружающие сухостепные сообщества представлены 17-20 семействами и 40-63 видами, из которых на долю ведущих семейств (Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae) приходится 53-57% (Меркушева и др., 2014). Специфической особенностью спектра ведущих семейств чиевников является значительная доля видов (10%) в спектре семейства Chenopodiaceae, нехарактерная для степного комплекса Забайкалья, в котором виды этого семейства отсутствуют или встречаются единично в зоне контакта галохсероморфных и сухостепных сообществ (Малышев, Пешкова, 1984), но присущая для растительности засоленных местообитаний (Найданов и др., 2010; Лебедева, Лебедев, 2010). Большое число одновидовых семейств (14) и родов (12) может служить показателем экстремальных условий произрастания чиевников. Многовидовых родов (5 и более видов) всего два: *Artemisia* (5) и *Potentilla* (5), роды *Chenopodium*, *Plantago* и *Taraxacum* представлены 3 видами, в остальных родах – 1-2 вида, что характерно для сухостепных территорий Забайкалья (Новак, Фомина, 1979).

Таблица 2. Видовой состав и долевое участие видов в проективном покрытии чиевых сообществ.

№	Виды	Отноше- ние к засоле- нию	Геоботанические описания								
			1*	2	14	5	3	4	7	6	
			Проективное покрытие, %								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.	<i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski	ГтГлик	20	20	20	25-50	20	20-25	25-45	25	
2.	<i>Thermopsis lanceolata</i> R. Br. s. str.	ГтГлик	1-2								
3.	<i>Convolvulus ammanii</i> Desr.	ГтГлик	3-5	<1				<1	3-5	1	
4.	<i>Artemisia frigida</i> Willd.	Глик	3-5	<1							
5.	<i>Artemisia anethifolia</i> Web. ex Stechm.	Гал	1-2	3-5				<1			
6.	<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.	Глик	1-2	1-2			1-2				
7.	<i>Allium ramosum</i> L.	Глик	1-2	<1							
8.	<i>Allium tenuissimum</i> L.	Глик	<1	1-2							
9.	<i>Saussurea amara</i> (L.) DC.	Гал	1-2	1-2			1-2	1-2			
10.	<i>Taraxacum commixtiforme</i> Soest	Глик	1-2	1-2							
11.	<i>Sibbaldianthe adpressa</i> (Bunge) Juz.	Глик	ед.	1-2							
12.	<i>Potentilla bifurca</i> L.	Глик	<1	1-2			1-2	1-3			
13.	<i>Potentilla acaulis</i> L.	Глик	3-5	1-2					1-2		
14.	<i>Saussurea alata</i> DC.	Гал	1-2	1-2							
15.	<i>Leymus chinensis</i> (Trin.) Tzvelev	ГтГлик	1-2	1-2	1-2		1-2	8-10	10	13	
16.	<i>Limonium flexuosum</i> (L.) O. Kuntze	Гал	1-2	1-2							
17.	<i>Cymbaria dahurica</i> L.	Глик	1-2								
18.	<i>Astragalus adsurgens</i> Pallas	ГтГлик	1-2	<1			<1				
19.	<i>Potentilla nudicaulis</i> Willd. ex Schlecht.	Глик	ед.		<1			<1			
20.	<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Beauv.	Глик	ед.						5		
21.	<i>Sonchus arvensis</i> L.	ГтГлик		1-2				<1			
22.	<i>Cirsium esculentum</i> (Siev.) C.A. Mey.	Глик		<1%							
23.	<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et Kit.	Глик		<1			<1	<1	2-3		
24.	<i>Potentilla multifida</i> L.	ГтГлик		1-2						ед.	
25.	<i>Oxytropis turczaninovii</i> Jurtzev	Глик		ед.							
26.	<i>Oxytropis glabra</i> (Lam.) DC.	ГтГлик		1-2							
27.	<i>Halerpestes salsuginosa</i> (Pallas ex Georgi) Greene	Гал		1-2							

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
28.	<i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers. s. str.	Глик		ед.						
29.	<i>Knorringia sibirica</i> (Laxm.) Tzvel.	Гал		1-2						
30.	<i>Poa angustifolia</i> L.	Глик		1-2						
31.	<i>Elymus excelsus</i> Turcz. et Griseb.	Глик		<1				<1		
32.	<i>Bromopsis inermis</i> (Leysser) Holub	Глик		1-2				<1		
33.	<i>Glaux maritima</i> L.	Гал		1-2						
34.	<i>Geranium sibiricum</i> L.	Глик		<1						
35.	<i>Hordeum brevisubulatum</i> (Trin.) Link.	ГтГлик		<1						
36.	<i>Agrostis gigantea</i> Roth.	Глик		<1						
37.	<i>Artemisia leucophylla</i> (Bess.) Turcz. Ex Clarke	ГтГлик		ед.						
38.	<i>Chenopodium prostratum</i> subsp. <i>karoi</i> (J. Murr) Lom.	Глик		1-2	<1					
39.	<i>Teloxys aristata</i> (L.) Moq.	ГтГлик		3-5	10	1				
40.	<i>Veronica incana</i> L.	Глик		<1						
41.	<i>Puccinellia tenuiflora</i> (Griseb.) Scribner et Merr.	Гал		<1			1-2		3-5	
42.	<i>Lepidium densiflorum</i> Schrader	ГтГлик			ед.			ед.		
43.	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love	Глик			ед.					
44.	<i>Carex duriuscula</i> C.A. Meyer	ГтГлик			3-5		10	<1	10	5
45.	<i>Atriplex prostrata</i> Boucher ex DC.	Глик			<1					
46.	<i>Panicum miliaceum</i> L. s. str.	Глик			<1					
47.	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Глик			<1					
48.	<i>Dracocephalum nutans</i> L.	Глик			ед.					
49.	<i>Scabiosa comosa</i> Fischer ex Roemer et Schultes	Глик			1-2					
50.	<i>Heteropappus biennis</i> (Ledeb.) Tamamsch. ex Grub.	Глик			<1					
51.	<i>Neopallasia pectinata</i> Poljak.	Глик			ед.	<1	1-2		1-2	ед.
52.	<i>Iris biglumis</i> Vahl	ГтГлик					ед.		3-5	
53.	<i>Stipa krylovii</i> Roshev.	Глик					3-5		1-2	
54.	<i>Cleistogenes squarrosa</i> (Trin.) Keng	Глик					1-2			
55.	<i>Potentilla anserina</i> L.	ГтГлик					1-2			
56.	<i>Suaeda corniculata</i> subsp. <i>erecta</i> (Bunge) Lomonosova	Гал					<1			
57.	<i>Poa pratensis</i> L.	ГтГлик					1-2			
58.	<i>Artemisia commutata</i> Bess.	Глик					<1		3-5	
59.	<i>Plantago salsa</i> Pallas	Гал					<1			
60.	<i>Taraxacum leucanthum</i> (Ledeb.) Ledeb.	Гал				1	ед.			
61.	<i>Puccinellia hauptiana</i> Krecz.	Гал				1				
62.	<i>Atriplex fera</i> L.	Гал				<1				
63.	<i>Chenopodium album</i> L.	Глик				1				
64.	<i>Plantago media</i> L.	Глик							1-2	
65.	<i>Plantago depressa</i> Schlecht.	ГтГлик				<1				
66.	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	Глик				1				
67.	<i>Suaeda sibirica</i> Lomon. et Freitag	Гал						ед.		
68.	<i>Taraxacum mongolicum</i> Hand.-Mazz.	Глик							1-2	

Примечания к таблице 2: ГтГлик – галотолерантные гликофиты, Глик – гликофиты, Гал – галофиты.

Систематическое разнообразие чиевников незначительное. Его показатели, выраженные отношениями числа видов к числу семейств (в/с), числа видов к числу родов (в/р) и числа родов к числу семейств (р/с) равны соответственно 3.2, 1.5 и 2.2. Такое соотношение обусловлено неблагоприятными почвенно-экологическими условиями местообитаний чиевников. Например, отношение числа видов к числу семейств (в/с) в сообществах сухой степи составляет 2.4-3.2. Более богатые флоры пойменных лугов отличаются повышенными значениями этих показателей, как и общая флора определенных территорий, к примеру, Иволгинской котловины, соответственно 8.7, 2.3, 3.8 (Бурдуковская, Аненхонов, 2009).

Рассмотрим распределение ботанического состава чиевников по основным географическим и экологическим элементам (табл. 3). Выявлено, что виды собственно-степной группы (*Artemisia anethifolia*, *A. scoparia*, *Heteropappus altaicus*, *Saussurea amara*, *Potentilla nudicaulis*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria cristata*, *Carex duriuscula* и др.) составляют 32%, пустынно-степной (*Achnatherum splendens*, *Convolvulus ammanii*, *Saussurea alata*, *Neopallasia pectinata*, *Plantago salsa* и др.) – 7, лесостепной (*Potentilla bifurca*, *Leymus chinensis*, *Astragalus adsurgens*, *Poa angustifolia*, *Elymus excelsus*, *Bromopsis inermis*, *Taraxacum mongolicum* и др.) – 22 и горностепной (*Allium tenuissimum*, *Taraxacum commixtiforme*, *Sibbaldianthe adpressa*, *Potentilla acaulis*, *P. multifida*, *Cymbaria dahurica*, *Oxytropis turczaninonii*, *Artemisia leucophylla* и др.) – 13% от их общего количества. В целом на долю видов степного комплекса приходится 74% от общего ботанического состава чиевников.

Доля луговых видов (*Sonchus arvensis*, *Oxytropis glabra*, *Halerpestes salsuginosa*, *Agrostis gigantea*, *Puccinellia tenuiflora*, *Potentilla anserina*, *Poa pratensis* и др.), произрастающих в западинках, равна 12%. На долю синантропного комплекса видов (*Potentilla multifida*, *Chenopodium prostratum*, *Ch. album*, *Teloxys aristata*, *Atriplex prostrata* и др.) приходится 13%. Обилие сорных видов в *Achnatherum splendens* (точка 14) обусловлено не только воздействием выпаса, но и усилением засоленности почвы, с 2.2 до 3.5%.

В результате ареалогического анализа флоры чиевников выявлены географические группы растений. В составе чиевников представлены виды растений, относящиеся к 10 типам ареалов; конкретные сообщества в основном сложены видами, относящимися к 5-8 типам ареалов, кроме *Achnatherum splendens* (точка 6), в котором отмечены виды 3 типов ареалов, что обусловлено его экотонным положением на склоне борта озера Каменный Ключ с содовым засолением (табл. 3). Данное сообщество граничит с сообществами *Suaeda corniculata* на корковом солончаке и *Halerpestes salsuginosa* на солончаке, расположенном на высыхающем днище озера.

Наибольшее количество видов имеет циркумполярный (*Artemisia frigida*, *Sonchus arvensis*, *Potentilla multifida*, *Koeleria cristata*, *Bromopsis inermis*, *Glaux maritima*, *Lepidium densiflorum* и др.) и центрально-азиатский (*Achnatherum splendens*, *Convolvulus ammanii*, *Saussurea amara*, *Taraxacum commixtiforme*, *Sibbaldianthe adpressa*, *Cymbaria dahurica*, *Puccinellia tenuiflora* и др.) типы ареалов соответственно 21 и 22%. В комплексе видов с азиатским типом ареалов доля видов с общеазиатским типом ареалов (*Allium ramosum*, *Potentilla acaulis*, *Knorringia sibirica*, *Hordeum brevisubulatum*, *Plantago depressa* и др.) равна 7%, северо-азиатским (*Agropyron cristatum*, *Artemisia commutate*) – 3, восточно-азиатским (*Astragalus adsurgens*, *Potentilla nudicaulis*, *Cirsium esculentum*, *Artemisia scoparia*, *Chenopodium prostratum*, *Suaeda corniculata* и др.) – 10%. Таким образом, основу чиевых сообществ, до 63% от общего числа видов, составляют виды с азиатским типом ареалов, преимущественно центрально-азиатским. Значительная доля в составе чиевых сообществ (15%) приходится на виды с евроазиатским типом ареала (*Poa angustifolia*, *Geranium sibiricum*, *Teloxys aristata*, *Veronica incana*, *Lepidium densiflorum*, *Atriplex prostrata*, *Panicum miliaceum*, *Cleistogenes squarrosa*, *Puccinellia hauptiana* и др.). Наибольшее их число выявлено в сообществах *Achnatherum splendens*-*Varioherbosum* и *Achnatherum splendens* (описания 2, 4).

Доля видов с южно-сибирским и монгольским типами ареалов (*Artemisia anethifolia*, *A. leucophylla*, *Allium tenuissimum*, *Saussurea alata*, *Oxytropis glabra*, *Halerpestes salsuginosa*, *Elymus excelsus*, *Taraxacum mongolicum* и др.) составляет 16%. Всего два вида имеют евро-сибирский тип ареала (*Potentilla bifurca*, *Plantago salsa*), один вид (*Carex duriuscula*) – американо-азиатский, *Oxytropis turczaninonii* – эндемичный вид для Забайкалья.

Анализ видового состава по принадлежности к экологическим группам показал, что аридные условия местообитаний чиевников обуславливают произрастание преимущественно растений-

ксерофитов (табл. 3). Эуксерофиты (*Achnatherum splendens*, *Convolvulus ammanii*, *Artemisia frigida*, *Potentilla acaulis*, *Saussurea alata*, *Koeleria cristata*, *Veronica incana*, *Carex duriuscula*, *Atriplex prostrata* и др.) составляют 24%, мезоксерофиты (*Heteropappus altaicus*, *Allium ramosum*, *A. tenuissimum*, *Saussurea amara*, *Sibbaldianthe adpressa*, *Potentilla bifurca* и др.) – 32, ксеромезофиты (*Thermopsis lanceolata*, *Artemisia anethifolia*, *A. leucophylla*, *Leymus chinensis*, *Astragalus adsurgens*, *Agropyron cristatum*, *Poa angustifolia*, *Chenopodium prostratum* и др.) – 21% от общего числа.

Таблица 3. Видовая структура чиевых сообществ, %.

Виды	Общее число видов	Геоботанические описания (номера описаний)							
		1	2	14	5	3	4	7	6
Эколого-ценотический состав									
Собственно-степные	22	8	9	3	2	9	6	6	1
Пустынно-степные	5	3	3	2	2	3	2	3	3
Лесостепные	15	4	9	3	2	4	4	3	1
Горностепные	9	5	8	0	0	0	0	1	1
Луговые	8	0	5	0	1	3	1	1	0
Антропофитный комплекс	9	0	3	7	2	0	1	0	0
Представленность видов в типе ареала									
Циркумполярные	14	1	7	2	2	2	2	1	1
Общеазиатские	5	2	4	0	1	0	0	0	0
Североазиатские	2	1	0	0	0	1	0	2	0
Восточно-азиатские	7	2	2	1	0	1	2	2	0
Центрально-азиатские	15	9	9	4	3	9	5	6	4
Евроазиатские	10	1	6	6	2	2	1	0	0
Южносибирские и монгольские	11	4	7	1	1	1	2	1	0
Евросибирские	2	0	1	0	0	2	1	1	0
Эндемичные	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Американо-азиатские	1	0	0	1	0	1	1	1	1
Представленность видов в экологической группе									
Эуксерофиты	16	8	10	5	3	5	4	5	4
Мезоксерофиты	22	8	11	4	4	8	6	3	1
Ксеромезофиты	14	4	5	6	2	3	1	3	1
Эумезофиты	13	0	9	0	0	2	3	3	0
Гигромезофиты	3	0	2	0	0	1	0	0	0
Представленность видов в биоморфологическом типе									
Плотнокустовые	5	1	2	1	2	3	1	3	1
Длиннокорневищные	13	3	9	2	2	5	5	2	2
Короткокорневищные	7	4	6	0	0	2	2	3	1
Стержнекорневые	16	6	9	2	2	4	2	2	1
Рыхлокустовые	6	1	3	0	0	2	0	2	0
Корнеотпрысковые	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Полукустарнички	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Луковичные	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Малолетники	17	1	5	10	3	3	4	2	1

В небольших понижениях с более благоприятным водным режимом почв произрастают эумезофиты (*Sonchus arvensis*, *Cirsium esculentum*, *Elymus excelsus*, *Bromopsis inermis*, *Glaux maritima*,

Geranium sibiricum, *Hordeum brevisubulatum*, *Agrostis gigantea* и др.) и гигромезофиты (*Oxytropis glabra*, *Potentilla anserina*, *Halerpestes salsuginosa*), их доля равна соответственно 19 и 4%. Последние виды характерны для влажных галофитных лугов.

Биоморфологический состав чиевников характеризуется довольно широким разнообразием и вариабельностью (табл. 3). В сообществах преобладают многолетние виды, относящиеся к разным биоморфам. Выделены 2 группы биоморф, различающиеся по вегетативной подвижности. Доля вегетативно неподвижных видов – стержнекорневые (*Taraxacum commixtiforme*, *T. leucanthum*, *Sibbaldianthe adpressa*, *Saussurea alata*, *Astragalus adsurgens*, *Potentilla nudicaulis*, *Plantago salsa*, *P. depressa* и др.), плотнокустовые (*Achnatherum splendens*, *Koeleria cristata*, *Iris biglumis*, *Stipa krylovii*, *Puccinellia hauptiana*) и рыхлокустовые (*Agropyron cristatum*, *Poa angustifolia*, *Geranium sibiricum*, *Veronica incana*, *Puccinellia tenuiflora* и др.) составляют 40% от общего числа видов. Эта группа видов характерна для степей и способна использовать воду из разных горизонтов почв. Другую группу формируют вегетативно подвижные и слабо подвижные виды, которые предпочитают относительно легкие субстраты. Их доля равна 32% от общего числа видов: длиннокорневищные – 19% (*Thermopsis lanceolata*, *Potentilla bifurca*, *Halerpestes salsuginosa*, *Knorringia sibirica*, *Hordeum brevisubulatum*, *Teloxys aristata*, *Carex duriuscula* и др.), короткокорневищные – 10% (*Convolvulus ammannii*, *Heteropappus altaicus*, *Saussurea amara*, *Potentilla acaulis*, *Agrostis gigantea*, *Plantago media*), и корнеотпрысковые (*Cymbaria dahurica*) с полукустарничком (*Artemisia frigida*) – 3%. Остальные биоморфы многолетников представлены одним-двумя видами: луковые (*Allium ramosum*, *A. tenuissimum*).

Относительно большая доля (25%) малолетников (*Artemisia anethifolia*, *A. leucophylla*, *A. scoparia*, *Glaux maritima*, *Chenopodium prostratum*, *Atriplex prostrata*, *Panicum miliaceum* и др.) может служить показателем неустойчивости и динамичности экологических условий чиевых сообществ (количество и режим выпадения осадков, динамика пастбищной нагрузки). Наибольшее их число отмечено в сообществе *Achnatherum splendens* (точка 14), которое находится около населенного пункта и используется как прогонное пастбище.

Для оценки сходства видового состава чиевых сообществ были использованы следующие градации величин коэффициентов (Малышев, 1972): от 0 до 0.3 – слабое, от 0.4 до 0.6 – среднее, от 0.7 до 1.0 – сильное, 1.0 – полное сходство. Анализ значений коэффициентов Сёренсена выявил преимущественно слабое сходство видового состава чиевых сообществ (рис. 3). Королёком (2013), как экологически гетерогенных.

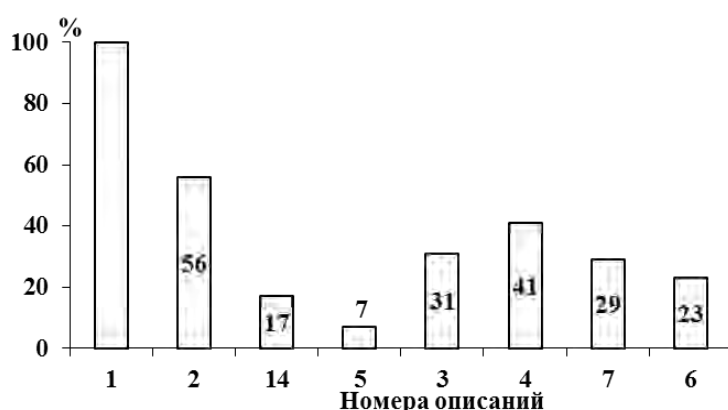


Рис. 3. Сходство видового состава чиевых сообществ на основании коэффициента Сёренсена.

Две пары сообществ (описания 1 и 2, 7 и 6) соответственно Удинской и Боргойской степей и Оронгойской и Боргойской степей имеют среднюю степень сходства, что обусловлено относительно одинаковыми условиями их произрастания. Видовой состав чиевников Иволгинской степи (точки 14 и 5) отличается от остальных сообществ, возможно, это связано с наличием здесь сульфатного засоления почв и относительно близкого (1-1.5 м) стояния грунтовых вод. Таким образом, сходство видового состава чиевников небольшое – слабое или среднее, что согласуется с оценкой данных сообществ региона А.Ю. Рассмотрим отношение видового состава чиевников к засолению. Конспект флоры засоленных местообитаний Западного Забайкалья (Пыхалова и др., 2013) содержит 380 видов, в том числе 148 видов растений, произрастающих в галохсерофитных степях. Из них галофиты

составляют 14 видов, галотолерантные гликофиты – 52 и гликофиты – 82 или соответственно 10, 35 и 55% от общего числа видов. В конспекте также приведены 36 видов растений, произрастающих в чиевых сообществах: галофиты – 5, галотолерантные гликофиты – 16, гликофиты – 15 видов. В изученных чиевниках выявлено 14 видов галофитов, 17 – галотолерантных и 37 – гликофитов, что составляет соответственно 21, 25 и 54% от общего числа видов (табл. 2). В конкретных сообществах их соотношение существенно различается (рис. 4).

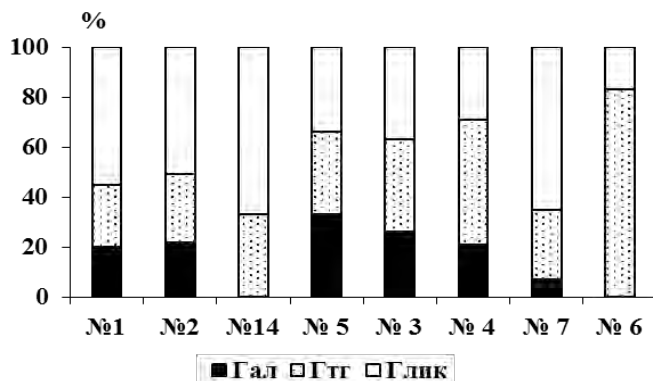


Рис. 4. Спектры активности галофитов и гликофитов в чиевых сообществах (%). Условные обозначения: Гтг – галотолерантные гликофиты, Глик – гликофиты, Гал – галофиты.

Наряду с гало-толерантными гликофитами наибольший вклад в разнообразие видового состава чиевников вносят гликофиты. Однако галофиты, несмотря на их относительно невысокую численность, играют ведущую роль в формировании галоксерофитных степей. Виды растений чиевых сообществ Западного Забайкалья, индицирующие засоление почв, как правило, не многочисленны: *Puccinellia tenuiflora*, *Artemisia anethifolia*, *Halerpestes salsuginosa* и др.

В сухостепных сообществах Западного Забайкалья разнообразие и биопродуктивность формируют 6-7 видов (Меркушева и др., 2014). Эта тенденция присуща и галоксерофитным сообществам. В сложении проективного покрытия основная роль принадлежит видам четырех семейств: злаковые (*Achnatherum splendens*, *Leymus chinensis* и др.), сложноцветные, осоковые (*Carex duriuscula*) и маревые (рис. 5).

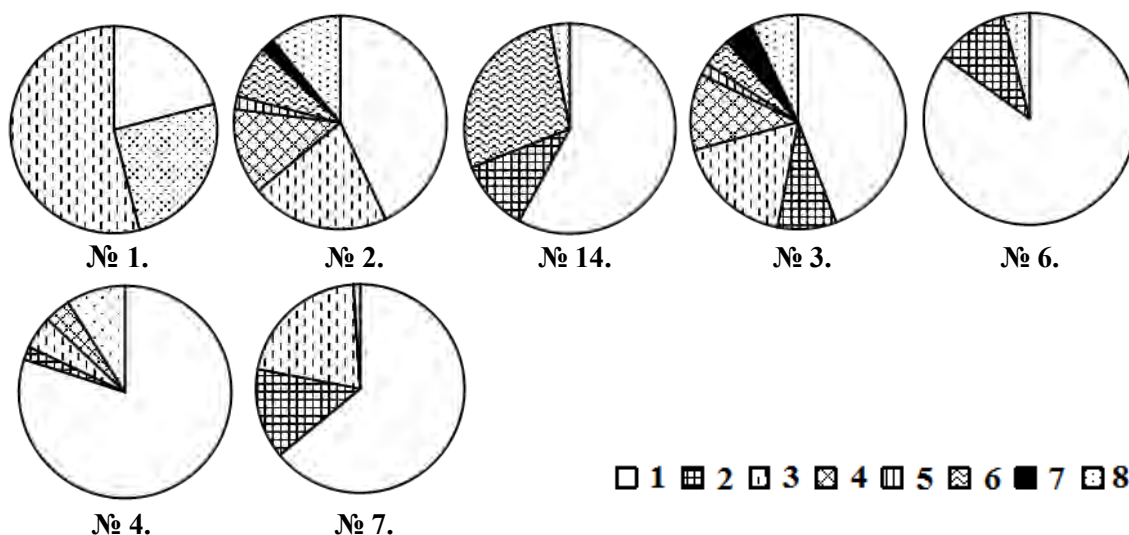


Рис. 5. Участие основных семейств в формировании проективного покрытия (%) сообществ (№№ 1, 2, 14, 3, 6, 4, 7). Условные обозначения: 1 – Poaceae, 2 – Cyperaceae, 3 – Asteraceae, 4 – Rosaceae, 5 – Fabaceae, 6 – Chenopodiaceae, 7 – Ranunculaceae, 8 – прочие.

Так, например, виды семейства Chenopodiaceae в сообществе *Achnatheretum splendens* (точка 14) составляют 28%, в *Achnatheretum splendens-Varioherbosum* (точка 2) и *Achnatheretum splendens-Varioherbosum* (точка 3) – 8 и 5% соответственно. Доля видов других семейств в формировании проективного покрытия варьирует в широких пределах, от единичной особи до 10-13% (табл. 2). Особенностью чиевников является его эдификатор *Achnatherum splendens* – крупный плотнокустовый

дерновинный злак, составляющий первый ярус высотой 100-150 см, с большим проективным покрытием 20-50%, который в основном и формирует продукцию сообществ совместно с содоминантами (табл. 2). Он обладает устойчивостью к изменениям условий произрастания (колебания влагообеспеченности и уровня грунтовых вод, концентрации солей, пастбищной нагрузки), а также индицирует близость стояния грунтовых вод (Викторов, Ремезова, 1988).

Интегральным показателем ландшафтно-экологических и почвенных условий функционирования сообществ служит биологическая продуктивность. Существуют разные оценки её уровня, например, градации Н.И. Базилевич (1993) и Р. Уиттекера (1980). Величина продуктивности изученных нами чиевых сообществ составила в среднем $1626 \text{ г/м}^2 \times \text{год}$. Она оценена по 10-балльной шкале Н.И. Базилевич (1993) как малопродуктивная, 4 балла, а по Р. Уиттекеру (1980) – нормальная ($1000-2000 \text{ г/м}^2 \times \text{год}$). Последнее значение является наиболее объективным для чиевников Западного Забайкалья.

Доля надземной фитомассы равна 12 и подземной – 88% от общей фитомассы. Живые корни в слое почвы 0-50 см составляют 29% от размера подземной массы, а их прирост равен 32% от запасов живых корней (в среднем $416 \text{ г/м}^2 \times \text{год}$). Подземная масса в 7.5 раз превышает надземную. Все показатели, составляющие продуктивность чиевников, в целом характерны для сухостепной растительности Западного Забайкалья (Меркушева и др., 2014). Например, биопродуктивность сухостепных сообществ варьирует от 954 до $2482 \text{ г/м}^2 \times \text{год}$ сухой массы, размер подземной фитомассы – от 926 до $2333 \text{ г/м}^2 \times \text{год}$ или 91-97.3 % от общей продукции. Отношение надземной к подземной фитомассе в сухостепных сообществах значительно отличается от чиевников – 1:12 – 36, что обусловлено их произрастанием на разных элементах рельефа.

По нашим данным, в настоящее время в связи с усилением аридизации климата, в том числе снижением уровня грунтовых вод от 0.5 до 1.5 м, продукция чиевников уменьшилась с 1880 до $1626 \text{ г/м}^2 \times \text{год}$, за счет сокращения размеров подземной фитомассы в среднем на 15% по сравнению с более влажным предыдущим десятилетием (Убугунов и др., 2001).

Выводы

1. Ботанический состав чиевников представлен 68 видами, 21 семействами, 46 родами. По числу входящих в них видов выделены 5 ведущих семейств (Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Rosaceae, Fabaceae) охватывающие 69% от общего числа видов и отражающие комплекс почвенно-климатических условий галохсероморфных степей. В сообществах число видов варьирует от 6 до 37, которые в основном принадлежат 8-13 семействам. Многовидовых родов (5 и более видов) всего два: *Artemisia* (5 видов) и *Potentilla* (5), роды *Chenopodium*, *Plantago* и *Taraxacum* (3), остальные – 1-2 видами.

2. Видовой состав чиевников представлен преимущественно степным комплексом (74% от общего числа видов), на синантропный приходится 13 и луговой – 12% видов. Наиболее распространены виды с циркумполярным и центрально-азиатским типами ареалов. В соответствии с аридными условиями в чиевниках распространены ксерофиты. Доля эумезофитов и гигромезофитов равна 19 и 4% соответственно.

3. Сходство между видовыми составами чиевников находится в интервале слабое – среднее, что в целом характерно для сообществ сухой степи.

4. В ботаническом составе чиевых сообществ выявлено участие галофитов – 14 видов, галотолерантных гликофитов – 17 и гликофитов – 37 видов, их соотношение в составе конкретных сообществ существенно различается. Виды растений, индицирующих засоление почв, как правило, не многочисленны: *Puccinellia tenuiflora*, *Artemisia anethifolia*, *Halerpestes salsuginosa* и др.

5. Для чиевников характерно значительное участие видов с низкой численностью, их доля от общего числа видов составляет 21%.

6. Основу сообществ и размер их биопродукции формируют 3-4 вида, в том числе доминант. Продукция чиевников составляет $1626 \text{ г/м}^2 \times \text{год}$, согласно Р. Уиттекеру, она отнесена к нормальному уровню.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Базилевич Н.И. 1993. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука. 293 с.
Бурдуковская Г.В., Аненхонов О.А. 2009. Флора бассейна реки Иволги и ее антропогенные изменения (Западное АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 1 (70)

- Забайкалье). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 267 с.
- Викторов С. В., Ремезова Г.Л. 1988. Индикационная геоботаника: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ. 168 с.
- Востокова Е.А., Казанцева Т.И. 1995. Распространение, экология и продуктивность сообществ *Achnatherum splendens* Nevski в Монголии // Растительные ресурсы. Т. 31. № 4. С. 77-82.
- Исамбаев А.И. 1985. Чий блестящий на юго-востоке Казахстана. Алма-Ата: Наука. 86 с.
- Камелин Р.В. 1979. Кухистанский округ горной Средней Азии // Комаровские чтения. Л.: Наука. Т. 31. 117 с.
- Камелин Р.В. 1987. Флороценоотипы растительности Монгольской Народной Республики // Ботанический журнал. Т. 72. № 12. С. 1580-1595.
- Королюк А.Ю. 2013. Экологическая ординация степных сообществ Забайкалья // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Естественные науки. № 1 (48). С. 26-30.
- Куркин К.А. 1987. Методика структурно-функционального анализа корневой массы луговых фитоценозов // Ботанический журнал. Т. 72. № 6. С. 833-844.
- Лебедева С.А., Лебедев Е.А. 2010. Флора засоленных местообитаний Минусинской котловины // Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. Т. 8. Вып. 3. С. 183-189.
- Мальшев Л.И., Пешкова Г.А. 1984. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск: Наука. 264 с.
- Мальшев Л.И. 1972. Флористические спектры Советского Союза // История флоры и растительности Евразии. Л.: Наука. С. 17-40.
- Меркушева М.Г., Аненхонов О.А., Бадмаева Н.К., Сосорова С.Б. 2014. Степные сообщества на каштановых почвах Западного Забайкалья: разнообразие и биопродуктивность // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3 (60). С. 59-69.
- Найданов Б.Б., Бадмаева Н.К., Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д. 2010. Галофитная растительность Западного Забайкалья: флора и синтаксономия // Растительный мир Азиатской России. № 2 (6). С. 66-72.
- Намзалов Б.Б. 1994. Степи Южной Сибири. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. 309 с.
- Намзалов Б.Б. 2015. Степи Тувы и Юго-Восточного Алтая. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 294 с.
- Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России. 2012. М.: РАН. 129 с.
- Новак Л.Б., Фомина Е.М. 1979. Сравнительная характеристика флоры Джидинских и Селенгинских степей // Кормовые угодья и леса Средней Сибири и Забайкалья. Иркутск: Изд-во ИГУ. С. 85-89.
- Определитель растений Бурятии. 2001. / Ред. О.А. Аненхонова. Улан-Удэ: Республиканская типография. 672 с.
- Пыхалова Т.Д., Аненхонов О.А., Бадмаева Н.К., Найданов Б.Б. 2013. Конспект флоры засоленных местообитаний Западного Забайкалья // Известия ИГУ. Т. 6. № 1. С. 86-101.
- Серебряков И.Г. 1962. Экологическая морфология растений и их изучение. М.: Высшая школа. 378 с.
- Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г. 2001. Биологическая продуктивность и гумусное состояние почв Иволгинской котловины // Почвоведение. № 5. С. 557-568.
- Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс. 326 с.
- Эрдэнэсэрл А. 2014. Динамика растительных сообществ сухих степей Средней Халхи: сомон Баян-Унджул. Монголия. Автореф. дис. канд. биол. наук. Санкт-Петербург. 21 с.
- H. Huai, W. Wei, Y. Zhang. 2008. Characteristics of the *Achnatherum splendens* community along the Qinghai-Tibet Railway, China // Frontiers of Biology in China. Vol. 3. Issue 4. P. 477-483.

PHYTOCENOSSES CHARACTERISTICS OF THE COMMUNITIES *ACHNATHERUM SPLENDENS* (TRIN.) NEVSKI OF WEST TRANSBAIKALIA

© 2017. M. G. Merkusheva, A.L. Baldanova, L.N. Boloneva, I.N. Lavrent'eva

*Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch RAS
Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanovoy str., 6. E-mail: merkusheva48@mail.ru*

The phytocenotic characteristic of the *Achnatherum splendens* communities, growing on saline soils in the haloxerophytes steppe of the Western Transbaikalia is considered. The regularities and peculiarities of their composition and structure are determined. Similarity of specific structure of *Achnatherum splendens* communities small – weak or average. In botanical composition 14 species of halo-phytes, 17 – the halotolerant glykofites are revealed. The basis of communities and the size of their productivity are formed by 3-4 species of plants, including dominant. Production of communities is characterized by normal level, 1626 g/m²×year.

Keywords: communities *Achnatherum splendens*, composition, structure, species diversity, production, Western Transbaikalia.

УДК 502.753: 574.3

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ ТРОИЦКИЕ МЕЛОВЫЕ ГОРЫ (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2017 г. О.А. Каримова, Л.М. Абрамова, Я.М. Голованов

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН
Россия, 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, д. 195/3. E-mail: karimova07@yandex.ru

Поступила 31.03.2016

Представлены результаты изучения четырёх редких видов: *Anthemis trotzkiana* Claus., *Matthiola fragrans* Bunge, *Lepidium meyeri* Claus, *Zygophyllum pinnatum* Cham. на территории Троицких меловых гор. Общая плотность изученных популяций варьирует от 2.2 до 6.1 экз./м², эффективная плотность – 1.5-4.2 экз./м². Ценопопуляции относятся к нормальным неполноценным, наиболее типично отсутствие в спектре проростков, ювенильных и сенильных особей, а пик приходится на среднегенеративные особи, в ценопопуляции *Anthemis trotzkiana* – на субсенильные особи. По классификации «дельта-омега» популяции *Anthemis trotzkiana*, *Matthiola fragrans* – стареющие, *Lepidium meyeri* – переходная, *Zygophyllum pinnatum* – зрелая. Индексы восстановления – 0.03-0.36, старения – 0.03-0.72. Отмечен невысокий уровень изменчивости и пластичности морфометрических признаков.

Ключевые слова: Троицкие меловые горы, редкий вид, *Anthemis trotzkiana* Claus., *Matthiola fragrans* Bunge, *Lepidium meyeri* Claus, *Zygophyllum pinnatum* Cham., ценопопуляции, онтогенетическая структура, морфометрические параметры, изменчивость.

Меловые возвышенности Подуральского плато являются одним из уникальных в ботанико-географическом отношении объектов, находящихся на стыке Европы и Азии. Флора меловых ландшафтов сложена не только автохтонными туранскими видами, на ее формирование повлияла также экспансия европейских, восточноевропейских, евразийских и древнесредиземноморских видов. Природное своеобразие кальцефитных и петрофитных разновидностей степей Подуральского плато в значительной мере предопределено их эдафическими, и, прежде всего, структурными и физико-химическими свойствами меловых пород. На территории этих возвышенностей, в местах выходов или близкого залегания от поверхности карбонатных пород верхнемелового возраста, получили распространение степные группировки меловой растительности. Им свойственен высокий эндемизм и большое разнообразие реликтовых видов растений (Дарбаева, 2003).

В южной части Соль-Илецкого района Оренбургской области в верховьях реки Шыбынды, в междуречье вдоль границы России с Казахстаном, также развиты меловые ландшафты. На данной территории организован ряд памятников природы регионального значения, для сохранения уникальных ключевых территорий ландшафтно-биологического разнообразия в Оренбургско-Казахстанском трансграничном регионе. Данные территории характеризуются высокой концентрацией редких и эндемичных видов растений, занесенных в Красные книги различного статуса, меловые местообитания являются также прибежищами уникальных для Оренбургской области и в целом для Европейской части России видов растений. К ним относятся и Троицкие меловые горы (Чибилев и др., 1998), флора и растительность которых мало изучена.

Наши исследования посвящены изучению четырёх редких видов: *Anthemis trotzkiana* Claus., *Matthiola fragrans* Bunge, *Lepidium meyeri* Claus, *Zygophyllum pinnatum* Cham. на территории Троицких меловых гор. Три из них внесены в Красную книгу Российской Федерации (2008), один – в региональные Красные книги, два вида входят в Международный красный список МСОП (2004; 2005). Биология, структура и состояние популяций этих «краснокнижных» видов растений, крайне редких как в России, так и в мире в целом, ранее не изучались, что определяло актуальность наших исследований.

Целью исследования было изучение эколого-биологических особенностей, структуры и состояния ценопопуляций редких видов меловых местообитаний на территории Троицких меловых гор. В задачи входило выявление демографических показателей, распределение ценопопуляций по типам онтогенетических спектров, изучение морфометрических параметров редких видов растений.

Материалы, объекты и методы исследований

В 2015 г. нами было проведено обследование Соль-Илецкого района Оренбургской области, в котором расположены Троицкие меловые горы. Соль-Илецкий район находится в ее южной части и занимает площадь 5.2 тыс. км². Район характеризуется очень сухим континентальным климатом с крайне недостаточным увлажнением. Среднегодовое количество осадков составляет 280 мм, гидротермический коэффициент – менее 0.6. Сумма активных температур – 2700-2850°C (Биоресурсный потенциал ..., 2014). В таблице 1 представлены средние показатели температуры и влажности по данным метеостанций Оренбургской области (Соль-Илецкий район) за вегетационный период предшествующего исследованиям 2014 год и начало вегетационного периода 2015 года (до июня включительно, когда проводились наши исследования).

Таблица 1. Средние показатели температуры и влажности воздуха по данным метеостанций Оренбургской области (Соль-Илецкий район).

Средние показатели температуры и влажности	2014 год							2015 год		
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	апрель	май	июнь
Температура,	6.3	19.3	21.8	20.8	24.7	13.5	3.9	6.4	16.1	24.9
Влажность, %	53.1	44.5	42.4	41.1	37.7	44.1	68.1	65.5	60.6	41.0

В исследуемом районе практически отсутствует речная сеть, модуль стока характеризуется как минимальный и составляет менее 1.2 л/с с км. Почти вся территория района принадлежит бассейну р. Илек, за исключением северной периферии, где находятся верховья уральских притоков рек Донгуз и Бердянка. В геологическом строении водоразделов северной части Соль-Илецкого района принимают участие красноцветные отложения нижнего триаса, которые к югу сменяются морскими отложениями верхней юры, нижнего и среднего мела. В районе Соль-Илецка и к северу от него ярко проявлена солянокупольная тектоника. Урочища меловых увалов представлены на Илекско-Утвинском междуречье в 15 км к югу и юго-востоку от села Троицкого. Высшие отметки этих увалов имеют абсолютную высоту до 260 м. Склоны и вершины увалов слабо задернованы. Они представляют собой цепочку прибалочных меловых обрывов, имеющих вид односторонних округлых крутых холмов. Троицкие меловые горы имеют протяженность около 6 км и общую площадь около 150 га (Чибилов, 1996; Чибилов и др., 1998). В результате длительной сложной истории формирования рельефа на крутых берегах речных долин третичные пески и покровные суглинки оказались к настоящему времени в значительной мере смытыми, и на поверхность выходят коренные слои мела. Под воздействием текучей воды и других агентов денудации выходы этой породы на склонах принимают своеобразные формы обнаженных «лбов» и «взлобий», между которыми выделяются более молодые формы эрозионного рельефа: овраги, рытвины и промоины. У подножья склонов развиты шлейфы, а в устьях оврагов и рытвин – конусы овражных выносов, сложенные из материалов и наносов, принесенных сверху. Таким образом, рельеф меловых обнажений представлен обнажениями крутых склонов с выходами на поверхность плотных слоев коренной толщи и мела, подвижными обнажениями – осыпями на стенках и склонах молодых оврагов, рытвин и промоин, конусами овражных выносов и шлейфами (Дарбаева, 2003).

Объекты исследования – популяции редких видов растений (*Anthemis trotzkiana* Claus., *Matthiola fragrans* Bunge, *Lepidium meyeri* Claus, *Zygophyllum pinnatum* Cham.), приуроченны к выходам меловых отложений и осыпям склонов Троицких меловых гор.

Anthemis trotzkiana (пупавка Корнух-Троцкого) слабоветвистый полукустарничек из семейства

сложноцветные (Asteraceae). В пределах Российской Федерации встречается по правобережью Волги в Волгоградской, Саратовской и Самарской областях, отмечен восточнее Волги, на мелах Озинского р-на Саратовской области, в Новосергиевском, Переволоцком и Акбулакском р-нах Оренбургской области. Классическое местонахождение вида находится в окрестности Хвалынского Саратовской области. Вне России встречается на мелах в Западно-Казахстанской и Актюбинской области Казахстана. Облигатный кальцефит, предпочитающий рыхлый меловой субстрат с мелкоземом. Часто поселяется на меловых и мергелистых обрывах, пологих зарастающих склонах, очень редко – на плакорных участках. Ксеромезофит, эрозиопетрофит (Красная книга ..., 2008). Эндемик Среднего Поволжья и Северо-Западного Казахстана (Флора ..., 1994). Имеет узкую экологическую приуроченность. Большая часть ареала вида представлена на территории России. Включен в Красные книги Российской Федерации (Красная книга ..., 2008), Оренбургской области (Красная книга ..., 1998), Волгоградской области (Красная книга ..., 2006), Самарской области (Красная книга ..., 2007), Саратовской области (Красная книга ..., 2006). Отнесен к категории 3 – редкий вид (Красная книга ..., 2008). Вид включен в Красный список IUCN – редкий вид (Красный список..., 2004(2005)).

Matthiola fragrans (левкой душистый) травянистый стержнекорневой многолетник из семейства крестоцветные (Brassicaceae). В пределах Российской Федерации произрастает в бассейне Дона, на Южном Урале и юге Западной Сибири. Вид встречается на юго-востоке Белгородской, юге Воронежской и Ульяновской, в Волгоградской, Ростовской, Самарской, Курской, Саратовской и Оренбургской областях, а также в Республике Татарстан. Большая часть ареала вида находится на территории России. За пределами России встречается в Украине и западных районах Казахстана. Ксерофит, петрофит. Наиболее часто встречается на обнажениях твердого коренного мела, реже на подвижных осыпях, конусах овражных выносов, а также на меловых намывах у подножия склонов, на задернованных меловых склонах (Красная книга ..., 2008). Восточнопричерноморско-западноказахстанский эндемик. Вид занесен в Красную книгу РФ (2008). Включен в Красные книги Республики Татарстан (2006), Белгородской (2005), Волгоградской (2006), Оренбургской (1998), Саратовской (2006), Ростовской (2004) и Ульяновской (2005) областей, Краснодарского края (2007). Категория 3 – редкий вид (Красная книга ..., 2008).

Lepidium meyeri (клоповник Мейера) – полукустарничек из семейства крестоцветные (Brassicaceae). В России встречается в Волгоградской и Ростовской областях по р. Дон и его притокам и междуречье рр. Волги и Иловли, в Воронежской области в Каменском и Кантемировском районах, а также в Оренбургской области по отрогам общего Сырта и Подуральского плато. За пределами России произрастает в Западном Казахстане и Восточной Украине. Ксерофит, кальцефит. Растет исключительно на плотных и грубощебнистых мелах, лишенных сомкнутого растительного покрова, на вершинах холмов и склонах южной или юго-восточной экспозиции, избегает северные склоны, задернованные участки и мелкоземные меловые субстраты (Красная книга ..., 2008). Эндемик юго-востока европейской части России и Западного Казахстана. Включен в Красные книги Российской Федерации (Красная книга ..., 2008), Оренбургской области (Красная книга ..., 1998), Волгоградской области (Красная книга ..., 2006), Воронежской области (2011), Ростовской области (2010), Саратовской области (2006). Отнесен к категории 2 – вид, сокращающийся в численности (Красная книга ..., 2008). Вид включен в Красный список IUCN – редкий вид (Красный список ..., 2004(2005)).

Zygophyllum pinnatum (парнолистник перистый) – полукустарничек из семейства парнолистниковые (Zygophyllaceae). Восточноевропейско-передне- и среднеазиатский горно-степной вид, распространенный в Восточной Европе (Заволжье), Средней Азии, Иране (северо-восточная часть). Ксерофит. Гипсофит. Петрофит. Растет на гипсовых осыпях и органогенно-щебнистых почвах (Красная книга ..., 2011). Редкое растение Предуралья (Кучеров и др., 1987). Включен в Красные книги Республики Башкортостан (2011), Республики Алтай (2007), Алтайского края (2006). Категория 2 – вид, сокращающийся в численности.

Для оценки фитоценотической приуроченности ценопопуляций (ЦП) в каждой ЦП с использованием традиционных геоботанических методов выполнялось геоботаническое описание сообщества на площадках 100 м², ленточной или квадратной формы (Миркин, Розенберг, 1978).

Для изучения демографической структуры и плотности ЦП в каждой из них на трансекте закладывалось 25 пробных площадок размером 1 м². Порядок заложения (линейный или шахматный)

и шаг трансекты (5 или 10 м) зависели от площади, занимаемой конкретной ЦП. Определялись ведущие популяционные характеристики, такие как общая и эффективная плотность особей, возрастной состав.

Определение возрастной структуры ЦП проводили стандартными методами (Работнов, 1950; Уранов, 1975; Смирнова и др., 1976; Наумова, Злобин, 2009), учитывались следующие возрастные состояния: ювенильное (j), имматурное (im), виргинильное (v), молодое генеративное (g1), среднее генеративное (g2), старое генеративное (g3), субсенильное (ss), сенильное (s). На основании полученных данных построены онтогенетические (возрастные) спектры ЦП.

Для характеристики онтогенетической структуры ЦП применяли общепринятые демографические показатели: индекс восстановления (Жукова, 1995) и индекс старения (Глотов, 1998). Для оценки состояния ЦП был применен критерий «дельта-омега» (Животовский, 2001), основанный на совместном использовании индексов возрастности (Δ ; Уранов, 1975) и эффективности (ω) (Животовский, 2001). Изучение морфометрических параметров в природных условиях проводилось согласно методу В.Н. Голубева (1962) на 25-и генеративных растениях каждой из ЦП. Вычисление индекса фитоценотической пластичности (I_p) изучаемых признаков, проводили по методике Ю.А. Злобина (1989). Значения индекса лежат в интервале от 0 до 1.

При анализе количественных показателей использовали стандартные процедуры: средние арифметические (M), ошибки средней арифметической (m), коэффициент вариации (CV , %; Зайцев, 1991).

Результаты и обсуждение

ЦП изученных видов расположены в средней части меловых склонов южной и юго-западной экспозиций с уклоном 10-45°, изредка ЦП занимают верхние части меловых холмов с уклоном 2-5°. Травостой разреженный, общее проективное покрытие (ОПП) равняется 30-45% на крутых склонах и 50-65% – на более пологих участках. Средняя высота травостоя варьирует от 8 до 20 см. Сообщества в большинстве случаев маловидовые, включают 12-21 вид на площадке, причем с закреплением мелового субстрата число видов возрастает, достигая максимума. Преобладающим типом растительности являются ежовниково-солянково-полынные на крутых склонах и реже ежовниково-тасбиюргуновые на более пологих участках кальцефитные степи. В травяном покрове большую долю занимают петрофитные виды растений, приуроченные в исследуемом регионе, как правило, к меловым субстратам (*Anabasis cretaceae* Pall., *Atraphaxis decipiens* Jaub. et Spach., *Crambe aspera* Bieb., *Jurinea kirghisorum* Janisch., *Hedysarum tscherkassovae* Knjasev, *Nanophyton erinaceum* (Pall.) Bunge, *Seseli glabratum* Willd. ex Spreng. и др.), а также петрофитные виды, встречающиеся на широком спектре местообитаний (*Artemisia salsoloides* Willd., *Astragalus tenuifolius* L., *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch., *Centaurea carbonata* Klok., *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., *Sterigmotemum tomentosum* (Willd.) Bieb., *Tulipa scythica* Klok. et Zoz и др.). Из видов южных степей можно отметить *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult., *Centaurea kazakorum* Pjin, *Echinops meyeri* (DC.) Pjin. Также характерно присутствие галофитных видов *Camphorosma monspeliacum* L., *Kochia prostrata* (L.) Schrad.

Растения разных онтогенетических состояний потребляют ресурсы среды разными темпами. Вклад растений разных возрастных состояний в популяционную плотность взвешен соответственно их энергетической эффективности (Животовский, 2001). Общая, эффективная плотность, возрастной состав и демографическая структура ЦП исследуемых видов представлены в таблице 2.

Общая плотность изученных ЦП варьирует от 2.2 до 6.1 экз./м², эффективная плотность – 1.5-4.2 экз./м². Максимальные значения показателей плотности имеет ЦП *Lepidium meyeri* (6.1 экз./м²). Низкую плотность имеют ЦП *Matthiola fragrans* и *Zygophyllum pinnatum*. Во всех популяциях преобладает генеративная фракция. Значительно больше генеративных растений в ЦП *Zygophyllum pinnatum* (94.2%), где значения общей и эффективной плотности наиболее близки (2.3, и 2.1 экз./м²). Прегенеративная фракция максимальна в ЦП *Lepidium meyeri* (20.7%), где различие по показателям плотности наиболее выражено. Большое количество постгенеративных особей отмечено в ЦП *Anthemis trotzkiana* (49.7%).

Для ценопопуляций изученных видов характерна четкая идентификация различных возрастных состояний. На возрастную структуру ценопопуляций влияют экологические условия обитания,

степень антропогенной нагрузки и колебания погодных условий. Как уже говорилось, Соль-Илецкий район Оренбургской области характеризуется очень сухим континентальным климатом с крайне недостаточным увлажнением (табл. 1), что оказывает существенное влияние на формирование структуры ценопопуляций, на особенности прорастания семян и темпы развития особей в том или ином онтогенетическом состоянии. Быстрый и ранний сход снега и небольшое количество осадков в весенние месяцы не позволяет прорасти семенам редких растений, а в летние месяцы – приводит к гибели проростков и ювенильных растений. Эта тенденция усиливается сложными экологическими условиями биотопов меловых гор, которые отличаются быстрым пересыханием субстрата. В результате этих процессов в совокупности с антропогенным воздействием (выпас скота) популяции редких видов в основном имеют неполночленную структуру (табл. 2).

Таблица 2. Распределение особей по онтогенетическим группам и демографические показатели в ценопопуляциях.

Ценопопуляция	<i>Anthemis trotzkiana</i>	<i>Matthiola fragrans</i>	<i>Lepidium meyeri</i>	<i>Zygophyllum pinnatum</i>
Эффективная плотность, экз./м ²	3.1	1.5	4.2	2.1
Плотность, экз./м ²	4.7	2.2	6.1	2.3
Онтогенетическое состояние, %				
Ювенильное (j)	0	0	2.2	0
Имматурное (im)	2.1	6.2	9.8	2.9
Виргинильное (v)	6.4	12.3	8.7	0
Молодое генеративное (g ₁)	3.6	3.1	10.3	14.4
Среднее генеративное (g ₂)	22.0	33.7	33.7	70.0
Старое генеративное (g ₃)	16.3	18.5	13.6	10.0
Субсенильное (ss)	36.2	26.2	18.5	2.9
Сенильное (s)	13.5	-	3.3	-
Демографические показатели				
Δ	0.57	0.56	0.47	0.49
ω	0.65	0.68	0.68	0.91
Тип ЦП	стареющая	стареющая	переходная	зрелая
I _в	0.2	0.33	0.36	0.03
I _{ст}	0.72	0.36	0.24	0.03

В ЦП *Anthemis trotzkiana* формируется правосторонний двухвершинный спектр. Пик приходится на субсенильные особи (36.2%). Вышеперечисленные особенности мелового субстрата и низкая влагообеспеченность растений в период прорастания семян и развития проростков приводит к элиминации особей на ранних этапах жизненного цикла и задержке темпов роста растений. Второй пик приходится на средневозрастные генеративные особи (22.0%).

В ценопопуляциях *Matthiola fragrans*, *Lepidium meyeri*, *Zygophyllum pinnatum* формируется центрированный спектр. Абсолютный максимум приходится на средневозрастные генеративные особи (33.7-70.0%). Очень незначительно представлены прегенеративные особи. Ювенильные особи есть только в ЦП *Lepidium meyeri* (2.2%). Представленность виргинильных особей несколько выше (8.7-12.3%). В ЦП *Zygophyllum pinnatum* прегенеративная фракция представлена только имматурными особями (2.9%).

Наиболее типичным является отсутствие в спектрах изученных видов проростков и ювенильных особей, которые первыми подвергаются воздействию неблагоприятных условий (пересыхание почвы весной), что отрицательно влияет на прорастание семян и усиливает элиминацию проростков и ювенильных особей. А жаркое сухое лето отрицательно (табл. 1) сказывается на формировании плодов и на созревание выполненных семян, что также уменьшает количество прегенеративных особей в составе исследованных ценопопуляций.

Анализ возрастности Δ и эффективности ω показал, что популяции *Anthemis trotzkiana*, *Matthiola*
АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 1 (70)

fragrans является стареющими ($\Delta=0.57$, $\omega=0.65$; $\Delta=0.56$, $\omega=0.68$). Накопление старых особей может быть связано со скоростью старения или большей продолжительностью жизни генеративных особей. Такие спектры, обычно, формируются как временные варианты и такие ЦП существуют недолго. ЦП *Lepidium meyeri* переходного типа ($\Delta=0.47$, $\omega=0.68$), где часть средневозрастных генеративных особей переходят в группу старых генеративных особей. В составе зрелой ($\Delta=0.49$, $\omega=0.91$) ЦП *Zygophyllum pinnatum* доля средневозрастных генеративных особей велика, а доля прегенеративных – мала. Индексы восстановления в изученных популяциях (I_v) (0.03-0.36), старения (0.03-0.72) невысокие, что говорит, как о плохом пополнении молодыми особями, так и об интенсивном отмирании особей в старом генеративном состоянии. Исключение составляет ЦП *Anthemis trotzkiana*, в составе которой большое количество постгенеративных особей и индекс старения составляет 0.72.

Способность к модификации ростовых и формообразовательных процессов является у растений одним из основных механизмов настройки на эколого-фитоценотическую обстановку и воздействия разного рода стрессовых факторов (Злобин и др., 2013). Такие модификации могут анализироваться при помощи вычисления коэффициента вариации и индекса фитоценотической пластичности изучаемых признаков. Характеристика морфометрических параметров изученных видов представлена в таблицах 3-6.

Таблица 3. Внутрипопуляционная изменчивость морфометрических признаков *Anthemis trotzkiana*.

Параметры	Средние значения			min-max	I_p
	M	$\pm m$	C_v , %		
Число генеративных побегов, шт.	3.1	0.35	55.8	1-7	0.86
Высота генеративного побега, см	21.2	0.39	9.1	17.5-23.5	0.26
Толщина генеративного побега, см	0.2	0.01	15.8	0.1-0.2	0.25
Число листьев, шт.	12.3	0.46	18.6	8-18	0.56
Длина листа, см	4.8	0.10	10.2	3.9-5.9	0.34
Ширина листа, см	1.0	0.03	13.2	0.8-1.2	0.33
Число корзинок на побег, шт.	3.5	0.18	26.4	2-6	0.67
Длина соцветия, см	12.0	0.39	16.3	1.5-2.0	0.25
Диаметр корзинки, см	1.8	0.03	8.4	8.5-14.5	0.41
Диаметр куста, см	15.3	0.73	23.9	10.0-20.5	0.51

Таблица 4. Внутрипопуляционная изменчивость морфометрических признаков *Matthiola fragrans*.

Параметры	Средние значения			min-max	I_p
	M	$\pm m$	C_v , %		
Число генеративных побегов, шт.	3.8	0.21	27.8	2-6	0.67
Высота генеративного побега, см	23.2	0.69	14.9	17.5-29.6	0.41
Толщина генеративного побега, см	0.3	0.01	23.6	0.2-0.4	0.50
Число листьев, шт.	14.4	0.41	14.2	12-19	0.37
Длина листа, см	9.0	0.26	14.5	7.5-12.9	0.42
Ширина листа, см	2.0	0.07	17.3	1.3-2.5	0.48
Длина соцветия, см	6.3	0.32	25.1	4.5-9.3	0.52
Ширина соцветия, см	3.7	0.05	6.7	3-4	0.25
Число цветков в соцветии, шт.	20.9	0.59	19.5	15-31	0.52
Длина цветка, см	1.6	0.01	4.7	1.5-1.7	0.12
Диаметр цветка, см	2.2	0.03	7.8	1.9-2.7	0.30
Диаметр розетки, см	23.2	0.70	15.0	17-28.5	0.40

Исследования показали, что по шкале степени варьирования коэффициента вариации (Зайцев, 1990) у *Anthemis trotzkiana* большинство признаков обладают нормальной степенью варьирования. Значительное варьирование у числа генеративных побегов (55.8%), наименьшее у диаметра корзинки

(8.4%). Наиболее пластичные признаки: число генеративных побегов, число корзинок на побег. Остальные признаки с низким индексом. В ЦП *Matthiola fragrans* наиболее разнообразны по изменчивости показатели генеративной сферы: число генеративных побегов, длина соцветия. Индекс пластичности признаков от 0.12 до 0.67. В ЦП *Lepidium meyeri* наблюдается нормальное варьирование всех признаков. Количественные признаки более вариабельны, чем метрические. Из метрических признаков самые стабильные – высота генеративного побега, длина листа. У этого вида признаки более пластичные, и, следовательно, растения в лучшей степени адаптируются к изменениям в окружающей среде.

Таблица 5. Внутрипопуляционная изменчивость морфометрических признаков *Lepidium meyeri*.

Параметры	Средние значения			min-max	I _p
	М	±m	C _v , %		
Число генеративных побегов, шт.	22.8	1.53	33.5	15-43	0.65
Высота генеративного побега, см	20.0	0.56	14.0	15.5-24.5	0.37
Толщина генеративного побега, см	0.1	0.003	15.6	0.1-0.15	0.33
Число листьев, шт.	14.9	0.56	18.7	9-20	0.55
Длина листа, см	3.8	0.08	9.9	3.0-4.5	0.33
Ширина листа, см	1.1	0.04	15.4	0.8-1.5	0.47
Длина соцветия, см	14.2	0.53	18.6	10.5-19.5	0.46
Ширина соцветия, см	6.2	0.41	33.2	3.5-11.5	0.70
Число цветков в соцветии, шт.	57.3	3.32	29.0	29-95	0.69
Диаметр цветка, см	0.3	0.01	19.8	0.2-0.4	0.50
Диаметр куста, см	15.6	0.54	16.5	12.0-21.5	0.44

Таблица 6. Внутрипопуляционная изменчивость морфометрических признаков *Zygophyllum pinnatum*.

Параметры	Средние значения			min-max	I _p
	М	±m	C _v , %		
Число генеративных побегов, шт.	31.1	1.78	28.7	17-51	0.67
Высота генеративного побега, см	18.3	0.59	16.0	13.7-24.5	0.44
Толщина генеративного побега, см	0.2	0.01	20.8	0.2-0.3	0.33
Число листьев, см	12.1	0.28	11.8	8-14	0.43
Длина листа, см	4.3	0.06	7.4	3.5-4.7	0.26
Ширина листа, см	2.2	0.06	14.5	1.6-2.6	0.38
Число листочков, шт.	6.8	0.20	14.7	6-8	0.33
Длина листочка, см	1.4	0.04	14.2	1.1-1.8	0.39
Ширина листочка, см	0.4	0.01	19.2	0.2-0.5	0.60
Число плодов на побег, шт.	3.4	0.24	35.3	2-6	0.67
Длина плода, см	2.2	0.05	11.0	1.7-2.6	0.35
Ширина плода, см	1.5	0.03	10.9	1.2-1.7	0.29
Диаметр куста, см	37.3	0.65	8.7	31.7-43.0	0.26

В ЦП *Zygophyllum pinnatum* все признаки имеют нормальное варьирование. Наибольшая изменчивость у числа генеративных побегов, наименьшая – у параметра длина листа. Индексы пластичности невысокие. В целом, можно сказать, что способность особей растений к выраженной изменчивости и пластичности составляет их тактику защиты от неблагоприятных факторов, выступая инструмент тонкой настройки на среду обитания. Поскольку, у изучаемых видов, особи растений имеют невысокий уровень изменчивости и пластичности, ЦП исследуемых видов в большей степени подвержены любым изменениям в среде обитания. Растения очень плохо воспринимают любые внешние воздействия и имеют слабую степень реакции.

Заключение

По результатам исследований эколого-биологических особенностей четырех редких кальцефитных видов (*Anthemis trotzkiana*, *Matthiola fragrans*, *Lepidium meyeri*, *Zygophyllum pinnatum*) впервые проведен анализ современного состояния их популяций на территории памятника природы Троицкие меловые горы. Преобладающим типом растительности, в составе которой произрастают исследуемые виды, являются ежовниково-солянковиднополюнные на крутых склонах и ежовниково-тасбиюргуновые кальцефитные степи на более пологих участках. Изученные ЦП относятся к нормальным неполночленным, наиболее типично отсутствие в спектре проростков, ювенильных и сенильных особей, а пик приходится на среднегенеративные особи, в ЦП *Anthemis trotzkiana* – на субсенильные особи. ЦП *Anthemis trotzkiana*, *Matthiola fragrans* – стареющие, ЦП *Lepidium meyeri* – переходная, ЦП *Zygophyllum pinnatum* – зрелая. Индексы восстановления и старения в изученных популяциях невысокие – 0.03-0.36, только в ЦП *Anthemis trotzkiana* индекс старения 0.72, в ее составе большое количество постгенеративных особей. Большинство признаков обладают нормальной степенью варьирования, количественные признаки более вариабельны, чем метрические. Отмечен невысокий уровень изменчивости и пластичности морфометрических признаков, что косвенно указывает на то, что ЦП исследуемых видов подвержены любым изменениям в среде обитания. В целом состояние популяций редких видов вызывает опасение, поскольку в них наблюдается низкое возобновление, связанное с крайне недостаточным увлажнением, губительным для проростков растений, в особенности на меловых субстратах, а узкая экологическая приуроченность и слабая пластичность самих растений делает их крайне чувствительными к другим дополнительным стрессовым факторам, например, к вытаптыванию и выпасу скота. По-видимому, более активно возобновление видов происходит только в благоприятные по метеоусловиям годы, когда весной и в начале лета наблюдается достаточное количество осадков и более низкие температуры воздуха. В связи с современными изменениями климата в сторону потепления, такие годы случаются довольно редко, что привело к существенному старению популяций и опасению за их судьбу. Необходим дальнейший мониторинг их состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биоресурсный потенциал Центрального Оренбуржья 2014. / Ред. М.А. Сафонов. Оренбург: ООО ИПК «Университет». 248 с.
- Глотов Н.В. 1998. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. Йошкар-Ола: Изд-во Марийского гос. ун-та. С. 146-149.
- Голубев В.Н. 1962. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи // Труды Центрально-черноземного заповедника им. В.В. Алехина. Вып. 7. 602 с.
- Дарбаева Т.Е. 2003. Флора меловых возвышенностей Северо-Западного Казахстана. Дис. ... д-ра биол. наук. Уральск. 481 с.
- Животовский Л.А. 2001. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. № 1. С. 3-7.
- Жукова Л.А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИИ «Ланар». 224 с.
- Зайцев Г.Н. 1991. Математический анализ биологических данных. М.: Наука. 184 с.
- Злобин Ю.А. 1989. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань: Изд-во Казанского университета. 146 с.
- Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. 2013. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга. 439 с.
- Красная книга Алтайского края. Том. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений 2006. / Ред. Р.В. Камелин, А.И. Шмаков. Барнаул: ОАО ИПП Алтай. 262 с.
- Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. 2004. / Ред. А.В. Присный. Белгород: ОАО «Белгородская областная типография». 532 с.
- Красная книга Волгоградской области. Т. 2. Растения и грибы. 2006. / Ред. В.С. Новиков, Г.Н. Клинова. Волгоград: Волгоград. 236 с.
- Красная книга Воронежской области: в 2 т. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. 2011. / Ред. В.А. Агафонов. Воронеж: МОДЭК. 472 с.
- Красная книга Краснодарского края (Растения и грибы). 2007. / Ред. С.А. Литвинская. Краснодар: ООО Дизайн Бюро № 1. 640 с.
- Красная книга Оренбургской области. Животные и растения. 1998. / Ред. Л.Г. Евдокимова, Е.Г. Байдакова.

- Оренбург: Оренбургское книжное издательство. 176 с.
- Красная книга Республики Алтай: Растения. 2007. / Ред. И.М. Красноборов. Горно-Алтайск: ОАО «Горно-Алтайская типография». 272 с.
- Красная книга Республики Башкортостан: в 2 т. Т. 1: Растения и грибы. 2011. / Ред. Б.Н. Миркин. Уфа: МедиаПринт. 384 с.
- Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). 2006. Казань: Идел-Пресс. 832 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. / Ред. Н.В. Бардунов, В.С. Новиков. М.: Товарищество научных изданий КМК. 855 с.
- Красная книга Ростовской области: Т.2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения грибы, лишайники и растения. 2004. / Ред. В. В. Федяева. Ростов-на-Дону: Малыш. 333 с.
- Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов. 2007. / Ред. Г.С. Розенберг, С.В. Саксонов. Тольятти: ИЭВБ РАН. 372 с.
- Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. 2006. / Ред. Г.В. Шляхтин. Саратов: Изд-во Торгово-промышленной палаты Саратов. обл. 528 с.
- Красная книга Ульяновской области. Т.2. (растения). 2008. / Ред. Е.А. Артемьева, О.В. Бородина, М.А. Королькова, Н.С. Ракова. Ульяновск: Артишок. 508 с.
- Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений. Ч. 3.1 (Семенные растения). 2004 (2005). Ред. В.Е. Присяжнюк. М.: ВНИИ охраны природы. 352 с.
- Кучеров Е.В., Мулдашев А.А., Галева А.Х. 1987. Охрана редких видов растений на Южном Урале. М.: Наука. 203 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. 1978. Фитоценология. Принципы и методы. М.: Наука. 212 с.
- Наумова Л.Г., Злобин Ю.А. 2009. Основы популяционной экологии растений. Уфа. БГПУ. 88 с.
- Работнов Т.А. 1950. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды БИН АН СССР. Геоботаника. Вып. 6. С. 7-204.
- Уранов А.А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. № 2. С. 7-34.
- Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Торопова Н.А., Фаликов Л.Д. 1976. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений различных биоморф // Ценопопуляции растений / Ред. А.А. Уранов, Т.И. Серебрякова. М.: Наука. С. 14-43.
- Флора Европейской части СССР. 1994. / Ред. Н.Н. Цвелев. Т. 7. СПб.: Наука. С. 106-113.
- Чибилев А.А. 1996. Природное наследие Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское книжное издательство. 384 с.
- Чибилев А.А., Мусихин Г.Д., Павлейчик В.М., Паршина В.П. 1998. Зеленая книга Оренбургской области: Кадастр объектов Оренбургского природного наследия. Оренбург: ДиМур. 260 с.

ANALYSIS OF THE CURRENT STATUS OF POPULATIONS OF RARE PLANT SPECIES OF NATURE MONUMENT TROICKI CHALK MOUNTAINS (ORENBURG REGION)

© 2017. O.A. Karimova., L.M. Abramova., Ya.M. Golovanov

*Botanical Garden-Institute of Ufa Scientific Centre RAS
Russia, 450080, Ufa, Mendeleeva str., 195/3. E-mail: karimova07@yandex.ru*

The results of studying of the four rare species: *Anthemis trotzkiana* Claus., *Matthiola fragrans* Bunge, *Lepidium meyeri* Claus, *Zygophyllum pinnatum* Cham. in Troitskie chalk mountains are presented. The total density of the studied coenopopulations ranged from 2.2 to 6.1 copies/m², the effective density – 1.5-4.2 copies/m². Coenopopulations are normal incomplete, most typically are absence in the spectrum of seedlings, juvenile and senile individuals, and peaking in middle-aged generative individuals, in coenopopulations *Anthemis trotzkiana* – at after senile individuals. On classification "delta-omega" coenopopulations *Anthemis trotzkiana*, *Matthiola fragrans* – growing old, *Lepidium meyeri* – transitional, *Zygophyllum pinnatum* – mature. Indices of recovery – 0.03-0.36 and aging – 0.03-0.72. High level of variability and plasticity of morphometric characters are registered.

Keywords: *Anthemis trotzkiana* Claus., *Matthiola fragrans* Bunge, *Lepidium meyeri* Claus, *Zygophyllum pinnatum* Cham., Troitskie chalk mountains, rare species, coenopopulation, ontogenetic structure, morphometric parameters, variability.

УДК 502.75

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
PEGANUM HARMALA L. В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЗЕРА БАСКУНЧАК
(АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

© 2017 г. К.А. Гребенников

Государственный природный заповедник «Богдинско-Баскунчакский»
Россия, 416520, Астраханская обл., г. Ахтубинск, микрорайон Мелиораторов, д. 19
E-mail: kgrebennikov@gmail.com

Поступила 18.02.2016

Показано современное распространение гармалы обыкновенной (*Peganum harmala* L.) в окрестностях озера Баскунчак (включая Богдинско-Баскунчакский заповедник), где вид указывается впервые. Обсуждаются тенденции распространения вида, и его индикаторная роль в оценке состояния естественных экосистем на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: гармала обыкновенная, *Peganum harmala* L., распространение, озеро Баскунчак, Астраханская область, растительные сообщества.

Гармала обыкновенная (*Peganum harmala* L.) – единственный в Европейской России вид семейства Гармаловые – Peganaceae Tiegh. ex Takht., распространенный в аридном поясе Евразии от Средиземноморья до Монголии и Тибета (Цвелев, 1996). Вид широко распространен в Астраханской области. Во «Флоре юго-востока ...» (1931) гармала приводится для Астрахани, «Красноярска» (село Красный Яр) и «Низовьев Волги». В последней сводке флоры Астраханской области (Лактионов, 2010) распространение вида дано лишь в общих чертах: «БК (Бахтемиро-Кигачский район) – часто, П (Пустынный район) – нередко, С (Степной район) – редко». Для Богдинского и Баскунчакского флористических районов, выделяемых в данной сводке (в которые входит территория Богдинско-Баскунчакского заповедника), гармала не приводится. Особенности и тенденции распространения данного вида, приуроченного в наибольшей степени к антропогенно нарушенным местообитаниям в зоне пустынь, у южной границы степной зоны, где расположено озеро Баскунчак, могут представлять значительный научный и природоохранный интерес, в первую очередь, в связи с наличием здесь особо охраняемой природной территории, полностью исключенной из хозяйственного оборота – Богдинско-Баскунчакского заповедника.

Гармала обыкновенная не приводилась ни в одном из двух опубликованных списков флоры сосудистых растений Богдинско-Баскунчакского заповедника (Лактионов и др., 2008; Попов, 2012). При этом следует отметить, что оба перечня представляют собой в действительности списки видов флоры окрестностей озера Баскунчак, включая таксоны, никем не отмечавшиеся собственно на территории заповедника. Таким образом, *Peganum harmala* L. впервые достоверно приводится здесь как для территории заповедника, так и окрестностей озера в целом.

Материалы и методы исследований

Описываемые здесь популяции гармалы обыкновенной были выявлены в ходе проводившихся общепринятыми методами маршрутных флористических обследований. Географические координаты выявленных локальных популяций устанавливались с помощью GPS-навигатора. Гербарные образцы, подтверждающие приведенные находки, хранятся в научном отделе Богдинско-Баскунчакского заповедника. Номенклатура таксонов приведена по сводке С.К. Черепанова (1995).

Результаты и обсуждение

Гармала обыкновенная в настоящее время широко распространена в западной части окрестностей озера Баскунчак (рис. 1). Наибольшей плотности популяция вида достигает близ поселка Нижний Баскунчак: на участках разбитых песков к северу от населенного пункта и

глинистой солонцеватой сухой степи к югу от него – по направлению к карьеру по добыче гипса и вдоль последнего. Далее к северо-востоку и юго-востоку соответственно вид встречается лишь спорадически.

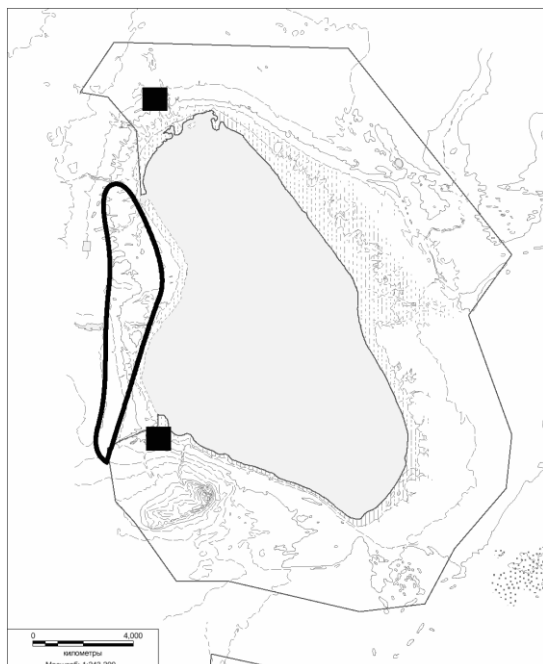


Рис. 1. Карта – схема мест произрастания *Peganum harmala* L. в окрестностях озера Баскунчак. Условные обозначения: сплошная тонкая линия – граница Богдинско-Баскунчакского заповедника, жирная линия – основной участок произрастания вида, черные квадраты – места произрастания вида на территории заповедника.

Непосредственно на территории ООПТ выявлено лишь 2 места произрастания вида близ его границ – территория бывшего пионерлагеря в балке Кordon на южном побережье озера Баскунчак и бывшее место расположения крупной скотоводческой точки в балке Белая на северном берегу озера (рис. 2) соответственно. Также отдельные группы растений гармалы выявлены у границы заповедника (вне его территории) у верховья балки Кordon. Во всех указанных местах произрастания в пределах заповедника численность вида незначительна и составляет в настоящее время не более 30 генеративных экземпляров в балке Белая и около 10 в балке Кordon. Тем не менее, локальные популяции вполне устойчивы – растения цветут и плодоносят. По наблюдениям автора, начало цветения гармалы на рассматриваемой территории приходится на последние числа мая – первые числа июня, созревание плодов – на середину июля. Эффективность размножения не изучалась, однако в свете ниже изложенного, она не может считаться решающим фактором для состояния и распространения локальных популяций вида в окрестностях озера Баскунчак.



Рис. 2. Цветение *Peganum harmala* L. на северном побережье озера Баскунчак, балка Белая, 4 июня 2014 г.

На основных участках своего распространения на рассматриваемой территории вид приурочен к местам с сильным перевыпасом крупного рогатого скота в солонцеватой степи на глинистых, суглинистых и супесчаных почвах. Лишь на таких участках он встречается в больших количествах на

значительной площади, вместе с небольшим числом других видов, также не поедаемых скотом в связи с их ядовитостью (в окрестностях озера Баскунчак это чаще всего анабазис безлистный – *Anabasis aphylla* L. из семейства маревых). На участках же с умеренным выпасом гармала встречается лишь единично или не встречается вовсе. Также небольшие группы растений отмечаются в устойчивых рудеральных сообществах на месте старых зданий, сооружений, мест постоянного содержания скота (скотоводческих точек) и т.п. Детальное описание фитоценозов, в которых произрастает гармала в окрестностях озера Баскунчак, пока не выполнено. Однако в целом можно отметить преобладание в данных сообществах однолетних, главным образом, рудеральных видов (*Poa crispa* Thuill., *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Salsola australis* A. Braun и др.). Исходя из этого, можно заключить, что гармала в окрестностях озера Баскунчак не внедряется в естественные степные сообщества (в которых доминируют дерновинные злаки и полукустарнички), занимая экологическую нишу лишь в рудеральных фитоценозах, составленных преимущественно однолетниками. Оба местообитания вида, выявленные в пределах Богдинско-Баскунчакского заповедника, приурочены именно к таким локальным антропогенно трансформированным участкам. В естественных не нарушенных сообществах сухой степи гармала не была отмечена. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о низкой конкурентной способности гармалы в степных фитоценозах окрестностей озера Баскунчак, позволяющей данному виду произрастать лишь на участках, где естественный зональный растительный покров уничтожен или частично разрушен в ходе хозяйственной деятельности. Соответственно, вид не приурочен к определенному фитоценозу, а занимает пустующую экологическую нишу при ее появлении в результате разрушения различных растительных сообществ. По наблюдениям автора, данные особенности распространения и экологической приуроченности характерны для вида, произрастающего южнее, например, в пустынных ландшафтах и сообществах Харабалинского района Астраханской области, где он более обычен. В связи с катастрофическим скотосбоем в данных ландшафтах гармала нередко на большой площади является практически единственным элементом растительного покрова вблизи мест содержания скота.

В свете выше изложенного, значительный интерес представляет многолетняя динамика численности и распространения гармалы в окрестностях озера Баскунчак, и, в особенности – в пределах Богдинско-Баскунчакского заповедника. Однако пока достоверные данные такого рода практически отсутствуют. При этом, в действительности, вид неоднократно наблюдался здесь и ранее, хотя такие наблюдения и не были опубликованы. Так, на северном побережье озера Баскунчак гармала наблюдалась автором в ходе энтомологических исследований накануне создания заповедника (в июле 1997 г.) – в количестве, существенно большем, чем наблюдаемое в настоящее время. Детальное обследование популяции тогда не было проведено в связи с иным характером работ. Безусловно, снижение численности гармалы здесь связано со снижением антропогенного пресса на экосистемы в связи с установлением заповедного режима, в первую очередь – полным исключением содержания и выпаса скота. По личному сообщению одного из составителей перечней сосудистых растений окрестностей озера Баскунчак – А.В. Попова, гармала также наблюдалась им в данной местности, но была пропущена при составлении перечня как редкий адвентивный вид. Таким образом, не смотря на то, что данный вид впервые в научной литературе приводится для рассматриваемой местности, он произрастал здесь и ранее и был неформально известен специалистам как минимум с конца XX столетия. При этом, отсутствие указаний на произрастание вида в окрестностях озера Баскунчак в работах большого числа ботаников, работавших здесь с конца XVIII века (Попов, 2012а), позволяет предполагать сравнительно недавнее проникновение вида в рассматриваемую местность. Причины такого расширения ареала вида могут носить как естественный (связанный с изменениями климата), так и антропогенный (разрушение растительных сообществ в ходе хозяйственной деятельности) характер, и требуют дополнительного изучения.

Выводы

В условиях границы степной и пустынной зон в Астраханском Заволжье распространение гармалы обыкновенной обусловлено в наибольшей степени антропогенной трансформацией ландшафта, а не естественными экологическими факторами – почвенными условиями и сложившейся структурой растительных сообществ. В связи с этим, вид может использоваться здесь как индикатор

чрезмерной антропогенной нагрузки на природные сообщества, в первую очередь – выпаса излишнего количества домашнего скота на недостаточной для этого площади. При этом наличие отдельных групп растений гармалы обыкновенной на месте старых хозяйственных построек не может являться показателем состояния естественных сообществ. Так, произрастание вида в пределах Богдинско-Баскунчакского заповедника только в таких местообитаниях показывает, напротив, как минимум удовлетворительное состояние растительных сообществ его территории, и связано исключительно с активной хозяйственной деятельностью здесь до создания ООПТ. Тем не менее, наличие мест произрастания гармалы в степных сообществах непосредственно у границ заповедника (не имеющего охранной зоны) может являться признаком их нарушенности в связи с перевыпасом скота. В свете этого целесообразным является проведение соответствующего мониторинга, и, вероятно, необходимых мер по регулированию выпаса (последние могут быть приняты только при создании охранной зоны).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Лактионов А.П. 2010. Флора Астраханской области. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». 296 с.
- Лактионов А.П., Пилипенко В.Н., Глаголев С.Б., Лактионова Н.А. 2008. Сосудистые растения заповедника «Богдинско-Баскунчакский» (Аннотированный список видов). М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия, ИПЭЭ РАН. 66 с.
- Попов А.В. 2012. Флора сосудистых растений и ее особенности // Состояние и многолетние изменения природной среды на территории Богдинско-Баскунчакского заповедника. Волгоград: ИПК «Царицын». С. 83-102.
- Попов А.В. 2012а. История изучения окрестностей озера Баскунчак // Состояние и многолетние изменения природной среды на территории Богдинско-Баскунчакского заповедника. Волгоград: ИПК «Царицын». С. 9-28.
- Флора Юго-Востока европейской части СССР. 1931 / Ред. Б.А. Федченко. М. Вып. 5. С. 649-655.
- Цвелев Н.Н. 1996. Peganaceae Tiegh. ex Takht. – Гармаловые // Флора Восточной Европы. СПб.: Мир и семья-95. Т. 9. С. 365-366.
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. 992 с.

THE DISTRIBUTION AND ECOLOGICAL FEATURES OF *PEGANUM HARMALA* L. IN THE ENVIRONMENTS OF LAKE BASKUNCHAK (ASTRAKHAN' REGION)

© 2017. K.A. Grebennikov

State Nature Reserve "Bogdinsko-Baskunchakskiy"
Russia, 416502, Astrakhan' Region, Akhtubinsk, Melioratorov str., 19
E-mail: kgrebennikov@gmail.com

The modern distribution of *Peganum harmala* L. in the environments of Lake Baskunchak (including nature reserve "Bogdinsko-Baskunchakskiy"), where the species is indicated firstly, is shown. Tendencies of distribution of the species and its role in the assessment of state of natural ecosystems on considered territory are discussed.

Keywords: *Peganum harmala* L., distribution, Lake Baskunchak, Astrakhan' Region, plant communities.

УДК 574.9(285.32)(477.75)

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ВОДОЕМОВ КРЫМА¹

© 2017 г. Е.В. Ануфриева*, Н.В. Шадрин*, С.Н. Шадрина**

*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН
Россия, 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2. E-mail: lena_anufrieva@mail.ru

**Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
Россия, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2. E-mail: wertexy@yandex.ru

Поступила 23.06.2016

В работе рассмотрена история изучения биоразнообразия гиперсолёных водоемов аридной зоны Крыма с конца XVIII века по настоящее время. Суммируя накопленные знания по биоразнообразию рассматриваемых водоемов, отмечено наличие 290 видов эукариотных организмов, из них 190 видов одноклеточных, и около 200 видов бактерий и архей, из которых не менее 100 видов относятся к цианобактериям. Сделан вывод о недостаточной изученности разнообразия как прокариотных, так и эукариотных организмов в этих местообитаниях. Данная работа не является исчерпывающим обзором по истории изучения биоразнообразия гиперсолёных вод Крыма, скорее она – прелюдия к такому историческому исследованию и призыв к углублению и расширению познания уникального видового разнообразия этих экстремальных биотопов.

Ключевые слова: биоразнообразие, история науки, гиперсолёные водоемы, Крым.

Гиперсолёные озера относятся к одним из наиболее экстремальных местообитаний нашей планеты и встречаются на всех континентах, большинство из них расположено в аридных и субаридных зонах, где они являются типичным компонентом ландшафта. В них обитают микро- и макроорганизмы, которые обладают уникальными адаптациями и являются важной составляющей общего биоразнообразия биосферы. Некоторые из них (*Dunaliella salina* Teodoresco, 1905; *Arctodiaptomus salinus* Daday, 1885; *Moina salina* Daday, 1888; *Artemia* spp., личинки *Chironomidae* и др.) представляют несомненную ценность для развития аквакультуры, биотехнологий, фармакологии и косметической промышленности. Науплиусы жаброногого рачка *Artemia* являются наиболее распространенным живым стартовым кормом для личинок рыб и ракообразных во всем мире. Зеленая одноклеточная микроводоросль *D. salina* синтезирует β-каротин, широко используемый в промышленности, животноводстве и медицине. Обитающая и в гиперсолёных озерах Крыма цианобактерия *Nostoc* cf. *linckia* Bornet ex Bornet et Flahault, 1886 может продуцировать ностококарболин, на основе которого могут быть созданы новые лекарства для лечения болезней Альцгеймера и Паркинсона (Шадрин и др., 2010). В последние годы интерес к изучению видового разнообразия в этих экстремальных биотопах растет, в первую очередь это относится к бактериям и археям (Neuger et al., 2005; Sorokin et al., 2006). В то же время работ, суммирующих результаты изучения всей биоты таких водоемов в различных регионах, нет.

В аридной зоне Азово-Черноморского бассейна гиперсолёные водоемы распространены от Болгарии и до Краснодарского края и Ростовской области в России. Особенно их много в Крыму, где расположено более 50 гиперсолёных озёр – на Керченском полуострове, Азовском побережье, севере и западе Крыма (Anufrieva et al., 2014). По происхождению они делятся на два типа: морские и континентальные. Солёность в водоемах колеблется от 35 до 400 г/л. В них обитает большое количество видов, изучение которых вызывает огромный интерес как с научной, так и с практической точки зрения (Шадрин и др., 2010). Цель данной работы – дать краткий обзор истории исследования биоразнообразия гиперсолёных озёр Крымского полуострова, наметив некоторые ориентиры

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке фонда Otto Kinne для Е.В. Ануфриевой.

будущих исследований. Выбор Крыма обусловлен тем, что к настоящему времени биота его гиперсоленых водоемов является наиболее изученной в Азово-Черноморском регионе. Учитывая то, что организмы гиперсоленых вод имеют достаточно широкие ареалы распространения, можно ожидать, что видовое разнообразие биоты гиперсоленых вод Азово-Черноморского региона репрезентативно представлено на полуострове.

Результаты и обсуждение

Первые исследования в регионе. Изучение биоразнообразия гиперсоленых водоемов Крыма имеет длинную историю, оно было начато в конце XVIII века П.С. Палласом (Паллас, 1999), который упоминал находки в них *Artemia* (в то время известных как *Cancer salinus*). Во время путешествия по Крыму в 1858 г. К.Ф. Кесслером были получены первые зоологические сведения о гиперсоленом заливе Сиваш (Кесслер, 1860). Г.П. Федченко в 1870 г., подводя итоги изучения гиперсоленых озер Российской империи, отмечал, что работ об их флоре и фауне, в частности в Крыму, мало: «Кажущееся отсутствие организмов служит только причиной, что мы мало до сих пор знаем эту флору и фауну; глаз привычный к крупным проявлениям жизни, неохотно останавливается на среде, не поражающей его ни разнообразием, ни численностью органических существ ... Вопрос о флоре и фауне наших соляных источников, полный самого живого интереса, так мало разработан ...» (Федченко, 1870, с. 64). В то же время он говорит о наличии в гиперсоленых озерах Крыма нитчатых зеленых водорослей, одноклеточной зеленой водоросли *Dunaliella*, жаберногих рачков *Artemia*. Позднее *Artemia* изучались рядом исследователей: «Более подробные наблюдения над одним видом из ракообразных, наиболее распространенным в соляных озерах, сделаны были в Крыму, на Чокракском озере (близ Керчи), доктором Фон-Крейцером и лекарем Дубицким; наблюдения относятся к 1849 году» (Федченко, 1870, с. 66). *Artemia* из Херсонесского озера (вблизи Севастополя), собранные Г.П. Федченко, были исследованы известным зоологом В.Н. Ульяниным. В крымских озерах к тому времени был найден и другой представитель жаберногих ракообразных – *Branchipus spinosus* (в настоящее время *Phallocryptus spinosa* (Milne-Edwards, 1840)). Г.П. Федченко отмечал, что оседающая в озерах соль может иметь розовый, малиновый, красный цвет: «Красный цвет соляных рассолов зависит от присутствия микроскопических инфузорий, названных Жоли *Monas dunalii*» (Федченко, 1870, с. 67). В настоящее время установлено, что это зеленая водоросль *D. salina*.

1870-1920 гг. В середине XIX века талантливый зоолог В.И. Шманкевич (Шманкевич, 1873) начал исследовать фауну гиперсоленых лиманов возле Одессы и описал новый вид гарпактикоид *Cletocamptus retrogressus* Schmankevitch, 1875, который, как это сейчас установлено, является наиболее галотолерантным видом среди веслоногих ракообразных и очень широко распространен в Северной Африке и Евразии (Anufrieva, 2015). Предположив, что микроорганизмы участвуют в образовании лечебных грязей, А.А. Вериге во второй половине XIX века начал исследование микробиоты одесских лиманов, а затем и Сакского озера (Вериге, 1880). Позднее большинство одесских лиманов распределилось из-за созданных каналов, соединивших их с морем. Это явилось одной из причин того, что жизнь в гиперсоленых водах стали изучать в первую очередь на Крымском полуострове.

В 1911-1912 гг. микробиологические и альгологические исследования гиперсоленых озер Крыма провел будущий академик Б.Л. Исаченко (Исаченко, 1927). В начале XX века большое флористическое исследование гиперсоленого залива Сиваш выполнил К.И. Мейер (Мейер, 1916), всего им было отмечено 125 видов сине-зеленых (цианобактерии), багряных, зеленых и диатомовых водорослей. Он описал новый вид нитчатых зеленых водорослей, известный сейчас как *Cladophora sivashensis* C. Meyer, 1922.

Первое систематическое исследование фауны гиперсоленых озер Крыма (Евпаторийской группы) провел летом 1886 г. московский зоолог Н.М. Кулагин (Кулагин, 1888). В приведенном им списке видов некоторые животные впервые указаны для гиперсоленых озер. Изучив фауну гиперсоленых озер Крыма (Донузлав, Сакское, Ойбурское, Сиваш, Мойнаки), Н.М. Кулагин (Кулагин, 1888) отметил наличие в них представителей инфузорий (3 вида) и животных (19 видов, из них 10 – ракообразные).

1921-1970 гг. В эти годы были продолжены исследования по изучению микроорганизмов гиперсоленых озер Крыма в связи с их участием в формировании лечебных грязей. В 1960 гг. начато

исследование фототрофных бактерий (Горленко, 1968). Основные результаты изучения разнообразия и функциональной роли бактерий гиперсоленых водоемов Крыма в 1921-1960 гг. обобщены В.И. Романенко и С.И. Кузнецовым (Романенко, Кузнецов, 1969).

В 1925-1926 гг. В.Н. Дагаева впервые провела комплексное изучение биоты гиперсоленого озера Круглое, входившего в состав Херсонесской группы озер (Дагаева, 1927). Детально были изучены инфузории, среди которых ею отмечено 60 видов (Павловская и др., 2009). В настоящее время озеро не существует, оно было полностью засыпано при проведении дорожно-строительных работ в 1970-х гг. Позднее комплексные исследования видового разнообразия фауны в соленых озерах Крыма не проводились, за исключением отдельных работ Я.Я. Цееба (Цееб, 1961) в 1930-1950 гг.

В 1935-1936 гг. сотрудники АзЧерНИРО (ЮгНИРО, Керчь) проводили исследования в Восточном Сиваше, включая его гиперсоленые участки. Результаты обобщены в работе В.П. Воробьева (Воробьев, 1940). Следующее исследование Восточного Сиваша было проведено сотрудниками Института гидробиологии АН УССР в 1955 году (Коваль, 1960).

1971-2000 гг. В этот период продолжилось исследование фототрофных бактерий (Горленко и др., 1984). Сотрудники Института микробиологии (Москва) под руководством академика Г.А. Заварзина в 1980 гг. изучали альгобактериальные маты – реликтовые докембрийские сообщества в гиперсоленых лагунах Сиваша (Заварзин и др., 1993). В 1970-1980 гг. альгологические и бактериологические исследования проводили также сотрудники Института биологии внутренних вод (Борок) и других научных организаций СССР (Романенко, 1983). В конце 1970-х гг. в гиперсоленых водах Синайского полуострова впервые были найдены необычные прокариотные организмы (археи) рода *Haloarcula* с квадратными клетками, чуть позже В.И. Романенко нашел их в Сакском озере (Oren, 1999).

Сотрудники Зоологического института АН СССР (Санкт-Петербург) под руководством М.Б. Ивановой в 1985-1991 гг. провели комплексное гидробиологическое исследование Сакского озера, отметив наличие двух альтернативных состояний сообщества озера в зависимости от солености (Ivanova et al., 1994). В 1996-1999 гг. сотрудники Днепропетровского национального университета Л.В. Бондаренко и В.А. Яковенко провели фаунистическое исследование озера Мойнаки вблизи г. Евпатория (Бондаренко, Яковенко, 2000).

Перечисленные исследования 1970-2000 гг. не исчерпывают полный список работ по изучению биоты гиперсоленых водоемов, в частности в нем не учтены публикации по биологии отдельных видов, оценке ресурсов и возможностей использования *Artemia*.

2001-2016 гг. В это время продолжают интенсивные исследования микроорганизмов, позволившие открыть и описать не только новые для Крыма, но и для мировой науки роды и виды. Большое внимание было привлечено к изучению хемотрофных прокариот, позволившее описать новые виды и новые типы метаболизма. А.П. Соколов и Ю.А. Троценко, в частности, первыми показали потребление метана в гиперсоленых озерах (Sokolov, Trotsenko, 1995), что привело к открытию нового для науки рода метаноокисляющих бактерий *Methylohalobius* и вида *Methylohalobius crimeensis* (Heyer et al., 2005). Д.Ю. Сорокин с сотрудниками открыл новые роды и виды бактерий, например, сульфат-окисляющих (Sorokin et al., 2006), сделав вывод, что разнообразие хемотрофных бактерий в гиперсоленых водоемах может быть даже выше, чем в пресных и морских. Московскими учеными впервые найдены 12 видов актиномицет или актинобактерий (Омарова и др., 2006). Проведены первые биологические исследования на сульфатных озерах Керченского полуострова, показавшие довольно высокое видовое разнообразие в них цианобактерий (Шадрин и др., 2008). В эти годы, в первую очередь благодаря работам ученых из Москвы, Санкт-Петербурга и Киева уточнен и расширен список видов цианобактерий (Шадрин и др., 2008; Шадрин и др., 2010). Не пытаясь дать полный обзор микробиологических открытий, лишь отметим, что к настоящему времени в гиперсоленых водах Крыма описано более 200 видов бактерий и архей, из которых не менее 100 видов относятся к цианобактериям. Относительно низкое отмеченное видовое разнообразие прокариот, скорее всего, объясняется их плохой изученностью. Вирусы в крымских гиперсоленых водоемах еще не изучались, несмотря на то, что они являются обычными компонентами сообществ в гиперсоленых водах. При максимальной солености в озерах нередко присутствуют только археи и вирусы.

На современном этапе продолжают исследования биоразнообразия гиперсоленых участков

Сиваша (Загородняя, 2006; Сергеева и др., 2014). С 2000 г. по настоящее время сотрудники нескольких отделов Института морских биологических исследований РАН (ранее Института биологии южных морей НАН Украины) проводят комплексные исследования гиперсоленых водоемов Крыма; этому был посвящен ряд международных проектов ИНТАС и др. (Шадрин, 2011).

Таблица 1. Общее число видов Eucariota, найденных в гиперсоленых озерах Крыма.

Группа организмов	Кол-во видов	Авторы
Cryptophyta	3+	(Сеничева и др., 2008)
Dinophyta	18	(Сеничева и др., 2008)
Bacillariophyta	79	(Сеничева и др., 2008)
Euglenophyta	2	(Сеничева и др., 2008)
Chlorophyta (одноклеточные)	11	(Неврова, Шадрин, 2008; Сеничева и др., 2008)
Foraminifera	3+?	(Загородняя и др., 2008)
Ciliophora	74	(Кулагин, 1888; Павловская и др., 2009)
Chlorophyta (многоклеточные)	7	(Празукин и др., 2008)
Charophyta	1	(Л. М. Киприянова, личное сообщение)
Magnoliophyta	4	(Садогурский, 2007; Празукин и др., 2008; Л. М. Киприянова, личное сообщение)
ANIMALIA		
Rotifera	5	(Загородняя и др., 2008)
Polychaeta	2	(Собственные данные)
Turbellaria	2	(Кулагин, 1888)
Bryozoa	1	(Кулагин, 1888)
Nematoda	4	(Kolesnikova et al., 2008)
Scyphozoa	1	(Загородняя и др., 2008)
Ctenophora	1	(Загородняя и др., 2008)
Anostraca	4	(Федченко, 1870; Цееб, 1961; Бондаренко, Яковенко, 2000; Загородняя и др., 2008)
Cladocera	2	(Ivanova et al., 1994; Бондаренко, Яковенко, 2000; Загородняя и др., 2008)
Calanoida	2	(Загородняя и др., 2008; Anufriieva, 2015)
Cyclopoida	5	(Цееб, 1961; Anufriieva, 2015; Anufriieva et al., 2014; собственные данные)
Harpacticoida	14	(Кулагин, 1888; Дагаева, 1927; Цееб, 1961; Загородняя и др., 2008; Kolesnikova et al., 2008; Anufriieva, 2015)
Ostracoda	3	(Кулагин, 1888; Цееб, 1961; Бондаренко, Яковенко, 2000; Загородняя и др., 2008; Kolesnikova et al., 2008)
Amphipoda	8	(Кулагин, 1888; Цееб, 1961; Ivanova et al., 1994; Бондаренко, Яковенко, 2000; Загородняя и др., 2008; собственные данные)
Isopoda	2	(Кулагин, 1888; Загородняя и др., 2008)
Mysida	2	(Кулагин, 1888; Загородняя и др., 2008)
Decapoda	3	(Кулагин, 1888; Загородняя и др., 2008; собственные данные)
Mollusca	3	(Собственные данные)
Diptera	10	(Пржиборо, Бродская, 2006; Загородняя и др., 2008; Przhiboro, Shadrin, 2012)
Coleoptera	11	(Кулагин, 1888; собственные данные)
Hemiptera	2+	(Anufriieva, Shadrin, 2016)
Acari	1+?	(Собственные данные)

В гиперсолёных водоемах, сильно меняющихся во времени, значительная часть видового разнообразия в любой момент времени находится в покое (Shadrin et al., 2015). Поэтому серьезное внимание было уделено изучению покоящихся стадий организмов в грунтах гиперсолёных озер Крыма (Shadrin et al., 2015). В результате сотрудничества с учеными Италии, Испании и Греции было подтверждено обитание в гиперсолёных озерах Крыма нового для Европы вида – *Artemia urmiana* Günther, 1899, – который ранее считался эндемиком Ирана (Abatzopoulos et al., 2009). В результате многолетних исследований было описано множество видов, ранее не отмеченных в гиперсолёных водоемах Крыма (Шадрин и др., 2010). Количество описанных к настоящему моменту видов эукариотных организмов различных таксонов приведено в таблице 1.

Суммарно отмечено наличие не менее 290 видов эукариотных организмов, из них 190 видов являются одноклеточными. Наибольшее разнообразие зафиксировано среди диатомовых и инфузорий, но и они еще слабо изучены. Например, диатомовые определены лишь в 7 озерах морского происхождения и не во все сезоны, а в сульфатных озерах Керченского полуострова их практически не изучали. Планктонные инфузории, обитающие в аэробных условиях, исследованы лишь в двух озерах морского происхождения. Огромное количество неидентифицированных инфузорий присутствует в аноксийной зоне под матами зеленых нитчатых водорослей (Павловская и др., 2009). Грибы являются обычными обитателями гиперсолёных водоемов, их гифы были найдены и в озерах Крыма, но пока они все еще не идентифицированы. Также отсутствуют сведения об амeboидных и жгутиковых гетеротрофных протистах солёных озер Крыма. Наиболее изученной группой животных являются ракообразные, идентифицировано 45 видов. Временная динамика описания видов ракообразных в гиперсолёных водах Крыма приведена в таблице 2.

Таблица 2. Динамика количества обнаруженных видов ракообразных в гиперсолёных водоемах Крыма.

Группа ракообразных	Год исследования							
	1870	1888	1930	1961	1994	2011	2014	2016
Anostraca	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	4	4	4
Cladocera	–	–	–	–	1	2	2	2
Calanoida	–	–	–	–	–	2	2	2
Cyclopoida	–	–	–	1	1	1	4	5
Harpacticoida	–	2	4	7	7	10	12	14
Ostracoda	–	1	2	3	3	3	3	3
Amphipoda	–	1	1	3	3	7	8	8
Isopoda	–	2	2	2	2	2	2	2
Mysida	–	1	1	1	1	2	2	2
Decapoda	–	1	1	1	1	2	3	3
Всего	2-3	10-11	13-14	20-21	21-22	35	42	45

Отметим, что 10 видов (22 % от общего числа описанных) впервые найдены в 2012-2016 гг. Это позволяет сделать вывод, что видовое разнообразие ракообразных в гиперсолёных водоемах Крыма еще недостаточно изучено. Например, ранее, исходя из рассчитанной зависимости «количество проанализированных проб – число найденных видов», было показано, что можно ожидать находки еще 3-5 видов циклопов (Anufrieva et al., 2014). В 2015 г. Е.В. Ануфриевой был найден новый для гиперсолёных вод Крыма вид циклопов *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853). Некоторые группы животных практически не изучались (нематоды, турбеллярии, мшанки, водные клопы и др.).

Заключение

Несмотря на долгую историю изучения биоразнообразия гиперсолёных вод Крымского полуострова множество видов, в том числе новых для науки, ожидают своего описания. Несмотря на пробелы в изучении, биоразнообразие гиперсолёных вод Крыма, вероятно, все же относится к числу наиболее изученных в мире в подобных экстремальных местообитаниях. Суммируя вышесказанное, можно констатировать необходимость широкомасштабных исследований не только прокариот, но и

эукариот в гиперсоленых водах Крыма и других регионов. Данная работа не является исчерпывающим обзором по истории изучения биоразнообразия этих уникальных биотопов, скорее она – прелюдия к такому историческому исследованию. Хочется также надеяться, что она будет воспринята как призыв к углублению и расширению познания уникального видового разнообразия экстремальных гиперсоленых биотопов, играющих важную роль в аридных зонах мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бондаренко Л.В., Яковенко В.А. 2000. Трансформация видовой структуры ракообразных озера Мойнаки в связи с его опреснением // Вісник Дніпропетровського університету. Серія біологія, екологія. Т. 8. № 2. С. 100-105.
- Вериге А.А. 1880. Исследование Одесских целебных лиманов и грязей. Издательство Одесского бальнеологического общества. Одесса: Типография Л. Нитче. 107 с.
- Воробьев В.П. 1940. Гидробиологический очерк Восточного Сиваша и возможности его рыбохозяйственного использования // Труды АЗЧерНИРО. Вып. 12. С. 69-164.
- Горленко В.М. 1968. Фотосинтезирующие бактерии водоемов южной части Крымского полуострова // Микробиология. Т. 37. № 4. С. 745-748.
- Горленко В.М., Компанцева Е.И., Короткое С.А., Пучкова Н.Н., Саввичев А.С. 1984. Условия развития и видовой состав фототрофных бактерий в соленых мелководных водоемах Крыма // Известия АН СССР. Серия биологическая. № 3. С. 362-374.
- Дагаева В.Н. 1927. Наблюдения над жизнью соленого озера у бухты Круглой у Севастополя // Известия АН СССР. Серия математическая. № 21. С. 1319-1346.
- Заварзин Г.А., Герасименко Л.М., Жилина Т.Н. 1993. Цианобактериальные сообщества лагун Сиваша // Микробиология. Т. 62. № 6. С. 1114-1158.
- Загородняя Ю.А. 2006. Таксономический состав и количественные характеристики зоопланктона в восточном Сиваше летом 2004 г. // Экосистемные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. Т. 8. С. 103-114.
- Загородняя Ю.А., Батогова Е.А., Шадрин Н.В. 2008. Многолетние трансформации планктона в гипергалинном Бакальском озере (Украина, Крым) при колебаниях солености // Морской экологический журнал. Т. 7. № 4. С. 41-50.
- Исаченко Б.Л. 1927. Микробиологические исследования над грязевыми озерами. Л.: Изд-во Геологического комитета. Вып. 148. С. 15-21.
- Кесслер К.Ф. 1860. Путешествие с зоологической целью к северному берегу Черного моря и в Крым в 1858 г. Киев: Университетская типография. 248 с.
- Коваль Л.Г. 1960. Зоопланктон східного Сиваша // Праці Інституту гідробіології АН УРСР. № 35. С. 41-42.
- Кулагин Н.М. 1888. К фауне Крымских соленых озер // Известия императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. Протоколы заседаний Зоологического Отделения общества. Т. 1. Вып. 2. С. 430-444.
- Мейер К.И. 1916. Сиваш и его флора // Естествознание и география. Т. 21. № 1-2. С. 1-19.
- Неврова Е.Л., Шадрин Н.В. 2008. Донные диатомовые водоросли гиперсоленых водоемов Крыма // Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. Севастополь: НАН Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. С. 112-118.
- Омарова Е.О., Курапова А.И., Зенова Г.М., Орлеанский В.К., Шадрин Н.В. 2006. Первые находки актиноидов в соленых озерах-лагунах Крыма // Морской экологический журнал. Т. 5. № 2. С. 26-30.
- Павловская Т.М., Празукин А.В., Шадрин Н.В. 2009. Сезонные явления в сообществе инфузорий гиперсоленого озера Херсонесское (Крым) // Морской экологический журнал. Т. 8. № 2. С. 53-63.
- Паллас П.С. 1999. Наблюдения, сделанные во время путешествия по южным наместничествам Русского государства. М.: Наука. 137 с.
- Празукин А.В., Бобкова А.Н., Евстигнеева И.К., Танковская И.Н., Шадрин Н.В. 2008. Структура и сезонная динамика фитокомпоненты биокосной системы морского гиперсоленого озера на мысе Херсонес (Крым) // Морской экологический журнал. Т. 7. № 1. С. 61-79.
- Пржиборо А.А., Бродская Н.К. 2006. Мокрецы (Diptera, Ceratopogonidae) соленых озер Крыма // I Всероссийское Собрание по проблемам изучения кровососущих насекомых: Россия, г. Санкт-Петербург, 24-27 октября 2006 г. Материалы докладов. СПб.: ЗИН РАН. С. 113-114.
- Романенко В.И. 1983. Доминирующие формы бактерий в поверхностной пленке рапы Сакского озера // Биология внутренних вод. Вып. 57. С. 4-7.
- Романенко В.И., Кузнецов С.И. 1969. Микрофлора Сиваша и некоторых соляных промыслов Крыма // Труды Института биологии внутренних вод АН СССР. Вып. 19. № 22. С. 9-23.

- Садогурский С.Е. 2007. К изучению донной растительности соленых озер Керченского полуострова (Крым) // Бюллетень Никитского ботанического сада. Вып. 94. С. 20-24.
- Сеничева М.И., Губелин Ю.И., Празукин А.В., Шадрин Н.В. 2008. Фитопланктон гиперсолёных озер Крыма // Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. Севастополь: НАН Украины, Институт биологии южных морей. С. 93-99.
- Сергеева Н.Г., Колесникова Е.А., Латушкин А.А., Чепыженко А.А. 2014. Разнообразие мейобентоса рыхлых грунтов озера Сиваш // III Международная научно-практическая конференция «Биоразнообразие и устойчивое развитие»: Симферополь, 15-19 сентября 2014 г. Тезисы докладов. Симферополь: Крымский научный центр. С. 323-325.
- Федченко Г.П. 1870. О самосадочной соли и соляных озерах Каспийского и Азовского бассейнов // Известия императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. Т. 5. Вып. 1. 112 с.
- Цееб Я.Я. 1961. К типологии солоноватых и соленых водоемов Крыма и характеристика их фауны // Малые водоемы равнинных областей СССР и их использование. М.: АН СССР. С. 375-390.
- Шадрин Н.В. 2011. Исследование жизни в гиперсолёных водоемах // Очерки истории Севастопольской биологической станции Института биологии южных морей (1871-2011). Севастополь: ЭКОСИ Гидрофизика. С. 316-327.
- Шадрин Н.В., Миходюк О.С., Найданова О.Г., Волошко Л.Н., Герасименко Л.М. 2008. Донные цианобактерии гиперсолёных озер Крыма // Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. Севастополь: НАН Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. С. 100-112.
- Шадрин Н.В., Загородняя Ю.А., Батогова Е.А. 2010. Биоразнообразие гиперсолёных озер Крыма: проблемы изучения, сохранения и перспективы использования // Международная научно-практическая конференция «Биоразнообразие и устойчивое развитие»: Россия, г. Симферополь, 19-22 мая 2010 г. Тезисы докладов. Симферополь: КНИЦ НАН Украины и МОН Украины. С. 178-180.
- Шадрин С.Н., Волошко Л.Н., Шадрин Н.В. 2010. Потенциально токсичные цианобактерии в гиперсолёных водоемах Крыма // Морской экологический журнал. Т. 9. № 2. С. 22-28.
- Шманкевич В.И. 1873. О беспозвоночных животных лиманов, находящихся вблизи Одессы // Записки Новороссийского общества естествоиспытателей. Т. 2. Вып. 2. С. 272-275.
- Abatzopoulos T.J., Amat F., Baxevanis A.D., Belmonte G., Hontoria F., Maniatsil S., Moscatello S., Mura G., Shadrin N.V. 2009. Updating geographic distribution of *Artemia urmiana* Gunter, 1890 (Branchiopoda: Anostraca) in Europe: An integrated and interdisciplinary approach // International Review of Hydrobiology. Vol. 94 (5). P. 560-576.
- Anufrieva E. 2015. Do copepods inhabit hypersaline waters worldwide? A short review and discussion // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. Vol. 33 (6). P. 1354-1361.
- Anufrieva E., Holynska M., Shadrin N. 2014. Current invasions of Asian *Cyclopoid* species (Copepoda: Cyclopidae) in Crimea, with taxonomical and zoogeographical remarks on the hypersaline and freshwater fauna // Annales Zoologici. Vol. 64. P. 109-130.
- Anufrieva E.V., Shadrin N.V. 2016. First record of *Ranatra linearis* (Hemiptera, Nepidae) in hypersaline water bodies of the Crimea // Hydrobiological Journal. Vol. 52. P. 56-60.
- Heyer J., Berger U., Hardt M., Dunfield P.F. 2005. *Methylohalobius crimeensis* gen. nov., sp. nov., a moderately halophilic, methanotrophic bacterium isolated from hypersaline lakes of Crimea // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Vol. 55. P. 1817-1826.
- Ivanova M., Balushkina E., Basova S. 1994. Structural functional reorganization of ecosystem of hyperhaline lake Saki (Crimea) at increased salinity // Russian Journal of Aquatic Ecology. Vol. 3 (2). P. 111-126.
- Kolesnikova E.A., Mazlumyan S.A., Shadrin N.V. 2008. Seasonal dynamics of meiobenthos fauna from a salt lake of the Crimea (Ukraine) // The fifth International Conference on Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology. EMMM'2008: India, Chennai, 17-25 February 2008. Abstracts. Chennai: University of Madras. P. 155-158.
- Oren A. 1999. The enigma of square and triangular halophilic Archaea // Enigmatic microorganisms and life in extreme environments. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. P. 337-355.
- Przhiboro A., Shadrin N. 2012. Mass occurrence of flies of the genus *Ephydra* (Diptera: Ephydriidae) at the coastline zone of hypersaline coastal lagoons in the Eastern Crimea // Morskyyi Ekologicheskii Zhurnal. Vol. 11 (1). P. 24.
- Shadrin N. V., Anufrieva E. V., Amat F., Eremin O.Yu. 2015. Dormant stages of crustaceans as a mechanism of their existence in an extreme unpredictable environment of the Crimean hypersaline lakes // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. Vol. 33 (6). P. 1362-1367.
- Sokolov A.P., Trotsenko Y.A. 1995. Methane consumption in (hyper) saline habitats of Crimea (Ukraine) // FEMS Microbiology Ecology. Vol. 18. P. 299-304.
- Sorokin D.Yu., Tourova T.P., Lysenko A.M., Muyzer G. 2006. Diversity of culturable halophilic sulfur-oxidizing bacteria in hypersaline habitats // Microbiology. Vol. 152. P. 3013-3023.

**THE HISTORY OF RESEARCHES IN BIODIVERSITY OF CRIMEAN
HYPERHALINE WATERS**

© 2017. E.V. Anufrieva*, N.V. Shadrin*, S.N. Shadrina**

**A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS
Russia, 299011, Sevastopol, Nakhimov av., 2. E-mail: lena_anufrieva@mail.ru*

***V.V. Komarov Institute of Botany RAS
Russia, 197376, St. Petersburg, Prof. Popov St., 2. E-mail: wertexy@yandex.ru*

The paper considers the history of researches in biodiversity of hypersaline waters in the Crimean arid zone from the end of the 18th century to the present. Summing up the accumulated knowledge on biodiversity of these water bodies the authors have noted presence of 290 species of eukaryotic organisms, including 190 unicellular ones, and about 200 species of bacteria and archaea, of which at least 100 species are represented by cyanobacteria. It was concluded that diversity of both prokaryotic and eukaryotic organisms is still understudied. This paper is not an exhaustive review about the history of researches in biodiversity of Crimean hypersaline waters; it is rather a prelude to such historical study and a call for deepening and broadening of researches into unique biodiversity of these extreme habitats.

Keywords: biodiversity, the history of science, hypersaline waters, Crimea.

ТОПИЧЕСКАЯ И ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА СОЛЕННЫХ РЕК БАСЕЙНА ОЗ. ЭЛЬТОН¹

© 2017 г. В.И. Лазарева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок. E-mail: lazareva_v57@mail.ru

Поступила 29.06.2015

В августе 2013 г. в зоопланктоне шести малых рек бассейна оз. Эльтон с минерализацией 6-32 г/л идентифицированы 17 таксонов зоопланктона в ранге вида (Cladocera, Cyclopoida, Calanoida и Rotifera) и 3 таксона меропланктона (личинки Mollusca, Diptera и Heteroptera). Большую часть списка (45% видов) формировал бентопланктон, эвпланктон – только 20%. В сообществе выделены три трофических уровня: мирные фито- и бактериодетритофаги, всеядные животные с разными размерами тела (<1.5 мм и 1.5-6 мм) и хищники. Обсуждаются влияние солёности на структуру зоопланктона, биотопическая приуроченность видов, особенности трофических взаимоотношений и обеспеченность пищей хищников.

Ключевые слова: солёные реки, зоопланктон, состав, структура, обилие, биотопическая приуроченность, трофические взаимодействия.

Высокоминерализованные речные воды широко распространены в аридных и семиаридных регионах (Williams, 1987). В лесостепной зоне России минерализация воды в реках достигает 0.6-1.0 г/л, а на юге степной зоны 2-41 г/л (Зинченко, Головатюк, 2013). В настоящее время в условиях глобального изменения климата во многих областях мира наблюдается процесс аридизации, который сопровождается возрастанием солёности континентальных вод (Velasco et al., 2006). Солёность часто служит основным абиотическим фактором, определяющим состав видов и их численность в континентальных и океанических водах (Хлебович, Аладин, 2010). С увеличением минерализации воды в озерах биоразнообразие зоопланктона и зообентоса первоначально возрастает, затем резко снижается, при этом зоопланктон более чувствителен к росту минерализации по сравнению с бентосом (Алимов, 2008). В континентальных реках при увеличении солёности тоже снижается биоразнообразие сообществ (Short et al., 1991). В эстуарных экосистемах в области критической солёности регистрируют минимальное видовое богатство крупных животных, но максимальное – простейших (Telesh et al., 2015).

Изучение солёных рек представляет значительный интерес для оценки особенностей экологии галофильных и галобионтных форм, их трофических взаимодействий и связей с биотопом (Williams, 1987; Short et al., 1991). Глобальный научный интерес представляют исследования, количественно характеризующие потоки вещества и механизмы его переноса из солёных рек в наземные экосистемы (Milla'n et al., 2011; Zinchenko et al., 2014). Продукция водных экосистем поступает в наземные в процессе жизнедеятельности околотовных и амфибионтных животных (насекомые, амфибии, рептилии, птицы и некоторые млекопитающие), среди которых в аридной зоне наиболее значимую роль играют птицы (Ballinger, Lake, 2006). Важными представляются также трофические взаимодействия и энергетические потоки между донными и планктонными сообществами в экосистемах солёных рек, однако эти взаимодействия фактически не исследованы.

Цель работы – изучение особенностей таксономической и трофической структуры, биотопической приуроченности и потенциальных пищевых взаимодействий между видами зоопланктона, а также между зоопланктоном и сообществами мейобентоса и макрозообентоса в малых солёных реках бассейна оз. Эльтон.

Материалы и методы

Оз. Эльтон (площадь акватории более 180 км², максимальная длина 18 км, ширина 13.5 км)

¹ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 13-04-00740.

расположено в северной части Прикаспийской низменности (Волгоградская обл., 110 км восточнее р. Волги). Вода озера представляет собой насыщенный рассол хлоридно-магниево-натриевого состава. Минерализация рапы превышает 200 г/л (Водно-болотные ..., 2005). В озеро впадают семь рек Хара, Ланцуг, Большая и Малая Саморода, Солянка, Чернавка и Карантинка, их подробное описание и схема района исследований приведены в работах (Зинченко, Головатюк, 2010; Лазарева и др., 2013). Реки характеризуются солоноватой водой: Хара, Ланцуг и Большая Саморода (Б. Саморода) – мезогалинные (минерализация в период отбора проб 6-16 г/л), Чернавка и Солянка – полигалинные (25-32 г/л; табл. 1). По продольному профилю полигалинных рек соленость вод изменяется мало, в среднем течении мезогалинных рек в отдельные годы минерализация воды в 1.5-2 раза ниже, чем в устьевых участках (Лазарева и др., 2013).

Таблица 1. Характеристики рек бассейна оз. Эльтон в августе 2013 г.

Параметр	Большая Саморода	Хара	Ланцуг	Чернавка	Солянка
Координаты устья	49° 07' с.ш.; 46° 47' в.д.	49° 12' с.ш.; 46° 39' в.д.	49° 12' с.ш.; 46° 38' в.д.	49° 12' с.ш.; 46° 40' в.д.	49° 10' с.ш.; 46° 35' в.д.
Длина*, км	24.3	46.4	19.9	5.2	6.7
Ширина, м	6-25	10-45	3-45	2-8	1.5-5
Глубина**, м	0.1-0.7	0.1-0.8	0.05-0.15	0.1-0.5	0.1-0.4
Скорость течения**, м/с	0-0.05	0-1.1	0-0.05	0-0.05	0-0.25
Растительность (проективное покрытие, %)**	<i>Phragmites australis</i> (30-75)	<i>Phragmites australis</i> (0-50)	<i>Phragmites australis</i> (0-90)	<i>Enteromorpha intestinalis</i> (0-5)	<i>Phragmites australis</i> , <i>Salicornia perennans</i> (0-5)
Температура воды**, °С	22-25	18-28	24-29	17-30	18-26
Кислород (насыщение воды, %)**	96-129	52-417	22-558	67-110	96-325
Минерализация воды**, г/л	10.3-16.3	6.5-13.3	6.0-13.6	27.5-31.7	25.2-26.7

Примечания к таблице 1: * – расчетные данные Е.В. Промаховой (каф. гидрологии суши, МГУ); ** – в местах отбора проб.

Зоопланктон исследовали в августе 2013 г. на 5 реках: Солянка, Чернавка, Ланцуг, Хара, Б. Саморода. На каждой реке отбирали пробы на 2-5 станциях. Схема расположения станций приведена ранее (Лазарева и др., 2013). Всего было обследовано 15 участков среднего и нижнего течения рек, в их верховьях пробы отбирали на непересыхающих участках. Пробы собирали мерным сосудом, на большинстве станций фильтровали 50 л воды через сито с ячейей 80 мкм, сборы фиксировали 4%-ным формалином. Обработку проб в лаборатории проводили обычным счетным методом: в камере Богорова под микроскопом StereoDiscovery-12 просчитывали всю пробу. В качестве зоопланктона учитывали все таксоны коловраток (Rotifera), ветвистоусых (Cladocera) и веслоногих ракообразных (Cyclopoida и Calanoida). Кроме того, без определения видовой принадлежности подсчитывали мейобентосных ракообразных (Harpacticoida и Ostracoda) и меропланктон (личинки моллюсков Dreissenidae, комаров Chironomidae и молодь клопов Corixidae).

Биомассу зоопланктона рассчитывали традиционным методом по уравнениям связи массы особей с длиной тела. Потенциальный состав потребляемой пищи для разделения зоопланктона на трофические группировки и экологическая характеристика видов приведены согласно литературным данным (Кутикова, 1970; Монченко, 1974; Монаков, 1998; Канюкова, 2006; Farhadian et al., 2009). Продукцию зоопланктона (P) рассчитывали по формуле $P=B \times P/B$, где P/B – удельная скорость продукции: P/B для

коловраток принимали 0.3 сут^{-1} , для науплиусов и копеподитов Cyclopoida – 0.2 и 0.04-0.06 соответственно; рацион хищников (C) определяли как $C=P/k1$, при значении коэффициента использования потребленной пищи на рост ($k1$) для Cyclopoida 0.16. При переходе к энергетическим эквивалентам считали, что 1 мг сырой массы зоопланктона=0.05 мг C, а 1 мг C=10 кал. Подробно методика оценки продукции и рациона приведена в работе (Лазарева, Копылов, 2011).

Результаты и обсуждение

Состав зоопланктона (Rotifera, Cladocera, Cyclopoida, Calanoida). Летом в пробах количество видов зоопланктона было невелико (1-4), что регистрировали и ранее (Лазарева и др., 2013). Всего обнаружено 17 таксонов зоопланктона в ранге вида (табл. 2).

Таблица 2. Таксономический состав, встречаемость (P – общая для всех проб) и экологическая характеристика видов зоопланктона в притоках оз. Эльтон в августе 2013 г.

Таксон	Река	Солянка	Ланцуг	Хара	Чернавка	Большая Саморода	P , %	Характеристика таксона
Rotifera								
<i>Brachionus plicatilis</i> Müller, 1786		+++	+	++	+++	+	73	Фд/ЭТ
<i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1766		–	–	++	–	–	20	Фд/ПЛ
<i>Testudinella obscura</i> Althaus, 1957		–	–	+	–	–	7	Фд/БП
<i>Keratella quadrata</i> Müller, 1786		–	–	–	+	–	7	Фд/ПЛ
<i>Lecane luna</i> Müller, 1776		–	–	–	–	+	7	Бд/БП
Cladocera								
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)		–	–	–	–	+	7	Фд/ЭТ
<i>Bosmina longirostris</i> Müller, 1776		–	–	+	–	–	7	Фд/ЭТ
<i>Coronatella</i> (sin. <i>Alona</i>) <i>rectangula</i> (Dybowski&Grochowski, 1894)		–	–	–	–	+	7	Бд/БП
Cyclopoida								
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)		–	+	–	–	+++	20	Фд, Вс, Хщ/БП
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1820)		–	–	+++	–	–	27	Фд, Вс, Хщ/ПЛ
<i>Cyclops furcifer</i> Claus, 1857		–	–	+	–	–	7	Фд, Вс, Хщ/БП
<i>Diacyclops bisetosus</i> (Rehberg, 1880)		–	+	–	–	–	7	Фд, Вс/БП
<i>Apocyclops dengizicus</i> (Lepeschkin, 1900)		+++	–	–	+++	–	40	Фд, Хщ/БП
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer 1851)		–	+	–	–	+	14	Фд, Вс/БП
Calanoida								
<i>Arctodiaptomus</i> (Rh.) <i>salinus</i> (Daday, 1885)		–	–	+	–	–	7	Фд/ПЛ
Harpacticoida								
Harpacticoida gen.spp.		+++	+	+	+	+++	53	Вс/БП
Ostracoda								
Ostracoda gen.spp.		–	+	–	–	+	14	Вс/БП
Mollusca								
Dreissenidae gen. spp. veliger		–	–	+	–	–	7	Фд/МП
Chironomidae								
Chironomidae gen. spp.		+++	+	+	+++	+	60	Фд/МП
Heteroptera								
Corixidae gen.spp. juv.		+	+	+	+	+++	40	Вс/МП

Примечания к таблице 2: прочерк – таксон не обнаружен; P – встречаемость в % от общего количества проб: «+» – встречен на отдельных участках водотока, «++» – встречен на большинстве станций, «+++» – встречен на всех станциях; Фд – фито-детритофаг; Бд – бактерио-детритофаг, Вс – всеядный, Хщ – хищник, ПЛ – эвпланктон; БП – бентопланктон, МП – меропланктон, ЭТ – эвритопный.

Среди обнаруженных видов преобладали циклопоидные копеподы (6 видов) и коловратки (5 видов). Наибольшее количество видов выявлено в мезогалинных реках Хара и Б. Саморода (7 и 6 видов соответственно), наименьшее – в полигалинной р. Солянка (2 вида). Зарегистрированы три коловратки *Testudinella obscura*, *Lecane luna*, *Keratella quadrata* и крупный циклоп *Cyclops furcifer*, которых в предыдущие годы мы не находили (Лазарева и др., 2013). Из этих видов в начале прошлого века единично регистрировали в р. Хара и окрестностях оз. Баскунчак *Keratella quadrata* (sin. *Anuraea aculeata* Ehrenb.), а *Cyclops furcifer*, вероятно, учитывали в составе группы «*strenuus*» этого рода, представители которой были широко распространены в реках бассейна оз. Эльтон (Бенинг, Медведева, 1926). Два вида коловраток *Testudinella obscura* и *Lecane luna* выявлены впервые для водоемов бассейна. Кроме того, этим летом в реках Солянка и Чернавка обнаружена сравнительно высокая (1-9 тыс. экз./м³) численность бентопланктонного галофила *Apocyclops dengizicus*, которого ранее отмечали только единично (Лазарева и др., 2013). В августе в планктоне присутствовали все стадии развития циклопа, включая взрослых самок с яйцевыми мешками и самцов.

Меропланктон. В полигалинных реках Солянка и Чернавка единично обнаружены молодь клопов (роды *Sigara*, *Paracorixa*, *Callicorixa*) и в огромном количестве (5-7 тыс. экз./м³) мелкие (0.9-4 мм) личинки комаров-звонцов сем. Chironomidae (в основном род *Cricotopus* spp.). Клопы в количестве до 200 экз./м³ зарегистрированы и в мезогалинных реках р. Ланцуг, Б. Саморода и Хара, а в среднем течении р. Хара единично найдены велигеры моллюсков сем. Dreissenidae.

Мейобентосные ракообразные обнаружены в сборах планктона на тех участках рек, где они были многочисленны в донных пробах. Во всех случаях количество гарпактицид (*Cletocamptus* spp.) в планктоне было существенно (на 3-4 порядка) меньше, чем в бентосе, а остракоды были обнаружены в небольшом количестве только в среднем течении р. Ланцуг и устье р. Б. Саморода (табл. 3). В полигалинных реках почти повсеместно единично находили мелких (1-4.5 мм) личинок мокрецов сем. Seratorogonidae. Эти представители эпифауны попадали в сборы планктона только случайно.

Таблица 3. Средняя численность (тыс. экз./м²) Cyclopoida, Harpacticoida и Ostracoda в зоопланктоне и мейобентосе.

Реки	Глубина, м	Cyclopoida		Harpacticoida		Ostracoda	
		Пл	Бент	Пл	Бент	Пл	Бент
Ланцуг	0.05-0.15	0.3	1.7	0.1	225.3	<0.1	102.1
Хара	0.10-0.80	1.8	0.2	<0.1	179.2	0	0.4
Б. Саморода	0.10-0.80	0.4	2.0	<0.1	78.9	<0.1	10.7
Солянка	0.05-0.40	0.6	1.5	<0.1	20.5	0	39.4
Чернавка	0.10-0.50	0.4	1.3	0.3	7.5	0	300.3

Примечания к таблице 3: Пл – зоопланктон, Бент – мейобентос (данные В.А. Гусакова).

В целом, в двух полигалинных реках список содержал 6 видов гидробионтов, тогда как в трех мезогалинных – 18 (табл. 2). Общее число видов, найденных в каждом из притоков оз. Эльтон, достоверно снижалось с ростом минерализации воды (рис. 1). Ранее было показано, что характеристики видового богатства зоопланктона этих рек резко снижаются при минерализации >12 г/л. Наиболее заметно уменьшается число видов коловраток, кладоцер и остракод (Лазарева и др., 2013).

Доминанты и обилие зоопланктона. С ростом уровня минерализации воды существенно изменялась таксономическая структура речного зоопланктона. Из девяти крупных таксонов гидробионтов, обнаруженных в планктоне (табл. 2), многочисленными были представители только трех: Rotifera, Cyclopoida и Chironomidae. При минерализации <16 г/л доминировали ракообразные (в среднем >60% численности). В устье р. Ланцуг и на обоих обследованных участках р. Б. Саморода был многочислен бентопланктонный эвригалинный *Megacyclops viridis* (около 90% численности и почти 100% биомассы зоопланктона). В р. Хара преобладал планктонный эвригалинный *Acanthocyclops americanus*, который образовывал 44-79% численности и 21-99% биомассы.

При минерализации воды >20 г/л преобладали коловратки и хирономиды. В пять раз возрастала доля в планктоне галобионта *Brachionus plicatilis*, который обитал во всех реках (табл. 2), а в

полигалинных формировал >80% численности и биомассы. Среди циклопидных копепод наблюдали полное замещение доминантных эвригалинных видов галофилом *Apocyclops dengizicus*, который образовывал <20% численности зоопланктона. Количество хирономид первого возраста, имеющих планктонную стадию, было более чем в 30 раз выше в полигалинных реках (4 ± 1 тыс. экз./м³) по сравнению с мезогалинными (<0.5 тыс. экз./м³). В первых они формировали до 30-50% суммарной численности зоо- и меропланктона.

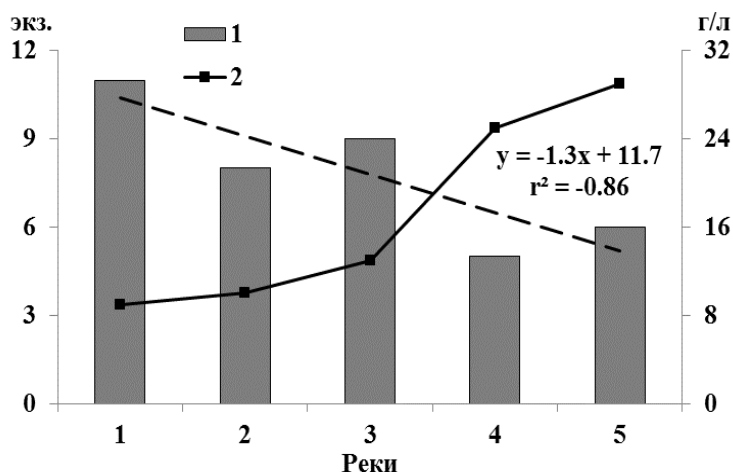


Рис. 1. Изменение видового богатства зоопланктона (общее число видов в списке) с ростом минерализации воды в реках бассейна оз. Эльтон в августе 2013 г. Условные обозначения: Реки: 1 – Хара, 2 – Ланцуг, 3 – Б. Саморода, 4 – Солянка, 5 – Чернавка. Пунктир – линия тренда (линейная модель), r – коэффициент корреляции.

Численность зоопланктона варьировала пропорционально вкладу коловраток в обилие сообщества (табл. 4). Общее количество зоопланктона в полигалинных реках (30 ± 10 тыс. экз./м³) в среднем было в 5 раз выше, чем в мезогалинных (6 ± 2 тыс. экз./м³) за счет массового развития *Brachionus plicatilis*. Напротив, биомасса в мезогалинных (68 ± 26 мг/м³) и полигалинных реках (80 ± 27 мг/м³) фактически не различалась. Отмечены очень большие вариации численности (4-20 раз) и биомассы (2-115 раз) зоопланктона на различных участках рек.

Таблица 4. Количество зоопланктона в реках бассейна оз. Эльтон в августе 2013 г.

Показатель	Реки				
	Ланцуг	Хара	Б. Саморода	Солянка	Чернавка
Численность (N), тыс. экз./м ³	0.2-4.3	0.2-17.4	0.9-3.7	7.1-76.8	8.6-33.0
Биомасса (B), мг/м ³	5-119	2-230	26-47	31-209	24-77
Доминантные виды, >20% N	<i>Megacyclops viridis</i>	<i>Acanthocyclops americanus</i>	<i>Megacyclops viridis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>

Следует отметить, что биомасса зоопланктона в августе 2013 г. была крайне низкой, наибольшие ее значения (>200 мг/м³) зарегистрированы вблизи зарослей макрофитов в среднем течении р. Солянка (*B. plicatilis*) и в зарегулированном участке р. Хара (*Acanthocyclops americanus*). Для сравнения, в августе 2009 г. в реках Хара и Б. Саморода регистрировали огромную (3-5 млн. экз./м³) численность коловраток, а биомасса достигала 6-8 г/м³ (Лазарева и др., 2013). Это свидетельствует о значительных межгодовых вариациях летнего обилия зоопланктона исследованных рек.

Биотопическая приуроченность зоопланктона, стратегии локализации видов в толще воды. Реки Приэльтонья мелководны, наибольшая глубина на русле <1 м, ряд участков только 0.05-0.2 м, некоторые (среднее течение р. Ланцуг, устье р. Солянка) сильно зарастали макрофитами или дно их было покрыто цианобактериальными биоплёнками (устье р. Чернавка; табл. 1). Этим определялось небольшое число (20% списка) эвпланктонных форм, которые зарегистрированы только среди копепод и коловраток (табл. 2). Большую часть сообщества составлял бентопланктон (45%), эвритопные формы и меропланктон формировали по 15%.

Бентопланктон – общее для зоопланктона и мейобентоса подмножество видов, объединяющее

значительную часть ветвистоусых, веслоногих и ракушковых ракообразных. Сравнение численности ракообразных таксономических групп Cyclopoida, Harpacticoida и Ostracoda в обоих сообществах четко указывало на биотопическую приуроченность доминантов. Так, в р. Хара численность Cyclopoida в планктоне была почти на порядок выше, чем в бентосе, на всем протяжении реки доминировал планктонный *A. americanus* (табл. 3). В других реках количество циклопоидных копепод в планктоне было в 3-6 раз ниже, чем в бентосе, здесь доминировали бентопланктонный *Megacyclops viridis* и, по нашему мнению, тоже бентопланктонный *Apocyclops dengizicus*. Биотопическую приуроченность этого вида до сих пор не обсуждали (Монченко, 1974; Farhadian et al., 2009), однако есть данные о его высокой численности в планктоне центральной части больших водоемов (Dexter, 1993). В исследованных реках отмечена существенно более высокая (в 2.5-3 раза) численность *A. dengizicus* в бентосных сборах по сравнению с толщей воды, что характеризовало его как обитателя придонного слоя. Во всех реках Harpacticoida и Ostracoda преобладали в сборах мейобентоса, что соответствует их придонному образу жизни и характеризует эти организмы как эумейобентос или бентопланктон.

По обилию в зоопланктоне полигалинных рек доминировали эвритопные виды (>50% общей численности), тогда как в мезогалинных – бентопланктон или эвпланктон. Наибольший (>70%) вклад эвпланктона в обилие сообщества наблюдали на сравнительно глубоких (0.5-0.8 м) участках в среднем течении р. Хара, в устьевой области этой реки доминировал (70%) эвритопный зоопланктон, как и в полигалинных реках. Высокая доля смешанных, а по генезису «взаимопроникающих» экологических группировок (бентопланктон, эвритопные виды) в видовой композиции и численности зоопланктона исследованных рек, указывала на сложность топических и трофических связей в планктонных и донных сообществах.

Трофическая структура сообщества. Таксоны, обнаруженные в зоопланктоне исследованных рек, по потенциальному составу потребляемой пищи составили четыре трофические группы: фито-детритофаги, бактерио-детритофаги, всеядные и хищники (рис. 2). По числу видов преобладали (>50% списка) мирные фито-детритофаги и бактерио-детритофаги, к которым относились все Rotifera, Cladocera, Calanoida, велигеры Mollusca, науплиусы Cyclopoida с фильтрационным питанием, а также молодь Chironomidae, большую часть которых составляли фитофаги *Cricotopus* spp. (Zinchenko et al., 2014).

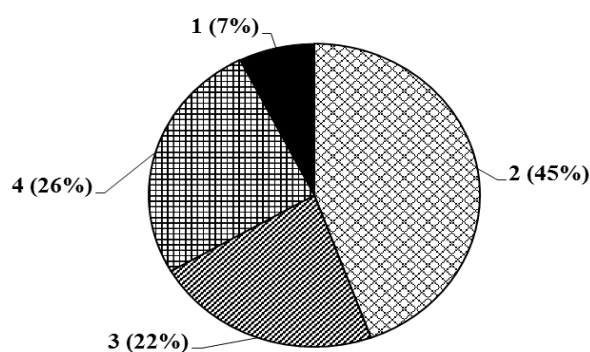


Рис. 2. Относительное число видов в трофических группах зоопланктона рек бассейна оз. Эльтон в августе 2013 г. Условные обозначения: 1 – бактерио-детритофаги, 2 – фито-детритофаги, 3 – всеядные, 4 – хищники.

Всеядные и хищные виды почти поровну (22 и 26% видов в списке соответственно) формировали вторую половину сообщества. Копепоиды стадий 1-3 Cyclopoida захватывают частицы пищи (детрит, простейшие, коловратки) или соскребают ее с субстрата (Монаков, 1998). Эта возрастная группа, а также все копепоидитные стадии родов *Eucyclops* и *Diacyclops*, для которых не характерен хищный образ жизни (Монаков, 1998), вошли в группу всеядных животных. Из других таксонов к всеядным относили ракообразных Harpacticoida и Ostracoda, а также сравнительно крупную (1.5-6 мм) молодь клопов Corixidae. Взрослые *Apocyclops*, копепоиды с 4-ой стадии развития и взрослые *Megacyclops* и *Achanthocyclops* вошли в группу мелкоразмерных (длина тела <1.5 мм) хищников.

По обилию, как и по видовому богатству, в большинстве рек преобладали (50-90% общей численности) фито-детритофаги. Они были представлены в основном плавающе-ползающими вертификаторами (седиментаторами) рода *Brachionus*, добывающими пищу в основном с поверхности субстрата (Кутикова, 1970). В среднем течении р. Хара на сравнительно глубоких (>0.5 м) участках с ними было сравнимо количество плавающих и добывающих пищу в толще воды фильтраторов,

представленных науплиусами Cyclopoida. В р. Б. Саморода науплиусы преобладали (90-100% численности) среди мирных животных.

Всеядные животные доминировали (50-90% численности) только в р. Ланцуг и верховье р. Солянка. В первой они были представлены питающимися на субстрате плавающе-ползающими собирателями копеподами всех возрастов рода *Eucyclops* и *Harpacticoida*, во второй – плавающими собирателями личинками Chironomidae на планктонной стадии развития. На всем протяжении рек Ланцуг, Б. Саморода и устьевых областях остальных водотоков небольшое количество крупных всеядных животных (<15% численности) составляли собиратели клопы Corixidae. Относительное обилие хищников было наибольшим в мезогалинных реках (10-35%), особенно в пруду на р. Хара, в устье р. Ланцуг и в среднем течении р. Б. Саморода. Везде они в основном состояли из плавающих в толще воды активных хватателей копеподитов стадий 4-5 и взрослых особей родов *Megacyclops* или *Acanthocyclops*. В обеих полигалинных реках хищниками являлись взрослые *Aprocyclops dengizicus*.

Продукция зоопланктона и обеспеченность пищей хищников. Летняя суточная продукция зоопланктона (без меропланктона) в исследованных реках очень мала (в среднем <5 кал/м³), максимальные значения (до 9 кал/м³) отмечены в полигалинных реках (табл. 5).

Таблица 5. Суточная продукция ($P_{\text{мир}}$) основных трофических групп мирного зоопланктона, суточный рацион ($C_{\text{хищ}}$) наиболее многочисленных хищников и их обеспеченность пищей в реках бассейна оз. Эльтон в августе 2013 г.

Реки	$P_{\text{мир}}$, кал/м ³		$C_{\text{хищ}}$, кал/м ³	$P_{\text{зоо}} - C_{\text{хищ}}$, кал/м ³
	Rotifera	Cyclopoida	Cyclopoida	
Ланцуг	2.7	0.6	13.4	-10.0
Хара	1.8	0.2	6.6	-4.4
Б. Саморода	0.1	0.08	4.3	-4.0
Солянка	8.9	0.3	3.3	6.0
Чернавка	7.0	0.05	1.0	6.1

Примечание. $P_{\text{мир}}$ – продукция не хищных животных зоопланктона (без меропланктона); $C_{\text{хищ}}$ – рацион хищных Cyclopoida; $P_{\text{зоо}} - C_{\text{хищ}}$ – продукция зоопланктона, доступная прочим хищникам (насекомым), отрицательные значения – дефицит пищи для хищников внутри сообщества.

Основные продуценты представлены коловратками (70-90% продукции не хищных животных). В целом, продуктивность зоопланктона в соленых реках сравнима с таковой на незарегулированных участках пресных малых рек (Экосистема малой ..., 2007), но в ~40 раз ниже, чем в Вислинском заливе Балтийского моря с соленостью ~4‰, где основными продуцентами служат мирные кладоцеры (Науменко, 2009).

В полигалинных реках пищевые потребности наиболее многочисленных хищников (Cyclopoida) вполне могли быть удовлетворены продукцией коловраток рода *Brachionus*, превышающей рацион хищников в 3-7 раз (табл. 5). В мезогалинных реках рацион хищников был многократно выше продукции мирного зоопланктона. Здесь хищники, вероятно, компенсировали недостаток пищи подходящими по размеру животными мейобентоса (молодь *Harpacticoida*, *Ostracoda*, *Ceratopogonidae*) и собственной молодью. Канныализм обычен в популяциях циклопоидных копепод (Монаков, 1998; Brandl et al., 1998). Дефицит пищи в конце лета мог индуцировать переход к диапаузе копеподитов 4-5 стадий у *Megacyclops viridis*, для которого характерны весенний и осенний периоды размножения.

Обсуждение результатов исследований

Согласно определению Р. Кольквитца (Киселев, 1969), планктон – это естественное сообщество организмов, которые обитают в толще воды, пассивно дрейфуют с течениями и находят в этом нормальные условия для своего существования. В пресных континентальных водоемах к зоопланктону обычно относят коловраток (Rotifera) и три крупных таксона ракообразных (Cladocera, Cyclopoida и Calanoida). В солоноватых часто в составе зоопланктона учитывают еще два таксона (*Harpacticoida* и *Ostracoda*; Лазарева и др., 2013; Claps et al., 2009).

Большинство видов пресноводного зоопланктона по локализации в толще воды распределяются на эвпланктон (истинный планктон), вся активная жизнедеятельность которого происходит в воде, и бентопланктон (факультативный планктон, семипланктон, планктобентос, нектобентос), представители которого по образу жизни связаны с субстратом, но способны плавать вблизи него (Рылов, 1922). Помимо этих групп в планктонных сборах встречаются временно-планктонные организмы (меропланктон), представленные личинками донных животных и псевдопланктонные (тихопланктон, случайный планктон), к которым относятся донные формы, вынесенные в толщу воды волнением или попавшие в пробу при взмучивании грунта орудием лова.

Эвпланктонные виды преобладают в пелагиали водоемов. В литорали больших водоемов, в мелководных озерах и прудах, а также в реках доминирует бентопланктон. Основная проблема определения биотопической приуроченности того или иного вида состоит в способности многих из них в различных условиях локализоваться в разных биотопах. В связи с этим часто выделяют эвритопные формы (Волга и ее жизнь, 1987), способные жить как в толще воды, так и среди растительности, в прибрежье или у дна (например, ряд видов родов *Brachionus*, *Ceriodaphnia*). Речные биотопы, по образному определению А.А. Протасова (2010), можно отнести к «микшированным» участками экосистем, в которых вообще сложно разделить сообщества на «планктон», «бентос» и «перифитон». Результаты анализа биотопической приуроченности гидробионтов в соленых реках бассейна оз. Эльтон вполне согласуются с этим определением, большинство видов в списке относятся к бентопланктону, при этом нехищные животные так или иначе связаны трофическими отношениями с субстратом.

При описании трофической структуры речных сообществ зоопланктона получило распространение выделение экологических группировок видов по способу передвижения и захвата пищи (Чуйков, 1981). На основе данных о количественном соотношении экологических групп обсуждают доминирующий тип трофических взаимодействий внутри сообщества, а также его модификации под влиянием внешних факторов (Крылов, 2005; Экосистема малой ..., 2007). В общем, для водных экосистем к концу XX века разработаны два направления анализа трофической сети: европейское и американское (Лазарева, 2008). Первое предполагает разделение сети на трофические уровни или крупные блоки видов (фильтраторы, хищники, сообщества микробной «петли») с последующим расчетом продукции и потоков энергии по трофическим цепям (Науменко, 2009; Лазарева, Копылов, 2011). Во втором используют максимальную детализацию сети с анализом отдельных ее фрагментов (сообществ) в идеале на уровне доминантных видов (Pimm et al., 1991). В настоящей работе использован классический «европейский» подход в комбинации с выделением ведущих экологических группировок на каждом трофическом уровне. Для высокоминерализованных рек анализ структуры трофической сети, оценка продуктивности зоопланктона и обеспеченности пищей хищников сделаны впервые.

Установлено, что большинство мирных и всеядных животных, формирующих основу численности зоопланктона, относятся к экологическим группам, связанным пищевыми отношениями с субстратом. Подобное характерно для участков малых рек с зарослями высших водных растений (Крылов, 2005). Потенциальный состав пищи мирного и всеядного зоопланктона близок к таковому тех же трофических групп мейо- и макробентоса (Монаков, 1998). В исследованных реках при небольшом слое воды и высоком уровне развития водорослевых и бактериальных матов представители зоопланктона (коловратки, копепоиды циклопов) и меропланктона (личинки Chironomidae, Corixidae), вероятно, конкурируют за пищу с бентосными видами. Среди клопов сем. Corixidae в исследованных реках наиболее обычны виды родов *Sigara*, *Paracorixa*, *Callicorixa* (Зинченко, Головатюк, 2010, 2013). Они представляют сравнительно крупных всеядных животных, которые питаются преимущественно растениями и детритом (Канюкова, 2006). Однако есть сведения о потреблении некоторыми кориксидами мелких моллюсков, ракообразных и личинок донных животных (Монаков, 1998). В общем, в исследованных реках зоопланктон формирует три трофических уровня: мирные фильтраторы и седиментаторы фито- и бактериодетритофаги, всеядные животные с разными размерами тела, стратегией добывания пищи и спектром питания, генерализующие потоки ресурсов от разных источников, и сравнительно мелкие хищники, потребляющие ограниченный набор жертв с длиной тела <1 мм.

Наиболее многочисленными хищниками внутри сообщества зоопланктона являются старшие возрастные группы Cyclopoidea. В силу радикального изменения способов добывания и состава пищи в онтогенезе циклопоидных копепоид, их популяции целиком принято считать всеядными (Brandl, 1998).

Однако при анализе трофических взаимоотношений необходимо разделение популяции на мирную (науплиусы), всеядную (копеподиты стадий 1-3) и преимущественно хищную (копеподиты стадий 4-5 и взрослые особи) трофические группировки (Лазарева, Копылов, 2011). Копеподиты Cyclopoida, в том числе роды *Megacyclops* и *Acanthocyclops*, переходят к хищному образу жизни с 3-4 стадии развития и потребляют достаточно крупных животных (ракообразные), в том числе своего вида (Монаков, 1998; Brandl, 1998). *Apocyclops dengizicus* в культуре достигает половозрелости исключительно на водорослевом корме, однако для размножения ему тоже нужна животная пища (Farhadian et al., 2009). Взрослых особей этого вида относили к хищникам.

Облигатно хищные виды в реках малочисленны и представлены крупными (>1.5 мм) бентосными насекомыми и их личинками. Это жуки (роды *Enochrus*, *Berosus*, *Helochares* и др.), а также личинки стрекоз (роды *Aeschna*, *Sympetrum* и *Ischnura*; Зинченко, Головатюк, 2013). Все они на ранних стадиях развития или при дефиците иной пищи потребляют ракообразных планктона (Монаков, 1998). Кроме того, планктонных коловраток и мелких ракообразных способны поедать личинки комаров сем. Culicidae (Монаков, 1998), которые также обитают в исследованных реках (Зинченко, Головатюк, 2013). Таким образом, поток энергии от зоопланктона соленых рек в наземные экосистемы проходит через бентосных насекомых – верховных хищников, потребляющих продукцию зоопланктона и, в свою очередь, потребляемых амфибиями, рептилиями и птицами.

Летом для крупных хищных насекомых наибольшее количество продукции зоопланктона доступно в полигалинных реках (>60% или ~6 кал/м³ в сут), тогда как в мезогалинных мирный зоопланктон не обеспечивает пищей даже многочисленных мелких хищников (Cyclopoida; табл. 5). Только в отдельные годы летом в мезогалинных реках наблюдается массовое развитие коловраток *Brachionus plicatilis* (Лазарева и др., 2013), которые формируют основу продукции зоопланктона этих биотопов.

Таким образом, поток энергии от зоопланктона соленых рек в наземные экосистемы отчетливо прослеживается только для полигалинных биотопов, в мезогалинных фактически вся продукция зоопланктона потребляется внутри сообщества. Отдельный поток энергии в наземные экосистемы создает меропланктон (личинки Chironomidae), наибольшее количество которых обнаружено также в полигалинных биотопах. Продукцию планктонной стадии хирономид не оценивали. В бентосе суточная продукция хирономид очень высока и мало различается между мезо- и полигалинными биотопами, она составляет в среднем 540 мг/м² (сухой вес) или ~3 ккал/м² (Zinchenko et al., 2014). Это на три порядка выше продукции всего зоопланктона.

Заключение

Летом 2013 г. в составе зоопланктона (без меропланктона) пяти притоков оз. Эльтон обнаружено 17 видов, два вида коловраток зарегистрированы впервые для региона. Основным фактором, определяющим видовое богатство, структуру и обилие зоопланктона служит минерализация воды. При минерализации >16 г/л в пять раз возрастает доля в планктоне галобионта *Brachionus plicatilis*, а также происходит замещение доминантных эвригалинных видов циклопов галофилом *Apocyclops dengizicus*. Видовое богатство сообщества достоверно снижается с ростом минерализации: в полигалинных реках выявлено втрое меньше видов по сравнению с мезогалинными. Общее количество зоопланктона в полигалинных реках в среднем в 5 раз выше, чем в мезогалинных, но биомасса фактически не различается.

В топической структуре сообщества выделены четыре группировки: эвпланктон, бентопланктон, меропланктон и эвритоппные виды. По числу видов во всех реках преобладал бентопланктон, по обилию в полигалинных реках доминировали эвритоппные виды (коловратки *Brachionus*), тогда как в мезогалинных – бентопланктон или эвпланктон (Cyclopoida).

Несмотря на сравнительно низкое видовое богатство, зоопланктон соленых рек характеризуется сложными трофическими взаимоотношениями, которые во многом определяются сменой стратегии добывания пищи в онтогенезе циклопоидных копепод. По потенциальному составу потребляемой пищи выявлены четыре трофические группы, которые организованы в три трофических уровня: мирные фильтраторы и седиментаторы фито- и бактериодетритофаги, всеядные животные с разными размерами тела и стратегией добывания пищи и хищники. По числу видов преобладают мирные фито-детритофаги, они же в большинстве рек составляют 50-90% численности сообщества. Большинство нехищных животных связаны пищевыми отношениями с субстратом и, вероятно, конкурируют за пищу с

бентосными видами.

Все исследованные реки в летнюю межень отличаются низкой продуктивностью зоопланктона. Суточная продукция составляет в среднем <5 кал/м³, основными продуцентами служат коловратки рода *Brachionus*. В мезогалинных реках вся продукция зоопланктона, за исключением отдельных лет, потребляется внутри сообщества. В полигалинных реках пищевые потребности хищников (Cyclopoida) вполне могут быть удовлетворены продукцией коловраток. Поток энергии в наземные экосистемы отчетливо выражен только в полигалинных биотопах, он проходит через бентосных насекомых и может достигать $>60\%$ продукции зоопланктона.

Благодарности. Автор благодарна Т.Д. Зинченко и Л.В. Головатюк за организацию работ и любезно предоставленные результаты измерения физико-химических характеристик воды, а также В.А. Гусакову за помощь в сборе зоопланктона и описание биотопов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алимов А.Ф. 2008. Связь биологического разнообразия в континентальных водоемах с их морфометрией и минерализацией вод // Биология внутренних вод. №1. С. 3-8.
- Бенинг А.Л., Медведева Н.Б. 1926. О микрофауне водоемов окрестностей Эльтона и Баскунчака // Известия краеведческого института изучения Южно-Волжской области. Саратов: Сарполиграфпром. Т. 1. 39 с.
- Водно-болотные угодья Приэльтона. 2005. Волгоград: Видео-Хайтек. 27 с.
- Волга и ее жизнь. 1978. Л.: Наука. 348 с.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2010. Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 25-33.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2013. Соленостная толерантность донных организмов речных вод (обзор) // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3 (56). С. 5-11.
- Канюкова Е.В. 2006. Водные полужесткокрылые насекомые (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) фауны России и сопредельных стран. Владивосток: Дальнаука. 297 с.
- Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука. Т. 1. 658 с.
- Крылов А.В. 2005. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука. 263 с.
- Кутикова Л.А. 1970. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука. 744 с.
- Лазарева В.И. 2008. Методические подходы к анализу структуры трофической сети озер: современное состояние проблемы // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания разнообразия. Матер. Всерос. конф. 24-28 нояб. 2008 г. Вологда: Вологодский гос.-пед. ун-т. С. 185-188.
- Лазарева В.И., Гусаков В.А., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2013. Зоопланктон соленых рек аридной зоны юга России (бассейн оз. Эльтон) // Зоологический журнал. Т. 92. №8. С. 1-11.
- Лазарева В.И., Копылов А.И. 2011. Продуктивность зоопланктона на пике эвтрофирования экосистемы равнинного водохранилища: значение беспозвоночных хищников // Успехи современной биологии. Т. 131. № 3. С. 300-310.
- Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции РАН. 320 с.
- Монченко В.И. 1974. Щелепнороти циклопоподібні циклопи (Cyclopidae). Фауна України. Киев: Наукова Думка. Т. 28. Вып. 3. 451 с.
- Науменко Е.Н. 2009. Зоопланктон в эстуариях разного типа (на примере Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря) // Биология внутренних вод. № 1. С. 76-85.
- Протасов А.А. 2010. Некоторые замечания относительно экологических группировок гидробионтов // Биология внутренних вод. № 3. С. 11-13.
- Рылов В.М. 1922. Что понимать под «планктонным» организмом // Русский гидробиологический журнал. Т. 1. № 8. С. 241-247.
- Хлебович В.В., Аладин Н.В. 2010. Фактор солености в жизни животных // Вестник РАН. Т. 80. № 5-6. С. 527-532.
- Чуйков Ю.С. 1981. Методы экологического анализа состава и структуры водных животных // Экология. № 3. С. 45-52.
- Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды. 2007. М.: Т-во научных изданий КМК. 372 с.
- Ballinger A., Lake P.S. 2006. Energy and nutrient fluxes from rivers and streams into terrestrial food webs // Marine and Freshwater Research. Vol. 57. P. 15-28.
- Brandl Z. 1998. Feeding strategies of planktonic cyclopoids in lacustrine ecosystems // Journal of Marine Systems. Vol. 15. P. 87-95.
- Claps M.C., Gabellone N.A., Neschuk N.C. 2009. Influence of regional factors on zooplankton structure in a saline lowland river: the Salado River (Buenos Aires province, Argentina) // River Research and Applications. Vol. 25 P. 453-471.
- Dexter D.M. 1993. Salinity tolerance of the copepod *Apocyclops dengizicus* (Lepeschkin, 1900), a key food chain organism in the Salton Sea, California // Hydrobiologia. Vol. 267. P. 203-209.

- Farhadian O., Yusoff F., Mohamed S. 2009. Nutritional values of *Apocyclops dengizicus* (Copepoda: Cyclopoida) fed *Chaetoceros calcitrans* and *Tetraselmis tetrathele* // Aquaculture Research. Vol. 40. P. 74-82.
- Milla'n A., Velasco J., Gutierrez-Ca'novas C., Arribas P., Picazo F., Sa'nchez-Ferna'ndez D., Abella'n P. 2011. Mediterranean saline streams in southeast Spain: what do we know? // Journal of Arid Environments. Vol. 75. P. 1352-1359.
- Pimm S.L., Lawton J.H., Cohen J.E. 1991. Food web patterns and their consequences (a review) // Nature. Vol. 350. P. 669-674.
- Short T.M., Black J.A., Birge W.J. 1991. Ecology of a saline stream: community responses to spatial gradients of environmental conditions // Hydrobiologia. Vol. 226. P. 167-178.
- Telesh I.V., Schubert H., Skarlato S.O. 2015. Size, seasonality or salinity: What drives the protistan species maximum in the halohalinity maximum? // Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 161. P. 102-111.
- Velasco J., Millán A., Hernández J., Gutiérrez C., Abellán P., Sánchez D., Ruiz M. 2006. Response of biotic communities to salinity changes in a Mediterranean hypersaline stream // Saline Systems. Vol. 2. <http://www.salinesystems.org/content/2/1/12>.
- Williams W.D. 1987. Salinization of rivers and streams: an important environment hazard // Ambio. Vol. 16. P. 180-185.
- Zinchenko T.D., Gladyshev M.I., Makhutova O.N., Sushchik N.N., Kalachova G.S., Golovatyuk L.V. 2014. Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biochemically valuable production of chironomid (Diptera) larvae // Hydrobiologia. Vol. 722. P. 115-128.

TOPICAL AND TROPHIC STRUCTURE OF MIDSUMMER ZOOPLANKTON IN SALINE RIVERS IN THE ELTON LAKE BASIN

© 2017. V.I. Lazareva

*I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS
Russia, 152742, Borok, Nekouzskii raion. E-mail: lazareva_v57@mail.ru*

In August 2013, seventeen taxa of zooplankton of the rank of species (Cladocera, Cyclopoida, Calanoida and Rotifera) and three taxa of meroplankton (larvae of Mollusca, Diptera and Heteroptera) were identified in zooplankton of six small rivers in the basin of Lake Elton with mineralization of 6-32 g/L. Most part of the list (45%) was formed by benthoplankton; euplankton constituted only 20%. Three trophic levels were distinguished in the community: peaceful phyto- and bacteriodetritophages, omnivorous animals with different size of the body (< 1.5 mm and 1.5–6 mm) and predators. The effect of salinity on the zooplankton structure, biotopical distribution of species, features of trophic relations, and food supply of predators are discussed.

Keywords: saline rivers, zooplankton, species composition, structure, abundance, biotopical distribution, trophic interaction.

УДК 59.009:599.4

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ *RHINOPOMA CYSTOPS* THOMAS, 1903
(MAMMALIA, CHIROPTERA) В АРИДНЫХ РЕГИОНАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ
АЛЖИРСКОЙ САХАРЫ**

© 2017 г. М. Ахмим*, Р. Тахри**

*Факультет естественной истории Университета Абдерахмана Мира
Алжир, 06000, Беджай. E-mail: forestecolo@gmail.com

**Агентство связи Алжирской пустыни
Алжир, 06000, Бешар

Поступила 15.04.2016

В январе 2015 года в пещере Бехар в Алжире, недалеко от границы с Марокко, в районе юго-западной алжирской Сахары была обнаружена колония примерно из 50 особей *Rhinopoma cystops*, и 10 особей *Asellia tridens*. Оба эти вида ранее были отмечены в Алжире. Но *Rhinopoma cystops* в пещере Бехар была зарегистрирована впервые. В работе представлены данные о распространении и географических вариациях этих двух видов.

Ключевые слова: *Rhinopoma cystops*, *Asellia tridens*, юго-западная Сахара, северная Африка, новые местонахождения.

Согласно современным представлениям, фауна летучих мышей Алжира слабо изучена (Ahmim, 2014). Anciaux de Faveaux (1976) организовал первую экспедицию для изучения летучих мышей в Алжире, он отметил 23 вида, принадлежащих пяти семействам, некоторые из них являются редкими, а идентификация двух видов – проблематична. Позднее V. Hanak и J. Gaisler (1983, 1984), J. Gaisler и K. Kowalski (1986), а также K. Kowalski и B. Rzebick-Kowalska (1991) составили список из 26 видов, относящихся к шести семействам. С другой стороны, M. Ahmim (2014) в своем обзоре алжирских летучих мышей отметил 25 видов, принадлежащих к семи семействам. Египетская хвостатая летучая мышь (*Rhinopoma cystops* Thomas, 1903) является одной из наиболее редких видов и была обнаружена в юго-западной Сахаре впервые.

Материалы и методы исследований

Провинция Бехар расположена в юго-западной части Сахары. В данной провинции описаны 11 из 25 видов летучих мышей (44% от всего семейства), встречающихся в Алжире. Все виды были обнаружены в Бехаре в пещере недалеко от границы с Марокко в районе г. Моурель (31°37'42" с.ш., 2°28'4.84" в.д.), в 55 км к северо-западу от городка на высоте 1000 м над уровнем моря и в 400 км к югу от побережья Средиземного моря. Животных не отлавливали, а фотографировали (рис., фото).

Результаты и обсуждение

Во время полевой экспедиции в район Бехар в 2015 году мы обнаружили два вида летучих мышей: египетскую хвостатую мышь *Rhinopoma cystops* Thomas, 1903 и трехлопастную носатую мышь Жоффре *Asellia tridens* É. Geoffroy, 1813. Первая никогда не отмечалась в данном регионе Алжира, а вторая – уже была описана в Бени Аббес (Laurent, 1937), в Бехаре (Owen, Qumsiyeh, 1987) и в Абадла (Gaisler, Kowalski, 1986). Колония примерно из 50 особей была обнаружена в темном помещении пещеры нижнего уровня. Все наблюдаемые мыши были более бледными по сравнению с аналогичными мышами из популяций в других странах: Йемене, Египете и Судане (фото).

До сих пор вид был известен в пяти местообитаниях в Алжире: два – у северной границы пустыни Сахара (Брезина и Лагуат), одно – в южной части гор Аурес (Роуфи) и два – в Хоггаре (Оуед Ирхагар и Тит), не считая останков особей в помете совы в Брезине (Kowalski, Rzebick-Kowalska, 1991). Известно другое сообщение о местообитании – из Оуед Ирхагар в 20 км к северу от Иделес (Geur von Schweppenburg, 1917). Описание животного из того же места принадлежит D. Kock (1969) и

отмечено в Тите (Koch-Weser, 1984), а описание размеров выполнил I. Vesmanis (1985) по образцам обнаруженным в Лагхоуат.

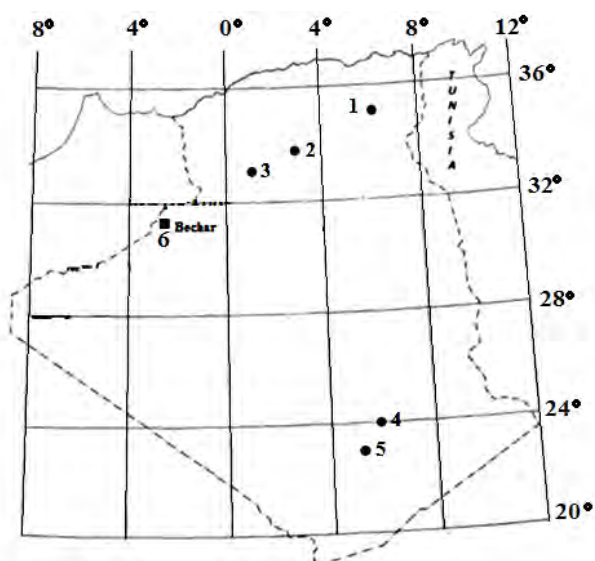


Рис. Карта распространения *Rhinopoma cystops* в Алжире. Условные обозначения: 1 – Роуфи, 2 – Брезина, 3 – Лагхоуат, 4 – Оуед Тит, 5 – Оуед Ирхагар, 6 – Бехар (новое местонахождение).

Rhinopoma cystops обитает колониями в степном и пустынном регионах, а в северной части Алжира не встречается. Данный вид мы обнаружили в вертикальной расщелине в скале, подверженной очень сильному солнечному облучению. У *Rhinopoma cystops* примитивное строение: большой длинный хвост, половина которого располагается под узкой бедренной мембраной, их щелевидные створчатые ноздри, которые могут закрываться и маленький треугольный носовой лепесток, увенчан пяточком (Aulagnier, 2013). Традиционно признается, что видом рода *Rhinopoma*, встречающимся в Алжире, является *Rhinopoma hardwickii* (Kowalski, Rzebick-Kowalska, 1991). В 2007 Р. Hulva с соавторами предложили разделить этот вид на два самостоятельных вида: афро-арабский – *R. cystops* Thomas, 1903 и ирано-индийский – *R. hardwickii* s.str., которые отличаются друг от друга дивергенцией в 8.2-9.2% (Van Cakenberghe, DeVree, 1994; Simmons, 2005).



Фото. *Rhinopoma cystops* из Бехара (А – вид головы, Б – в пещере; фото R. Tahri).

Р. Hulva с соавторами (2007) считает Rhinopomatidae одной из самых древних ветвей семейства Chiroptera, которая все еще остается мало изученной группой Rhinolophoidea. Van Cakenberghe и De Vree (1994) считают, что *Rhinopoma hardwickii* имеет самое широкое распространение из всех видов данного рода. Его ареал охватывает пустыни и полупустыни северной Африки и южной Азии с множеством местонахождений по всей северной Африке вдоль 15° с.ш., как на окраинах, так и в центре Сахары. *R. hardwickii* был известен во всех странах Сахары кроме Ливии. Наибольшее количество находок было в долине Нила в Египте и Судане (Kock, 1969; Koorman, 1975; Qumsiyeh, 1985; Qumsiyeh et al., 1986), а также единичные находки известны в Магрибе (Aellen, Strinati, 1969; Kock, 1969; Aulagnier, Thevenot, 1986; Kowalski, Rzebik-Kowalska, 1991) и западной Мавритании (Poulet, 1970; Qumsiyeh, Schlitter, 1981). Не так давно *R. hardwickii* был отмечен в Ливии, а впервые

P. Benda с соавторами в 2004 году отметил его в северо-восточной части страны, недалеко от египетской границы. Эти находки объединяют многочисленные местообитания вида в долине Нила с единичными находками его в Магрибе – от Туниса до Марокко. D. Kock (1969) впервые предположил, что вид имеет непрерывный ареал вдоль африканского побережья Средиземного моря.

Филогенетический анализ, основанный на частичной последовательности цитохрома b, новые окаменелости из раскопок Верхнего Миоцена Elaioschozia 2 (Халкидики, Греция), которые являются самыми ранними находками семейства, основанными на окаменелостях, и дискуссия о филогенетических путях, как в молекулярном, так и в морфологическом отношении, указывают на глубокие различия в ветви *Rhinopoma hardwickii* и на то, что аллопатрические популяции в Иране, Северной Африке и Средней Азии должны иметь разный видовой статус. *R. cystops* демонстрирует слабую географическую изоляцию (Среднеазиатская и Африканская популяции), которая контрастирует с сильной географической вариативностью и значительными морфометрическими различиями (Hulva et al., 2007). P. Benda с соавторами (2009) отмечает, что таксономический статус африканской популяции *Rhinopoma hardwickii* несколько раз оценивался и пересматривался (Kock, 1969; Hill, 1977; Van Cakenberghe, De Vree, 1994).

Все эти авторы соглашались, что сахарская популяция распадается на два подвида: подвид *R. hardwickii cystops* Thomas, 1903, обитающий в самых аридных частях центральной Сахары – южном Алжире, центральном Нигере, северном Чаде и верхнем Египте (Thomas, 1903) и подвид *R. hardwickii arabium* (Thomas, 1913), живущий в окраинных частях Сахары – Нижний Египет, Магриб, западная Мавритания и в зоне Сахеля, от Мали до Судана, а также вне зоны ареала – в Аравии и Персии, где описан из Васил в Йемене (Thomas, 1913).

В Алжире, Нигере и Египте известны две формы *R. hardwickii* разного размера, что ставит под сомнение недавние таксономические определения рода *Rhinopoma* (Van Cakenberghe, Vree, 1994; Kock et al., 2001), хотя сложность систематики *R. hardwickii* уже отмечалась J. Gaisler с соавторами (1972) и К. Коорман (1994). Тем не менее, морфологические различия могут быть обусловлены изоляцией популяций огромными пространствами пустыни.

Заключение

Систематическая принадлежность популяции египетской хвостатой мыши (*Rhinopoma cystops* Thomas, 1903) в Сахаре и окрестностях не может быть окончательно определена, так как все еще недостаточно образцов для анализа. В целом этот вопрос пока остается открытым до тех пор, пока не будет собрано и проанализировано достаточное количество образцов из всех популяций. Поэтому мы рекомендуем организовать дополнительные исследования в этом регионе, основанные на туманных ловушках, с тем чтобы получить более точные метрические данные этого вида и данные относительно его экологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Aellen V., Strinati P. 1969. Liste des chiroptères de la Tunisie // Revue suisse de zoologie Vol. 76. P. 421-431.
- Ahmim M. 2014. Ecologie et biologie de la conservation des chiroptères de la région de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse Doct. Biol. Univ. A. Mira. Bejaia. 148 p.
- Anciaux de Faveaux, M. 1976. Distribution des Chiropteres en Algérie avec notes écologiques et parasitologiques. Inst. Sci. Bio. De Constantine // Bulletin de la Societe d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. Vol. 67. P. 68-80.
- Aulagnier S. 2013 Family Rhinopomatidae Mouse-tailed Bats. // Mammals of Africa. Vol. IV. P. 409-410.
- Aulagnier S., Thevenot M. 1986. Catalogue des mammifères sauvages du Maroc // Travaux de l'Institut Scientifique Série Zoologie. Vol. 41. P. 1-164.
- Benda P., Reiter A., Al-Jumaily M.M., Nasher A. K., Hulva P. 2009. A new species of mouse-tailed bat (Chiroptera: Rhinopomatidae: Rhinopoma) from Yemen // Journal of the National Museum Prague. Natural History Series. Vol. 177 (6). P. 53-68.
- Benda P., Hanak V., Andreas M., Reiter A., Uhrin M. 2004. Two new species of bats (Chiroptera) for the fauna of Libya: *Rhinopoma hardwickii* and *Pipistrellus rueppellii* // Myotis. Vol. 41-42. P. 109-124.
- Gaisler J., Madkour G., Pelikan J. 1972. On the bats (Chiroptera) of Egypt // Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemoslovacae. Vol. 6 (8). P. 1-40.
- Gaisler J. 1983. Nouvelles données sur les Chiroptères du Nord Algérien // Mammalia. Vol. 47 (3). P. 360-369.
- Gaisler J. 1984. Bats of northern Algeria and their winter activity // Myotis. Vol. 21-22. P. 89-95.
- Gaisler J., Kowalski K. 1986. Results of the netting of bats in Algeria (Mammalia: Chiroptera) // Věstník

- Československé společnosti zoologické. Vol. 50. P. 161-173.
- Geyr von Schweppenburgh. 1917. Ins Land von Tuareg // Journal für Ornithologie. Vol. 65. P. 241-312.
- Hanak V., Gaisler J. 1983. *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1818), une espece nouvelle pour le continent africain // Mammalia. Vol. 47 (4). P. 585-587.
- Hill J.E. 1977. A review of the Rhinomatidae (Mammalia: Chiroptera) // Bulletin of the British Museum Natural History. Vol. 32. P. 29-43.
- Hulva P., Horacek I., Benda P. 2007. Molecules, morphometrics and new fossils provide an integrated view of the evolutionary history of Rhinomatidae (Mammalia: Chiroptera) // Evolutionary Biology. Vol. 7 (165). P. 1-15.
- Koch-Weser S. 1984. Fledermäuse aus Obervolta, W-Afrika (Mammalia: Chiroptera) // Senckenbergiana biologica. Vol. 64. P. 255-311.
- Kock D. 1969. Die Fledermaus-Fauna des Sudan (Mammalia, Chiroptera) // Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft. Vol. 521. P. 1-235.
- Kock D., Al-Jumaily M.M., Nasher A.K. 2001. On the genus *Rhinopoma* E. Geoffroy 1818, and a record of *Rh. muscatellum* Thomas 1903 from Yemen (Mammalia, Chiroptera, Rhinomatidae) // Senckenbergiana biologica. Vol. 81. P. 285-287.
- Koopman K. F. 1975. Bats of the Sudan // Bulletin of the American Museum of Natural History. Vol. 54. P. 354-443.
- Koopman K.F. 1994. Handbook of Zoology // A Natural History of the Phyla of the Animal Kingdom. Vol. VIII. Mammalia. Part 60. Chiroptera: Systematics. Berlin: Walter de Gruyter. 217 p.
- Kowalski K., Rzebik-Kowalska B. 1991. Mammals of Algeria. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich. 370 p.
- Laurent P. 1937. Essai d'une clef dichotomique des Chéiroptères de la Barbarie // Mammalia. Vol. 1 (4). P. 133-159.
- Owen R.D., Qumsiyeh M.B. 1987. The subspecies problem in the Trident leaf-nosed bat, *Asellia tridens*: homomorphism in widely separated populations // Zeitschrift für Säugetierkunde. Vol. 52. P. 329-337.
- Poulet A.R. 1970. Les Rhinomatidae de Mauritanie // Mammalia. Vol. 34. P. 237-243.
- Qumsiyeh M.B. 1985. The bats of Egypt // The Museum Texas Tech University. Vol. 23. P. 1-101.
- Qumsiyeh M.B., Schittler D.A. 1981. Bat records from Mauritania, Africa // Annals of Carnegie Museum. Vol. 50. P. 345-351.
- Qumsiyeh M.B., Knox Jones J.Jr. 1986. *Rhinopoma hardwickii* and *Rhinopoma muscatellum* // Mammalian Species. Vol. 263. P. 1-5.
- Simmons N.B. 2005. Order Chiroptera In Wilson D.E., Reeder D.M. (eds.): Mammal species of the world // A taxonomic and geographic reference. Baltimore: Johns Hopkins University Press. Vol. 1. P. 312-529.
- Thomas O. 1903. On the Species of the Genus *Rhinopoma* // Annals and Magazine of Natural History. Vol. 11. P. 496-499.
- Thomas O. 1913. Some new Ferae from Asia and Africa // Annals and Magazine of Natural History. Vol. 12. P. 88-92.
- Van Cakenberghe, F.A. Vree. 1994. Revision of the Rhinomatidae (Dobson 1872), with the description of a new subspecies (Mammalia: Chiroptera) // Senckenbergiana biologica. Vol. 73 P. 1-24.

NEW RECORD *RHINOPOMA CYSTOPS* THOMAS, 1903 (MAMMALIA, CHIROPTERA) IN ARID SOUTHWESTERN SAHARA OF ALGERIA

© 2017. M. Ahmim*, R. Tahri**

*University of Béjaïa

Algeria, 06000, Bejaia. E-mail: forestecolo@gmail.com

**Communication Agency Algeria Desert

Algeria, 06000, Bechar

In January 2015, a colony of approx. 50 individuals of *Rhinopoma cystops* was found, and 10 of *Asellia tridens* were netted in a cave of Bechar, Algeria, near the border with Morocco, southwestern Algerian Sahara. These two species were recorded previously in Algeria but *Rhinopoma cystops* has been registered in Bechar for the first time. Therefore, information regarding to the distribution and geographic variation of this species are provided also in the present study

Keywords: *Rhinopoma cystops*, *Asellia tridens*, Southwest Sahara, northern Africa, new location.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА

© 2017 г. З.Г. Залибеков*, Х.М. Гамзатова**

*Институт геологии Дагестанского научного центра РАН
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. Ярагского, д. 75. E-mail: bfdgu@mail.ru

**Дагестанский государственный университет
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. Дзержинского, д. 12. E-mail: xalim.1980@mail.ru

Поступила 15.04.2016

Рассмотрены особенности природной и антропогенной эволюции почв горного Дагестана, выявлены критерии определяющие динамику почвообразовательных процессов в условиях высокогорий. В качестве основного этапа эволюции горных почв выделены процессы олуговения с элементами остепнения, деградации; впервые описаны оподзоленные варианты горнолесных бурых почв и стадии их антропогенной эволюции.

Ключевые слова: Эволюция почв, классификация, высотная зональность, олуговение, оподзоливание, морфологический профиль, гумусовое состояние, высокогорье.

Почвенный покров горной зоны всегда привлекал внимание исследователей оригинальностью свойств, условием формирования и общими закономерностями географического распространения (Солдатов 1956, Залибеков 2010). Горная зона Дагестана занимает 1.91 млн. га или 39.8% общей площади республики охватывая территорию с высотными отметками более 1000 м над уровнем моря (Захаров, 1939; Зонн, 1950). Горные почвы, приуроченные к высотным отметкам 2000 и выше м над уровнем моря, развиваются в условиях глубокого эрозионно-гидрографического расчленения территории, усиленным поверхностным стоком и минимальной величиной антропогенной нагрузки (Залибеков, 2010; Абдуллаев и др., 2011; Гамзатова, 2014).

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в Дидойской депрессии, где распространены типичные представители почв характерные для горного Дагестана.

Объектом исследований явились, основные типы почв разных экспозиций склонов высокогорий распространенные восточнее от Большого Кавказского хребта включая Дидойскую депрессию. Для установления степени влияния антропогенного фактора, высотной поясности, почвообразующих пород и растительности описаны профили почв, формирующихся в различных элементах рельефа. На каждом из высотных уровней в ареале преобладающих типов были заложены ключевые почвенные разрезы. В целях детализации границ контуров типов почв для каждого ключевого разреза закладывались по 4 прикопки. В ареале основных типов почв описывали типичные разрезы, из которых отбирали монолиты, индивидуальные образцы для обработки и анализа.

Результаты и обсуждение

Учитывая слабую изученность почв горных территорий, в том числе и горного Дагестана основное внимание уделено выявлению главнейших типов почв, распространенных в разных экспозициях и разных высотах высокогорий. Впервые описаны морфологические, физико-химические свойства почв высокогорий с применением классификаций принятых 1977 и в 2004 гг. (табл. 1). Для оценки, характеристики рассматриваемых почв, наиболее приемлемой является классификация почв 1977 г.

Из пространственных особенностей распространения почвенного покрова следует указать развитие процессов олуговения, преимущественно в юго-восточных, юго-западных склонах с крутизной 15-18 градусов. С увеличением крутизны склонов развиваются процессы водной эрозии и почвы теряют типовые свойства (Залибеков, 2010; Атаев, 2011, 2012). Широкое распространение получили горнолесные бурые оподзоленные в разной степени.

Таблица 1. Распространение основных типов почв высокогорий Дагестана.

№	Типы почв по классификации		Высотные отметки, м	Экспозиция
	1977 г.	2004 г.		
1	Горнолесная бурая олуговелая среднесуглинистая	Серогумусовая (дерновая) иллювиально-ожелезненная среднесуглинистая маломощная	2400-2500	Юго-восточная
2	Горнолесная бурая олуговелая тяжелосуглинистая	Серогумусовая (дерновая) иллювиально-ожелезненная тяжелосуглинистая маломощная	2000-2300	Восточная
3	Горнолесная бурая слабооподзоленная тяжелосуглинистая	Серогумусовая (дерновая) иллювиально-ожелезненная тяжелосуглинистая	1650-1700	Юго-восточная
4	Горнолесная бурая оподзоленная среднесуглинистая	Серогумусовая (дерновая) иллювиально-ожелезненная среднесуглинистая	1500-1600	Юго-восточная
5	Горно-луговая субальпийская среднесуглинистая	Серогумусовая (дерновая) иллювиально-ожелезненная среднесуглинистая	1450-1550	Восточная, западная
6	Горно-луговая альпийская среднесуглинистая	Серогумусовая (дерновая) иллювиально-ожелезненная среднесуглинистая, маломощная	1400-1500	Юго-западная

По новой классификации они относятся серогумусовому иллювиально-ожелезненному типу с признаками гумусового накопления в слое 0-20 см. Уменьшение высотных отметок приводит к развитию процесса олуговения, с обогащением профиля глинистыми фракциями. В пределах отметок 1400-1500 м образуются почвы альпийского типа с дифференциацией профиля на генетические горизонты. Весь спектр почв высокогорий по классификации 2004 года отнесен к одному типу серогумусовому иллювиально-ожелезненному. Важной особенностью распространения почв в Дидойской депрессии является последовательная смена генетических разностей почв на восточных и западных склонах. Высота вертикальной протяженности заметно различаются по типам почв, где максимальная протяженность высотных поясов характерно горнолесной бурой олуговелой и горнолесной бурой оподзоленной, формирующихся на аллювии сланцевых пород. Распространение этих типов почв на территории Дидойской депрессии по высотным отметкам показывает различия протяженности однородной межтиповой полосы.

Растительный покров описанных типов почв представлен разнотравно-злаковыми сообществами, образуя формацию типа послелесных лугов. Процесс олуговения проявляется после сведения лесов при достаточно высокой степени атмосферного увлажнения. В результате создается на слабонаклонных, пологих участках благоприятные условия для развития процессов олуговения. При медленном движении поверхностных вод оседают слои аллювия состоящих из дисперсных частиц, внесенных поверхностными водами богатых питательными элементами. При длительном развитии этих процессов, оптимальном увлажнении появляется послелесная луговая растительность с формированием в верхнем горизонте свойств характерных анаэробным условиям. При этом увеличивается содержание гумуса, появляются в горизонте А серые тона окраски с сизоватыми оттенками. Развитие горнолесных бурых почв после сведения лесов отличается увеличением органических остатков наземного происхождения образованием зернисто-ореховатой структуры. Эти показатели послужили основанием выделения признаков олуговения на подтиповом уровне горнолесных бурых почв (рис. 1).

Морфологический анализ профиля данной почвы показывает, что средняя суммарная мощность всех входящих в профиль горизонтов включая и горизонт С составляет 34 см. По градации предложенной Б.Г. Розановым (1983), почвы относятся к маломощным. Почвенный профиль слабо дифференцирован, характеризуется не четко выраженным морфологическим обликом, отсутствием выраженных тонов и заметных переходов в другие горизонты. Почвы хорошо оструктурены; горизонт А представлен мелкозернистой, а горизонт В мелкокомковатой структурой, где содержатся

обломки сланцев. Генетические горизонты профиля почвы отличаются и по гранулометрическому составу и физическим свойствам. Горизонт А суглинистый и слабо уплотнен, а иллювиальный уплотнен, где происходит некоторое накопление илистых частиц. Такой характер распределения гранулометрических элементов и изменение физических свойств можно объяснить ходом почвообразовательного процесса, для которых характерно внутрипочвенное огливание. Показатели химических свойств, развитие олуговения подтверждается по данным анализов состава гумуса горнолесной бурой олуговелой почвы (табл. 2).

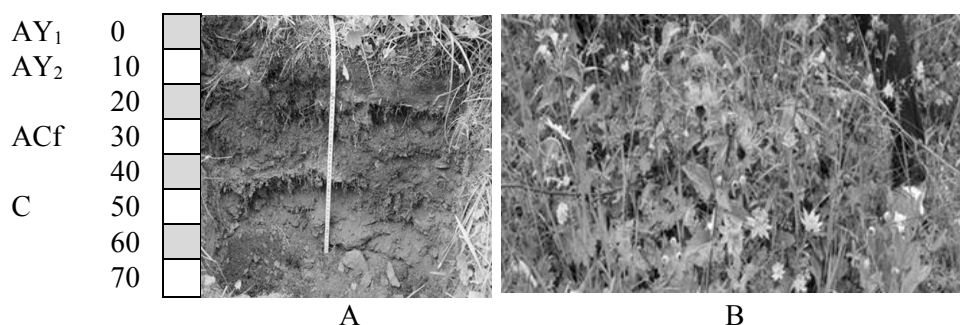


Рис. 1. Горнолесная бурая олуговелая почва. Условные обозначения: А – вертикальный профиль; В – растительный покров.

Таблица 2. Показатели развития процессов олуговения горных почв.

№	Название почв, глубина, см	Гумус, %	$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$	Н обменный мг-экв	Гранулометрический состав	Р _н водный
1	Горнолесная бурая олуговелая среднесуглинистая					
	3-8	2.71	0.64	0.62	Среднесуглинистая	6.5
	8-16	1.07	0.55	0.13	Среднесуглинистая	6.3
	16-30	0.48	0.47	0.11	Среднесуглинистая	6.5
2	Горнолесная бурая слабооподзоленная					
	2-7	1.95	0.51	0.96	Тяжелосуглинистая	5.7
	7-12	1.01	0.42	0.10	Среднесуглинистая	5.6
	12-28	0.50	0.43	0.06	Среднесуглинистая	5.0

По соотношению углерода гуминовых кислот и фульвокислот выявлено превышение роли гуминовых кислот олуговелой разности. Содержание обменного водорода горнолесной слабооподзоленной почве (0.96 мг-экв.) значительно выше по сравнению с горнолесной бурой олуговелой (0.62 мг-экв.) подтверждает преобладающее значение кислот среды. Обращает внимание и показатели реакции почвенной среды – заметное превышение значения рН в олуговелых разностях. Основная причина происходящих изменений – смена лесной растительности под влиянием одного из главных составляющих антропогенного фактора – рубкой древостоя, выпаса скота. Для сравнительной оценки естественного состояния горнолесных бурых оподзоленных почв и антропогенных измененных вариантов почв альпийского пояса приводятся специфические особенности, свойственные горному почвообразованию (Акимцев, 1939). Горнолесная бурая оподзоленная почва занимает значительную часть территории юго-западного склона Богосского массива представляющее западное крыло Главного Кавказского хребта (рис. 2). Глубина эрозионного расчленения более 1000 м, долина V-образная, склоны прямые, линейность не наблюдается. Сосновый лес сохранился с подлеском и подстилкой на сланцевых породах. Профиль отличается

наличием подстилки. Мощные толщи склоновых отложений отсутствуют. Тип растительности – сосновый зеленомошник.

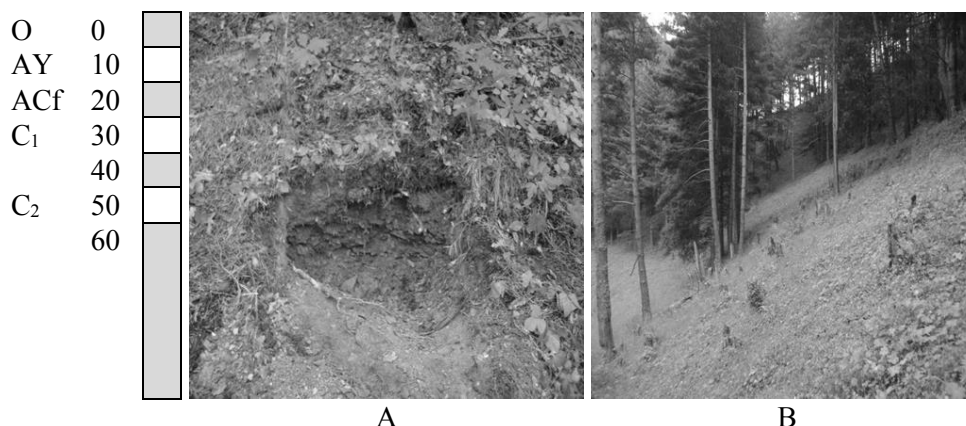


Рис. 2. Горнолесная бурая оподзоленная почва. Условные обозначения: А – вертикальный профиль; В – растительный покров.

Морфологический профиль характеризуется наличием лесной подстилки и дифференциацией на горизонты. Наличие подстилки-детрита обусловлен слабой интенсивностью биологического круговорота (Залибеков, 1979). По-видимому, поступающее в почву органическое вещество обладает низкой зольностью, что является главной причиной медленной его минерализации. Под горизонтом лесного опада залегает слабоуплотненный горизонт с непрочной мелко-комковатой структурой, сильно пронизанной корнями растений. Вертикальная протяженность профиля 0-50 см. Оподзоленный горизонт совмещен с аккумулятивно-гумусовым горизонтом. В верхней части горизонта А обилие полуразложившихся растительных остатков. Переходной горизонт характеризуется ясной бурой окраской и наличием обломков сланцев. В морфологическом отношении обращает на себя внимание укороченность гумусового горизонта. Гранулометрический состав среднесуглинистый по всему профилю, что свидетельствует о формировании почвы на однородной почвообразующей породе. В горизонте С₁ на глубине 18-32 см отмечается небольшое увеличение содержания илистой фракции и уплотнения, что является следствием иллювиальных процессов. По распределению илстых частиц почва имеет слабо дифференцированный текстурный профиль: мало гумусирована, имеет слабокислую реакцию. При разложении лесной подстилки образуются различные водорастворимые органические соединения. Грибная микрофлора подстилки способствует образованию фульвокислот и низкомолекулярных органических кислот. Кислые продукты подстилки нейтрализуются основаниями, освобождающимися при их минерализации. Значительная часть их поступает с водой в почву и взаимодействует с минеральными соединениями. Наибольшее значение в оподзоливании принадлежит кислым продуктам, образующимся в процессе превращения органических остатков лесной подстилки (Докучаев, 1989). В результате промывного водного режима и действия кислых соединений из верхних горизонтов горнолесной бурой почвы удаляются легкорастворимые вещества, а впоследствии и устойчивые соединения минералов. Под лесной подстилкой формируется оподзоленный горизонт (в результате выноса Fe, Mn и накопления кремнезема) с превращением из желто-бурой окраски в светло-серый сходный со цветом печной золы. У горнолесных бурых почв образуется горизонт с кислой реакцией и ненасыщенными основаниями, соответствующего названию оподзоленного. Морфологическое строение указывает на развитие подзолистого типа почвообразования.

Горно-луговая альпийская средне углистая маломощная почва занимают южные, юго-западные экспозиции крутизной склонов <30° (рис. 3). На переходной полосе субальпийского пояса в альпийский. Для исследуемой почвы характерна высокая гумусированность с признаками лугово-черноземовидных почв (Баламирзоев, 2004). Склоны расчленены глубокими долинами глубиной 800-900м. растительность – высокогорный овсяницевый луг.

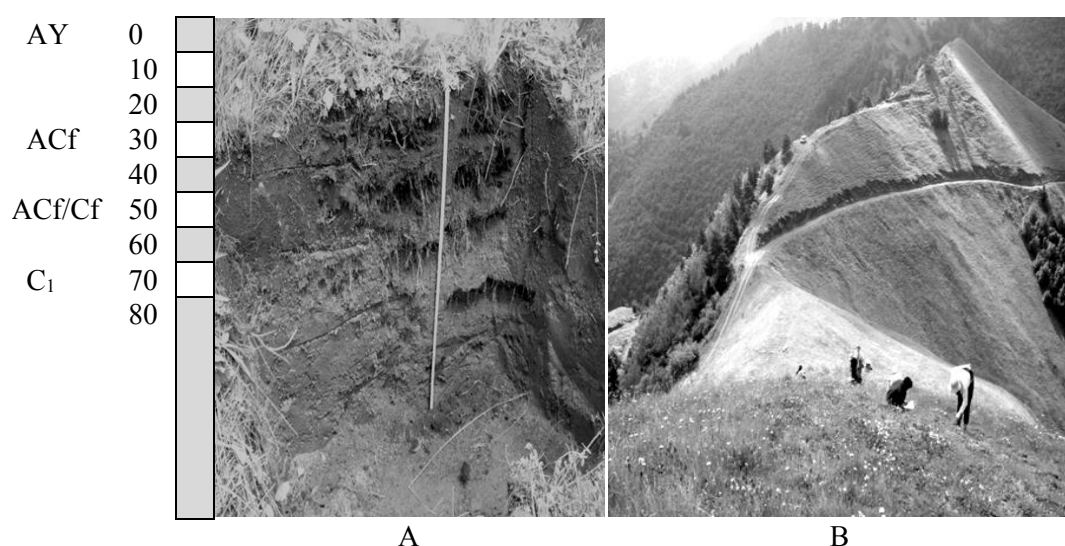


Рис. 3. Горно-луговая альпийская маломощная почва. Условные обозначения: А – вертикальный профиль, В – растительный покров.

Горно-луговым альпийским почвам свойственна небольшая мощность горизонта А, окраска серая, слабая гумусированность, высокая щебнистость. Горизонт В характеризуется серой окраской с бурым оттенком, непрочнокомковатой структурой, уплотненным сложением и обилием содержания щебня. Корней растений значительно меньше. Нижележащий горизонт АС характеризуется бурой окраской, непрочной мелкокомковатой структурой, среднесуглинистым гранулометрическим составом и небольшим количеством корней растений. Здесь увеличивается содержание обломков сланцев в виде щебня мелкозема становится темнее, плотнее характеризуя переход к подстилающей породе.

Закключение

Результатами исследований выявлены параметры горного почвообразования, обусловленные природными и антропогенными факторами:

1. Пространственная смена отдельных типов почв в высотном размещении зависит от занимаемой позиции и удаленности от Главного Кавказского хребта. Почвы одноименных позиций на разных элементах горного рельефа характеризуются признаками, сближающими различия в степени увлажнения по мере повышения отметок в условиях высокогорий.
2. Влияние антропогенного фактора (рубка лесов, выпас скота, заготовка древесины) способствует переводу горнолесных бурых слабооподзоленных и оподзоленных почв в категорию послелесных эволюционирующих в олуговелые, горнолесные почвы горно-луговые альпийские, субальпийские подвергаются деградации с формированием признаков лугового и лугово-степного режимов.
3. Процесс олуговения, как основной показатель антропогенных изменений горнолесных бурых оподзоленных почв характеризуется сведением лесной подстилки и формированием дернового слоя, увеличением содержания гумуса и соотношению гуминовых кислот фульвокислотам, уменьшением обменного водорода и переходом кислой среды в слабокислую.
4. Почвенный покров Дидойской депрессии горного Дагестана испытывает влияния антропогенного фактора, находящегося в начальной стадии развития. При эволюции почв в таком направлении прогнозируется формирования свойств, тяготеющих к стадиям антропогенного олуговения, остепенения, аридизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдулаев К.А., Атаев З.В., Братков В.В. 2011. Современные ландшафты Горного Дагестана. Махачкала: ДГПУ. 116 с.
- Акимцев В.В. 1939. Об итогах и перспективах изучения почв Дагестана // Труды ДСХИ. Вып. 1. С. 48-55.
- Атаев З.В. 2011. Ландшафтно-экологические особенности Высокогорного Дагестана // Проблемы развития АПК региона. № 3 (7). С. 9-16.
- Атаев З.В. 2012. Высокогорные ландшафты Восточного Кавказа и их современное экологическое состояние // Молодой ученый. Т. 1. № 12. С. 130-134.
- Гамзатова Х.М. 2014. О биоразнообразии горных почв Дидойской депрессии горного Дагестана // Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия. Материалы научно-практической конференции. Махачкала. С. 65-70.
- Докучаев В.В. 1899. К изучению о зонах природы. С-Пб. 280 с.
- Добровольский Г.В. 1996. Значение почв в сохранении биологического разнообразия // Почвоведение. № 6. С. 694-699.
- Залибеков З.Г. 1979. Анализ антропогенного использования почвенных ресурсов Дагестана // Почвоведение. № 5. С. 34-48.
- Залибеков З.Г. 2010. Почвы Дагестана. М. 243 с.
- Захаров С.А. 1934. Вертикальная зональность почв на Кавказе // Почвоведение. № 6. С. 25-32.
- Зонн С.В. 1950. Горнолесные почвы Северо-Западного Кавказа. М.: Изд-во АН СССР. 336 с.
- Классификация и диагностика СССР. 1977. М.: Колос, 223 с.
- Классификация почв России. М.: Почвенный институт им. В.В.Докучаева. 2004 г. 145 с.
- Розанов Б.Г. 1983. Морфология почв. М.: Изд-во МГУ. 320 с.
- Солдатов А.С. 1956. Почвенные исследования в Дагестане // Дагестанский филиал АН СССР. Отдел почвоведения. Махачкала. Т. III. С. 6-22.

ABOUT THE FEATURES OF SOIL EVOLUTION OF MOUNTAINOUS DAGESTAN

© 2017. Z.G. Zalibekov*, H.M. Gamzatova**

**Institute of geology of the Dagestan scientific center RAS
Russia, 367000, Makhachkala, Yaragskogo Str., 75. E-mail: bfdgu@mail.ru*

***Dagestan State University
Russia, 367000, Makhachkala, Dzerzhinsky Str., 12. E-mail: xalim.1980@mail.ru*

The features of natural and anthropogenic evolution of mountainous Dagestan's soils are considered, the signs, determining the dynamics of soil-forming processes in conditions of highlands are revealed. There processes of meadowing with elements of stepping, degradation as the main evolution stage of the mountain soils are distinguished; for the first time there podsolized variants of brown mountain-forest soils and grades of their anthropogenic evolution are described.

Keywords: Evolution of soils, classification, altitudinal zoning, meadowing, podsoling, morphological profile, humus condition, high mountains. Notation under pictures.

УДК 546.4:591.148:593.8, 556.3+624.131.1

ОСОБЕННОСТИ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В АРИДНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

© 2017 г. Т.О. Абдулмуталимова, Л.М. Курбанова, А.Ш. Гусейнова, А.С. Курбанисмаилова

Институт геологии Дагестанского научного центра РАН

Россия, 367015, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75. E-mail: tamila4@mail.ru; lilysha1964@mail.ru

Поступила 25.03.2016

В статье обсуждаются проблемы питьевого водоснабжения, актуальные для аридной зоны Северного Дагестана. Подземные артезианские воды являются основным источником питьевого водоснабжения. Анализ воды выявил несоответствие качества питьевой воды по ряду компонентов, среди которых основным является токсичный мышьяк.

Ключевые слова: артезианские воды, питьевое водоснабжение, мышьяк, канцерогенные риски.

Вопросы питьевого водоснабжения крайне актуальны для аридных территорий многих стран. Ввиду природно-климатических особенностей, часто в качестве основного источника питьевого водоснабжения выступают подземные воды, которые, как правило, характеризуются стабильным химическим составом и благоприятными органолептическими свойствами.

Северная равнинная часть республики характеризуется исторически сформированным засушливым климатом. В настоящее время в аридных условиях на территории Северного Дагестана проживает более 500 тыс. человек. С конца 19-го века на обширных засушливых территориях было пробурено более 3000 артезианских скважин, которые обеспечивают население питьевой артезианской водой до настоящего времени.

Глубина залегания водоносных горизонтов, эксплуатируемых артезианскими скважинами, достигает 500-600 м, но в основном составляет 250-350 м. Артезианские воды в северной аридной части Дагестана являются важным источником питьевого водоснабжения и составляют значительную часть водоресурсного потенциала региона.

В результате исследований (Курбанова и др., 2013; Абдулмуталимова, Ревич, 2012; Каймаразов и др., 2010), которые проводились в институтах ДНЦ РАН, был изучен качественный состав низкопотенциальных питьевых вод и выявлено несоответствие качества воды по ряду показателей. Высокое содержание ряда токсичных элементов, наряду с повышенными показателями минерализации и общей жесткости воды, создают неблагоприятную обстановку с риском для здоровья водопотребителей. Особую опасность представляет мышьяк, содержание которого в питьевой воде превышает допустимые нормы в десятки раз. Согласно Международному Агентству Изучения Рака (МАИР) мышьяк и его соединения являются доказанными канцерогенами и даже небольшие концентрации мышьяка при длительном поступлении в организм человека способны явиться причиной развития рака (IARC, 2012).

Объекты и методы исследования

На территории Северного Дагестана с 2009 по 2016 гг. нами был проведен анализ содержания мышьяка в питьевой воде населенных пунктов Ногайского, Тарумовского, Кизлярского, Бабаюртовского, Хасавюртовского районов. Пробы отбирались из источников непосредственного водопотребления в районах исследований и затем транспортировались в аналитические лаборатории Дагестанского научного центра РАН. Для количественного определения мышьяка в анализируемых пробах использовался метод атомно-абсорбционной спектроскопии с ртутно-гидридным генератором, который позволяет надежно определять концентрации мышьяка до 0.001 мкг в пробе (0.001 мкг/л) в пересчете на элемент (Шабанова, 2010). Используя методологию оценки рисков были рассчитаны популяционные канцерогенные риски для района исследований.

Результаты и их обсуждение

Диапазон определяемых концентраций мышьяка колебался от 0.01 до 0.5 мг/л, в 97% пробах воды превышен гигиенический норматив 0.01 мг/л, что свидетельствует о сплошном мышьяковистом загрязнении питьевых вод Северного Дагестана.

На основании полученных данных, нами была составлена карта с использованием геоинформационных систем для отображения пространственного загрязнения питьевых вод мышьяком по населенным пунктам, а также указаны границы артезианских бассейнов и административных районов, в пределах которых эти населенные пункты находятся (рис. 1).



Рис. 1. Населённые пункты с ранжированием по уровню содержания мышьяка в питьевой воде.

Экспонированная часть населения (то есть та часть, населения, которая длительно подвергается вредному воздействию мышьяка с потреблением питьевой воды) была дифференцирована согласно уровню содержания мышьяка в питьевой воде (табл. 1). Большая часть населения (59.4%) потребляет питьевую воду с содержанием мышьяка до 0.1 мг/л, что превышает допустимый уровень содержания мышьяка в питьевой воде в 10 раз и 40.6 % населения исследованных районов Северного Дагестана используют для питья воду с содержанием мышьяка в 20-50 раз превышающих допустимый уровень.

Табл. 1. Содержание мышьяка в артезианской питьевой воде и численность экспонированного населения.

Содержание мышьяка в питьевой воде, мг/л (ПДК 0.01мг/л)	Численность экспонированного населения, тыс. чел.	Доля от общей численности населения исследованных районов Северного Дагестана (309.7 тыс. чел.), %
0.01-0.04	167134	53.9
0.05-0.09	16985	5.5
0.1 – 0.19	108147	34.9
0.2 – 0.3	9023	2.9
0.4 – 0.5	8444	2.8

Учитывая опасное для здоровья человека воздействие мышьяка при его длительном поступлении с питьевой водой, что было доказано в ходе многих зарубежных эпидемиологических исследований, можно предположить, что экспонированное население исследованных районов находится в зоне риска и подвергается хронической интоксикации мышьяком. Это может явиться причиной развития ряда мышьяк-ассоциированных заболеваний, в том числе рака (Cuzick J. et al., 1992; Smith A.H. et al., 1992).

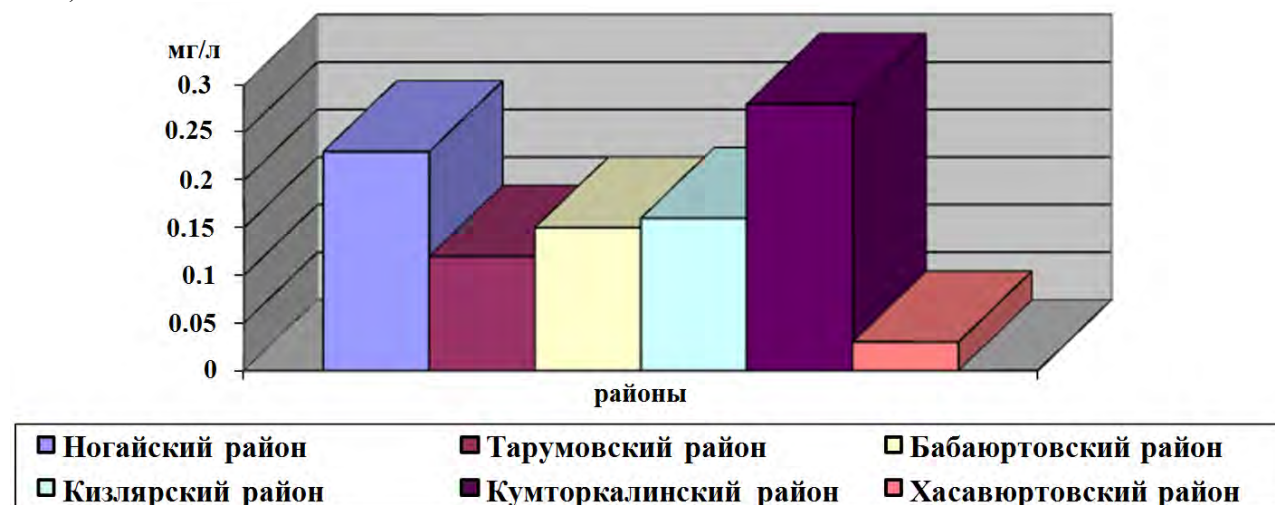


Рис. 2. Сравнительная характеристика районов исследований по содержанию мышьяка в питьевых водах.

В зависимости от выявленных в ходе анализа концентраций мышьяка нами были выделены районы в Северном Дагестане с разным уровнем загрязнения и проведена их сравнительная характеристика (рис. 2). Максимальная концентрация мышьяка – 0.4 мг/л зарегистрирована в с. Шамхал Янгийорт (Кумторкалинский район) и с. Новый Чиркей (Кизилюртовский район), минимальная – 0.01 мг/л в с. Бамматюрт (Хасавюртовский район). Самый высокий уровень содержания мышьяка в питьевой воде отмечен в артезианских водах Кумторкалинского и Ногайского районов, где среднее содержание мышьяка составило 0.28-0.36 мг/л, самые низкие концентрации мышьяка зафиксированы в питьевых артезианских водах Хасавюртовского района, где среднее

содержание мышьяка составило 0.025 мг/л. При этом в Ногайском районе, где подземные воды наиболее загрязнены мышьяком и другими контоминантами, они являются практически единственным источником питьевого водоснабжения, а в Хасавюртовском районе, где содержание загрязняющих веществ в подземных водах минимально, доля их в водоснабжении населения незначительна (Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., 2015).

В экспонируемой популяции исследованных районов при пероральном поступлении мышьяка популяционный канцерогенный риск (PCR) в течение 1 года составит от 2 дополнительных случаев (к фоновому уровню заболеваемости) при концентрации мышьяка 0.01 мг/л и до 95 дополнительных случаев при максимальной концентрации 0.5 мг/л. Общий популяционный канцерогенный риск для населения исследуемых районов при средней концентрации мышьяка (0.19 мг/л) в питьевой воде составит 36 дополнительных случаев заболеваемости в год.

Расчет канцерогенных рисков показал, что исследованные питьевые воды, приуроченные к гидрогеохимической провинции на территории Северного Дагестана, при условии их постоянного длительного использования формируют высокие уровни канцерогенного риска для здоровья населения.

Заключение

Полученные результаты анализа питьевых артезианских вод в засушливых районах Северного Дагестана свидетельствуют о несоответствии качества питьевой воды по ряду показателей, среди которых наибольшую тревогу вызывает мышьяк. Высокие концентрации мышьяка в питьевых водах артезианского бассейна обуславливают высокий риск развития мышьяк-ассоциированных заболеваний неинфекционной природы, что, в свою очередь, определяет эти воды как непригодные для хозяйственно-питьевого использования населением. В связи с этим, дальнейшее использование этих вод для питьевого водоснабжения требует системного изучения с целью мониторинга воздействия на здоровье человека и окружающую среду, и разработки эффективных методов очистки вод от мышьяка перед использованием их в хозяйственно-бытовых целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдулмуталимова, Ревич Б.А. 2012. Сравнительный анализ содержания мышьяка в подземных водах Северного Дагестана // Юг России: экология, развитие. № 2. С. 81.
- Каймаразов А.Г., Шабанова З.Э., Камалутдинова И.А., Ахмедов К.М. 2010. Идентификация и количественное определение мышьяк содержащих загрязняющих компонентов низкопотенциальных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна // II Международная конференция «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспектива». Махачкала. С. 299-312.
- Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш. 2015. Экологические аспекты мышьяковистого загрязнения Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Аридные экосистемы. Т. 21. №1 (62). С. 48-52.
- Курбанова Л.М., Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Абдулмуталимова Т.О. 2013. Мышьяк в подземных водах Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Геохимия. № 3. С. 262-264.
- Шабанова З.Э., Каймаразов А.Г., Абдулмуталимова Т.О. 2010. Методические аспекты определения мышьяка в подземных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Материалы III Школы молодых ученых им. Э.Э. Шпильрайна. С. 76-79.
- Cuzick J., Sasiени P., Evans S. 1992. Ingested arsenic, keratoses, and bladder cancer. Am J Epidemiol 136. P. 417-421.
- IARC: A Review of Human Carcinogen: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts 2012.vol. 100 C. Geneva. Switzerland: World Health Organization.
- Smith A.H., Hopenhayn-Rich C., Bates M.N. 1992. Cancer risk from arsenic in drinking water // Environ.Health Perspect. 97. P. 259-267

DRINKING WATER SUPPLY IN THE ARID ZONE OF THE DAGHESTAN

© 2017. T.O. Abdulmutalimova, L.M. Kurbanova, A.Sh. Gusejnova, A.S. Kurbanismailova

Institute of Geology of the Daghestan Center of Science RAS

Russia, 367015, Makhachkala, Yaragskogo Str., 75. E-mail: tamila4@mail.ru; lilysha1964@mail.ru

The given arsenic-related research has established that the population of about 500 thousands of people are at risk. In the northern districts of Daghestan republic the groundwater is used by population as drinking water. Water samples analysis showed that groundwater contains arsenic above the WHO-recommended value of 10µg/L. The concentrations of As in water samples ranged from 10µg/L to 50 µg/L. The natural As is associated here with the peculiarities of the chemical composition of the water-bearing plateaus and people have no alternative sources of drinking water.

Keywords: artesian water, drinking water, arsenic, cancer health risks.

УДК 001(470.56)

**О МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
"ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И
БОРЬБА С ОПУСТЫНИВАНИЕМ"**

© 2017 г. А.Ш. Гусейнова, М.З. Залибекова

Институт геологии ДНЦ РАН

Россия, 367015, Махачкала, пр. Ярагского, 75. E-mail: as2106@mail.ru

В Волгограде 24-26 ноября 2016 года на базе Федерального научного центра Агроэкологии РАН состоялась Международная научно-практическая конференция, посвященная 20-летию журнала "Аридные экосистемы", 20-летию вступления в силу Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием, 40-летию конференции ООН по борьбе с опустыниванием. В ней принял участие широкий круг ученых и специалистов нашей страны и других стран. Общее количество участников 92, в т.ч. зарубежных – 16, преимущественно из стран СНГ.

Вступительным словом открыл конференцию директор ФНЦ Агроэкологии РАН- академик РАН Кулик К.Н. В своем выступлении он отметил значимость проводимой конференции, на которой планируется рассмотреть 20-летний путь развития, становления, совершенствования работы нового журнала "Аридные экосистемы" и оценки публикаций фундаментального и прикладного значения, получивших признание в региональном, федеральном и международном масштабах (Залибеков, 1996.). Участники конференции были представлены учеными из основных регионов юга России: Волгоградской, Астраханской, Ростовской областей, Республик Калмыкии и Дагестана, Ставропольского края и Бурятии. Работа прошла по утвержденной программе, на пленарных заседаниях заслушивались доклады авторов, принявших очное участие в конференции. Заслушано, обсуждено 38 докладов, информации, в том числе пленарных – 6, секционных – 32. В пленарных докладах (Залибеков З.Г., Кулик К.Н., Гунин П.Д. и др.) подчеркивалось значение журнала в освещении результатов приоритетных направлений исследований, получивших всеобщее признание в РФ и за его пределами. Журнал "Аридные экосистемы", как Международное академическое издание создано в 1994 году после распада СССР (Соколов и др. 1995), когда Туркмения стала суверенной страной и издаваемый там журнал "Проблемы освоения пустынь" оказался труднодоступным для исследователей других стран (Добровольский и др, 2000; Залетаев, 1996;). Ученые аридных регионов России, оказались за пределами страны, где издавался журнал с лишением возможностей опубликования результатов исследований. Отсутствие печатного органа координирующего НИР по аридным экосистемам, задерживало развитие фундаментальных исследований, внедрений новых технологий, расширение сферы исследовательских работ в аридных регионах (Зонн, 1997). Учитывая эти особенности Бюро ООБ РАН от 09.06.1994г. приняло решение о создании журнала "Аридные экосистемы" с утверждением главного редактора (З.Г. Залибеков) и членов редколлегии (Бананова, 1992). С этого времени журнал издается по утвержденному графику с периодичностью 4 номера за год.

Журнал принимает рукописи на русском и английском языках. На его страницах опубликованы статьи ведущих ученых России и зарубежных стран. Зарегистрирован журнал Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 15 ноября 2013 года.

В докладах конференции важное место отведено современным проблемам изучения биоразнообразия пустынных, пустынно-степных экосистем, эволюции процессов опустынивания в условиях деэртзации экосистем тропической зоны (Африки, Южной Америки) и деэртификации при вмешательстве человека в пределах обширных территорий Евразии - степного, полупустынного, пустынного климатического режимов, по результатам исследований климата как фактора оказывающего влияние на процессы аридизации, опустынивания, планетарной стратегии борьбы с деградацией аридных земель и биотизации пустынь (Бабаев, 1986). были признаны актуальными с рекомендаций практического использования на инновационной основе. Приоритетными признаны результаты исследования трансформации черноземов, каштановых почв, включая лесные почвы ксеротермального пояса в сторону аридизации, опустынивания (Биарсланов, 2013). Целесообразность

развития прикладных аспектов борьбы с аридной деградацией почв, растительности, животного мира подчеркивалось в докладах, посвященных адаптации технологий борьбы с опустыниванием и агромелиоративному ландшафтно-типологическому обустройству сельскохозяйственных земель. Доклады, сообщения, представленные по программе, полностью обсуждены, некоторые доклады рекомендовано опубликовать в журнале "Аридные экосистемы". Опубликованный сборник докладов и программу конференции участники получили до начала работы конференции.

В заключительном пленарном заседании выступающими отмечена высокая активность, обеспеченность презентационной техникой и своевременное выполнение мероприятий, предусмотренных регламентом. Участники конференции выразили свою благодарность за доброжелательный прием и проведенную работу организаторами обеспечивающих высокий уровень научной, научно-организационной деятельности организаторов конференции. Предложения и рекомендации, подготовленные для представления в директивные, проектные и научные учреждения включены в резолюцию, принятую на конференции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабаев А.Г. 1986. Стратегия комплексного изучения и освоения пустынь СССР // Проблемы освоения пустынь. №4. С. 3-12.
- Бананова В.А. 1992. Антропогенное опустынивание аридных территорий Калмыкии. Автореферат дисс. ... доктора географических наук. Ашхабад. 44 с.
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. 2000. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М.: Наука. 185 с.
- Биарсланов А.Б. 2013. О биологическом разнообразии основных типов почв Дагестана. Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 62. С. 89-92.
- Залетаев В.С. 1996. Роль экотонов в формировании биоразнообразия в аридных зонах // Аридные экосистемы. Т. 2. № 2-3 С. 26-32.
- Залибеков З.Г. 1996. Новые аспекты проблемы борьбы с опустыниванием в регионах Прикаспийской низменности // Аридные экосистемы. Т. 2. № 2-3. С. 18-26.
- Зонн И.С. 1997. Конференция ООН в Найроби: Проблема опустынивания 20 лет спустя // Аридные экосистемы. Т.3. № 2-3. С. 12-21.
- Соколов В.Е., Залибеков З.Г. 1995. О создании журнала «Аридные экосистемы» // Аридные экосистемы. Т.1. №1. С.4-5.

ON THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE "NATURAL AND ANTHROPOGENIC CHANGES OF ARID ECOSYSTEMS AND MANAGING DESERTIFICATION"

© 2017. A.Sh. Guseynova, M.Z. Zalibekova

Institute of Geology of DSC RAS

Russia, Respublic of Dagestan, 367015, Makhachkala, pr. Yaragskogo, 75. E-mail: as2106@mail.ru

The article presents a brief overview of the work of the International scientific-practical conference "Natural and anthropogenic changes of arid ecosystems and managing desertification", dedicated to the 20th anniversary of the journal "Arid Ecosystems", the 20th anniversary of the entry into force of the UN Convention of managing Desertification, the 40th anniversary of the UN Conference dedicated to curb desertification, held in Volgograd on 24-26 November 2016. The reports highlight the main trends and resulted in foundation of the journal and coverage of fundamental and applied researches in conservation, reproduction and rational use of biological resources in arid zones.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2017. Т. 23. № 1 (70)

JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2017. Vol. 23. № 1 (70)

Учредители: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН (ПИБР ДНЦ РАН), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем РАН (ИВП РАН), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Дагестанского научного центра РАН (ИГ ДНЦ РАН).

Свидетельство о регистрации средства массовой информации в Роскомнадзоре (Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций) – ПИ № ФС77-56164 от 15 ноября 2013 г.



ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60х 84 ¹/₈

Объем 6.5 п.л.

Тираж 200 экз.

Заказ №

Тиражировано в типографии ИП Гаджиева С.С.
367025, Махачкала, ул. Юсупова, 47
RIZO-PRESS, Тел. 8(8722) 68-40-21

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)