Tom Volume 21 Hoмер Number 2 (63) Июнь June 2015

POCCИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

AРИДНЫЕ 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.

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



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. 21, No. 2 (63), 2015, JUNE

Journal is founded in January 1995 Issued 4 times per year

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

Deputy editor Prof., Dr. geogr. N.M. Novikova*

Editorial Board:

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

Editorial council:

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

Responsibilities for issue: N.M. Novikova*, N.A. Volkova*

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

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

MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd

2015

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 21, № 2 (63), 2015, июнь

Журнал основан в январе 1995 г. Выходит 4 раза в год

<u>Главный редактор</u> доктор биологических наук, профессор 3.Г. Залибеков**

Заместитель главного редактора доктор географических наук, профессор Н.М. Новикова*

Редакционная коллегия:

Б.Д. Абатуров, С.-В. Брекле (Германия), Г. Бйоклунд (Швеция), К.Б. Гонгальский, П.Д. Гунин, Л.А. Димеева (Казахстан), А. Джилили (Китай), Т.Д. Зинченко, И.С. Зонн, Р.В. Камелин, Ж.В. Кузьмина, Г.С. Куст, Ю.А. Мазей, В.В. Неронов, Л. Орловская (Израиль), Б Оюнгерел (Монголия), А.А. Тишков, В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, З.Ш. Шамсутдинов,

Т.В. Дикарева (Ответственный секретарь)

Редакционный совет

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

Ответственные за выпуск: Н.М. Новикова*, Н.А. Волкова*

Адреса редакции:

*Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 3, ИВП РАН Телефон: (499) 135-70-31, 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

© Журнал основан в 1995 г.
Издается при финансовой 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 каталоге «Пресса России»

The journal has been founded in 1995.
It is published under financial 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 catalogue «Press of Russia»

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) eLIBRARY.RU, в список Реферируемых журналов и Базы данных ВИНИТИ, входит в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, с 2011 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 www.iwp.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 list of reviewed journals, database of VINITI and in the list editions, recommended by Higher Attestation Commission of Russian Federation.

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 www.iwp.ru; archive of full-text articles are at the site http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527

СОДЕРЖАНИЕ

10м 21, номер 2 (03), 2015 июнь	
СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ Засухи и динамика синоптических процессов на юге Восточно-Европейской равнины в начале XXI века	
Е.А. Черенкова, И.Г. Семенова, Н.К. Кононова, Т.Б. Титкова	5-15
Водные ресурсы и гидротермические условия увлажнения Нижней Волги Н.А. Шумова	16-26
Экологический мониторинг водоемов Прикаспийской низменности на территории Калмыкии (на примере водохранилища Цаган-Нур) С.С. Уланова	27-37
ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ	
Фаунистический состав и население позвоночных животных восточного берега озера Булухта (северо-запад Прикаспийской низменности)	
А.В. Быков, О.А. Бухарева, М.Б. Шадрина	38-46
Автотрофные микроорганизмы устьевых участков водотоков системы озера Эльтон Т.Н. Яценко-Степанова, М.Е. Игнатенко, Н.В. Немцева, О.Г. Горохова	47-54
1.11. Лценко-Степанова, м.Е. игнатенко, 11.Б. 11емцева, О.1. 1 орохова	47-34
Оценка различий флоры и растительности северных и южных склонов бугров Бэра	
В.Б. Голуб, В.В. Бондарева, Н.Ю. Степанова	55-62
Состав и соотношение элементов на поверхности корковых лишайников с опытного поля бывшего Семипалатинского испытательного полигона и из города Курчатов (Республика Казахстан)	
Л.Г. Бязров, Л.А. Пельгунова	63-71
Оценка поглощения и эффективности использования фосфора пустынным растением <i>Blepharis sindica</i> (Т. Andres.) при разных типах произрастания	
Manish Mathur	72-82
Степная растительность восточной части хребта Терскей Ала-Тоо <i>H.T. Садыкова</i>	83-87
хроника	
Ушел из жизни Анварбек Казбекович Устарбеков (05.07.1947-16.10.2014)	88-89

CONTENTS

Volume 21, Number 2 (63), 2015 JUNE	
SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES	
Droughts and dynamics of synoptic processes in the south of East-European plain in the beginning of 21 century	
E.A. Cherenkova, I.G. Semenova, N.K. Kononova, T.B. Titkova	5-15
Water resources and hydrothermal moistening conditions in the Lower Volga basin N.A. Shumova	16-26
Ecological monitoring of reservoirs in the Caspian lowland in Kalmykia (reservoir Tsagaan-Nuur)	
S.S. Ulanova	27-37
BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT	
Faunal list and vertebrate population for easten coast of lake Bulukhta (North Caspian Lowland)	
A.V. Bykov, O.F. Buhareva, M.B. Shadrina	38-46
Autotrophic microorganisms of mouth salt rivers in the basin of the lake Elton	
T.N. Yatsenko-Stepanova, M.E. Ignatenko, N.V. Nemtseva, O.G. Gorochova	47-54
Estimation of flora and vegetation differences on the southern and northern slopes of the Baer's hills	
V.B. Golub, V.V. Bondareva, N.U. Stepanova	55-62
Composition and proportion of elements on surface of crustose lichens from experimental field in the former Semipalatinsk test site and from Kurchatov town (Kazakhstan)	
L.G. Biazrov, L.A. Pelgunova	63-71
Assessment of phosphorus acquisition and internal utilization efficiency by desert plant <i>Blasindica</i> (T. Andres.) in different types of stands	epharis
Manish Mathur	72-82
The steppe vegetation of eastern part of mountain ridge of Terskei Ala-Too N.T. Sadykova	83-87
<u> </u>	
CHRONICLE Passed away Anvarbek Kazbekovich Ustarbekovn (05.07.1947-16.10.2014)	88-89

—— СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

УДК 551.577 (47)

ЗАСУХИ И ДИНАМИКА СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЮГЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА 1

© 2015 г. Е.А. Черенкова*, И.Г. Семенова**, Н.К. Кононова* Т.Б. Титкова*

* Институт географии Российской академии наук Россия, 119017 Москва, Старомонетный переулок, 29 E-mail: lcherenkova@marketresearch.ru ** Одесский государственный экологический университет Украина, 65016 Одесса, ул. Львовская, 15

Поступила 06.05.2014

По данным индекса суровости засухи Палмера исследованы региональные особенности пространственного распределения обширных сильных атмосферных засух в сезон Восточно-Европейской равнины в вегетации на юге начале XXI-го Проанализированы циркуляционные условия формирования засух, выявлены характеристики и некоторые закономерности эпизодов блокирования. Установлено, что границы сильных засух хорошо согласуются с областями отрицательных экстремумов спутникового вегетационного индекса, наблюдаемых в июле и августе.

Ключевые слова: засуха, индекс суровости засухи Палмера, атмосферная циркуляция Северного полушария, индекс блокирования, нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)

Введение

Засуха относится к неблагоприятным метеорологическим явлениям, способным непрерывно и длительно воздействовать на экосистемы, нанося катастрофический ущерб природной среде и, как следствие, деятельности человека. В Пятом оценочном докладе МГЭИК (www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/) высказываются довольно осторожные оценки относительно увеличения частоты засух. Однако на этом фоне актуальность проблемы засух не снижается, по крайней мере, в регионах неустойчивого и недостаточного увлажнения.

Исследование сезонности потепления привело к тому, что на фоне наиболее сильных, происходивших в зимний сезон изменений, анализу летнего потепления отводилось существенно меньше внимания. Однако «великая» засуха 2010 г. на территории Восточно-Европейской равнины вновь привлекла внимание многих отечественных и зарубежных исследователей к проблеме засух, поиску их причин и исторических аналогов в прошлом, а также оценке возможности повторения в будущем (Шмакин и др., 2013; Barriopedro et al., 2011 и многие другие).

Засуха является комплексным явлением, и риск ее возникновения обусловлен не только климатическими факторами. Поэтому наряду с исследованием характеристик засухи с точки зрения анализа метеорологических показателей, значительную роль исследователи отводят выявлению причин возникновения засух, описанию их генезиса и установлению механизмов прямой/обратной связи. Анализу крупномасштабных атмосферных механизмов, приводящих к формированию засух, посвящено немало научных публикаций (например, Barriopedro et al., 2011; Wiedenmann et al., 2002; Мартазинова В.Ф. и Сологуб Т.А., 2000).

_

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (Проект РФФИ 13-05-41058 «Современное потепление летнего сезона в России: циркуляционные механизмы, региональные проявления и последствия для окружающей среды»).

Цель статьи – исследовать региональные особенности пространственного распределения сильных атмосферных засух в сезон вегетации на юге Восточно-Европейской равнины в начале XXI-го века, а также проанализировать циркуляционные условия формирования засух и выявить характеристики эпизодов блокирования.

Территория, данные и методика исследования

Засухи над Восточно-Европейской равниной в основном формируются при следующих циркуляционных условиях:

- арктическое вторжение, сформировавшееся за холодным фронтом атлантического циклона, распространяется на западную, центральную часть Восточно-Европейской равнины или Урал и Зауралье. В тёплое время года возникает меридиональная полоса повышенного давления, соединяющая арктический антициклон с азорским. Засуха формируется по пути следования арктического воздуха, но локализуется чаще в южных регионах. Так возникают засухи на европейской части России (ЕЧР):
- при арктических вторжениях, направленных на Атлантический океан или Западную Европу, образуется мощный отрог азорского антициклона, который продвигается на восток вплоть до юга Западной Сибири и создаёт условия для формирования обширной засухи, от которой Украина «страдает» больше, чем ЕЧР;
- при разрушении отрога азорского антициклона или полосы высокого давления над востоком ЕЧР может остаться несколько антициклонов, выступающих в роли очагов засух на ЕЧР или территории Украины.

Исследование проведено на ограниченной с севера 54° с.ш. территории юга Восточно-Европейской равнины, где расположены полупустынные, сухостепные, типичные степные ландшафты, типичные и южные лесостепи, а также широколиственно-лесные ландшафты (Ландшафтная карта СССР, 1988). На этой достаточно чувствительной к засухам территории находятся основные зерносеющие области Украины и европейской части Российской Федерации, поэтому данное исследование было сфокусировано именно здесь.

Полученные в статье результаты по засухе 2010 г. и 2012 г. являются дополнением проведенного ранее комплексного анализа по метеорологическим и спутниковым данным сильной засухи на территории юга Европейской части России в 2010 г. и 2012 г. (Золотокрылин и др., 2013; Cherenkova et al., 2013).

Для определения площади засухи были использованы данные хорошо известного за рубежом индекса суровости засухи Палмера (Palmer Drought Severity Index, PDSI) пространственного разрешения 2.5° х 2.5° из глобального архива ежемесячных значений самокалибрующегося индекса с 1890 по 2012 гг. (Dai et al., 2004). Индекс Палмера рассчитывается на основе данных метеорологических наблюдений (средним за рассчитываемый период значениям температуры и суммам осадков), а также локальным константам влагоемкости почвы. Данные используются в модели водного баланса на поверхности почвы по упрощенной схеме влагопереноса. Значения испаряемости, используемые при расчете индекса, определяются по методу Х.Л. Пенмана (Penman, 1948) на основе значений радиационного баланса, температуры приземного воздуха и относительной влажности воздуха. Чтобы учесть кумулятивный эффект продолжительных периодов дефицита влаги, при построении индекса используется рекурсивная двухэтапная процедура, поэтому значение индекса за конкретный временной интервал зависит от его предыдущих значений. В итоге положительная шкала стандартизованного индекса суровости засухи Палмера количественно оценивает степень засушливости. Значения индекса суровости засухи Палмера от -1 до 0 соответствуют нормальным условиям увлажнения. Слабую засуху характеризуют значения индекса, изменяющиеся от -1 до -2, умеренную - от -2 до -3, сильную - от -3 до -4, экстремальную - менее -4. В работе рассмотрены сильные засухи вегетационного сезона, наносящие наибольший ущерб сельскому хозяйству.

Анализ динамики синоптических процессов был проведен с помощью типизации элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Северного полушария, разработанной Б.Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой (Дзердзеевский и др., 1946; Дзердзеевский, 1968). Известна группировка ЭЦМ для шести секторов северного полушария, проведенная Б.Л. Дзердзеевским (Дзердзеевский, 1968) по траекториям циклонов и антициклонов в каждом секторе: атлантическом,

европейском, сибирском, дальневосточном, тихоокеанском и американском. Для южной половины Восточно-Европейской равнины авторами были выделены следующие группы циркуляции по генезису циклонов и антициклонов тёплого полугодия: широтная западная (распространение на восток гребня азорского антициклона), долготная северная (вторжение арктических антициклонов), долготная южная (выход южных циклонов) и стационарное положение (стационирование антициклона в регионе) (см. таблицу).

Таблица. Распределение элементарных циркуляционных механизмов, встречавшихся во время засух, по группам циркуляции для юга Восточно-Европейской равнины. **Table.** ECM distribution during droughts according to circulation groups for the south of the East European Plain.

Группа циркуляции						
Широтная западная	Долготная	Долготная северная + долготная	Стационарное			
	северная	южная	положение			
	элементарнь	не циркуляционные механизмы				
2а, 2б, 2в, 6, 7ал, 7бл	4б, 4в, 10а, 10б	8а, 8бл, 8вл, 8гл, 12а, 12бл, 12вл	3, 9а, 13л			
Отрог азорского антициклона распространяется на регион. Севернее проходят атлантические циклоны	Арктические антициклоны и их гребни распространяют ся на регион через Европейскую	Арктические антициклоны и их гребни распространяются на регион через Западную Европу и Западную Сибирь. На часть территории, свободную от гребней, выходят южные циклоны	Над регионом или его частью устанавливается антициклон. Севернее проходят атлантические циклоны. На			
	территорию		свободную от антициклона территорию возможно проникновение циклонов			

Подробное описание с приведением динамических схем и графиков внутригодового изменения повторяемости и многолетнего хода продолжительности ЭЦМ и ежедневный Календарь последовательной смены ЭЦМ по текущий год представлены на интернет-сайте по адресу: www.atmospheric-circulation.ru (Кононова, 2009).

Для выявления блокирующих атмосферных процессов в исследуемом регионе использован индекс Лэйенаса-Окланда, разработанный для расчета в узлах сеточной области (Lejenas and Okland, 1983; Lejenas, 1987):

$$I(\lambda, \varphi) = H(\lambda, \varphi - 15) - H(\lambda, \varphi), \tag{1}$$

где λ , φ — долгота и широта узла географической сетки; H — геопотенциальная высота поверхности 500 гПа. Блокирование в конкретном узле фиксируется, если $I(\lambda,\varphi) < 0$. Данный индекс предназначен для определения дипольной структуры барического поля, которая является одной из наиболее частых форм блокирования. При использовании формулы (1) на ежедневных полях данных также нужно учитывать дополнительно, что при блокировании западная составляющая геострофического ветра по направлению к полюсу от широты φ на долготе λ должна быть ≥ 15 м·с⁻¹.

В качестве динамического показателя состояния зонального потока, связанного с возникновением блокирующих процессов в атмосфере, веб-ресурсом The IRI/LDEO Climate Data Library предлагается экспериментальный индекс блокирования EBI (European Blocking Index), который рассчитывается по данным реанализа NCEP-NCAR зональной компоненты ветра \boldsymbol{u} на изобарической поверхности 300 гПа. Используются осредненные по пентадам поля зонального ветра в узлах регулярной сетки с шагом 2.5° в Атлантико-Европейском регионе, ограниченном координатами 15° з.д. -25° в.д. и $35-55^{\circ}$ с.ш. Положительные значения EBI указывают на наличие блокирования зонального течения, отрицательные — на усиление зонального переноса. Значения индекса около +/-1 свидетельствуют об экстремальных случаях состояния воздушного течения.

Поскольку индекс EBI рассчитан на применение для районов Западной Европы, в восточной части Европейского континента его использование является нецелесообразным. Поэтому был предложен аналогичный индекс, названный Европейским континентальным индексом блокирования (European Continental Blocking Index, ECBI) (Semenova, 2013), который рассчитывается в области, ограниченной координатами 10-80° в.д. и 40-60° с.ш., по формуле:

$$ECBI = -\frac{\overline{u}_{pt}}{\overline{u}_{cl}} + 1, \qquad (2)$$

где \overline{u}_{pt} — осредненное по площади региона текущее пентадное значение зональной компоненты скорости ветра на уровне 300 гПа; \overline{u}_{cl} - осредненное по площади региона климатическое значение (базовый период 1981-2010 гг.) зональной компоненты скорости ветра.

Исходными данными для расчета индексов блокирования по формулам (1) и (2) послужили пентадные поля реанализа NCEP-NCAR с шагом регулярной сетки 2.5° геопотенциальной высоты поверхности 500 гПа, взятые в области, ограниченной координатами $10-80^{\circ}$ в.д. и $25-70^{\circ}$ с.ш., и поля зональной компоненты ветра u на уровне 300 гПа в соответствующем регионе.

Чтобы оценить состояние растительного покрова, в качестве индикатора зеленой фитомассы были использованы данные нормированного разностного вегетационного индекса (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) из архива Центра LP DAAC NASA (Land Processes Distributed Active Archive Center, https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table) пространственного разрешения 0.05° х 0.05°. Данные спутника Terra (модель MOD13Q1) проанализированы за сроки 9-26 мая, 10-25 июня, 12-27 июля, 13-28 августа, 14-30 сентября для отдельных лет периода 2000-2012 гг.

Для сравнимости по широте в статье рассмотрены нормированные аномалии NDVI, полученные как отношение разности текущего значения индекса и его среднего значения за период 2000-2012 гг. к стандартному отклонению за тот же временной интервал. Отрицательные значения (< -1) нормированной аномалии индекса вегетации отражают угнетенное состояние растительности в связи с недостатком влаги. Согласованность полей индекса PDSI и аномалии NDVI определялась на основе анализа коэффициентов пространственной линейной корреляции.

Карты пространственного распределения рассмотренных показателей были построены с помощью ГИС MapInfo и программного пакета Surfer.

Результаты и их обсуждение

Анализ площади сильной засухи на юге Восточно-Европейской равнины в начале XXI-го века показал, что наибольшая общая за сезон вегетации площадь засухи наблюдалась в 2002, 2007, 2009, 2010 и 2012 гг. (рис. 1). Рассмотрим подробнее каждую ситуацию с засухой. Необходимо отметить, что воспроизводимые разными количественными показателями границы засух необязательно полностью совпадают и определяются в основном особенностями выбранного показателя.

Засуха 2002 г. Как видно из рисунка 2a, сильная засуха на Украине наблюдалась с апреля по июнь, на европейской части территории России – с июля по сентябрь.

В апреле 2002 г. на ЭЦМ 3, 6, 9а и13л, при которых Украина находилась либо в малоградиентной области пониженного давления без атмосферных фронтов, либо в антициклонической области, также без фронтов и осадков, приходилось в сумме 19 дней. Фронты (и сопутствующие им осадки) проходили при 12-х типах ЭЦМ.

Всю первую декаду мая Украина находилась в антициклоническом режиме. ЭЦМ, не способствующие выпадению осадков (46, 9a, 106, 13л), в сумме составили 17 дней. Образование фронтальных зон отмечалось над Украиной лишь 12 и 19-20 мая при ЭЦМ 8a, а также 25 мая при ЭЦМ 12a.

В июне суммарная продолжительность не способствующих формированию осадков на Украине ЭЦМ 9а и 13л составила 26 дней, однако в отдельные дни фронты средиземноморских и атлантических циклонов всё-таки проходили по Украине. Фронтальная зона северо-западного атлантического циклона с формированием волновых циклонов отмечалась над Украиной 17-18 июня при ЭЦМ 12бл.

В июле на ЭЦМ, не ассоциирующиеся с осадками, приходилось 27 дней. Однако, иногда фронты атлантических циклонов, проходящих по северной периферии антициклона, простирались до

Украины (как и в июне). Только 23 июля при ЭЦМ 12бл юг Украины оказался в циклонической области с фронтами, и такое положение сохранялось ещё 2 дня.

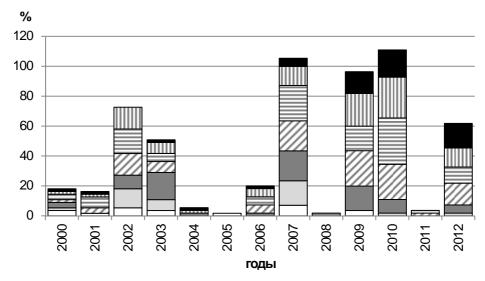


Рис. 1. Площадь сильной атмосферной засухи (%) на юге Восточно-Европейской равнины по данным индекса суровости засухи Палмера в период 2000-2012 гг. в апреле (белый цвет), мае (светло-серый), июне (темно-серый), июле (наклонная штриховка), августе (горизонтальная штриховка), сентябре (вертикальная штриховка) и октябре (черный цвет). **Fig. 1.** Area of strong atmospheric drought (%) according to the Palmer Drought Severity Index in the period of 2000-2012 in April (white color), May (light gray), June (dark gray), July (oblique hatching), August (horizontal hatching), September (vertical hatching) and October (black) in the south of the East European Plain.

В августе суммарная продолжительность неблагоприятных для осадков ЭЦМ составляла 17 дней (ЭЦМ 9а, 10б, 13л). Циклон с фронтами над Украиной сформировался 13 августа при ЭЦМ 12а, область пониженного давления с фронтами сохранялась до 25 августа.

В сентябре неблагоприятная синоптическая ситуация для выпадения осадков отмечалась в течение 28 дней. Только фронты атлантических циклонов, проходящих по северной периферии антициклона, могли принести осадки.

Центр сезонного очага блокирования располагался в пределах 55-60° с.ш., 10-35° в.д. (рис. 3а). При этом отмечалась межширотная миграция очага, сопровождаемая смещением центра засухи. Для весенне-летней засухи его локализация происходила в координатных пределах 52.5-55° с.ш., 25.5-35° в.д. (май), для летне-осенней засухи наблюдалось смещение очага к северо-западу, севернее 60° с.ш. (август). Высокая повторяемость антициклонической циркуляции над Украиной в апреле-мае привела к раннему сходу снежного покрова и формированию очагов засухи именно в этом регионе.

Детализация процессов блокирования по временному ходу индекса ECBI показывает, что в весенне-летний сезон региональное блокирование атмосферы (ECBI > 0) наблюдалось в течение апреля и первую половину мая (рис. 3a). Во вторую половину мая и в течение июня длительных блокирующих процессов не наблюдалось. Блокирование возобновилось в июле и августе уже при смещенном в более высокие широты центре блокирования.

Засуха 2007 г. Сильная засуха на большей части Украины наблюдалась с апреля по август, т.е. практически в течение всего сезона вегетации (см. рис. 2б). В апреле-июне засуха охватила ее центральные и южные районы, в июле-августе распространилась на восточные районы Украины, а также на Ростовскую область и северо-запад Краснодарского края.

С 1 апреля при ЭЦМ 13л, который в апреле длился в общей сложности 14 дней, над Украиной сформировался антициклон с давлением в центре выше 1025 гПа. Над всей ЕЧР при этом доминировали западные и южные циклоны. Такое положение над территорией Украины сохранялось в течение всего лета. При ЭЦМ 12-х типов, а также ЭЦМ 3 и 9а, суммарная продолжительность которых в несколько раз превышала многолетнюю, азорский антициклон подпитывался арктическими вторжениями, а его отрог распространялся на Украину. Юг ЕЧР оказывался то в

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2015, том 21, № 2 (63)

антициклонической циркуляции (преимущественно в отроге антициклона, сформировавшегося в результате арктического вторжения на Сибирь), то в сфере малоподвижного циклона, «застрявшего» над ЕЧР между блокирующими процессами над Атлантикой или Западной Европой и Сибирью.

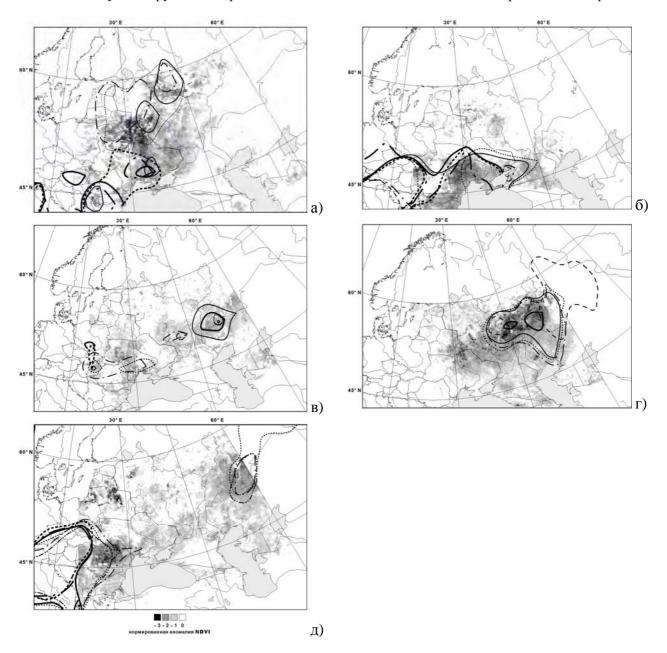


Рис. 2. Генезис сильной засухи по данным индекса суровости засухи Палмера в апреле (жирная штрих-пунктирная линия), мае (жирная точечная линия), июне (жирная сплошная линия), июле (тонкая сплошная линия), августе (тонкая точечная линия), сентябре (тонкая штрих-пунктирная линия), октябре (тонкая штриховая линия) в: а) 2002 г., б) 2007 г., в) 2009 г., г) 2010 г. и д) 2012 г. на территории Восточно-Европейской равнины. Аномалии NDVI (показаны градациями серого цвета) за периоды: а) 12-27 июля, б) 12-27 июля, в) 13 – 28 августа, г) 13 – 28 августа, д) 13 – 28 августа. **Fig. 2.** Genesis of severe drought according to the Palmer Drought Severity Index in April (bold dot-dashed line), May (bold dotted line), June (bold solid line), July (thin solid line), August (thin dotted line), September (thin dot-dashed line), October (thin dashed line) in: а) 2002, б) 2007, в) 2009, г) 2010 апд д) 2012 in the East European Plain. NDVI anomaly (shown grayscale) for the periods: а) 12-27 July, б) 12-27 July, в) 13-28 August, г) 13-28 August, д) 13-28 August.

Основной очаг блокирования был заключен между 55.5° и 65° с.ш. и 10° и 33° в.д. (рис. 3 б). При этом наблюдалась незначительная широтная миграция центра очага, что привело к высокой частоте блокирования в одном и том же районе. Весной центральная область блокирования была ориентирована с юго-востока на северо-запад, ее южная часть располагалась над северными областями Украины (май). Отдельный небольшой очаг был локализован над Воронежской областью. В июне и августе область блокирования сместилась в северо-восточном направлении, площадь распространения очагов блокирования значительно расширилась при сохранении такой же частоты.

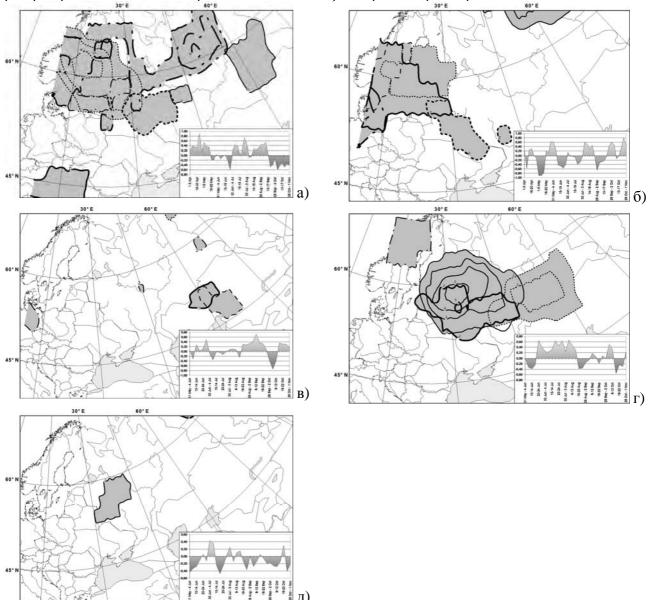


Рис. 3. Изменение области блокирования, наблюдаемой в течение не менее 10 дней (показаны серой заливкой) в апреле (жирная штрих-пунктирная линия), мае (жирная точечная линия), июне (жирная сплошная линия), июле (тонкая сплошная линия), августе (тонкая точечная линия), сентябре (тонкая штрих-пунктирная линия), октябре (тонкая штриховая линия) в а) 2002 г., б) 2007 г., в) 2009 г., г) 2010 г. и д) 2012 г. На графиках в правом нижнем углу рисунков приведен временной ход индекса блокирования ECBI за июнь-октябрь. **Fig. 3.** Changing of the blocking area observed for at least 10 days (shown in gray shading) in April (bold dot-dashed line), May (bold dotted line), June (bold solid line), July (thin solid line), August (thin dotted line), September (thin dash-dotted line), October (thin dashed line) in: а) 2002, б) 2007, в) 2009, г) 2010 and д) 2012. The time course of blocking index ECBI for June-October is on the charts in the lower right corner of figures.

Динамика процессов блокирования, оцененная по временному ходу индекса ЕСВІ, показывает, что в теплый сезон 2007 г. проявление блокирующего процесса имело четкую периодичность в 3-5 пентад, в результате чего регион оказывался под влиянием блоков в середине апреля, с середины мая до начала июня, с конца июля и до конца августа, а также с середины сентября и практически весь октябрь (рис. 3б). Частая смена блокирующих ситуаций зональным течением привела к тому, что существенный недостаток осадков, приведший к засухе, наблюдался только на юге Восточной Европы, а ЕЧР сильная засуха практически не затронула.

Засуха 2009 г. имела широтную направленность, эпицентры сильной засухи возникали в полосе 48°-55° с.ш. в течение всего вегетационного сезона в разных частях территории юга Восточно-Европейской равнины. Как показано на рисунке 2 в, в июне-июле сильная засуха охватила север Казахстана и Среднее Поволжье и продержалась там до сентября. Однако в августе и сентябре основной очаг засухи занимал вытянутую область от южной части Правобережной Украины до Венгрии. В сентябре и октябре небольшие по размеру эпицентры засухи наблюдались над территорией Воронежской области.

С конца мая при ЭЦМ 12а, 12бл и 12вл, сменявших друг друга в течение всего июня (в сумме 26 дней), арктический воздух проникал далеко на юг Западной Сибири и территорию Казахстана, формируя там антициклоническую погоду. В июле такие процессы продолжались в течение 19 дней, что способствовало сохранению антициклонической погоды в этом регионе. В августе при ЭЦМ 13л над Украиной сформировался антициклон, поддерживаемый отрогом азорского максимума, пополняемого арктическими вторжениями на Атлантический океан и Западную Европу, в результате чего он распространялся на всю Восточную Европу. В сентябре и октябре постоянные арктические вторжения на Урал и Западную Сибирь способствовали распространению антициклонической области на восток ЕЧР.

Распределение очагов блокирования в июне-октябре было неоднородным и имело широтную направленность. При этом в районе 55-68° в.д. располагался наиболее крупная зона блокирования, а смещение центра полосы блокирования происходило в восточном направлении с 60° до 50° с.ш. (рис. 3в). Центральная часть этой зоны особенно хорошо была выражена в июне и с ней ассоциируется очаг засухи над Казахстаном и Средним Поволжьем. В сентябре широтная полоса имела три очага блокирования, которые можно связать с тремя эпицентрами засух.

Временной ход индекса ECBI показывает наличие блокирования на протяжении всего июня, а также состояние зонального потока, близкое к климатическому, в июле и первой половине августа (рис. 3в). Длительный эпизод блокирования начался в третьей декаде августа и продолжался до конца сентября. Формирование засухи в августе на юго-западе Украины и в Молдове, очевидно, не связано с блокирующим процессом, а определялось антициклоническими процессами другого происхождения.

Засуха 2010 г. По своей интенсивности, охватываемой территории и продолжительности аномально жаркое лето 2010 г. на территории Восточно-Европейской равнины побило рекорды предыдущей аномальной «волны тепла» в Западной Европе летом 2003 г.

В начале мая над территорией европейской части России сформировался устойчивый антициклон. В течение месяца антициклон пополнялся периодическими вторжениями холодных арктических масс воздуха, быстро прогревающихся над континентом. Сильная засуха 2010 года наблюдалась сначала на небольшой территории Поволжья в мае, а позже распространилась во всех направлениях (рис. 2г). В течение 25-28 июня и 21-22 июля территория находилась под влиянием воздуха восточной периферии Азорского антициклона. Среднемесячная температура в июле и августе в центре и на юго-востоке европейской части России превысила многолетние значения в среднем на 5-7 градусов, при этом осадков почти не было. Средиземноморский циклон, который 28 июля подошел к южным границам европейской части России, не смог нарушить антициклонического режима. Антициклон держался на большей части ЕЧР до 18 августа, когда при ЭЦМ 9а пришёл атлантический циклон. В Западной Сибири всё лето под влиянием средиземноморских циклонов, обходивших антициклон на юге ЕЧР, шли дожди. Сильная засуха в Поволжье наблюдалась в течение четырех месяцев, при этом в западных регионах европейской части России сильная засуха возникла только в июле. В южных областях ЕЧР и на территории Украины сильной засухи вовсе не было. Особенностью засухи 2010 г. было то, что ее северная граница в августе распространилась в районы европейской части России, где за весь инструментальный период наблюдений такой тип засухи никогда не отмечался. Продвижение границ засухи в зону лесов привело к возникновению верховых пожаров.

Основной сезонный очаг блокирования занимал устойчивое положение в пределах 51-65° с.ш. и 20-51° в.д. и распространялся в восточном направлении, что обусловило формирование вторичного центра в районе 40-65° в.д. (рис. 3г). Миграция центра блокирования происходила в широтном направлении от июля к августу, что привело к длительному пребыванию указанной выше территории под влиянием антициклонических процессов.

Динамика временного хода индекса ECBI показывает наличие продолжительного и непрерывного периода блокирования с середины июня и до середины августа (рис. 3г). Продолженное во времени влияние блокирующих процессов, которое отражается в индексе Палмера, учитывающем условия увлажнения предыдущего периода, является немаловажным фактором. То есть, длительное блокирование предыдущего месяца, приведшее к формированию засухи, будет способствовать ее сохранению даже при сокращении интенсивности блокирования в текущем месяце. Так, в 2010 г. устойчивый антициклонический характер погоды имел продолженное влияние на сентябрь, что оказалось существенным для сохранения очага сильной засухи, хотя по индексу ECBI состояние зонального потока в сентябре было близко к климатической норме. В октябре блокирование наблюдалось лишь в первой декаде, что способствовало резкому сокращению площади сильной засухи.

Засуха 2012 г. Сильная сезонная засуха в 2012 г. отмечалась в странах юго-востока Европы и Балканского полуострова, распространившись в августе-октябре на юго-западные районы Украины. В этот же период очаг сильной засухи наблюдался над Южным Уралом (рис. 2д).

В течение всего периода апрель-октябрь преобладало сочетание ЭЦМ с арктическими вторжениями на Западную Европу и Западную Сибирь (ЭЦМ 8а, 8бл, 8гл, 12а, 12бл) с ЭЦМ, способствующими формированию устойчивого антициклона на юге Восточно-Европейской равнины (2а, 2б, 3, 6). Локализация засух и их интенсивность зависела от интенсивности тех или иных процессов в различных регионах в разные месяцы. Наибольшее воздействие засуха оказала на регионы, по которым проходили арктические вторжения.

В сезонном распределении блокирующих ситуаций выделяется два очага - один над Восточной Европой, ориентированный на юго-запад, другой, более интенсивный – над севером Урала, что соответствует распределению эпицентров сильной засухи (рис. 3д). Наибольший вклад в сезонную картину дало распределение очагов блокирования в июле. В августе блокирующие ситуации проявлялись с одинаковой частотой (1-2 случая) в разных районах Европы, поддерживая антициклонический характер циркуляции по всей территории.

Во временном ходе индекса ECBI главный блокирующий эпизод выделяется во второй половине июня — первой декаде июля (рис. 3д). В августе имело место два непродолжительных и малоинтенсивных периода блокирования, что подтверждает картину неупорядоченного пространственного распределения очагов. Хотя блоки над северным Уралом были частыми, они не внесли вклад в индекс ECBI, так как район находится за рамками расчетной области индекса.

Максимальные значения коэффициента пространственной корреляции индекса суровости засухи Палмера и аномалии NDVI наблюдались в 2002 г. и 2009 г. в августе (0.53 и 0.41 соответственно), в 2007 г. между PDSI в июле и NDVI в августе (0.38). В 2010 г. пространственное соответствие полей индекса засухи и аномалии NDVI незначительно улучшалось от июня к сентябрю (коэффициент линейной корреляции составил в июне 0.36, в сентябре 0.4), что отражает сезонность засухи 2010 г. В 2012 г. наибольшая пространственная связанность рассмотренных полей выявлена между аномалиями NDVI в июле и PDSI в мае и июне (коэффициент 0.32 и 0.3). Невысокие значения коэффициента корреляции связаны с тем, что рассматривались осредненные по всей территории исследования значения индекса суровости засухи Палмера и аномалии NDVI. С учетом того, что сильная засуха на исследуемой территории наблюдалась в 2012 г. со второй половины лета, вопрос требует отдельной проработки. Анализ широтной пространственной корреляции между аналогичными показателями позволяет сделать предварительный вывод о том, что к северу территории исследования наблюдается уменьшение коэффициентов корреляции, а наибольшие коэффициенты линейной корреляции отмечаются в полосе между 46° и 49° с.ш.

Визуальный анализ пространственного распределения отрицательных значений нормированной аномалии вегетационного индекса продемонстрировал наилучшую согласованность с границами

сильных засух в большинстве случаев в июле и августе (рис. 2), что может быть связано с инерционностью и кумулятивностью отклика растительности на условия вегетации.

Выводы

В результате исследования проведена оценка площади сильной засухи с апреля по октябрь на юге Восточно-Европейской равнины с начала текущего столетия и рассмотрены циркуляционные условия формирования наиболее обширных засух.

Выявлено, что сильная засуха 2002 г. наблюдалась на Украине с апреля по июнь, а на европейской части территории России – с июля по сентябрь. Засуха 2007 г. проявилась на территории Украины, Ростовской области и северо-западе Краснодарского края. На большей части Украины засуха продержалась в течение почти всего сезона вегетации. В 2009 г. область сильной засухи имела широтную направленность. Эпицентры засухи возникали в течение всего вегетационного сезона в разных частях территории юга Восточно-Европейской равнины. Установлено, что максимум суммарной площади за весь сезон вегетации приходится на засуху 2010 г. Наибольшее влияние засуха 2010 г. оказала на территорию Поволжья, в южных районах европейской части России и на Украине сильная засуха не наблюдалась. Сильную засуху 2012 г. можно отнести скорее к засухам второй половины сезона вегетации. Для нее было характерно наличие двух очагов на западе и востоке территории исследования.

Показано, что во всех рассмотренных случаях границы сильных засух достаточно хорошо согласованы с областями отрицательных экстремумов спутникового вегетационного индекса, наблюдаемых в июле и августе.

Анализ распределения очагов блокирования и засух позволяет сделать следующие выводы.

На формирование устойчивого и обширного очага засухи блокирование атмосферных процессов оказывало влияние в том случае, если его продолжительность достигала 4 и более пентад в течение месяца. При этом очаг испытывал небольшую пространственную миграцию. Такая зависимость прослеживается на обширных засухах 2002 и 2010 гг., при этом основной центр очага блокирования располагался к северо-западу от очага засухи.

Существование очагов блокирования продолжительностью не более 3 пентад за месяц не имеет прямой пространственно-временной зависимости с областями наблюдения сильных засух. Однако в регионах с пониженной предшествующей увлажненностью даже относительно небольшая продолжительность блокирования будет поддерживать антициклонический характер погоды, и усиливать проявления засухи, как это наблюдалось в 2007 г. в Украине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дзердзеевский Б.Л. 1968. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований, М.: Изд-во АН СССР и Межвед. геофиз. комитета при Президиуме АН СССР. 240 с.
- Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. 1946. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. Вып. 21. М.-Л.: Гидрометиздат. 80 с.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Виноградова В.В. 2013. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 г. на Европейской территории России по метеорологическим и MODIS данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т.10. №1. С. 246-253.
- Кононова Н.К. 2009. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин. М.: Воентехиниздат. 372 с.
- Ландшафтная карта СССР. 1988. М. 1:4000000 // Научн. ред., д.г.н. А.Г. Исаченко. М.: ГУГК при СМ СССР. 4π .
- Мартазинова В.Ф., Сологуб Т.А. 2000. Атмосферная циркуляция, формирующая засушливые условия на территории Украины в конце XX столетия // Наук. праці УкрНДГМІ. Вип. 248. (На украинском яз.). С. 36-47.

- Шмакин А.Б., Чернавская М.М., Попова В.В. 2013. "Великая" засуха 2010 г. на Восточно Европейской равнине: исторические аналоги, циркуляционные механизмы. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. № 6. С. 59-75.
- Barriopedro D., Fischer E. M., Luterbacher J., Trigo R. M., Garcia-Herrera R. 2011. The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe // Science. № 332. P. 220–224.
- Cherenkova E.A., Kononova N.K., Muratova N.R. 2013. Summer drought 2010 in the European Russia. Geography, Environment, Sustainability. 1 (6). Pp. 55-66.
- Dai A., Trenberth K. E., and Qian T. 2004. A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming // J. Hydrometeorol. Vol. 5. P. 1117–1130.
- Lejenas H. 1987. A comparative study of Southern Hemisphere blocking during global weather experiment // Quart. J. Roy. Meteorol. Soc. V. 113. P. 181-188.
- Lejenas H., Okland H. 1983. Characteristics of Northern hemisphere blocking as deter-mined from a long-time series of observational data // Tellus. V. 35A. N 5. P. 350-362.
- Penman H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass // Procumbens Royal Society. London: A193. P. 120-146.
- Semenova I.G. 2013. Regional atmospheric blocking in the drought periods in Ukraine // Journal of Earth Science and Engineering. V. 3 (5). P. 341-348.
- Wiedenmann J.M., Lupo A.R., Mokhov I.I., Tikhonova E.A. 2002. The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: Block intensity as a diagnostic // J. of Climate. V. 15. P. 3459–3473.

DROUGHTS AND DYNAMICS OF SYNOPTIC PROCESSES IN THE SOUTH OF EAST EUROPEAN PLAIN IN THE BEGINNING OF 21 CENTURY

© 2015. E.A. Cherenkova*, I.G. Semenova**, N.K.Kononova*, T.B.Titkova*

* Institute of Geography, Russian Academy of Sciences
Russia, 119017 Moscow, Staromonetnyi per., 29, E-mail: lcherenkova@marketresearch.ru

** Odessa State Environmental University
Ukraine, 65016 Odessa, Lvovskaya str., 15

Regional features of the spatial distribution of extensive severe atmospheric drought of the growing season in the south of the East European Plain in the beginning of 21st century were investigated using the Palmer Drought Severity Index data. The atmospheric circulation patterns during dry periods were studied. Characteristics and some patterns of blocking episodes were identified. It was shown that the boundaries of severe drought well correspond with areas of negative extreme of satellite vegetation index in July and August.

Keywords: drought, Palmer Drought Severity Index, atmospheric circulation in the Northern Hemisphere, blocking index, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

— СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

УДК 551.5

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УВЛАЖНЕНИЯ БАССЕЙНА НИЖНЕЙ ВОЛГИ

© 2015 г. Н.А. Шумова

Институт водных проблем РАН Россия, 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: shumova@aqua.laser.ru

Поступила 30.10.2014

Приводится описание гидрографической сети бассейна Нижней Волги. Показана межгодовая изменчивость стока Волги в створе у Волгограда; выделен экологически значимый коридор отклонений годовых величин стока от среднего многолетнего значения. Оценены ресурсы тепла (испаряемость) и естественного увлажнения (осадки) бассейна Нижней Волги в современных климатических условиях. Представлены суммы среднесуточных положительных температур воздуха и годовые суммы осадков, а также значения коэффициента увлажнения и гидротермического коэффициента в современных климатических условиях и их ожидаемые значения по различным сценариям изменения климата.

Ключевые слова: Нижняя Волга, сток, осадки, испаряемость, коэффициент увлажнения, гидротермический коэффициент, изменение климата.

Введение

Существование и развитие наземных экосистем бассейна Нижней Волги определяется режимом их обводнения и гидротермическими условиями увлажнения. Водотоки Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги характеризуются высокой водностью, а сам бассейн Нижней Волги — высокими запасами водных ресурсов. При этом по гидротермическим условиям увлажнения территория Нижней Волги соответствует пустынной зоне. Целью данной работы является количественная оценка региональных особенностей гидротермических условий бассейна Нижней Волги и возможных масштабов изменений гидротермических условий данного региона при ожидаемом изменении климата.

Гидрография Нижней Волги

Бассейн Нижней Волги, включающий Волго-Ахтубинскую пойму и дельту Волги, находится в пределах Прикаспийской низменности и пересекает ее с северо-запада на юго-восток. От Волгоградского гидроузла до впадения в Каспийское море Волга протекает в засушливой зоне и не имеет притоков. В 47 км ниже Волгоградского гидроузла расположено начало Волго-Донского судоходного канала.

Волго-Ахтубинская пойма начинается ниже Волгоградского гидроузла, на 21 км выше Волгограда, где начинается река Ахтуба — левый рукав Волги. После сооружения плотины Волгоградского гидроузла естественное русло Ахтубы оказалось в верхнем бьефе, и старый вход в Ахтубу был перекрыт. Ниже плотины Волгоградского гидроузла (непосредственно в нижнем бьефе) от Волги к Ахтубе было построено искусственное русло-канал длиной 6.5 км, который входит в состав гидроузла Волжской ГЭС (Географический..., 1989). Впадает Ахтуба в левый рукав Волги Бузан. Место отделения Бузана от Волги принято считать южной границей Волго-Ахтубинской поймы (Шикломанов, Кожевников, 1974). Ширина Волго-Ахтубинской поймы составляет 20-40 км, длина — около 400 км, площадь поймы равна 14 тыс. км² (Левит-Гуревич, 2013). На всем протяжении Волго-Ахтубинская пойма прорезана множеством рукавов, протоков, воложек, ериков, с большим количеством мелководных озер и островов.

Вершиной дельты Волги служит разделение реки (в 54 км выше Астрахани) на два крупных магистральных рукава: правый главный – продолжение Волги в пределах дельты и левый Бузан (Устья..., 2013). Ниже Астрахани от Волги отходят левые рукава Кривая Болда и Кизань и правый рукав Бахтемир. В дельте Волги выделяется три части: центральная дельта (собственно дельта

ШУМОВА 17

Волги), район западных подстепных ильменей и район восточных подстепных ильменей (Шикломанов, Кожевников, 1974). Западная граница центральной дельты проходит по правому берегу рукава Бахтемир до выхода на устьевом взморье. Восточная граница центральной дельты Волги проходит по левому берегу рукава Бузан, далее вниз по течению – по пойменному рукаву Ахтуба, водотокам Кигач и Широнова с выходом к морскому краю дельты (Устья..., 2013). В 22 км ниже истока реки Бузан расположен Волжский вододелитель, перегораживающий реку так, чтобы можно было направлять часть стока по Волге, а часть стока направлять по реке Бузан для обводнения восточной части дельты (Реки..., 2012). По левым ответвлениям Кигача в его нижней части проходит граница между Россией и Казахстаном. К Казахстану относятся проток Шаронова, Ганюшкинский канал, Утеринский Банк, Иголкинский канал и некоторые другие небольшие водотоки. Протяженность дельты по кратчайшему водному пути от ее вершины до устьев различна для разных ее частей, изменяясь с 125 км на востоке до 150 км на западе. Длина морского края дельты составляет 175 км. Дельта Волги занимает около 13900 км², из которых 8800 км² – собственно дельта Волги, а 4200 км² и 900 км² – это районы западных и восточных подстепных ильменей соответственно.

По мере удаления от вершины дельты различают верхнюю, среднюю и нижнюю (приморскую) зоны дельты (Устья..., 2013). Верхняя зона дельты, протяженностью около 60 км вдоль течения (с высотными отметками выше -23.5 м БС) с нижней границей Астрахань — Красный Яр, характеризуется относительно простой структурой русловой сети. Средняя зона, протяженностью 40-60 км (высотные отметки около -24 — -25 м БС), простирается на юг от верхней зоны до линии Оля — Каралат — Зеленга — Большой Могой — Котяевка и характеризуется разветвленной сетью крупных водотоков, связанных между собой ограниченным количеством отмирающих боковых протоков. Общее число водотоков в верхней и средней зонах дельты оценивается в 482 единицы (Левит—Гуревич, 2013). Нижняя зона простирается на 20-40 км от средней зоны на юг до морского края дельты и характеризуется сильной раздробленностью русловой сети, чередованием участков разветвления и слияния водотоков и активным перераспределением стока между ними. Число водотоков в нижней зоне дельты приближается к 800 разветвлениям.

По функциональной роли в режиме дельты Волги все ее водотоки подразделяются на два основных типа: рукава — транзитные водотоки, переносящие волжскую воду через дельту в Каспийское море, и протоки — водотоки, выполняющие второстепенную роль в режиме дельты, соединяя между собой разные рукава, рукава и водоемы, водоемы между собой.

Сток Нижней Волги

В основу оценки стока Нижней Волги положены материалы гидрологических наблюдений в створе у Волгограда за время инструментальных наблюдений, а именно за 1881-2012 годы. Хронологический ход годовых объемов стока за 1881-2012 годы представлен на рисунке 1, на котором прослеживается последовательное чередование периодов различной водности. В соответствии с анализом, представленным в работе (Болгов, Сенцова, 2010), период от начала наблюдений до 1889 года характеризуется повышенной водностью; в 1890–1929 годах водность реки находилась на уровне средней. Затяжным маловодьем отмечен период с 1930 по 1977 год, который сменился фазой повышенной водности. Внутри выделенных периодов режим водности Волги также характеризуется чередованием лет с пониженным, средним и повышенным объемами стока.

Последствия длительного маловодья на Волге в 30-е годы послужили отправным толчком для последующих планов преобразования природы европейской части СССР и гидротехнического преобразования Волги (Коронкевич и др., 2010). Результатом таких преобразований явилось сооружение Волжско-Камского каскада водохранилищ. Зарегулирование стока Волги каскадом Волжско-Камских водохранилищ оказало заметное влияние на гидрологический режим Нижней Волги и привело к существенному межсезонному перераспределению стока, в наибольшей степени затронувшему половодье. После введения в эксплуатацию Волжско-Камского каскада объем стока за весеннее половодье в створе у Волгограда уменьшился почти на треть, а продолжительность половодья сократилась в среднем на месяц (Шумова, 2014). Значительное снижение объема стока в половодье и сокращение продолжительности периода затопления и стояния высоких вод на пойменных территориях Нижней Волги повлекло за собой изменения в условиях существования и развития уникальных экосистем. Территории, ранее затапливаемые, но в настоящее время полностью обсохшие, быстро меняют свой облик, прежде всего изменяется растительный покров (Балюк, 2005).

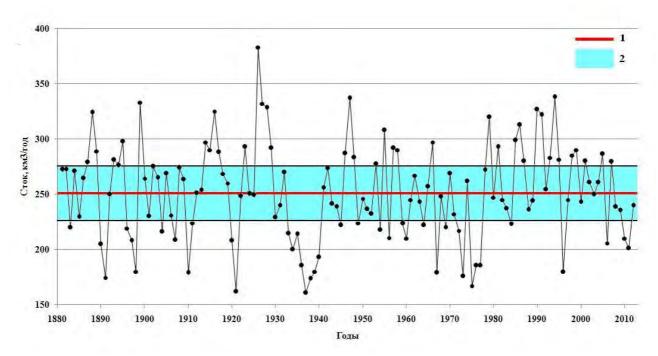


Рис. 1. Динамика годового стока Волги в створе у Волгограда. Условные обозначения: 1 – средний многолетний годовой сток, $2 - \pm 10\%$ коридор отклонения годового стока от среднего многолетнего. **Fig. 1**. Dynamics of the Volga river annual runoff in the Volgograd line gauge. Legend: 1 – the average annual runoff, $2 - \pm 10\%$ deviation corridor of annual runoff from the average annual runoff.

Средний многолетний объем годового стока Волги в створе у Волгограда за период инструментальных наблюдений (1881-2012) составил 251 км 3 при стандартном отклонении σ =43 км 3 . С экологической точки зрения важно оценить насколько часто объемы годового стока лежат в пределах $\pm 10\%$ от величины его среднего многолетнего значения (в пределах $\pm 10\%$ экологического коридора). Из рисунка 1 видно, что в пределы $\pm 10\%$ экологического коридора легло 54 года (41% случаев) из рассматриваемых 132 лет. Равное количество лет (по 39 лет) оказалось выше и ниже отмеченного $\pm 10\%$ экологического коридора.

В створе у Волгограда водность Волги достигает своего максимального значения; ниже Волгограда происходит снижение водности в основном за счет потерь воды на испарение с затопленных в половодье огромных пространств Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. Различия в объеме стока в створе у Волгограда и стока, поступающего в Каспийское море, оцениваются в 14.2 км³, из которых на потери стока в пойме приходится 3.4 км³, в дельте потери составляют 10.8 км³ (Шикломанов, Кожевников, 1974). В дельте наибольшие потери стока приходятся на центральную дельту и составляют 7.6 км³, западные и восточные ильмени теряют 1.5 км³ и 1.7 км³ соответственно.

Гидротермические условия увлажнения и методические подходы к их оценке

Ведущими факторами природной среды, определяющими состояние экосистем, является соотношение ресурсов тепла и влаги (гидротермические условия увлажнения). Соотношение ресурсов тепла и влаги территории определяет границы зональных ландшафтов. Поэтому оценка гидротермических условий и их возможных изменений в применении к анализу состояния и развития естественных наземных экосистем Нижней Волги является чрезвычайно важной задачей. Для оценки гидротермических условий территории обычно используются условные показатели увлажнения, которые представляют собой отношение ресурсов влаги (осадки) к потребности во влаге, рассчитанной через испаряемость, или фактору, её заменяющему (Thornthwaite, 1948; Селянинов, 1958; Высоцкий, 1960; Могton, 1975). Обратное соотношение между ресурсами влаги и потребностью во влаге известно как индекс аридности.

Среди условных показателей увлажнения наибольшее распространение получили индекс Г.Н. Высоцкого (известный в настоящее время как коэффициент увлажнения) (Высоцкий, 1960) и

ШУМОВА 19

Индекс гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова (Селянинов, 1958). Г.Н. Высоцкого представляет собой отношение годовой суммы осадков к испаряемости

$$KY = P / E_O \tag{1}$$

где KY – коэффициент увлажнения, P – осадки, E_O – испаряемость.

В отличие от коэффициента увлажнения, для оценки которого используются годовые суммы осадков и испаряемости, Г.Т. Селянинов (Селянинов, 1958) рассматривает период со средними суточными температурами воздуха выше 10 °C (период с активными температурами воздуха), условно говоря – период вегетации. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова определяется по соотношению

$$\Gamma TK = \frac{10P_{>10^{0}C}}{\sum T_{>10^{0}C}}$$
 (2)

где: $P_{>10^{9}C}$ – сумма осадков в миллиметрах за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10 $^{\rm o}$ C; $\sum T_{_{>10^oC}}$ - сумма средних суточных температур воздуха в градусах за то же время.

Величина испаряемости, входящая в соотношение (1), представляет собой величину, характеризующую максимально возможное (потенциально возможное, не лимитируемое запасами воды) испарение в данной местности при существующих атмосферных условиях (Хромов, Мамонтова, 1974). Величина испаряемости определяется комплексом метеорологических условий. Эту величину можно определять как расчетными методами с использованием метеорологических данных, так и с помощью водных испарителей, используя эмпирические коэффициенты для приведения полученных значений к величинам испаряемости. Существует большое число расчетных методов определения испаряемости, подробное описание и анализ наиболее известных из которых приводятся в (Черенкова, Шумова, 2007).

В настоящей работе для оценки испаряемости используется метод А.И. Будаговского (1964), информационным обеспечением которого является комплекс метеорологических условий, включающий радиационный баланс, температуру и дефицит влажности воздуха, скорость ветра. Согласно модели суммарного испарения А.И. Будаговского (1964), испаряемость определяется по формуле, которая может быть записана в виде (Шумова, 2003)

$$E_O = b_1 D_{\omega} d + b_2 R \tag{3}$$

$$b_1 = \frac{0.7}{1 + 1.56\varphi}, \qquad b_2 = \frac{0.026\varphi}{1 + 1.56\varphi},$$
 (4)

$$\varphi = \frac{24513}{\left(235+T\right)^2} e^{\frac{17.1T}{235+T}} \tag{5}$$

$$\varphi = \frac{24513}{(235+T)^2} e^{\frac{17.1T}{235+T}}$$

$$D_{\omega} = \frac{c_1 \tilde{u}}{c_2 \tilde{u}^{1/2} + 1}, \qquad \tilde{u} = u + 0.4$$
(6)

где: E_O – испаряемость, мм сут $^{\text{-}1}$; $b_{\scriptscriptstyle 1}$ и $b_{\scriptscriptstyle 2}$ – функции температуры воздуха; φ – производная насыщающей упругости водяного пара от температуры воздуха, мб $^{
m O}{
m C}^{-1}$; T — средняя суточная температура воздуха, ${}^{\mathrm{o}}\mathrm{C}$; D_{ω} и \widetilde{u} – функции скорости ветра; u - средняя суточная скорость ветра на высоте 2 м, м сек $^{-1}$; d — средний суточный дефицит влажности воздуха, мб; R — радиационный баланс, кал см⁻² сут⁻¹.

Существует довольно тесная связь (коэффициент корреляции равен 0.79) между испаряемостью E_O , рассчитанной по формулам (3)-(6), и температурой воздуха (Шумова, 2007):

$$E_O = \alpha(\Sigma T) \tag{7}$$

 $E_O = \alpha \big(\Sigma T \big)$ где $\sum T$ — сумма средних суточных положительных температур воздуха, a=0.28 .

Соотношение (7) удобно использовать для оценки испаряемости, когда информационное обеспечение сводится к данным о температуре воздуха, что обычно бывает при использовании баз метеорологических данных или данных климатических моделей.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2015, том 21, № 2 (63)

Подходы к оценке влияния изменения климата на гидротермический режим территории

Изменения климата, отмечающиеся с 1970-х-1980-х годов, могут привести к соответствующим изменениям соотношения между ресурсами тепла и влаги и возможному сдвигу зональных границ, что делает весьма актуальной разработку методов оценки влияния изменения климата на гидротермические условия территории. Региональный отклик растительности и в целом ландшафтов на глобальные климатические изменения весьма неоднозначен (Будыко, 1980). Известные в настоящее время прогнозно-экологические разработки носят в основном весьма схематичный характер и направлены преимущественно на оценку будущего состояния биосферы как планетарной системы по ограниченному набору метеорологических параметров (Коломыц, 2006). Региональный уровень прогнозирования до сих пор остается слабо разработанным по причине недостатка фактического материала и методических трудностей перехода от глобального прогноза к региональному.

За последние годы достигнуты значительные успехи в разработке численных моделей климата с учетом всех компонентов климатической системы Земли. Сложность моделей климата и многочисленность используемых в них схем эмпирической параметризации различных процессов затрудняет анализ адекватности моделей, особенно с точки зрения их применения для прогноза климата. Совершенствование моделей и увеличение их числа привело к расходимости сведений, соответствующих разным моделям (Climate Change, 2001). Здесь можно отметить, что расхождения рассчитанных значений приземной температуры воздуха, соответствующих различным моделям при задании одинакового сценария выбросов малых газовых компонентов, и одной модели с использованием различных сценариев выбросов, примерно одинаковы. Что касается прогнозов регионального климата, то, как отмечается, они все еще не обладают статистической достоверностью. Поэтому разработанные к настоящему времени сценарии изменения климата не следует рассматривать как прогноз. Эти сценарии только помогают определить возможное направление изменения тех или иных исследуемых элементов и величину их возможного изменения за определенные сроки.

Наиболее обоснованными признаются оценки изменения климата, выполненные с помощью моделей общей циркуляции атмосферы или так называемых моделей высокого разрешения (Climate Change, 1990). Такие модели рассматривают широкий спектр физических процессов, характеризующих климатическую систему, и оценивают влияние увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере на климат.

В настоящей работе используются климатические оценки, полученные на основе моделей GISS (Hansen et al., 1983; GFDL – Manabe, Wetherald, 1987; CCCM – Climate Change, 1990; UKMO – Wilson, Mitchell, 1987), основные характеристики которых приведены в таблице . Указанные модели позволяют получить средние месячные величины температуры воздуха и осадков при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере (US Country studies program, 1994). По данным Межправительственной комиссии по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change) удвоение концентрации углекислого газа в атмосфере может быть достигнуто к 2075 году (IPCC Technical Guidelines, 1994; Tegart, Sheldon, 1992).

Гидротермические условия увлажнения территории Нижней Волги и их анализ

В основу оценки ресурсов тепла (испаряемость) и влаги (осадки) положены материалы наблюдений метеорологических станций Джаныбек, Эльтон, Капустин Яр, Черный Яр, Харабали. Ресурсы влаги оцениваются годовыми суммами осадков за средний многолетний период; ресурсы тепла, представленные годовыми значениями испаряемости, получены по зависимостям (3)-(6).

На территории Нижней Волги наблюдаемые различия между ресурсами влаги (осадки) и потребностью во влаге (испаряемость) довольно существенные. (Шумова, 2010) Средние многолетние годовые значения испаряемости на исследованных метеорологических станциях изменяются от 1020 мм/год в верхней части Волго-Ахтубинской поймы (Капустин Яр) до 1183 мм/год в ее нижней части (Харабали). Средние многолетние годовые суммы осадков находятся в пределах 303-217 мм.

Таблица. Основные характеристики климатических моделей. **Table.** The main characteristics of climate models.

ШУМОВА 21

Климатическая модель	Разрешение (широта и долгота), град	Вертикальные уровни	Увеличение глобальной температуры при удвоении CO_2 , $^{\rm O}C$	Увеличение глобальных осадков при удвоении CO ₂ , %
GISS				
(Goddard Institute for	7.83x10.0	9	4.2	11.0
Space Sciences)				
GFDL				
(Geophysical Fluid	2.22x3.75	9	4.0	8.3
Dynamics Laboratory)				
CCCM				
(Canadian Climate Center	3.75x3.75	10	3.5	3.8
Model)				
UKMO				
(United Kingdom	2.50x3.75	11	3.5	9.0
Meteorological Office)				

Для оценки региональных проявлений возможного глобального изменения температуры воздуха и осадков используются данные моделей общей циркуляции атмосферы (табл.); методика перехода на региональный уровень подробно изложена в (Шумова, 2010). На рисунке 2 представлены климатические нормы сумм среднесуточных положительных температур воздуха и их ожидаемые значения, полученные по различным климатическим моделям. Для территории Нижней Волги ожидаемое увеличение сумм среднесуточных положительных температур воздуха (по сравнению с климатическими нормами) по данным разных моделей может составить от 35 до 49%.

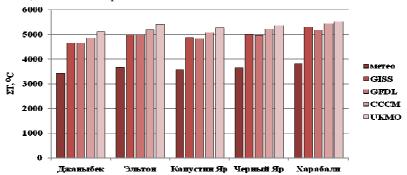


Рис. 2 Климатические нормы (метео) сумм среднесуточных положительных температур воздуха и их ожидаемые значения по различным сценариям изменения климата. **Fig. 2**. Climatic norm (meteo) of the average daily positive air temperature sum and their expected values under different scenarios of climate change.

Прогнозируемая ситуация с осадками (рис. 3) не так однозначна. В соответствии с моделью GISS и UKMO можно ожидать увеличения осадков на 16-22% и 2-8% соответственно. Уменьшение осадков на 4-6% соответствует модели СССМ. В соответствии с моделью GFDL увеличение осадков на 2-4% может наблюдаться в Джаныбеке и Эльтоне; в Капустином Яре, Черном Яре и Харабали возможно уменьшение осадков на 4-8%.

Оценим, как соотносятся ресурсы тепла и влаги Нижней Волги в современных условиях и каковы тенденции изменения их соотношения при ожидаемых изменениях климата (Шумова, 2007).

Расчеты коэффициента увлажнения для современных климатических условий выполнены по зависимости (1) на основании средних многолетних измеренных на 5 метеорологических станциях Нижней Волги годовых сумм осадков и величин испаряемости, рассчитанных по зависимости (3)-(6) по материалам наблюдений средних многолетних метеорологических элементов тех же станций. При расчетах ожидаемых значений коэффициента увлажнения использованы годовые суммы осадков, полученные из климатических моделей. Значения испаряемости рассчитаны по соотношению (7) с

использованием сумм средних суточных положительных температур воздуха, полученных из климатических моделей. Результаты расчета ожидаемых значений коэффициента увлажнения по различным сценариям климата показали, что во всех случаях имеет место уменьшение коэффициента увлажнения (рис. 4), что с экологической точки зрения свидетельствует о возрастании засушливости климата Нижней Волги. Данные сценарии ожидаемого изменения климата при условии использования коэффициента увлажнения для характеристики гидротермических условий Нижней Волги можно характеризовать как сценарии аридного потепления.

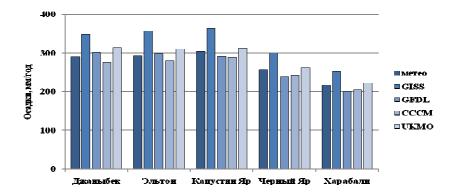


Рис. 3. Климатические нормы (метео) годовых сумм осадков и их ожидаемые значения по различным сценариям изменения климата. **Fig. 3**. Climatic norm (meteo) of annual precipitation and their expected values under different scenarios of climate change.

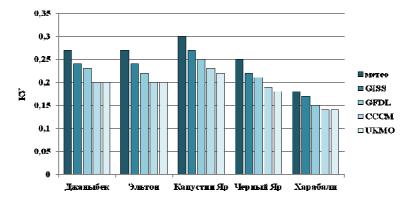


Рис. 4. Коэффициент увлажнения в современных климатических условиях (метео) и его ожидаемые значения по различным сценариям изменения климата. **Fig. 4**. Moistening coefficient due the current climatic conditions (meteo) and its expected value under different scenarios of climate change.

Для расчета гидротермического коэффициента использована зависимость (2), исходными данными для которой в современных климатических условиях были средние многолетние измеренные на метеорологических станциях суммы осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше $10\,^{\circ}$ С и сумма среднесуточных температур воздуха за то же время. Используя полученные из климатических моделей данные по осадкам и температуре воздуха, по зависимости (2) были оценены значения гидротермического коэффициента для условий ожидаемого изменения климата.

Выполненные расчеты показывают, что гидротермический коэффициент согласно модели GISS может возрасти на 10–11%, практически без изменения остается гидротермический коэффициент при его оценках по сценариям GFDL и UKMO (рис. 5). Согласно модели СССМ уменьшение значений гидротермического коэффициента при возможном изменении климата может составить 11–13%. Иными словами, при использовании гидротермического коэффициента для оценок влияния изменения климата модель GISS можно рассматривать как сценарий гумидного потепления для территории Нижней Волги, а модель СССМ – как сценарий аридного потепления. При оценках по

IIIYMOBA 23

моделям GFDL и UKMO гидротермические условия исследуемой территории практически не изменятся.

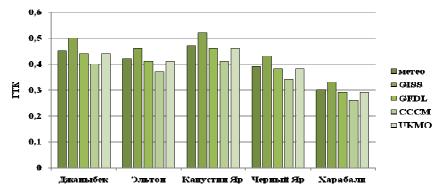


Рис. 5. Гидротермический коэффициент в современных климатических условиях (метео) и его ожидаемые значения по различным сценариям изменения климата. **Fig. 5**. Hydrothermal coefficient due the current climatic conditions (meteo) and its expected value under different scenarios of climate change.

Оценивая влияние возможного изменения климата на гидротермические условия Нижней Волги можно сделать вывод, что наиболее уязвимыми являются оценки увлажнения, которые описываются через коэффициент увлажнения и являются интегральным годовым показателем. Величины гидротермического коэффициента, которые являются показателем периода со среднесуточными температурами воздуха выше 10 °C, как показывают расчеты, дают неоднозначную картину возможных климатических изменений.

Оценим, насколько полученные результаты согласуются с данными других авторов. В работе (Сиротенко, Грингоф, 2006) для оценок влияния глобального потепления рассматривается сценарий A1FI (модель HadCM3 Центра климатических исследований Галлея Метеорологической службы Великобритании) и региональная модель климата МРК (ГГО). При потеплении по сценарию A1FI засушливость климата Европейской России увеличивается, о чем свидетельствует повсеместное уменьшение гидротермического коэффициента. Этот сценарий характеризуется как сценарий аридного потепления. Вместе с тем, по мнению авторов (Сиротенко, Грингоф, 2006), представляется более вероятным гумидный тип потепления, поскольку наблюдаемые с 1975 года изменения климата на территории России больше соответствуют этому типу потепления.

Проведенные оценки влияния возможного изменения климата лишь в общем виде показали возможные тенденции и масштабы изменения гидротермических условий увлажнения в бассейне Нижней Волги. При этом полученные оценки не всегда однозначны. Различия в оценках могут быть обусловлены выбором модели и сценария эмиссий парниковых газов и аэрозоля (Мелешко и др., 2008). Достоверность полученных оценок ожидаемых изменений исследуемых элементов зависит, главным образом, от достоверности прогнозируемых климатических данных, в частности, от прогнозируемых величин температуры воздуха и осадков. Это значит, что прогресса в оценке изменения гидротермических условий можно достичь в случае, если будет достигнут прогресс в построении сценариев изменения климата.

Выводы

Бассейн Нижней Волги характеризуется высокими запасами водных ресурсов, при этом гидротермические условия увлажнения соответствуют пустынной зоне.

Средний многолетний объем годового стока Волги достигает своего максимального значения в створе у Волгограда и за период 1881–2012 годы составил 251 км 3 (σ =43 км 3); потери стока в Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги оцениваются в 14.2 км 3 .

Средние многолетние годовые суммы испаряемости в Волго-Ахтубинской пойме изменяются от 1020 мм в Капустином Яре до 1183 мм в Харабали; средние многолетние суммы осадков соответственно изменяются от 303 мм до 217 мм. Коэффициент увлажнения находится в пределах 0.30-0.18, гидротермический коэффициент составляет 0.47–0.30.

24

При возможном изменении климата для территории Нижней Волги ожидаемое увеличение сумм среднесуточных положительных температур воздуха по данным разных моделей может составить от 35 до 49%.

Прогнозируемая ситуация с осадками не однозначна: в соответствии с моделью GISS и UKMO можно ожидать увеличения осадков на 16–22% и 2–8% соответственно; уменьшение осадков на 4-6% соответствует модели СССМ. В соответствии с моделью GFDL увеличение осадков на 2-4% может наблюдаться в Джаныбеке и Эльтоне; в Капустином Яре, Черном Яре и Харабали возможно уменьшение осадков на 4-8%.

Коэффициент увлажнения в бассейне Нижней Волги может уменьшиться на 12-28% в зависимости от используемой для оценки модели общей циркуляции атмосферы, что соответствует сценарию аридного потепления.

При использовании гидротермического коэффициента увлажнения нельзя сделать однозначных выводов. В соответствии с данными модели GISS возможно увеличение гидротермического коэффициента на 10-11%, что может рассматриваться как сценарий гумидного потепления. Согласно моделям GFDL, СССМ и UKMO уменьшение гидротермического коэффициента может доходить до 13%, что может свидетельствовать о возможном аридном потеплении.

Наблюдающееся в последние годы увеличение осадков в Северном Прикаспии и связанное с этим расширение площадей подтопления более отвечает сценарию гумидного потепления в бассейне Нижней Волги, который описывается моделью GISS при использовании гидротермического коэффициента увлажнения.

Выполненные расчеты показали, что глобальное потепление не приведет к существенным изменениям гидротермических условий территории Нижней Волги, а следовательно, не ожидается катастрофических изменений для биотопов зональных и интразональных экосистем региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Балюк Т.В. 2005. Последствия изменения длительности и обеспеченности паводкового заливания Волго-Ахтубинской поймы после создания Волгоградского водохранилища для растительности // Оценка влияния изменения вод суши на наземные экосистемы. М.: Наука. С. 176-193.

Болгов М.В., Сенцова Н.И. 2010. Экстремальные маловодные периоды в бассейне Волги // Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. М.: ООО «Медиа–ПРЕСС». С. 369–391.

Будаговский А.И. 1964. Испарение почвенной влаги. М.: Наука. 242 с.

Будыко М.И. 1980. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеоиздат. 351 с.

Высоцкий Г.Н. 1960. Избранные труды. М.: Сельхозгиз. 435 с.

Географический энциклопедический словарь: Географические названия. 1989. М.: Советская энциклопедия. 592 с.

Коломыц Э.Г. 2006. Прогнозные и палеогеографические сценарии зональных гидроклиматических и биотических условий Волжского бассейна // Водные ресурсы. Том 33. № 2. С. 206-223.

Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. 2010. Вклад деятельности человека в формирование экстремальных гидрологических ситуаций // Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. М.: ООО «Медиа–ПРЕСС». С. 163–178.

Левит-Гуревич Л.К. 2013. Водохозяйственные проблемы Нижней Волги // Экономические и территориальные аспекты управления водохозяйственным комплексом России / под ред. В.И. Данилова-Данильяна, В.Г. Пряжинской. М.: РАСХН. С. 188–214.

Мелешко В.П., Катцов В.М., Мирвис В.М., Говоркова В.А., Павлова Т.В. 2008. Климат России в XXI веке. Часть І. Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета // Метеорология и гидрология. № 6. С. 5-19.

Реки и озера мира. Энциклопедия. 2012. М.: ООО «Издательство «Энциклопедия». 928 с.

Селянинов Г.Т. 1958. Принципы агроклиматического районирования СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: МСХ СССР. С. 7-14.

Сиротенко О.Д., Грингоф И.Г. 2006. Оценка влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство Российской Федерации // Метеорология и гидрология. № 8. С. 92-101.

ШУМОВА 25

- Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления. 2013. Под редакцией В.Н. Михайлова. М.: ГЕОС. 703 с.
- Хромов С.П., Мамонтова Л.И. 1974. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоиздат. 568 с.
- Черенкова Е.А., Шумова Н.А. 2007. Испаряемость в количественных показателях климата // Аридные экосистемы. Том 13. № 33-34. С. 57-69.
- Шикломанов И.А., Кожевников В.П. 1974. Потери стока в Волго–Ахтубинской пойме и дельте р. Волги и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности // Труды ГГИ. Вып. 221. С. 3-46.
- Шумова Н.А. 2003. Оценка точности модели для расчета динамики запасов воды в почве // Метеорология и гидрология. № 10. С. 124-133.
- Шумова Н.А. 2007. Оценка уязвимости гидротермических условий и зональных границ аридных территорий при различных сценариях изменения климата // Аридные экосистемы. Т. 13. № 32. С. 34-46.
- Шумова Н.А. 2010. Закономерности формирования водопотребления и водообеспеченности агроценозов в условиях юга Русской равнины. М.: Наука. 239 с.
- Шумова Н.А. 2014. Изменение экологически значимых параметров гидрологического режима Нижней Волги при зарегулировании стока // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3(60). С. 33-47.
- Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. 1990. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. 365 p.
- Climate Change 2001: the Scientific Basis // Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Cambridge, United Kingdom and New York. Cambridge University Press. 881 p.
- Hansen J., Russell G., Rind D., Stone P., Lacis A., Lebedeff S., Ruedy R., Travis L. 1983. Efficient three-dimensional global models for climate studies: models I and II // Monthly Weather Review. Vol. III. P. 609-662.
- IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Intergovernmental panel on climate change. 1994. World Meteorological Organization. 59 p.
- Manabe S., Wetherald R.T. 1987. Large-scale changes in soil wetness induced by an increase in carbon dioxide // Atmospheric Sciences. Vol. 44. P. 1211-1235.
- Morton F.I. 1975. Estimating evoparation and transpiration from climatological observations // J. Appl. Meteorol. 14. P. 488-497.
- Tegart W.J.McG., Sheldon G.W. 1992. Climate change 1992 // The Supplementary Report to The IPCC Impacts Assessment. Canberra, Australia. 112 p.
- Thornthwaite C.W. 1948. An Approach Toward a Rational Classification of Climate // Geograph.Rev. Vol. 38 (1). P. 55-94.
- US Country studies program. Guidance for Vulnerability and Adaptation Assessments. 1994. Washington, D.C., US Country Studies Management Team (PO-63). 518 p.
- Wilson C.A., Mitchell F.B. 1987. A doubled CO₂ climate sensitivity experiment with a global climate model including a simple ocean // Journal of Geophysics Research, Vol. 92. P. 13315-13343.

WATER RESOURCES AND HYDROTHERMAL MOISTENING CONDITIONS IN THE LOWER VOLGA BASIN

© 2015. N.A. Shumova

Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3. E-mail: shumova@aqua.laser.ru

The Low Volga basin hydrography description is given. Interannual variability of Volga runoff at the Volgograd gauge is shown; the ecology significant deviation corridor of annual runoff from the average

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2015, том 21, № 2 (63)

26 ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УВЛАЖНЕНИЯ ... НИЖНЕЙ ВОЛГИ

annual runoff is marked out. Heat resources (potential evapotranspiration) and natural moistening resources (precipitation) in the Lower Volga basin under current climate condition are estimated. The average daily positive air temperature sums and annual precipitation as well as moistening coefficient and hydrothermal coefficient values under current climate condition and its expected value under different scenarios of climate change are presented.

Keywords: the Lower Volga, runoff, precipitation, potential evapotranspiration, moistening coefficient, hydrothermal coefficient, climate change.

——— СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

УДК 577.486 (082)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОЕМОВ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛМЫКИИ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОХРАНИЛИЩА ЦАГАН-НУР)

© 2015 г. С.С. Уланова

Институт комплексных исследований аридных территорий Республика Калмыкия, 358005 г. Элиста, ул. Хомутникова, 111. E-mail: svetaulanova@yandex.ru

Поступила 03.02.2014

Рассматривается изменение со времени создания по настоящее время гидрологического режима водохранилища Цаган-Нур, расположенного на Прикаспийской низменности. Показано, что в последние годы в связи с изменением его гидрологического режима происходит неуклонное ухудшения качества воды. Впервые для водохранилища Цаган-Нур был определен показатель химического загрязнения воды (ПХЗ-10), на основании которого современное экологическое состояние водоема оценивается как чрезвычайная экологическая ситуация.

Ключевые слова: искусственные водоемы, уровень, минерализация, изменение, биологические ресурсы, экотоны, разнообразие, использование.

Введение

Искусственные водоемы аридной зоны относятся к сложным и динамичным водным объектам. Для них характерны значительные колебания уровня в осенне-летний период, что обусловлено особенностями аридного климата, и равнинным характером окружающих ландшафтов их водосбора. Вода практически всех водоемов Калмыкии минерализована и сильно минерализована. Средние многолетние значения колеблются от 1.7 до 10.5 г/л. Дефицит воды, постоянно испытываемый в водохозяйственном балансе Республики, покрывается за счет ее подачи из водоисточников, расположенных за пределами Калмыкии В результате большинство водных объектов на ее территории существуют на привлеченном стоке, либо повторно используют дренажно-сбросные воды.

Определение совокупности показателей, характеризующих последствия изменений водоемов за длительный период их эксплуатации, а также выявление особенностей формирования природных комплексов на побережьях водохранилищ в условиях аридного региона Калмыкии является необходимым условием научного исследования, позволяющим оценить экологическое состояние водоема для рационального использования его ресурсов и сохранения богатого биологического разнообразия и генофонда степной и пустынной биоты, приуроченной к побережьям. С этой целью на основании разработанных показателей и методов были проведены натурные исследования по типу мониторинга. При обследовании учитывались особенности питания водоема, колебания уровневого режима, и пространственной структуры природных комплексов побережий.

Материалы и методы

Одной из актуальных задач современного природопользования является разработка комплексных исследований водохранилищ как совокупности природно-технических систем, в основу которых должно быть положено изучение взаимосвязей процессов как внутри самих искусственных водоемов, так и их взаимодействия с окружающей средой. Отсюда возникает потребность в организации специальной информационной системы наблюдения и анализа состояния природной среды – комплексного геоэкологического мониторинга водохранилищ на базе геосистемного подхода (Курбатова, 2012).

Сущность этого подхода состоит в рассмотрении природных образований как целостных объектов (ландшафтов, геосистем, экосистем), выявлении взаимосвязей между ними и их

компонентами, изучении их как среды жизни и деятельности человека (Емельянов, 1994). Использование геосистемного подхода при реализации мониторинга позволяет обосновать выбор станций слежения, размещение наблюдательной сети, методов и содержания наблюдений, а в конечном итоге — получить достаточно полную и объективную информацию о состоянии и антропогенном изменении компонентов и комплексов природной среды.

Основная цель экологического мониторинга — предотвращение отрицательных последствий, связанных с хозяйственной деятельностью человека. Основной задачей мониторинга является получение объективной информации о состоянии компонентов и комплексов природной среды, его оценка и прогноз развития в пространстве и во времени.

К важнейшим функциям геоэкологического мониторинга относится оценка состояния и изменения окружающей природной среды. Оценка предполагает сравнение фактического или прогнозируемого состояния среды с заранее определенными критериями, в качестве которых могут выступать показатели исходного (фонового) состояния наблюдаемых компонентов и комплексов, либо различные нормативные показатели, характеризующие меру возможного воздействия человека на природу. Геоэкологическая оценка искусственных водоемов, в нашем понимании, - совокупность показателей, характеризующих последствия антропогенных изменений геосистем за более или менее длительный промежуток времени (чаще всего - за несколько лет). Она обычно отражает сложившуюся экологическую ситуацию – пространственно-временное сочетание средообразующих природно-антропогенных условий и экологических проблем, оказывающих существенное влияние на жизнь и деятельность человека (Новикова, Уланова, 2008). Оценка экологического состояния экспериментальных объектов должна проводиться на основе количественных аналогичных или близких по значению признаков (показателей), характеризующих различные стороны исследуемых объектов. По мнению А.Г. Емельянова (2007), в состав этих признаков должны входить физикогеографические (ландшафтные), экологические (геоэкологические), антропогенные (техногенные), мелико-демографические. Они могут быть выражены как абсолютными, так и относительными величинами.

Исходя из этого, нами были выбраны количественные признаки, определяющие ландшафтные характеристики (гидрохимический состав поверхностных и грунтовых вод, относительные отметки высот мезорельефа, глубина залегания грунтовых вод; состав и структура почв; состав и продуктивность господствующих фитоценозов экотонных территорий). Экологические признаки оценки, в нашем случае, характеризуют изменение показателей проявления деградационных природно-антропогенных процессов во времени (сокращение площади водной поверхности водоемов, изменение минерализации вод, ухудшение гидрологических и гидрохимических параметров водоемов, превышение показателей ПДК веществ, снижение продуктивности фитоценозов). К третьей группе признаков нами были отнесены показатели антропогенных воздействий, таких как загрязнение природных сред, застройка животноводческими стоянками и загрязнение экотонной территории.

Методической основой данного исследования является подход, базирующийся на представлении о водном объекте и ландшафтах побережий как единой эколого-динамической системы – экотона «вода-суша» и его блоковой структуры (Залетаев, 1997). Согласно этому подходу, выделяются участки (блоки) водоема и побережья, испытывающие разное воздействие водохранилища: волновую абразию и длительное заливание на обнажающемся дне водохранилища (флуктуационный блок); заливание, абразию и аккумуляцию отложений на кратковременно заливаемом участке территории побережья (динамический блок); подтопление неглубоко залегающими к поверхности грунтовыми водами на более удаленном от уреза воды участке побережья (дистантный блок), косвенное влияние водоема через микроклимат - маргинальный блок. Исследования выполнялись согласно созданной и апробированной ранее нами методики комплексного изучения искусственных водоемов и экотонных зон «вода-суша» для аридных территорий (Уланова, 2006; Новикова, Уланова, 2008). Данная методика сочетает наземные исследования с геоинформационными технологиями. ГИС-системы в настоящее время стали важным инструментом для хранения, обработки и использования разнообразной и сложной накапливаемой информации. Наземные исследования включали мониторинг поверхностных вод водоемов и изучение прилегающих к ним территорий, находящихся в зоне воздействия водохранилищ, называемых экотонными зонами «вода-суша». Полевые исследования проводились во время вегетационного периода с апреля по октябрь. На побережьях

УЛАНОВА 29

водохранилищ прокладывали топоэкологические профили перпендикулярно урезу воды, от водоема растительности. Топоэкологическое побережья ДО зональной инструментальное профилирование побережий включало заложение пробных площадок с подробным изучением почв, растительности, грунтовых вод и определением высотных отметок рельефа на профиле с помощью нивелира. На протяжении топоэкологического профиля закладывались скважины до уровня почвенно-грунтовых вод. Количество скважин регламентировалось рельефом и растительностью. При вскрытии почвенно-грунтовых вод отмечалась глубина, замерялась скорость подъема воды, фиксировался установившийся уровень. Дополнительно отбирались образцы вскрытых почвенногрунтовых вод в емкость объемом 1.5 литра. Характеристика почв дана на основе морфологического описания почвенного профиля по результатам бурения. В лабораторных условиях определяли степень минерализации по сухому остатку и химический состав солей. Все описания сопровождалась отбором проб для изучения: минерализации воды в водоемах и грунтовых вод; морфологической структуры и солевого состава почв; видового состава и биологической продуктивности растительных сообществ (Новикова, Уланова, 2008; Новикова и др., 2011). Анализ химизма и минерализации поверхностных и грунтовых вод был выполнен в Калмыцком филиале ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии им. А.Н. Костюкова в соответствии со стандартом ГОСТ 26449.1-85: катионноанионный состав - титриметрическим методом, определение сухого остатка - гравиметрическим, определение рН – потенциометрическим. Водная вытяжка почвенных проб была проанализирована в этой лаборатории в соответствии с ГОСТами: 26425-85; 26424-85; 26426-85; 26427-85; 26428-85; 26483-85.

Для оценки степени химического загрязнения поверхностных вод были проведены исследования проб воды по 70 химическим элементам в лаборатории ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» методами анализа масс − спектральной с индуктивно-связанной плазмой (МС), атомно-эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой (АЭ) по методикам НСАМ №480-ХС и ГОСТ Р 51309-99. Определение экологического состояния водного объекта оценивали по показателю химического загрязнения воды (ПХЗ-10) (Шитиков и др., 2003).

Объект исследований

Водохранилище Цаган-Нур самое крупное в цепи озер, располагающихся в южной части Сарпинской депрессии, оставленной древним руслом Волги на Прикаспийской низменности. Водохранилище руслового типа, вытянуто с севера на юго-восток, ограничено в верхней северной части земляной плотиной водоема у поселка Ханата, с юга — у поселка Цаган-Нур, по которой проходит дорога с твердым покрытием. Ложе вытянуто на 45 км при ширине от 0.7 до 1.5 км. Средняя глубина 1.15 м. Емкость 90.0 млн.м 3 при нормально-подпертом горизонте (НПГ), площадь зеркала 61.5 км 2 (Гос. доклад..., 2002). По данным космической съемки, на 2001 год его площадь составляла 45.41 км 2 (Уланова, 2003). Отметка верха плотины меняется от правого берега к левому от +3.40 до +3.00 м. На плотине имеется автоматический водосброс с отметкой порога шахты +1.07 м (Первоочередные мероприятия..., 1994).

До начала регулирования режима водоемов на Сарпинской низменности питание озера Цаган-Нур ограничивалось весенними талыми водами, стекающими с восточного склона возвышенности Ергени, и атмосферными осадками, выпадающими на поверхность. Питание водоема водами местного поверхностного стока в годы 95% обеспеченности составляет 14 тыс. м³, что представляет незначительную часть от современного объема воды водоема. В связи с этим, площадь озера в природном режиме изменялась в значительных пределах, нередко происходило частичное или полное пересыхание. В 1960-70-х гг. с вводом в эксплуатацию Сарпинской оросительно-обводнительной системы (СООС), водоем стал приемником сбросных вод с орошаемых массивов, получающих воду из Волги с помощью канала ВР-1. Минерализация воды озера колеблется год от года (от 7 до 12 г/л) и по сезонам, в зависимости от количества осадков, объема, минерализации и времени поступления дренажно-сбросных вод. Ионный состав вод также связан с поступлением сбросных вод и разбором их на орошение. Весной, до поступления сбросных вод, вода относится к типу сульфатно-хлоридномагниевых, после подачи воды из коллекторной сети химизм становится хлоридно-натриевым или сульфатно-хлоридно-натриевым и остается таким до конца вегетационного периода. Поэтому применять такую воду для хозяйственных целей без специальных приемов по улучшению ее качества в почвенно-мелиоративных условиях Прикаспийской низменности нецелесообразно (Отчет НИР.., 2009).

Результаты и обсуждение

По результатам ретроспективного мониторинга данных дистанционного зондирования максимальное наполнение озера наблюдалось в $1978 \, \Gamma$ ($55.4 \, \mathrm{km}^2$), минимальное — в $1999 \, \Gamma$ ($36.40 \, \mathrm{km}^2$) и в $2012 \, \Gamma$ ($31.63 \, \mathrm{km}^2$). Уменьшение площади водной поверхности водоема связано с уменьшением объема дренажно-сбросных вод и сокращением орошаемых массивов (табл. 1). На $01.01.97 \, \Gamma$. В этих совхозах площадь полей с рисовым севооборотом с $8.6 \, \mathrm{тыс.}$ га в $1997 \, \Gamma$. сократилась до $3.7 \, \mathrm{тыc.}$ га. в $2007 \, \Gamma$. (Отчет НИР..., 1999).

Таблица 1. Уровень (м, абс.) и площадь (км 2) водной поверхности водохранилища Цаган-Нур по материалам дистанционного зондирования и топографическим картам. **Table 1.** Level (m, abs.) and the water surface area (m 2) in the reservoir Tsagaan Nuur based on the remote sensing data and topographic maps.

Пото	П	Уровень воды, м абс.			
Дата	Площадь, км ²	весна, начало лета	лето, осень		
8 мая 1978 г	55.4	-1.0			
5 мая 1983 г	53.19	-1.2			
15 сентября 1993 г	37.08		-1.8		
29 сентября 1999 г	36.40		-1.9		
6 июля 2001 г	45.41		-1.4		
22 мая 2002 г	50.17	-1.3			
30 апреля 2003 г	59.27	-0.68			
24 марта 2004 г	60.80	-0.65			
15 апреля 2012 г	31.63	-2.5			

Изучение современного экологического состояния водоема и его экотонной системы «водасуша» проводили на трех ключевых участках: в северной части водоема (зоне выклинивания подпора), в центральной части (наиболее широкой русловой части) и южной (приплотинной) (рис. 1).

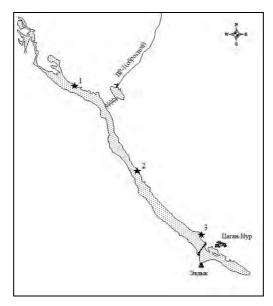


Рис. 1. Схема расположения ключевых участков стационарного наблюдения: 1 – зона выклинивания подпора; 2 – центральная часть; 3 – приплотинная часть водохранилища. **Fig. 1.** Layout key areas stationary observations: 1 – zone thinning backwater, 2 – the central part, 3 – part, close to the dam of the reservoir.

УЛАНОВА 31

Места заложения топо-экологических профилей и отбора проб поверхностных вод являются репрезентативными для каждой зоны водохранилища по условиям гидрологических особенностей и мезорельефа водосборной территории.

Структура экотонной системы «вода-суша» приплотинного ключевого участка согласно топокологическому профилю, заложенному в мае 2012 года на левом берегу, представлена четырьмя блоками: флуктуационным, динамическим, дистантным и маргинальным. Общая протяженность экотонной системы составила 250 м от уреза воды (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика компонентов природных экосистем в блоках экотонной системы риплотинной части водохранилища Цаган-Нур (15.05.2012). **Table 2.** Characterization of the components of natural ecosystems in the blocks of ecotone system near the dam of the reservoir Tsagaan-Nuur (15.05.2012).

	Блок экотонной системы, протяженность от - до, м					
Компоненты экосистем	флуктуаци- онный	динам	ический	дистантный (164-193 м)	маргинальный	
	(0-28 м)	(28-70 м)	(28-70 м) (70-164 м)		(с 193 м и далее)	
Почвы	влажные луговые засоленные высокосо- лончакова- тые	луговые среднезасол енные солончакова тые	среднезасол высоко- солончакова солончаковаты лог		бурые полупустынные легкосуглинистые в комплексе с солонцами	
УГВ, м	0.5	1.8	2.5	>3	>3.5	>5
Минерализация ПВ/ГВ, г/л	9.10	9.49				
Тип засоления вод	Cl - SO ₄ ² - Na ⁺	Cl - SO ₄ ² - Na ⁺				
Сообщества	Нет растений	Tamarix ramosissima -Phragmites australis	Argusia sibirica- Artemisia santonica- Phragmites australis	Tamarix ramosissima- Artemisia santonica	Artemisia pauciflora- Anizantha tectorum	Carex stenophylla- Tanacetum millefolium
Вес воздушно- сухой фитомассы, г	0	42	90	228	78	122
Количество видов	0	6	7	6	4	7

 Φ луктуационный блок располагается над урезом воды на относительной высоте от 0 до 0.35 м. Поверхность почвы лишена растительности.

Динамический блок шириной 136 м, представлен двумя поясами растительности. Растительность занимает лишь часть его поверхности и располагается на высотных отметках от 0.57 м до 1.35 м. Грунтовые воды в данном поясе, по сравнению с предшествующим флуктуационным блоком, глубже на 1.3 м, но их минерализация несколько возросла. Тип засоления, по сравнению с первым блоком, не изменился и остался хлоридно-сульфатно-натриевым. Растительность сформирована монодоминантными сообществами тамарикса рыхлого (*Tamarix laxa*), располагающимися в виде полос, параллельных урезу воды. Промежутки между ними заняты голыми солончаками. Запасы надземной фитомассы постепенно увеличиваются от уреза к береговому уступу.

Ширина *дистантного* блока достигает 29 м. Относительные высотные отметки поверхности в данном блоке возрастают от 2.69 м до 3.48 м над урезом воды. Воздушно сухой вес фитомассы трав в укосах в этом блоке оказался максимальным на протяжении всего экотона, превышая в два-пять раз биологическую продуктивность соседних блоков.

С расстояния 193 м начинается маргинальный блок. Относительное превышение над урезом воды составляет 3.5 м. Грунтовые воды в данном блоке глубже 5 м. Растительность приближена к

зональной и представлена кострово-чернополынными (Artemisia pauciflora-Anisantha tectorum) и ромашниково-осочковыми (Carex stenophylla-Tanacetum achilleifolium) сообществами.

Качество воды самого водоема оценивалось по измеренным показателям на трех станциях. При их выборе учитывалось, что его питание идет за счет вод, поступающих по каналу ВР-1. Поэтому участок, где происходит пополнение воды в водохранилище по каналу, был выбран в качестве диагностической станции для отбора поверхностных проб воды, следующая располагалась в зоне выклинивания подпора (до притока новой воды), в центральной зоне (месте поступления новой массы) и еще одна у плотины (ниже канала).

Анализ сезонного изменения минерализации вод в приплотинной части водоема в 2012 году показал, что к октябрю произошло некоторое ее увеличение с 8.78 г/л до 11.25 г/л. Тип засоления – натриево-сульфатно-хлоридный. В весенний период грунтовые воды на протяжении экотона заглубляются почти до 2 м, но величина их минерализации практически не изменяется и составляет 9.19 г/л и 9.49 г/л во флуктуационном и динамическом блоках соответственно. В осенний период в данных блоках минерализация увеличивается до 11.18 г/л и 13.16 г/л соответственно и уровенииснижается на 0.2-0.9 м ниже весеннего стояния (рис. 2).

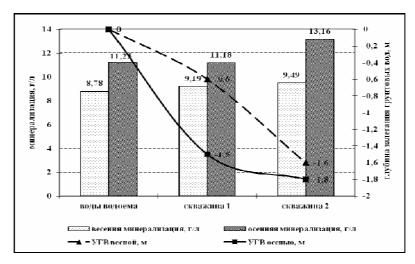


Рис. 2. Сезонное изменение минерализации и глубины залегания поверхностных и грунтовых вод в течение 2012 г. в приплотинной части водохранилища Цаган-Нур. **Fig. 2.** Seasonal changes in salinity and depth of surface and groundwater in 2012, the dam of the reservoir Tsagaan-Nuur.

Межгодовые изменения минерализации имеют такую же амплитуду, как и сезонные. По данным двухлетних наблюдений в приплотинной части водоема оказалось, что минерализация поверхностных вод в мае в 2013 г. увеличилась по сравнению с маем 2012 г. с 8.78 г/л до 11.34 г/л. Минерализация грунтовых вод в мае 2013 года стала также выше – увеличилась до 10.29 г/л с 9.19 г/л до Тип засоления поверхностных и подземных вод одинаковый – натриево-сульфатно-хлоридный (рис. 3).

Результаты осенних наблюдений 2013 года показали дальнейшее увеличение минерализации вод водоема (рис. 4). В приплотинной части водохранилища осенью 2013 года они увеличились до 14.05 г/л, по сравнению с осенью 2012 года (11.25 г/л). Минерализация грунтовых вод во флуктуационном блоке практически не изменилась, а в динамическом блоке снизилась.

В центральной части водохранилища также отмечено сезонное увеличение минерализации поверхностных вод с мая по сентябрь 2013 г. с 11.6 г/л до 14.1 г/л соответственно. Грунтовые воды также изменили свою минерализацию (с 10.7 г/л до 12.6 г/л) и заглубились на 1.6 м и 1.8 м во флуктуационном и динамическом блоках. Тип минерализации поверхностных и грунтовых вод остался прежним — натриево-сульфатно-хлоридный.

В зоне выклинивания подпора водоема отмечены самые высокие значения минерализации воды, но с той же амплитудой изменения межгодовых значений. Так, весной 2012 и 2013 гг. минерализация воды водоема соответстствовала $8.95\ {\rm г/л}$ и $11.08\ {\rm г/л}$.

Оценку качества воды для определения «экологического состояния водной среды» проводили по показателю химического загрязнения воды (ПХЗ-10). Для этого показателя критериями являются

УЛАНОВА 33

нормативные значения, оцениваемые по присутствию веществ 1-2 и 3-4 классов опасности. Экологическому состоянию «относительно удовлетворительное» рассчитанное значение присутствия веществ 1-2 класса опасности равно 1; 3-4 класса опасности — 10), состоянию «чрезвычайная экологическая ситуация» значение 1-2 класса опасности в интервале 35-80; 3-4 класса опасности — 500), а «экологическое бедствие» значение 1-2 класса опасности — более 80; и 3-4 класса опасности — более 500.

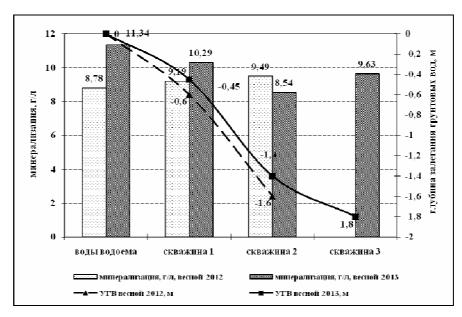


Рис. 3. Изменение минерализации поверхностных и грунтовых вод в 2012-2013 гг. в весенний период в приплотинной части водоема Цаган-Нур. **Fig. 3.** Changing salinity of surface and groundwaters in 2012-2013 in the spring close to the dam of the reservoir Tsagaan-Nuur.

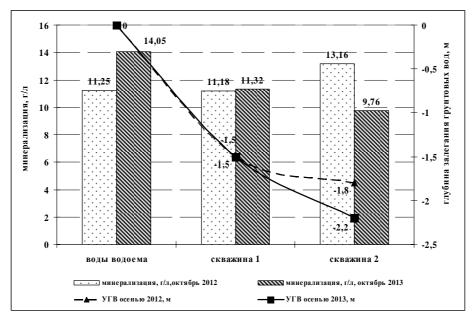


Рис. 4. Изменение минерализации поверхностных и грунтовых вод в 2012-2013 гг. в осенний период в приплотинной части водоема Цаган-Нур. **Fig. 4.** Changing salinity of surface and ground waters in 2012-2013 in the autumn near the dam of the reservoir Tsagaan-Nuur.

При этом суммарный показатель химического загрязнения вод ПХЗ-10 рассчитывается по десяти соединениям, максимально превышающим ПДКр по рыбохозяйственным нормативам, с

использованием формулы суммирования воздействий по каждому показателю: $\Pi X3-10 = (C1/\Pi Д K1 + C2/\Pi Д K2 + ... + C10/\Pi Д K10)$, где все 10 ПДК утверждены приказом Росрыболовства (№ 20 от 18.01.2010), а значения химических веществ C (1-10) — измеренная концентрация каждого из 10 химических веществ в воде.

Результаты лабораторных анализов отобранных проб воды были сведены в таблицы (табл. 3). Используя полученные показатели для каждого их трех ключевых участков водоема был рассчитан формализованный индекс по десяти соединениям, максимально превышающим ПДКр (табл. 4). В результате были получены следующие данные: 334.74 – для зоны выклинивания подпора; 227.6 – для центральной части; 219.78 – для приплотинной. Согласно полученным значениям ПХЗ-10 (табл. 4) состояние водного объекта оценивается как «чрезвычайная экологическая ситуация».

Таблица 3. Химический состав поверхностных вод водохранилища Цаган-Нур в приплотинной части. **Table 3.** The chemical composition of surface water reservoirs Tsagaan Nuur near the dam.

Вол МКГ/ДМ ВНВЛИЗВ ВВО МКГ/ДМ ВНВЛИЗВ	No	Элемент	Сим-	Содержание,	Метод	№	Элемент	Сим-	Содержание,	Метод
2. Бериллий Be 0.10 MC 37. Кадмий Cd <0.08 MC, AЭ 3. Бор В 4000 MC, AЭ 38. Индий In <0.03	1	П	вол	мкг/дм ³	анализа	26		ВОЛ	мкг/дм ³	анализа
3. Бор В 4000 MC, A Э 38. Индий In < 0.03 MC 4. Натрий Na 460000 A Э 39. Олово Sn < 0.9										
4. Натрий Na 460000 A Э 39. Олово Sn < 0.9 MC 5. Магний Mg 630000 A Э 40. Сурьма Sb 1.1 MC 6. Алюминий Al 53 MC, A Э 41. Теллур Te < 0.4		•					- ' '			
5. Магний Mg 630000 AЭ 40. Сурьма Sb 1.1 MC 6. Алюминий AI 53 MC, AЭ 41. Теллур Te <0.4										
6. Алюминий AI 53 MC, A9 41. Теллур Те < 0.4 MC 7. Кремний Si 5000 A9 42. Цезий Cs < 0.06										
7. Кремний Si 5000 A3 42. Цезий Cs < 0.06 MC 8. Фосфор общ. 200 MC, A3 43. Барий Ba 100 MC, A3 9. Сера общая Soбщ 1283890 A3 44. Лантан La <0.3)				7.1			
8. Фосфор общ. Робщ. 200 МС, АЭ 43. Барий Ва 100 МС, АЭ 9. Сера общая Soбщ. 1283890 АЭ 44. Лантан La <0.3										
9. Сера общая S _{общ} 1283890 АЭ 44. Лантан La < 0.3 MC 10. Калий К 110000 АЭ 45. Церий Се 0.18 MC 11. Кальций Са 540000 АЭ 46. Празеодим Pr < 0.02										
10. Калий К 110000 A3 45. Церий Се 0.18 MC 11. Кальций Са 540000 A3 46. Празеодим Pr < 0.02										
11. Кальций Са 540000 АЭ 46. Празеодим Pr < 0.02										
12. Скандий Sc < 6 MC 47. Неодим Nd 0.074 MC 13. Титан Ті < 0.6							\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \			
13. Титан Ti < 0.6		· ·					_			
14. Ванадий V < 0.7 MC, A3 49. Европий Eu < 0.03 MC 15. Хром Cr 2.7 MC, A3 50. Гадолиний Gd < 0.02		Скандий								
15. Хром Cr 2.7 MC, A9 50. Гадолиний Gd < 0.02 MC 16. Марганец Mn 160 MC, A9 51. Тербий Ть < 0.03										
16. Марганец Mn 160 MC, AЭ 51. Тербий Tb < 0.03 MC 17. Железо Fe 170 АЭ 52. Диспрозий Dy < 0.02							Европий			
17. Железо Fe 170 AЭ 52. Диспрозий Dy < 0.02 MC 18. Кобальт Co 1.1 MC, AЭ 53. Гольмий Ho < 0.03	15.	Хром	Cr	2.7		50.	Гадолиний	Gd	< 0.02	MC
18. Кобальт Со 1.1 МС, АЭ 53. Гольмий Но < 0.03 МС 19. Никель Ni 42 МС, АЭ 54. Эрбий Er < 0.03	16.	Марганец	Mn	160	МС, АЭ	51.	Тербий	Tb	< 0.03	MC
19. Никель Ni 42 MC, A9 54. Эрбий Er < 0.03 MC 20. Медь Cu 11 MC, A9 55. Тулий Tm < 0.03	17.		Fe	170		52.	Диспрозий	Dy	< 0.02	MC
20. Медь Cu 11 MC, AЭ 55. Тулий Tm < 0.03 MC 21. Цинк Zn < 10	18.	Кобальт	Co	1.1	МС, АЭ	53.	Гольмий	Но	< 0.03	MC
21. Цинк Zn < 10 MC, AЭ 56. Иттербий Yb < 0.04 MC 22. Галлий Ga < 0.1	19.	Никель	Ni	42		54.	Эрбий	Er	< 0.03	MC
22. Галлий Ga < 0.1 MC 57. Лютеций Lu < 0.03 MC 23. Германий Ge < 0.2	20.	Медь	Cu	11		55.	Тулий	Tm	< 0.03	MC
23. Германий Ge < 0.2 MC 58. Гафний Hf < 0.04 MC 24. Мышьяк As 10 MC 59. Тантал Ta < 0.2	21.	Цинк	Zn	< 10	МС, АЭ	56.	Иттербий	Yb	< 0.04	MC
24. Мышьяк As 10 MC 59. Тантал Ta < 0.2 MC 25. Бром Br 4900 MC 60. Вольфрам W < 0.1	22.	Галлий	Ga	< 0.1	MC	57.	Лютеций	Lu	< 0.03	MC
25. Бром Br 4900 MC 60. Вольфрам W < 0.1 MC 26. Селен Se 10 MC 61. Рений Re 0.064 MC 27. Рубидий Rb 3.5 MC 62. Осмий Os < 0.2	23.	Германий	Ge	< 0.2	MC	58.	Гафний	Hf	< 0.04	MC
26. Селен Se 10 MC 61. Рений Re 0.064 MC 27. Рубидий Rb 3.5 MC 62. Осмий Os < 0.2	24.	Мышьяк	As	10	MC	59.	Тантал	Ta	< 0.2	MC
27. Рубидий Rb 3.5 MC 62. Осмий Os < 0.2 MC 28. Стронций Sr 12000 MC, AЭ 63. Иридий Ir < 0.03	25.	Бром	Br	4900	MC	60.	Вольфрам	W	< 0.1	MC
28. Стронций Sr 12000 MC, AЭ 63. Иридий Ir < 0.03 MC 29. Иттрий Y 0.19 MC 64. Платина Pt < 0.07	26.	Селен	Se	10	MC	61.	Рений	Re	0.064	MC
29. Иттрий Y 0.19 MC 64. Платина Pt < 0.07 MC 30. Цирконий Zr < 0.5	27.	Рубидий	Rb	3.5	MC	62.	Осмий	Os	< 0.2	MC
29. Иттрий Y 0.19 MC 64. Платина Pt < 0.07 MC 30. Цирконий Zr < 0.5	28.	Стронций	Sr	12000	МС, АЭ	63.	Иридий	Ir	< 0.03	MC
30. Цирконий Zr < 0.5 MC 65. Золото Au < 0.5 MC 31. Ниобий Nb < 0.3	29.	Иттрий	Y	0.19		64.	Платина	Pt	< 0.07	MC
31. Ниобий Nb < 0.3 MC 66. Таллий Т1 < 0.04 MC 32. Молибден Мо 5.8 MC 67. Свинец Рь < 1	30.	Цирконий	Zr	< 0.5	MC	65.	Золото	Au	< 0.5	MC
32. Молибден Мо 5.8 MC 67. Свинец Pb < 1 MC, AЭ 33. Рутений Ru < 0.1			Nb							
33. Рутений Ru < 0.1 MC 68. Висмут Bi < 0.04 MC 34. Родий Rh < 0.2			Mo			67.		Pb		
34. Родий Rh < 0.2 <i>MC</i> 69. Торий Th < 0.08 <i>MC</i>						68.		Bi	< 0.04	
		•								
		, ,								

Примечание: * – показатели, максимально превышающие ПДКр и участвующие в расчете ПХ3-10. Note: * - data, exceeding the maximum PDKr and involved in the calculation of PCP-10.

УЛАНОВА 35

Таблица 4. Расчет формализованного показателя химического загрязнения (ПХЗ-10) для различных зон водохранилища Цаган-Нур по веществам 3-4 класса опасности. **Table 4.** Calculation formalized indicator of chemical pollution (PCP-10) for the different zones of the reservoir Tsagaan Nuur on substances 3-4 hazard class.

	Предел	ьно			Участк	и водоема			
№ п/п	допусти концентр вещест	рация	Зона выклинивания подпора		Централ	пьная часть	Приплотинная часть		
	Показатель	ПДКр	C_i , мг/дм 3	С _і /ПДК _і	С _i , мг/дм ³			Сі/ПДКі	
1	Бор	0.5	1.3	2.6	3.4	6.8	4	8	
2	Натрий	120	330	2.75	460	3.83	460	3.83	
3	Калий	50	42	0.84	700	17.5	110	2.2	
4	Магний	40	190	4.75	120	2.4	630	15.75	
5	Кальций	180	400	2.2	590	3.27	540	3	
6	Стронций	0.4	5.6	14	13	32.5	12	30	
7	Марганец	0.01	1.6	160	0.074	7.4	0.16	16	
8	Cepa	10	600	60	1400	140	1283	128.3	
9	Медь	0.001	0.0046	4.6	0.012 12		0.011	11	
10	Железо	0.1	8.3	83	0.19	1.9	0.17	1.7	
Рассчитанный показатель				334.74		227.6		219.78	

Результаты наземных повторных наблюдений в режиме ежегодного мониторинга за качеством воды и минерализацией в течение 2012-2013 гг., выявили увеличение минерализации поверхностных вод на всех его участках: в зоне выклинивания подпора (с 8.95 г/л до 11.08 г/л; в центральной части (с 11.60 г/л до 14.10 г/л); у плотины (8.78 г/л до 11.34). Грунтовые воды в течение двух лет незначительно изменили свою минерализацию. Тип засоления поверхностных вод и грунтовых вод натриево-сульфатно-хлоридный. Наиболее минерализованы грунтовые воды в зоне выклинивания подпора (16.14 г/л), наименее – в приплотинной (9.19 г/л). В осенний период грунтовые воды заглубляются в зависимости от блока экотона от 0.2 до 0.9 м. Их минерализация к осени увеличивается на 2-3.5 г/л. По отношению к разным участкам водохранилища минерализация грунтовых вод возрастает от зоны выклинивания подпора к плотине. Это можно объснить тем, что распресняющие воды по каналу ВР-1 из Волги поступают ближе к верхней части водоема (зоне выклинивания подпора).

Изучение изменения площади водной поверхности водоема, выполненное на основании анализа данных космической информации, показало, что к 2012 г. произошло значительное сокращение зеркала водной поверхности водоема Цаган-Нур (31.63 км²) по сравнению с данными измерений 2004 г. (60.80 км²), что, несомненно, обусловлено произошедшим уменьшением поступления в водоем дренажно-сбросных вод из-за сокращения площади орошаемых массивов.

Изначально водохранилище создавалась для гидромелиоративных целей, однако, в настоящее время, в связи с увеличением его минерализации, основное его назначение — служить водоприемником дренажно-сбросных вод. Собранная в водоеме вода весной используется на лиманное орошение. Несмотря на очень низкое качество воды, и плохое экологическое состояние водоема, соответствующее по показателю ПХЗ-10, «чрезвычайной экологической ситуации», вода водохранилища все-таки используется для водопоя скота, на нем ведутся неорганизованные рыболовство и рекреации. Экотонные территории побережья водохранилища используются для сенокошения, лиманного орошения.

С течением времени произошло снижение водохозяйственных функций водоема. Однако, водохранилище Цаган-Нур (Сарпа), являясь частью федерального зоологического заказника «Сарпинский», выполняет важную природоохранную роль. Здесь расположены места концентрации журавля-красавки (Anthropoides virgo), проходят пути пролета значительного числа птиц, среди которых такие редкие и нуждающиеся в охране, как стрепет (Tetrax tetrax), степной орел (Aquila nipalensis), орлан-белохвост (Haliaeetus albicilla), курганник (Buteo rufinus) и др. В составе лиманной растительности встречаются краснокнижные виды растений – рябчик малый (Fritillaria meleagroides),

тюльпаны – Шренка и Биберштейна (*Tulipa gesneriana*, *Tulipa biebersteiniana*), цингерия (*Zingeria biebersteiniana*), лук неравный (*Allium inaequale*). Через цепь Сарпинских озер проходят миграционные пути водоплавающих и околоводных птиц с севера к Каспию.

Выводы

Экологический мониторинг водоема Цаган-Нур выполнен на основании измеренных количественных значениий нескольких показателей: гидрологического (уровень и площадь водоема), гидрохимического (минерализация, тип химизма), экологического — оценивающему состояние водоема по расчетному показателю ПХК-10, использующему измеренные значения присутствия загрязняющих веществ разных классов опасности и их ПДКр — утвержденные значения для рыбохозяйственных водоемов), а также по экологическому состоянию и структуре экотонной системы побережья.

По этим показателям уровень и площадь водоема Цаган-Нур нестабильны, минерализация воды в вдоеме и грунтовых вод высокая, значения колеблются в сезонном и многолетнем аспекте от 2 до 4 г/л; экологическое состояние водоема оценено соответствующим «чрезвычайной экологической ситуации», несмотря на то, что водоем пополняется водой из Волги.

При общем рассмотрении и оценке водоема во внимание принималась существующая практика использования водных, земельных и биологических ресурсов водоема и его побережья, и их значение для сохранения биоразнообразия локального и регионального уровня. По этим показателям водоем имеет важное водохозяйственное значение и продолжает использоваться и для водопоя скота, и для любительского рыболовства, и для рекреации. Кроме того, нахождение на побережье краснокнижных видов растений, появление на пролете многочисленных стай мигрирующих птиц, наличие ООПТ на его побережье, позволяет считать этот водоем важным с позиций сохранения биоразнообразия локального и регионального уровня.

Выявленная экологическая проблема высокого содержания загрязняющих веществ в водоеме Цаган-Нур, требует более детального изучения причин ее возникнловения и разработки путей решения, т.к. искусственные водоемы — один из важнейших источников водных ресурсов для населения и их следует поддерживать в удовлетворительном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Калмыкия в 2001г.» 2002 / Под ред. Председателя Комитета природных ресурсов по Республике Калмыкия Хулхачиева Б.С., Заместителя Председателя по экологии Каминова Ю.Б. Элиста: Комитет природных ресурсов по Республике Калмыкия. 106 с.
- Емельянов А.Г. 1994. Комплексный геоэкологический мониторинг. Тверь: Изд-во Тверского гос. ун-та. 263с.
- Емельянов А.Г. 2007. Геоэкологический анализ бассейнов малых и средних водоемов / Под общ. ред. проф. Т.А. Трифоновой // Экология речных бассейнов: Труды 4-й Междунар. науч.-практ. конф. / Владимир: Владимирский гос. ун-т. 26 с.
- Залетаев В.С. 1997. Структурная организация экотонов в контексте управления / Экотоны в биосфере. под ред. проф. В.С. Залетаева. М.: РАСХН. С. 11-30.
- Курбатова И.Е. 2012. Космический мониторинг негативных ситуаций в прибрежных зонах крупных водоемов/ Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 9. № 2. С. 52-59.
- Новикова Н.М., Уланова С.С. 2008. Эколого-географическая оценка искусственных водоемов Калмыкии и экотонных систем «вода-суша» на их побережьях // Проблемы региональной экологии. № 2. С. 33-39.
- Новикова Н.М., Н.А. Волкова, С.С. Уланова, И.Б. Шаповалова, А.А. Вышивкин. 2011. Ответные реакции экосистем на изменение водного режима территорий в степной зоне //Аридные экосистемы. Т. 17. № 3(48). С. 38-48.
- Отчет НИР «Химический состав и качественные показатели оросительных вод Калмыкии» 1999. / Под ред. Л.В. Рудневой, В.Ф. Шматкина. Элиста: Кф ВНИИГиМ. 32 с.

УЛАНОВА 37

- Первоочередные мероприятия по снижению уровня воды в озере Сарпа и предотвращению затопления населенных пунктов Октябрьского и Кетченеровского районов Республики Калмыкия. 1994. Элиста: Комитет водного хозяйства МПР по РК. 30 с.
- Уланова С.С. 2001. Внутренние водоемы Калмыкии // Вестник Калмыцкого института социально-экономических исследований. Элиста. № 2. С.97-111.
- Уланова С.С. 2006. Применение экотонной концепции для оценки биоразнообразия, формирующегося в зоне воздействия искусственных водоемов Калмыкии // Аридные экосистемы. Т.12. № 30-31. С. 97-106.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2003. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН. 463 с.

ECOLOGICAL MONITORING RESERVOIRS CASPIAN LOWLANDS IN KALMYKIA (FOR EXAMPLE RESERVOIR TSAGAAN NUUR)

© 2015. S.S. Ulanova

Institute of Complex research arid areas Republic of Kalmykia, 358005 Elista, Homutnikova str. 111. E-mail: svetaulanova@yandex.ru

We consider the changes in the hydrological regime of the reservoir Tsagaan-Nuur located on the Caspian lowlands since its inception to the present. It is shown that in recent years due to changes in the hydrological regime takes its steady growth deterioration of water quality . First reservoir for Tsagaan-Nuur was defined indicator of chemical pollution of water (PCP -10), based on which modern ecological condition of the reservoir is estimated as an environmental emergency .

Keywords: artificial reservoir, level, mineralization, alteration, biological resources, ecotones, diversity, landand wateruse.

— ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 574.4

ФАУНИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ И НАСЕЛЕНИЕ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ВОСТОЧНОГО БЕРЕГА ОЗЕРА БУЛУХТА $\left(\text{СЕВЕРО-ЗАПАД ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ} \right)^1$

© 2015 г. А.В. Быков*, О.А. Бухарева*, М.Б. Шадрина**

* Институт лесоведения РАН
Россия, 143030 Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, д. 21.
Е-mail: buola@yandex.ru
** Институт водных проблем РАН
Россия, 119333 г. Москва, ул. Губкина 3. E-mail: shadrim@gmail.com

Поступила 03.05.2014

На восточном берегу озера Булухта сохранились участки, минимально нарушенные современными эрозионными процессами. На двух профилях, начинающихся от днища озера и тянущихся вверх до второй озерной террасы показано, что нерасчлененность восточного побережья обуславливает отсутствие заболачивания и тростниковых зарослей в прибрежной полосе, что ограничивает возможность гнездования многих видов птиц. В тоже время, нерасчлененность береговой линии обеспечивает сохранение реликтовых тамарисковых зарослей, для которых характерно обитание редких лесных видов млекопитающих и формирование скоплений пролетных птиц.

Ключевые слова: фаунистический состав, население позвоночных животных, тамарисковые сообщества, околоводные экотоны соленых озер, реликтовые экосистемы.

Озерные депрессии, вкрапленные среди бессточной равнины Волго-Уральского междуречья, обуславливают сохранение в регионе высокого биотопического и, вследствие этого, видового и экосистемного разнообразия. По побережьям соленых озер и соров, берегам соленых речек, по балкам и древним протокам, формируются разнообразные водные и околоводные сообщества, пионерные, луговые, степные, пустынные и древесно-кустарниковые экосистемы. Особую роль играют околоводные экотоны – природные комплексы переходных территорий, сформированные биогеосистемами разного типа и ранга (Новикова, 2006; Новикова, Волкова, 2011; Магомедов, 2012).

Население животных соровых водоемов, характерных для региона, хорошо изучено на примере озера Соркуль (Линдеман и др., 2005). Обилие водоплавающих и околоводных птиц на таких озерах зависит от уровня воды в акватории, наличия островов, пригодных для гнездования, расчлененности береговой линии и площади зарослей тростника. В многоводные годы острова, на которых гнездятся водные и околоводные птицы, затапливаются, береговая полоса заболачивается, и от нее отсекаются мелкие "островки". На эти "островки" перемещаются колонии птиц с островов (Линдеман и др., 1977; Быков и др., 2006; Быков, 2010). Вокруг таких водоемов сконцентрированы норы лисы, барсука, логова волков, многочисленны поселения общественной полевки, обычны слепушонка, ушастый еж и другие виды. В кустарниковых сообществах, преимущественно спирейных приуроченных к прибрежной полосе, весной и осенью скапливаются многочисленные пролетные, в том числе и лесные, виды птиц.

Озеро Булухта является одним из немногих соровых водоемов, где вдоль береговой линии в той или иной степени сохраняются тамарисковые заросли (Быков и др., 2013), являющиеся важной частью прибрежной экотонной системы (Шадрина и др., 2013). Они являются рефугием для значительной группы животных, включая почти исчезнувшие в регионе лесные виды. На побережье Булухты сохранились участки, минимально нарушенные современными эрозионными процессами. Они представляют собой уникальный объект, где комплекс околоводного экотона представлен наиболее полно. В работе приводятся данные по фаунистическому составу и населению позвоночных

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ НК 13-05-00808

животных такого участка берега, неоднократно обследованного авторами.

Материал и методы

Работа проводилась на базе Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН (запад заволжской части Прикаспийской низменности, Волгоградская область, Палласовский район). Исследования велись на восточном побережье соленого озера-сора Булухта к юго-западу от бывшего поселка Кредитка. Регион исследований относится к зоне полупустыни (Ходашова, 1960; Доскач, 1979).

Озеро Булухта расположено в центральной части озерно-лиманной депрессии и занимает ее наиболее глубокую часть, очерченную горизонталью +16.7 м. Первая терраса озера имеет абсолютные высоты до +18.5 м. Она заканчивается береговым уступом высотой от 0.5 до 1.8 м. Вторая терраса ограничена изолинией +20 м. Это озеро относится к группе пересыхающих соленых водоемов сорового типа (Динесман, 1960).

В отличие от большинства соровых водоемов региона оз. Булухта представляет собой огромный по площади, но мелкий сор с илистым дном. Акватория заполняется водой преимущественно после весеннего снеготаяния. На восточном побережье Булухты четко выраженный и относительно высокий (1.5-2 м) береговой уступ в период заполнения акватории размывается прибоем. Спирейные заросли здесь отсутствуют. До 2000 г. береговой склон закрепляли сплошные заросли тамариска, но после серии пожаров, в результате усилившейся эрозии и размыва корневых систем, кустарники на большей части берега погибли, и процессы эрозии резко усилились (Быков и др., 2013).

Практически вся береговая линия озера осложнена понижениями суффозионно-карстового происхождения, оврагами и промоинами. Они сконцентрированы в районах нескольких древних водотоков, начинающихся от второй террасы (урочища Большая и Малая Булухта, Горько-Соленое озеро и др.). В озеро впадают многочисленные временные водотоки, многие из которых перекрыты дамбами еще в конце XIX – первой трети XX в. В них весной скапливается пресная вода, некоторые из таких водоемов сохраняются до июля-августа. Эти водоемы густо заросли тростником, наиболее крупные из них имеют открытые акватории.

Для изучения фаунистического состава позвоночных животных выбран участок восточного побережья, минимально осложненный оврагами. Здесь представлены различные варианты околоводных сообществ.

В ходе работ использовались стандартные методики полевых маршрутных наблюдений с последующей камеральной обработкой. Учеты животных велись в 2001-2013 гг. на участке береговой линии длиной 5 км весной (апрель-май), летом (июнь) и осенью (сентябрь-октябрь) Такие сроки позволяют фиксировать пролетных, кочующих и гнездящихся птиц. Отмечались следы пребывания млекопитающих, их норы, встречи амфибий и рептилий. Мелких млекопитающих отлавливали на стандартных ловушко-линиях. Кроме того, были использованы материалы Г.В. Линдемана и В.А. Лопушкова, хранящиеся в архиве Джаныбекского стационара.

Околоводные сообщества описывались на двух профилях, начинающихся от лишенного растительности мокрого солончака днища озера и заканчивающегося в злаково-полукустарничковом сообществе второй озерной террасы (Шадрина и др., 2013). Первый профиль заложен на участке с хорошо выраженным береговым уступом первой террасы. Второй профиль проходит по окончанию неглубокой древней протоки, начинающейся от второй террасы. Современного водотока по ней нет, напротив протоки намыта отмель шириной 120 м. Первая терраса здесь плавно переходит в поверхность отмели. От отмели на юг тянется длинная коса, почти примыкающая к берегу. Превышение отмели и косы над мертвыми солончаками днища сора составляет от 10 до 50 см и при весеннем заполнении акватории затапливаются незначительно. Отмель и коса защищают берег от прибоя и здесь на береговом склоне и на выположенном участке отмели, сохраняются тамарисковые насаждения.

Результаты и обсуждение

В пределах берега, минимально нарушенного эрозионными процессами, от лишенных растительности мокрых солончаков днища озера в направлении к первой террасе по мере уменьшения содержания в почвенном профиле легкорастворимых солей, увеличения глубины грунтовых вод и уменьшения их минерализации выделяется следующий ряд биотопов (рис.):

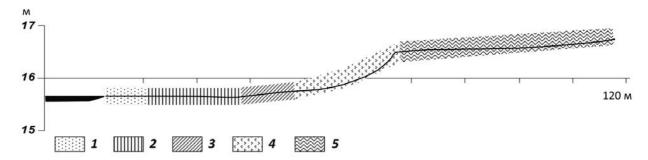


Рис. Растительность на побережье соленого озера в экотоне «вода-суша». Условные обозначения: 1- сообщества солероса, 2- сообщества тростника, 3- сообщество солончаковой астры, 4- сообщество тамариска рыхлого, 5- полоса галофильных полукустарничков; **Fig.** Vegetation at the shore of solten lake at the «water-terrestrial» ecotone. Legend, plant communities: 1. Salicornia europaea; 2. Phragmites australis; 3. Aster tripolium; 4. Tamarix laxa; 5. Community of semyshrub galophytes.

- 1) Полоса солероса (*Salicornia europaea* L.) тянется по внешнему краю косы. Ширина полосы от 3 до 40 м. В обычные годы она затапливается частично и лишь в многоводном 2012 г. была затоплена полностью.
- 2) Полоса солончаковой астры (*Aster tripolium* L.) приурочена к невысокому (10 см) валу косы. Ее ширина от 20 до 40 м. Весной территория не затапливается регулярно. В 2012 г. этот участок был слегка подтоплен.
 - 3) Тамарисковые заросли на береговом склоне первой террасы. Их ширина от 5 до 12 м.
- 4) Полоса галофитных полукустарничков (Halimione verrucifera (Bieb.) Aell, Halocnemum strobilaceum ((Pall.) Bieb., Atriplex cana C.A. Меу.и другие) первой террасы. Ее ширина до 40 м.

На втором профиле полоса солончаковой астры заменяется на полосу тростника (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud), расположенную вдоль внешнего края отмели. Ширина полосы от 20 до 40 м. Этот участок ненадолго подтапливается весной при высокой воде. Тамарисковые заросли на этом профиле расположены на прибрежной части отмели и по краю первой террасы. Ширина полосы достигает 100 м. Территория весной не затапливается. До пожара 2008 г. здесь существовал своего рода «тамарисковый лес» из высоких кустов и древовидных тамарисков высотой 3-4 м (Быков и др., 2013).

К настоящему времени на соровых водоемах региона зафиксировано 176 видов наземных позвоночных, половину которых составляют птицы. Большинство птиц здесь не гнездится, а появляется во время пролета или кочевок. Эти виды связаны с открытой водой, обсыхающими отмелями и кустарниковыми зарослями. Гнездится на озерах лишь 59 видов птиц, что в совокупности с постоянно обитающими здесь прочими позвоночными животными составляет 85 видов.

За 13 лет наблюдений весной акватория Булухты заполнялась водой ежегодно. Обычно уже к первой декаде - середине мая вода отступает и вдоль берега формируется топкая илистая полоса, которая постепенно расширяясь и высыхая, превращается в солончак. При этом, островки с гнездовыми колониями птиц остаются недоступными для наземных хищников, так как ил очень топок. На открытой воде держатся водоплавающие птицы, особенно многочисленные во время пролета. Они плавают вдоль берега, так как сюда ветром наносятся многочисленные насекомые. При глубокой воде у берега держатся лебеди-кликуны (*Cygnus cygnus* (L.)), серые гуси (*Anser anser* (L.)), различные утки (*Anas sp.*), огари (*Tadorna ferruginea* (Pall.)), пеганки (*T. tadorna* (L.)), отмечены гагары (*Gavia sp.*) и другие виды. По мере отступания воды и по окончанию массового пролета крупные виды исчезают. К концу апреля и в мае отмечаются небольшие стайки крякв, чирков, небольшие группы и единичные огари и пеганки. На подсыхающих грязях кормятся небольшие стайки мелких куликов, преимущественно черныш (*Tringa ochropus* L.) и грязовик (*Limicola falcinellus* (Pont.). Когда грязь покрывается коркой соли, встречаются лишь немногочисленные зуйки.

На островах гнездится озерная чайка (*Larus ridibundus* L.), хохотунья (*L. cachinnans* Pall.), сизая чайка (*L. canus* L.), морской голубок (*L. genei* Breme), степная тиркушка. При низком уровне воды по обнажившемся краям островков на подсыхающей грязи появляются колонии чайконосой крачки, травников, ходулочника и других видов.

Иную картину наблюдали весной 2012 г. при высоком уровне воды, когда в начале-середине мая чаша озера была заполнена полностью. Почти вся полоса солероса в прибрежной полосе оказалась под водой, полосы тростника и астры были подтоплены. В прибрежной части акватории постоянно плавали одна-две пары пеганок, группа из пяти лебедей-кликунов, 5-10 экземпляров огаря, многочисленные стайки крякв, чирков, куликов разных видов. Береговую линию раз в 20 минут «патрулировали» озерные и сизые чайки. Несколько раз в день появлялись одиночные морские голубки, стайки чайконосых крачек и серые вороны. Большинство из этих птиц прилетали сюда из тростниковых зарослей окрестных временных водотоков и у восточного берега не задерживались.

На изучаемом восточном участке побережья за годы наблюдений зафиксировано 6 видов амфибий и рептилий, 30 видов гнездящихся птиц и 18 видов млекопитающих (всего 54 вида позвоночных животных) (табл.).

Таблица. Характер пребывания наземных позвоночных животных на восточном побережье оз. Булухта. **Table**. Pattern of terrestrial vertebrates presence on the eastern cost of lake Bulukhta.

	Илистые		Полоса		Тамариск	овые заросли	Полоса
Виды	отложения без раститель- ности	Полоса солероса	солонч аковой астры	Полоса тростника	на береговом склоне	в нижней части протоки	галофитных полукустар- ников
1	2	3	4	5	6	7	8
Eж белогрудый Erinaceus concolor Martin.	-	-	-	-	+ гнезда, редко	+ гнезда, редко	-
Еж ушастый <i>E. hemiechinus</i> Gm.	-	-	-	-	-	-	+ норы, до 2005 г. обычен, после редко
Белозубка белобрюхая <i>Crocidura leucodon</i> Herm.	-	-	-	1	-	-	+ обычна
Волк Canis lupus L.	-	-	-	-	+ норы	-	+ норы
Лисица обыкновенная Vulpes vulpes L.	-	-	-	+	+	-	+ обычна
Собака енотовидная Nyctereutes procyonoides Gray.	-	-	+ редко	+ редко	+ норы	-	+ норы
Ласка Mustela nivalis L.	-	-	-	-	+ редко	+ редко	- редко
Горностай <i>М.</i> erminea L.	-	-	-	-	+ редко	+ редко	- редко
Барсук обыкновенный <i>Meles meles</i> L.	-	+ посещает	+ посеща ет	+ посещает	+ норы	-	+ норы
Заяц-русак <i>L.</i> europaeus Pall.	-	-	-	-	+ обычен	+ обычен	+ обычен
Суслик малый. Spermophilus pygmaeus Pall.	-	-	-	-	-	-	+ ныне редок
Тушканчик большой. <i>Allactaga major</i> Kerr.	-	-	-	-	-	+ обычен	+ обычен

42

Продолжение таблицы

Продолжение таблицы 1	2	3	4	5	6	7	8
Тарбаганчик	<u>-</u>	-	-	-	+	-	+
Pygeretmus pumilio					обычен		обычен
Kerr.					00211011		00211011
Слепушонка		_	_	_	-	_	+
обыкновенная							обычна
Ellobius talpinus Pall.							
Полевка	_	_	_	_	+	+	+
общественная.					обычна	обычна	обычна
Microtus socialis Pall.					ооы ша	OODI IIIu	ооы ша
Восточноевропейска	_	_	+	_	+	+	_
я полевка. <i>М</i> .			обычна		обычна	обычна	
rossiaemeridionalis			O O DI III G		ооы ша	CODI III	
Ognev.							
Мышь домовая <i>Mus</i>	_	_	+	+	+	+	_
musculus L.			обычна	обычна	обычна	обычна	
Кабан Sus scrofa L.	_	_	+	+	+	+	_
Ruoun sus seroju L.			обычна	обычна	обычна	обычна	
Большая выпь		_	- CODI III di	+	-		_
Botanurus stellaris L.	-		_	гнезда,	_		_
Domining stetter to L.				обычна			
				при			
				высокой			
				воде			
Кряква Anas	+	_	+	+	+	+	_
platyrhynchos L.	обычна		гнезда,	гнезда,	гнезда,	обычна	
piarymynenos E.	ооы ша		редко	редко	обычно	OOBI IIIu	
Чирок-свистунок А.	+	_	редко	редко +	-	_	_
crecca L.	редко	_		гнезда,	_	_	_
creed L.	редко			редко			
Серая утка А.	+	_	_	+ +	_		_
strepera L.	редко	_		гнезда,			_
sirepera L.	редко			редко			
Луни: луговой лунь	_	_	_	+ +	_	+	_
- Circus pygargus				гнезда, до		гнезда, до	
(L.) и болотный - <i>C</i> .				2008 г.		2008 г. обычен	
aeruginosus (L.)				обычен		2000 1. 00Bi icii	
Серая куропатка	_	_	 	-	_	+	+
Perdix perdix (L.)						обычна	гнезда,
rerain perain (E.)						OODI IIIu	редко
Пастушок Rallus	_	_	_	+	_	_	-
aquaticus L.				гнезда,			
agamens D.				редко			
Погоныш <i>Porzana</i>		_	_	редко +	_	_	_
porzana (L.)	-		_	гнезда,	_		_
portuina (L.)				редко			
Каспийский зуек	+	+	_	-	_	_	_
Charadrius asiaticus	гнезда,	редко	_		_		_
Pall.	редко	редко					
Морской зуек <i>Сh</i> .	редко +	+	_	_	_	_	+
alexandrinus L.	т гнезда,	редко	_	-	_	_	гнезда,
ислишины Ц.	редко	редко					очень редко
Ходулочник	редко	+	+	+		_	очень редко
Нітапtopus	-			+ гнезда,	-	_	_
himantopus (L.)		гнезда,	гнезда,	обычны			
пипашориз (L.)		редко	редко				
				при			
				высокой			
		ĺ	ĺ	воде			1

Продолжение таблицы

Продолжение таблицы	2	3	4	5	6	7	8
Травник Tringa totanus (L.)	-	+ гнезда, редко	+ гнезда, редко	+ гнезда, обычны при высокой воде	-	-	-
Перевозчик Actitis hypoleucos (L.)	-	+ гнезда, редко	-	+ гнезда, редко	-	-	-
Большой кроншнеп Numenius arquata (L).	?	+ гнезда, редко	-	-	-	-	+? гнезда, редко
Степная тиркушка Glareola nordmanni Nord.	-	-	-	+ гнезда, обычн а при высокой воде	-	-	-
Чайконосая крачка Gelochelidon nilotica Gm.	-	+ гнезда, редко	+ гнезда, редко	+ гнезда, обычн а при высокой воде	-	-	-
Филин <i>Bubo bubo</i> (L.)	-	-	-	-	+ гнезда, редко	+ гнезда	-
Ушастая сова Asio otus (L.)	-	-	-	-	-	+ гнезда, до 2008 г. обычна	-
Жаворонки: малый - Calandrella cinerea (Gm.), серый - C. rufescens (Viell.), степной - Melanocorypha calandra (L.),	-	-	-	-	-	-	+ гнезда, обычен
Желтая трясогузка Motacilla flava L.	-	-	+	-	+ гнезда, обычна	-	-
Copoкa <i>Pica pica</i> (L.)	-	-	-	+ гнезда, обычна до 2008 г, затем редко	+ гнезда, редко	+ гнезда, обычна	-
Серая ворона Corvus cornix L.	-	-	-	-		+ гнезда, обычна до 2008 г, затем редко	-
Камышевка индийская Acrocephalus agricola (Jerd.)	-	-	-	+ гнезда?	-	-	-
$egin{array}{cccc} {\sf Камышевка} & & & & \\ {\sf дроздовидная} & & {\it A.} \\ {\it arundinaceus} & ({\sf L.}) & & & \\ \end{array}$	-	-	-	+ гнезда, обычна	-	-	-

Прололжение таблины

1	2	3	4	5	6	7	8
Усатая синица	-	-	-	+	+	-	-
Panurus biarmicus				гнезда,	гнезда,		
(L.)				обычна?	обычна?		
Воробей полевой	-	-	-	+	+	+	-
Passer montanus (L.)				гнездится	гнездится в	гнездится в	
				в гнездах	гнездах	гнездах сорок	
				сорок	сорок		
Тростниковая	-	-	-	+	-	-	-
овсянка. <i>Emberiza</i>				гнезда,			
schoeniclus. (L.).				обычна			
Зеленая жаба <i>Bufo</i>	-	+	+	+	+	+	+
viridis Laur.		редко	обычно	обычно	обычно	обычно	обычно
Прыткая ящерица	-	-	-	-	-	-	+
Lacerta agilis L.							обычно
Разноцветная	-	-	-	-	-	-	+
ящурка Eremias							обычно
arguta (Pall.)							
Узорчатый полоз	-	-	-	-	-	-	+
Elaphe dione (Pall.).							обычно
Обыкновенный уж.	-	-	+	+		+	+
Natrix natrix (L.)							
Степная гадюка	-	-	-	-		+	+
Vipera ursini (Bonap.)							обычно

В полосе солончаковой астры на первом профиле (рис.) отмечены выводки большого кроншнепа, гнездится желтая трясогузка. Летом и осенью эту территорию посещает домовая мышь и восточноевропейская полевка. Здесь находятся кормовые угодья барсука. При высокой воде в солончаковой астре гнездятся тиркушки и травники.

Полоса тростника на втором профиле невелика по размерам и бедна гнездящимися птицами. Здесь гнездится выпь малая и большая, дроздовидная камышевка и усатая синица. В тростниках держится кабан.

С тамарисковым сообществом связаны не только восточноевропейские полевки и домовые мыши, но именно здесь гнездится минимум семь видов птиц (табл.). В тамарисках сохраняются и редчайшие в регионе лесные виды млекопитающих. Так в 1980-х годах здесь зафиксированы следы пребывания горностая и найден его череп (материал В.А. Лопушкова). За годы исследований нами обнаружен труп ласки, растерзанной филином, череп горностая в погадке филина и выводковое гнездо с самкой белогрудого ежа в нем. Во время пролета в насаждениях останавливается более 20 видов лесных воробьиных птиц. Отмечена зеленая жаба и степная гадюка. В береговом склоне норятся лиса и волк. Необходимо отметить, что в глинистой полупустыне Волго-Уральского междуречья, сообщества тамариска рыхлого (*Tamarix laxa* Willd), относящиеся к северной границе своего распространения, находятся под угрозой исчезновения из-за усилившейся антропогенной нагрузки и почти полного отсутствия семенного возобновления (Быков и др., 2008, 2013).

В полосе галофитных полукустарничков на всем протяжении первой террасы многочисленны поселения общественной полевки. На этом участке гнездятся жаворонки – степной, малый и серый), охотятся луни, а в период миграций, группами до 100 экземпляров, скапливаются болотные совы (Asio flammeus). Эту территорию периодически заселяет малый суслик, здесь встречается ушастый еж, обычны зеленая жаба, прыткая ящерица, обыкновенный уж, степная гадюка и узорчатый полоз. Именно в этой полосе сосредоточены поселения барсука – одно на 1.5-2 км береговой линии.

Специфика этой части побережья проявляется и в том, что гнездование большинства видов птиц отмечается здесь не ежегодно и единично. Это связано с тем, что здесь, как было указано выше, даже при высокой воде не отсекаются многочисленные островки, и побережье не заболачивается. В результате на побережье образуется явный дефицит мест гнездования. Так в многоводном 2012 г., когда под водой оказалась вся полоса солеросов, а полоса тростников и астр была подтоплена, на подтопленных местах загнездились степные тиркушки и травники. Подчеркнем, что на заболоченных

участках побережья большинства других соровых водоемов, эти виды образуют компактные, шумные, заметные издали колонии из нескольких десятков гнездящихся пар, что помогает отпугивать хищников. В рассматриваемом случае, в условиях абсолютной доступности гнезд со стороны берега и узости пригодной для гнездования полосы, птицы применили иную стратегию защиты — скрытность одиночно расположенных гнезд. На 1 км береговой линии отмечалось в среднем три гнезда травников и два — степной тиркушки. Очевидно, что в 2012 г. многие пары этих видов не гнездились, так как в полосе галофитных полукустарничков и выше них, в дерновинно-злаковой степи в мае - июне встречались группы из 15 - 30 не гнездящихся тиркушек, а группы из 7-15 травников постоянно держались на подтопленных отмелях.

Выводы

На восточном побережье оз. Булухта единственным биотопом, пригодным для гнездования водных и околоводных птиц, оказывается полоса тростника. В то же время, даже при затоплении островов и дефиците гнездовий, лишь немногие виды и особи занимают тростники. Для большинства млекопитающих затапливаемые или подтапливаемые сообщества отмелей являются временными кормовыми угодьями, и лишь кабан использует заросли тростника как убежище.

Тамарисковые насаждения вносят серьезный вклад в фауну экотона соленого озера. Они предопределяют обитание довольно большой и специфической группы птиц и млекопитающих, в том числе и редких в регионе лесных видов. В то же время, тамарисковое сообщество безразлично для видов собственно водно-болотного комплекса. Особо следует отметить роль тамарисковых зарослей для пролетных видов мелких лесных птиц, предпочитающих кормиться и останавливаться на ночевку в редких для региона кустарниковых насаждениях (Быков, 2010; Быков и др., 2006).

Таким образом, на рассматриваемом участке восточного побережье оз. Булухта постоянно живет или гнездится всего 54 вида наземных позвоночных животных, что составляет 31% от числа зарегистрированных на соровых водоемах региона. Это объясняется нерасчлененностью береговой линии и невозможностью гнездования тут значительного числа птиц водного и водно-болотного комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быков А.В. 2010. Значение древесно-кустарниковой растительности для позвоночных животных глинистой полупустыни Заволжья // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5. С. 90-97.
- Быков А.В., Колесников А.В., Кулакова Н.Ю., Шабанова Н.П. 2008. Аккумуляция влаги и эрозия почвы на поселениях общественных полевок в Северном Прикаспии // Почвоведение. № 8. С. 1019-1024.
- Быков А.В., Линдеман Г.В., Лопушков В.А. 2006. Степные пожары в Приэльтонье // В кн.: Биоразнообразие и проблемы природопользования в Приэльтонье. Сб. научн. трудов. Волгоград: изд. «ПринТерра». С. 112-117.
- Быков А.В., Колесников А.В., Шадрина М.Б., Бухарева О.А., Шабанова Н.П. 2013. Воздействие пожаров на приозерные тамарисковые сообщества в Северном Прикаспии // Лесоведение. № 6. С. 3-9.
- Динесман Л.Г. 1960. Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.: Изд. АН СССР. 160 с.
- Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.
- Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А. 2005. Динамика населения позвоночных животных Заволжской полупустыни. М.: Наука. 252 с.
- Линдеман Г.В., Залетаев В.С. 1977. К распространению редких видов чаек в Западном Казахстане // Редкие и исчезающие звери и птицы Казахстана. Алма-Ата. С. 199-201.
- Магомедов М.М. 2012. Ценообразующая роль древовидных кустарников (*Tamarix meyeri* Boiss., *T. ramosissima* Ledeb.) аридных территорий Северо-западного Прикаспия. Автореф. дис. канд. биол. наук. Махачкала. 24 с.
- Новикова Н.М. 2006. Достижения и задачи в изучении экотонных систем «вода-суша» // Аридные экосистемы. Т. 12. № 30-31. С. 12-19.
- Новикова Н.М., Волкова Н.А. 2011. Методика сбора и анализа натурных данных для выделения границ и комплексной характеристики структурно-функциональных блоков экотона // Экотонные

системы вода-суша, методика исследований, структурно-функциональная организация и динамика. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 16-34.

Ходашова К.С. 1960. Природная среда и животный мир глинистых полупустынь Заволжья. М.: Изд. АН СССР. 140 с.

Шадрина М.Б., Быков А.В., Колесников А.В., Шабанова Н.П. 2013. Структурно-функциональная организация экотона побережья пересыхающего озера Булухта (Северный Прикаспий) // Аридные экосистемы. Т. 19. № 4 (57). С. 70-76.

FAUNAL LIST AND VERTEBRATE POPULATION FOR EASTEN COAST OF THE LAKE BULUKHTA (NORTH CASPIAN LOWLAND)

© 2015. A.V. Bykov *, O.A. Bukhareva*, M.B. Shadrina**

*Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences
Russia, 143030 Moscow area, Odintsovskii distr., s.Uspenskoe, Sovetskaja str., 21.

E-mail: buola@yandex.ru

** Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3. E-mail: shadrim@gmail.com

Different semi-aquatic communities are presented on salt lakes shores within the Volga-Ural drainless interfluve. Vertebrate population of these communities depends on water level, presence of islands and shoreline configuration. At high water-level the islands nested by aquatic and semi-aquatic birds, are flooded. Dissected shoreline is swamped, and small islands appearing along. Bird colonies move to these small islands. There are 176 species of terrestrial vertebrates on salt lakes of the region. The half of them are birds.

There are territories less transformed by modern erosion processes on the eastern shore of the lake Bulukhta. The most complete aquatic-terrestrial ecotone is presented here. On two profile lines from plantless salt marshes to the second lake terrace with gramineous and semyshrubs vegetation it is shown that not dissected shoreline leads to poor reedbeds and not swamping of shore-land. This limits opportunity for nesting of the most birds. At the same time not dissected shoreline provides protection for relict tamarisk communities inhabited by the peculiar group of vertebrates including rare forest species and leads to migration birds flocking. In a whole there are 54 species of terrestrial vertebrates constantly living and nesting within the studying territory, composing 31 % of all the salt lakes' species in the region.

Keywords: faunal list, terrestrial vertebrates population, tamarisk communities, relict ecosistems, salt lakes ecotone.

—— ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 574.52:579.26

АВТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ ВОДОТОКОВ СИСТЕМЫ ОЗЕРА ЭЛЬТОН 1

© 2015 г. Т.Н. Яценко-Степанова*, М.Е. Игнатенко*, Н.В. Немцева*, О.Г. Горохова**

*Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН Россия, 46000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11. E-mail: yacenkostn@gmail.com **Институт экологии Волжского бассейна РАН Россия, 445003 г. Тольятти, ул. Комзина, 10

Поступила 24.02.2014

Впервые исследованы сообщества автотрофных микроорганизмов устьев семи мезо- и гипергалинных рек природного парка "Эльтонский". Выявлены 132 вида, разновидности и формы из 6 отделов. Отмечено своеобразие видового состава флоры каждого из исследуемых водотоков. Установлено отсутствие зависимости видового богатства от уровня минерализации.

Ключевые слова: автотрофные микроорганизмы, минерализация, Эльтон.

Озеро Эльтон (Волгоградская область, Палассовский район) – одно из интереснейших озер планеты, самое крупное в Европе соленое самосадочное озеро, уникальное по происхождению, химическому составу, запасам и бальнеологическим свойствам лечебной рапы и грязи. В него впадают 7 малых рек с различным уровнем минерализации. Озеро и его притоки являются ключевыми природными территориями, «ядром» экологического каркаса, выполняющим основные средообразующие функции и имеющим первостепенное значение, в том числе и в поддержании регионального биоразнообразия (Калюжная и др., 2011). Особенность и ценность данного природнотерриториального комплекса закреплены в нормативных документах, согласно которым в 2001 г. было создано государственное учреждение "Природный парк "Эльтонский", имеющее статус особо охраняемой природной территории. Научно-исследовательская деятельность на территории парка осуществляется по нескольким направлениям, включая инвентаризацию, оценку состояния и мониторинг природных комплексов и объектов, изучение водного компонента озер, рек и их частей, родников и минеральных источников. В настоящее время проводится комплекс исследований, направленных на оценку современного экологического состояния водоемов и водотоков экосистемы Приэльтонья, включая изучение биологического разнообразия минерализованных малых рек (Зинченко, Головатюк, 2010; Калюжная и др., 2011; Гусаков, Гагарин, 2012).

Вместе с тем, исследования автотрофных микроорганизмов водотоков природного парка "Эльтонский" немногочисленны: имеются отдельные сведения о видовом составе планктонных водорослей реки Хара (Буркова, 2012). Реки бассейна озера Эльтон имеют значительный градиент солености, характеризуются своеобразным гидрологическим и гидрохимическим режимом, в связи с чем актуальность анализа состава и структуры фитопланктонных сообществ различных участках водотоков очевидна. Наиболее специфичны в этом плане устьевые зоны, где в отдельные периоды сгонно-нагонных явлений отмечается смешение водных масс рек и озера Эльтон. В результате создаются особые условия, позволяющие рассматривать эти участки как своеобразные эстуарные системы, гидрохимические параметры которых нестабильны вследствие значительных колебаний солености.

47

¹ Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 13-04-00740-а, № 13-04-10119-к, и по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» проект № 12-П-4-1039, по Программе инициативных проектов фундаментальных исследований Уральского отделения РАН проект № 12-У-4-1031.

48 АВТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ ВОДОТОКОВ ... ОЗ. ЭЛЬТОН

Целью исследований явилась оценка видового богатства и уровня количественного развития автотрофных микроорганизмов устьевых участков семи притоков озера Эльтон в рамках решения проблемы комплексного изучения водных экосистем природного парка "Эльтонский".

Материалы и методы

Озеро Эльтон, расположенное на юго-востоке Европейской части России в пределах северной части Прикаспийской низменности, является одним из крупнейших соляных озер Европы, степень минерализации его может превышать 300.0 г/л. Климатические условия характеризуются резким дефицитом осадков и засушливостью, большой амплитудой экстремальных температур (более 86 °C), активным ветровым режимом.

В озеро Эльтон впадают семь мезо- и гипергалинных рек – Хара, Ланцуг, Солянка, Чернавка, Карантинка, Большая Саморода, Малая Саморода (в литературных источниках используются также названия Большая и Малая Сморогда) (рис.1).

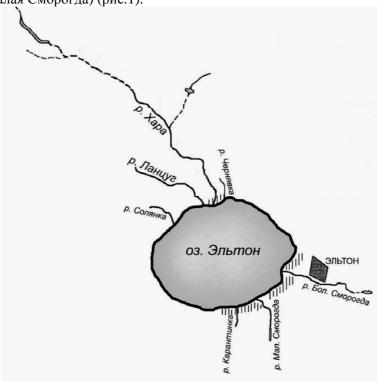


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб в устьевых участках рек. **Fig. 1**. Map of the study area and locations of samples in the salt rivers mouths.

Степень минерализации воды в устьевых участках рек варьирует, амплитуда колебаний связана со многими факторами, в том числе с режимом атмосферных осадков, испарением, взаимодействием речного стока с озером, а так же сгонно-нагонными явлениями в системе озеро-река. Для рек характерны значительные колебания уровня воды: наполняясь водой после снеготаяния, они нередко пересыхают в верховьях в засушливые периоды. Относительно постоянный сток воды наблюдается в районе среднего и нижнего течения. В таблице 1 приведены некоторые характеристики устьевых участков исследованных рек.

Материалом для настоящей работы послужили пробы воды (n=30), отобранные в устьевых участках семи рек-притоков озера Эльтон в мае и августе 2011-2012 гг. Сбор и обработку материала проводили по стандартным методикам: часть проб фиксировали раствором формалина, концентрировали методом фильтрации через мембранные фильтры «Сынпор» №1 и седиментационным методом; другую часть проб исследовали в живом состоянии. Численность автотрофных микроорганизмов определяли путем подсчета в камере типа «Нажотта» (V=0.01 см³) при световой микроскопии (микроскопы марки «Axiostar plus» и «Standard-25» Carl Zeiss). Степень общности видового состава автотрофных микроорганизмов устьевых участков рек оценена по величинам индекса Серенсена.

Идентификация водорослей, написание фамилий авторов таксонов и характеристика водорослей по категории галобности были проведены в соответствии с литературными источниками (Яценко-Степанова Т.Н. и др., 2014).

Таблица 1. Некоторые характеристики устьевых участков рек бассейна озера Эльтон. **Table 1.** Some characteristics of the river estuary basin of Lake Elton.

Vanagranuarugu	Устьевые участки рек									
Характеристики	Xapa	Ланцуг	Солянка	Чернавка	Б.Саморода	МСаморода	Карантинка			
Координаты	N 49°12' E 46°39'	N 49°12' E 46°38'	N 49°10' E 46°35'	N 49°12' E 46°40'	N 49°07' E 46°47'	N 49°05' E 46°43'	N 49°05' E 46°41'			
Глубина, м	0.05-3.0	0.05-1.6	0.05-0.8	0.05-0.8	0.05-1.0	0.05-0.15	0.02-0.05			
Температура воды, °С	21.7-33.4	18.8-30.7	19.2-28.3	21.8-31.5	19.2-26.5	24.3-24.6	26.0-28.1			
Минерализация, Γ/π^*	12.5-41.4	12.9-30.0	25.2-28.55	17.2-31.7	10.3-15.8	41.1-180.0	9.2-15.7			

Примечание - * Величина минерализации приведена по данным аккредитованной гидрохимической лаборатории ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды» г. Самара; температура и глубина измерены в период отбора проб.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований в устьевых участках рек природного парка "Эльтонский" выявлены 132 вида, разновидности и формы автотрофных микроорганизмов из 6 отделов: Bacillariophyta — 101, Chlorophyta — 17, Euglenophyta — 3, Cryptophyta — 1, Dinophyta — 1, Cyanoprokaryota — 9. Наибольшим видовым разнообразием отличались устьевые участки рек Хара, Чернавка, Ланцуг, Большая Саморода, где было выявлено соответственно 59, 58, 56 и 50 видовых и внутривидовых таксонов водорослей. Альгофлора устьевых участков рек Солянка, Карантинка и Малая Саморода характеризовалась меньшим видовым разнообразием, здесь было зарегистрировано соответственно только 37, 35 и 30 таксонов рангом ниже рода. Установлено, что наибольшим видовым и внутривидовым разнообразием в альгофлоре всех водотоков характеризовался отдел Васіllarіорhyta, что обусловлено пластичностью группы в целом по отношению к различным экологическим факторам среды.

В настоящей работе нами приводится общий список автотрофных микроорганизмов устьевой части рек-притоков озера Эльтон с указанием места их обнаружения и категории галобности (табл. 2).

Таблица 2. Таксономический состав автотрофных микроорганизмов устьевых участков рек бассейна озера Эльтон. **Table 2**. Taxonomic list of autotrophic microorganisms estuarine of Lake Elton.

				Реки				
Таксономический состав	Xapa	Ланцуг	Солянка	Чернавка	Б. Саморода	М.Саморода	Карантинка	Галобность
BACILLARIOPHYTA								
Achnanthes brevipes C. Agardh var. brevipes	+	+	+	+	+	+	+	hl
A. brevipes var. intermedia (Kütz.) Cleve			+	+	+	+		mh
A. delicatula (Kütz.) Grunow					+			hl
A. lanceolata (Brèb.) Grunow in Cleve and Grunow var.	+							i
elliptica Cleve								
A. longipes C. Agardh	+	+	+	+	+	+		hl
Amphora coffeaeformis (C. Agardh) Kütz.	+	+	+	+	+	+	+	mh
A. commutata Grunow			+		+			mh
A. holsatica Hust.					+			mh
A. libyca Ehrenb.		+						hl

50 АВТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ ВОДОТОКОВ ... ОЗ. ЭЛЬТОН

Продолжение таблицы 2

Продолжение таблицы 2			1		1			
A. ovalis (Kütz.) Kütz.					+			i
A. pediculus (Kütz.) Grunow			+					i
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenb.) Pfitzer					+			hl
Aulacoseira granulata (Ehrenb.) Simonsen	+	+		+				i
Bacillaria paradoxa Gmel.					+		+	mh
Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve		+					·	hl
Campylodiscus bicostatus W. Sm. in Roper		'		+				hl
C. clypeus Ehrenb.				'				mh
					+			
Chaetoceros mulleri Lemmerm.	+	+			+			hl
Chaetoceros sp.	+	+		+	+			-
Chaetoceros spp.		+			+			-
Cocconeis placentula Ehrenb. var. placentula		+		+		+		i
C. placentula var. euglypta (Ehrenb.) Grunow	+	+				+		i
C. placentula var. intermedia (Herib. and Perag. in Herib.)	+							i
Cleve								
C. placentula var. lineata (Ehrenb.) Van Heurck	+	+	+	+	+			i
C. placentula var. rouxii (Herib. and Brun in Herib.) Cleve		+			·			i
Cyclostephanos dubius (Fricke) Round	+	+		+	+	+	+	
Cyclotella distinguenda Hust. var distinguenda	+	+	+	+	'	<u>'</u>	+	hl
				· ·				
C. distinguenda var. unipunctata (Hust.) Hak. and Carter		+		+		+	+	1
C. meneghiniana Kütz.	+	+	+	+	+	+	+	hl
Cyclotella sp.					+			-
Cymatopleura elliptica (Brèb.) W. Sm.	+							i
C. solea (Brèb.) W. Sm.	+	+		+				i
Cymbella affinis Kütz.				+				i
C. cistula (Ehrenb.) Kirchn.	+			+				i
C. elginensis Krammer		+						hb
C. lanceolata (Ehrenb.) Van Heurck							+	i
C. pusilla Grunow in A.W. F. Schmidt				+				hl
C. silesiaca Bleisch in Rabenh.								i
	+							
C. tumida (Brèb.) Van Heurck		+						1
Cymbella sp.			+		+		+	-
Diatoma moniliformis Kütz.		+		+				-
D. tenuis C. Agardh						+		hl
D. vulgaris Bory	+	+		+				i
D. vulgaris Morphotyp producta	+							i
D. vulgaris Morphotyp ovalis				+				i
Diploneis ovalis (Hilse) Cleve		+						i
D. smithii (Brèb.) Cleve		+						mh
Epithemia sorex Kütz.		+						i
E. turgida (Ehrenb.) Kütz.		+						i
Fragilaria construens (Ehrenb.) Grunow f. subsalina		'					1	hl
							+	111
(Hust.) Hust.								
F. construens f. venter (Ehrenb.) Hust.					+			i
F. crotonensis Kitton	+	+		+	+	ļ		hl
F. fasciculata (C. Agardh) Lange-Bert.					+		+	hl
F. ulna (Nitzsch) Lange-Bert.		+		+		+		i
F. ulna var. acus (Kütz.) Lange-Bert.	+	+	+	<u> </u>	<u> </u>			i
Gomphonema acuminatum Ehrenb.				+				i
G. angustatum (Kütz.) Rabenh.						+		i
G. olivaceum (Hornem.) Brèb.		+						i
G. parvulum (Kütz.) Kütz.						+		i
Gyrosigma acuminatum (Kütz.) Rabenh.					+	- '-		i
	+	+		+		,		
G. attenuatum (Kütz.) Rabenh.	+	+		+		+		i
Hantzschia amphioxys (Ehrenb.) Grunow in Cleve and			+	+				i
Grunow	ļ					ļ		
Mastogloia pumila (Cleve and Moller) Cleve	ļ					ļ	+	mh
Navicula capitata Ehrenb. var. hungarica (Grunow) R. Ross		+		+		+		i
N. capitatoradiata Germ.	+	+		+	+		+	i
N. cincta (Ehrenb.) Ralfs in A. Pritch.		<u> </u>	+	<u> </u>			+	hl
N. cryptocephala Kütz.	+		+	+	+	+	+	i
	•					•	•	

Продолжение таблицы 2				ı	1			1
N. incertata Lange-Bert.				+				-
N. mutica Kütz.			+					i
N. pygmaea Kütz.	+	+	+	+	+		+	mh
N. radiosa Kütz.		+						i
N. spicula (Hickie) Cleve						+		mh
N. subrhynchocephala Hust.					+		+	i
N. veneta Kütz.	+	+	+	+	+	+	+	hl
N. viridula (Kütz.) Ehrenb.		+	+					hl
Navicula sp.	+	+	+	+	+		+	-
Nitzschia acicularis (Kütz.) W. Sm.	+	+	+	+				i
N. closterium (Ehrenb.) W. Sm.	+		+	+		+		mh
N. communis Rabenh.	+	+	+	+	+	+	+	i
N. commutata Grunow in Cleve and Grunow				+				mh
N. compressa (Bailey) Boyer					+			mh
N. constricta (Kütz.) Ralfs in A. Pritch.			+					mh
N. frustulum (Kütz.) Grunow				+				hl
N. hungarica Grunow	+	+	+	+	+		+	mh
N. reversa W. Sm.			+	+				hl
N. sigma (Kütz.) W. Sm.						İ	+	mh
N. vermicularis (Kütz.) Hantzsch in Rabenh.	+	+						i
Nitzschia sp.			+					-
Opephora olsenii Möller					+			hl
Pinnularia borealis Ehrenb.					<u> </u>	1	+	i
Pleurosigma delicatulum W. Sm.	+			+		1	<u> </u>	-
Rhopalodia sp.	+							_
Stauroneis anceps Ehrenb.	+	+			+		+	i
Stephanodiscus rotula (Kütz.) Hendey	+			+	<u>'</u>		+	i
Surirella angustata Kütz.	+			'			'	i
S. brebissonii Krammer and Lange-Bert.	,	+		+	+			i
S. ovalis Brèb.	+	+		'	'			mh
S. striatula Turpin	+	'			+			mh
Thalassiosira hendeyi Halse et G.A. Fryxell	+	+	+	+	'			hl
T. weissflogii (Grunow) G.A. Fryxell and Hasle	+	+	1	+			+	-
Thalassiosira sp.	+	'		'	+		'	_
CHLOROPHYTA	'							
Asteromonas gracilis Artari				+	+	+		ph
Carteria salina Wislouch	+			'	'	-		pii
Carteria sp.	+		+		+	+		-
Chlamydomonas sp.								_
Dunaliella asymmetrica Massjuk	+		+	+		+	+	ph
D. minuta Lerche						+		1
D. salina Teodor.	+	+	+	+		+	+	ph ph
D. viridis Teodor.	-	-	-		+	+		
	+	+	+	+	+	+		ph
Monoraphidium minutum (Nägeli) KomarkLegn.	+			+	+		+	-
Oocystis borgei J. Snow	+					1		1
Pediastrum duplex Meyen	+				+			1
Scenedesmus acutiformis Schröd.	+					1		-
S. quadricauda (Turpin) Brèb.	+	+				<u> </u>		i
Tetraselmis arnoldii (ProschkLavr.) R.E. Norris et al.	+	+	+	+	+	+		-
T. contracta (N. Carter) Butcher			+			<u> </u>		-
T. tetrathele (G.S. West) Butcher	+			+				-
Chaetophoraceae sp.				+	<u> </u>	<u> </u>		-
EUGLENOPHYTA	1	1	1	ı	ı	1	1	
Euglena proxima P.A. Dang.	1		+		+	1	+	mh
Euglena texta (Duj.) Hübner var. salina (F.E. Fritsch) T.G.	+	+					+	hl
Popova.	1					1		
Euglena sp.	+			+	+	<u> </u>		_
DINOPHYTA	1	1	1	1	1	1	1	1
Gymnodinium sp.	+				+			-
СКУРТОРНУТА	1	1	1	1	1	1	1	
Chroomonas sp.			+					-

Продолжение таблицы 2

продолжение таолицы 2								
CYANOPROKARYOTA								
Anabaena sp.							+	-
Geitlerinema amphibium (Agardh ex Gomont) Anagn.		+		+			+	hl
Lyngbya confervoides C. Agardh ex Gomont							+	-
Oscillatoria major Vaucher ex Hansg.			+	+	+			-
Oscillatoria sp.	+	+	+	+	+	+	+	-
Romeria chlorina Bocher		+						-
Spirulina major Kütz. ex Gomont					+			ph
Synechococcus sp.			+	+				-
Synechocystis minuscula Woron	+					+		-
ВСЕГО: 132	59	56	37	58	50	30	35	100

Примечания: «+» - наличие таксона в пробе; Галобность: \mathbf{ph} - полигалоб, \mathbf{mh} - мезогалоб, \mathbf{hl} - галофил, \mathbf{i} - индифферент, \mathbf{hb} - галофоб, «-» - галобность не определена.

Анализ общности видового состава показал, что, несмотря на близкое географическое положение и климатические условия, сходство флоры исследуемых водотоков невелико - индекс Серенсена варьировал от 0.4 до 0.6 (табл. 3).

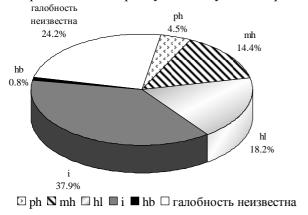
Таблица 3. Индекс общности видового состава автотрофных микроорганизмов устьевых участков водотоков системы озера Эльтон. **Table 3.** Index of community species composition of autotrophic microorganisms estuarine in the basin of Lake Elton.

Реки	Xapa	Чернавка	Ланцуг	Б. Саморода	Солянка	Карантинка	М. Саморода
Xapa	1	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4
Чернавка	0.6	1	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5
Ланцуг	0.6	0.6	1	0.4	0.4	0.4	0.4
Б. Саморода	0.5	0.5	0.4	1	0.4	0.4	0.4
Солянка	0.4	0.5	0.4	0.4	1	0.4	0.4
Карантинка	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	1	0.4
М. Саморода	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	1

Известно, что соленость является одним из важнейших абиотических факторов, регулирующих структуру биоценоза. Изменение числа видов организмов в зависимости от уровня минерализации в озерах и реках рассмотрено в целом ряде работ: как правило, исследователи отмечают снижение видового богатства и упрощение структуры ценозов при высокой степени солености (Williams, 1998; Last, Ginn, 2005; Lovett et al., 2007; Гусаков, Гагарин, 2012). При анализе таксономического состава альгофлоры в зависимости от уровня минерализации устьевых участков рек нами не выявлено четкой связи солености и таксономического богатства. Так, в разных по степени солености реках, число таксонов микроорганизмов изменяется в пределах от 30 до 59 таксонов при минерализации воды от 9 до 40 г/л (табл.1, 2). В отдельные периоды отмечалось большее видовое богатство автотрофных микроорганизмов при высоком уровне минерализации. Например, в р. Чернавка при минерализации 30.0 г/л зарегистрирован 31 таксон рангом ниже рода, а при минерализации 17.2 г/л – 17 таксонов. Отсутствие зависимости таксономического богатства сообществ автотрофных микроорганизмов от уровня минерализации может быть связано со спецификой устьевых зон малых рек Приэльтонья, обусловленной нестабильностью гидрохимических факторов и заносом микрофлоры из верхних участков.

Эколого-флористический анализ сообществ автотрофных микроорганизмов показал, что из 132 видов и внутривидовых таксонов, зарегистрированных в устьевых участках семи рек, 100 являются индикаторами галобности (табл.2). В группе индикаторных таксонов обнаружены полигалобы (6 таксонов рангом ниже рода), мезогалобы (19) и олигогалобы, в том числе галофилы (24), галофобы (1), индифференты (50) (рис. 2). Преобладание олигогалобов в континентальных водоемах не является исключением для гипер- и ультрагалинных водоемов (Неврова, Шадрин, 2005; Сапожников, 2010). Анализ сообществ автотрофных микроорганизмов по категории галобности выявил различия в соотношении групп видов-индикаторов в отдельных реках в соответствии с их уровнем минерализации (рис. 2), динамичным гидрохимическим режимом, заносом микрофлоры из верхних

менее минерализованных участков и сгонно-нагонными явлениями, когда происходит смешение вод гипергалинного озера и устъевых участков рек.



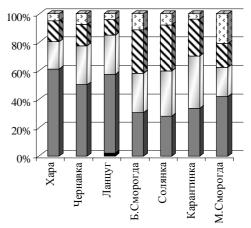


Рис. 2. Соотношение автотрофных организмов - индикаторов галобности в альгофлоре устьевых участков рек (ph — полигалоб, mh — мезогалоб, hl — галофил, i — индифферент, hb — галофоб). **Fig. 2**. Ratio of autotrophic microorganisms — indicators of halobity (ph — polihalob, mh — mezohalob, hl — halophytes, i — indifferent, hb — halofob).

Эти факторы обусловливают и изменения количественных показателей альгоценозов устьевых участков. Так, для них характерна значительная амплитуда колебаний численности (табл. 4). Основу численности сообществ формировали, главным образом, Bacillariophyta, Chlorophyta и Суапоргокатуоtа. Доминирующий комплекс альгофлоры р. Карантинка отличался от других рек наиболее значимой ролью цианопрокариот, а р. Ланцуг – диатомовых. Количественные показатели развития автотрофных микроорганизмов устьевой части рек также не имели однозначной зависимости от уровня минерализации.

Таблица 4. Количественные показатели развития автотрофных микроорганизмов в устьевой части соленых рек. **Table 4.** Quantitative indicators of the development of autotrophic microorganisms in the mouth of salt rivers.

		Численнос	сть, млн кл/л	
Реки	Абсолютные значения, min	Доминирующий отдел, (% от общей численности автотрофных микроорганизмов)	Абсолютные значения, max	Доминирующий отдел, (% от общей численности автотрофных микроорганизмов)
Xapa	2.0	Chlorophyta (86.4)	906.4	Bacillariophyta (99.5)
Ланцуг	3.064	Bacillariophyta (100)	49.92	Bacillariophyta (100)
Солянка	1.15	Cyanoprokaryota (52.8)	144.9	Cyanoprokaryota (50.2); Euglenophyta (30.6)
Чернавка	5.17	Cyanoprokaryota (65.1)	136.24	Bacillariophyta (86.0)
Б. Саморода	0.48	Bacillariophyta (50.0); Cyanoprokaryota (31.7)	353.29	Chlorophyta (100)
М. Саморода	31.53	Chlorophyta (99.9)	5846.6	Cyanoprokaryota (99.9)
Карантинка	16.48	Cyanoprokaryota (97.8)	96.0	Cyanoprokaryota (91.0)

Заключение

Впервые исследованы сообщества автотрофных микроорганизмов в устьях семи мезо- и гипергалинных рек природного парка "Эльтонский". Выявлены 132 вида, разновидности и формы автотрофных микроорганизмов из 6 отделов (Bacillariophyta – 101, Chlorophyta – 17, Euglenophyta – 3, Cryptophyta – 1, Dinophyta – 1, Cyanoprokaryota – 9). Видовое разнообразие видовых и внутривидовых таксонов на разных реках составляло: р. Хара – 59, Чернавка – 58, Ланцуг – 56, Большая Саморода –

50, Солянка – 37, Карантинка – 35 и Малая Саморода – 30. Отмечено своеобразие видового состава флоры каждого из исследуемых водотоков, индекс Съеренсена варьировал от 0.4 до 0.6

Выявлено преобладание олигогалобов, что является характерной чертой континентальных водоемов с высокой минерализацией. Специфичность альгофлоры устьевых зон соленых рек Приэльтонья обусловлена нестабильностью гидролого-гидрохимических условий системы озеро-река и характеризуется отсутствием четкой зависимости таксономического богатства сообществ автотрофных микроорганизмов от уровня минерализации.

Количественные показатели развития автотрофных микроорганизмов в устьях исследуемых водотоков характеризовались значительной амплитудой колебаний численности, с преобладанием диатомовых водорослей и цианопрокариот. В отдельные периоды в доминирующий комплекс входили и обильно развивающиеся зеленые водоросли. Не выявлена четкая зависимость количественных показателей развития водорослей от уровня минерализации.

Полученные данные согласуются с общебиологическими закономерностями, в соответствии с которыми влияние минерализации проявляется в экологическом подборе видов, адаптированных к экстремальным условиям, определяющим структурные особенности микроводорослей устьевых участков соленых рек Приэльтонья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Буркова Т.Н. 2012. Таксономический состав альгофлоры планктона высокоминерализованной реки Хара // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 21. №3. С. 25-35.

Гусаков В.А., Гагарин В.Г. 2012. Состав и структура мейобентоса высокоминерализованных притоков озера Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 18. №4 (53). С. 45-54.

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.

Калюжная И.Ю., Калюжная Н.С., Сохина Э.Н. 2011. Экологический каркас как основа территориального планирования природного парка «Эльтонский» // Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе. Ч. 1. Материалы электронной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 105-112.

Неврова Е.Л., Шадрин Н.В. 2005. Донные диатомовые водоросли соленых озер Крыма // Морський екологічний журнал. Т. IV. №4. С. 61-71.

Сапожников Ф.В. 2010. Ценозы донных микроводорослей Большого Арала на этапе ультрагалинизации. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва. 24 с.

Яценко-Степанова Т.Н., Игнатенко М.Е., Немцева Н.В. 2014. Альгофлора разнотипных водоемов ландшафтно-ботанического памятника природы «Соленое урочище Тузлукколь» (Оренбургская область) // Растительный мир Азиатской России. №2 (14). С. 3-8.

Last W.M., Ginn F.M. 2005. Saline systems of the Great Plains of western Canada: an overview of the limnogeology and paleolimnology // Saline Systems. №1. P. 1-38.

Lovett S., Price P., Edgar B. (eds). 2007. Salt, nutrient, sediment and interactions: findings from the national river contaminants program. Land and Water Australia. Canberra. P. 150.

Williams W.D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // Hydrobiologia. Vol. 381. P. 191-201.

AUTOTROPHIC MICROORGANISMS OF MOUTH SALT RIVERS IN THE BASIN OF THE LAKE ELTON

© 2015. T.N. Yatsenko-Stepanova*, M.E. Ignatenko*, N.V. Nemtseva*, O.G. Gorochova**

*Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis Ural Division RAS
Russia, 460000 Orenburg, Pionerskaya st., 11. E-mail: yacenkostn@gmail.com
**Institute of ecology of the Volga River basin of the RAS
Russia, 445003 Togliatti, Komzina st., 10

For the first time communities of autotrophic microorganisms were studied in outfalls of meso- and hypersaline rivers located in the natural park "Eltonskiy". 132 species, variants and forms from 6 divisions were found. Specific composition of taxa in every waterfall was noted. Correlation between species diversity and levels of mineralization is not revealed.

Keywords: autotrophic microorganisms, mineralization, Elton lake.

= ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 581.5

ОЦЕНКА РАЗЛИЧИЙ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРНЫХ И ЮЖНЫХ СКЛОНОВ БУГРОВ БЭРА 1

© 2015 г. В.Б. Голуб,* В.В. Бондарева,* Н.Ю. Степанова**

*Институт экологии Волжского бассейна РАН Poccuя, 445003 г.Тольятти, ул. Комзина, 10. E-mail: vbgolub2000@mail.ru **Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН Poccuя, 127276 г. Москва, ул. Ботаническая, 4.

Поступила: 20.02.2014

Проведен анализ флоры и состава растительных сообществ северных и южных склонов бугров Бэра в районе западных подстепных ильменей дельты р. Волги. Выявлены их различия, которые определяются экспозицией склонов, особенностями хозяйственного использования и свойствами почв.

Ключевые слова: дельта Волги, западные подстепные ильмени, бугры Бэра, флора, растительность.

К западу от дельты р. Волги существует обширный регион со специфическим ландшафтом, представляющий собой чередование бугров и понижений между ними (рис. 1). Бугры в честь Карла Бэра называют бэровскими, а район — западными подстепными ильменями. Происхождение бэровских бугров является предметом многолетних споров и обсуждений (Свиточ, Клювиткина, 2007).

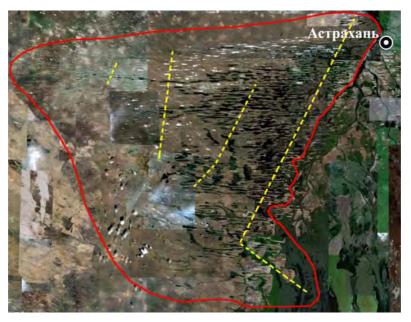


Рис. 1. Космический снимок территории западных подстепных ильменей. (Источник: Google Earth). Непрерывной линией обведен район исследований. Пунктирными линиями нанесены трансекты, на которых проводили геоботанические описания. **Fig. 1.** Space picture of the territory of western substeppe ilmens. (Source: Google Earth). The study area is outlined by a continuous line. Transects on which carried out relevés are put with dashed lines.

_

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00011.

Кроме бугров, которые можно отнести к бэровским, в западных подстепных ильменях встречаются возвышенности иного генезиса – это бугры эолового происхождения. Но их число по сравнению с типичными бэровскими буграми незначительно.

Бэровские бугры вытянуты с запада на восток. Относительная их высота колеблется от 6 до 15 м, ширина – от 150 до 450 м, а длина – от 500 м до 2-3 км. Межбугровые понижения обычно шире бугров и достигают 500-1000 м. Склоны у большинства бугров асимметричны: южный склон более пологий, чем северный (рис. 2). По нашим данным среднее значение угла наклона северных склонов составляет 11° , южных – 6° .

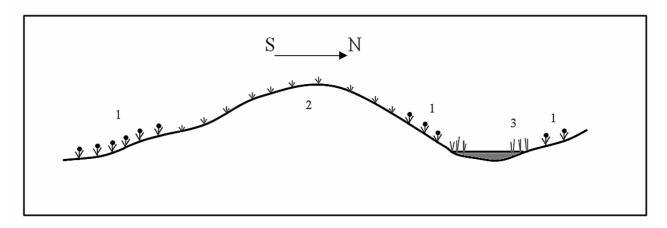


Рис. 2. Схематический профиль бэровского бугра: 1) галофитные сообщества; 2) пустынные сообщества; 3) водные и прибрежно-водные сообщества. **Fig. 2.** Schematic profile of Baer's hill: 1) halophytic communities, 2) desert communities, 3) water and riparian communities.

Бугры Бэра сложены преимущественно глинистыми песками и супесями; для них характерны зональные бурые пустынные почвы (Свиточ, Клювиткина, 2007). Верхние горизонты бурых полупустынных почв не засолены. Из них растворимые соли выносятся в более глубокие горизонты (Golub, Čorbadze, 1989; Golub, Tchorbadze, 1995). Характерна солонцеватость этих почв, которая в наибольшей степени выражена на вершинах и верхних частях склонов бугров (Карпачевский и др., 2008).

Вершины и верхние части склонов бугров заняты пустынной растительностью, нижние части склонов — галофитной, межбугровые понижения — водной или галофитной (Голуб и др., 1986; Бреховских и др., 2010; Golub, Čorbadze, 1989; Golub, 1994; Golub, Tchorbadze, 1995). Можно считать, что растительный покров этого региона был хорошо изучен, но никто из исследователей не делал специальной оценки различия флоры и растительности южных и северных склонов бэровских бугров. Мы поставили перед собой задачу дать статистическую оценку этих различий.

Актуальность исследований связана с тем, что район западных подстепных ильменей испытывает нарастающие антропогенные воздействия. Недавно здесь, в пос. Оля, построен международный морской порт, к которому подведена железная дорога, прокладываются современные автомобильные магистрали. Через территорию ильменей проложен и значительно расширяется нефтепровод Тенгиз – Новороссийск. Вдоль него будут строиться дополнительные дороги. Грунт, изымаемый из бэровских бугров, широко применяется как строительный материал. Кроме того, после снижения сельскохозяйственного производства в 90-х годах прошлого века и начале этого регион западных подстепных ильменей стал вновь интенсивно использоваться для выращивания бахчевых культур и выпаса скота. Распахивание бугров, орошение сельскохозяйственных культур выполаживают их склоны, меняют физические и химические свойства почв. Антропогенные факторы сглаживают условия среды разных склонов бугров Бэра. Поэтому сейчас, пока эти воздействия еще относительно невелики, важно установить различия во флоре и растительности северных и южных склонов бугров Бэра, чтобы в будущем можно было оценить происходящие изменения. Проведенные исследования представляют также интерес для выявления факторов, определяющих разнообразие флоры и растительности западных подстепных ильменей.

Материал и методика

Полевые исследования были осуществлены в июне 2012 г. на нескольких трансектах, пересекающих территорию западных подстепных ильменей (рис. 1). Всего было обследовано 75 бэровских бугров. На них было выполнено 416 геоботанических описаний. Размер пробных площадок был постоянен и равен 5 х 5 м. Все описания были сделаны на верхних частях склонов и вершинах бугров в местоположениях с автоморфным характером почвообразования. В этих экотопах почвы оторваны от зеркала грунтовых вод и заняты пустынной растительностью.

Географические координаты всех учетных площадок, были установлены с помощью GPS-приемника, что позволит в будущем достаточно точно повторить в этих экотопах геоботанические описания для оценки динамики флоры и растительности.

Из общего числа учетных площадок 180 было размещено на вершинах бэровских бугров, 165 — на верхних частях южных склонов, 171 — на верхних частях северных склонов. Мы анализировали две последние группы описаний. В подавляющем числе случаев на каждом из исследованных бэровских бугров количество учетных площадок на южных и северных склонах было одинаково. Обилие растений оценивали в процентах проективного покрытия, которые затем переводили в баллы по шкале: менее 1% — +, 1—5% — 1, 6—15% — 2, 16—25% — 3, 26—50% — 4, более 50% — 5.

Названия сосудистых растений приведены в соответствии со списком в электронной базе "Flora Europaea", размещенной на сайте Королевского ботанического сада Эдинбурга (http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html), мхов – по перечню, опубликованному в журнале «Arctoa» (Ignatov et al., 2006), лишайников – по сводкам, выпущенным под редакцией Н.С. Голубковой (1996, 2004).

Следует заметить, что под *Polygonum* sp. мы подразумеваем группу однолетних видов из секции *Polygonum*, которые трудно различимы в вегетативном состоянии: *Polygonum arenastrum*, *P. arenarium* ssp. *pulchellum*, *P. bellardii*, *P. neglectum*, *P. patulum*.

Достоверность различия встречаемости видов на разных склонах определяли, используя тест Краскела-Уоллиса из пакета программ STATISTICA (Боровиков, 2003). Различия считали достоверными, если Р-значения статистической значимости не превышали уровень 0.05.

В своих представлениях о растительных сообществах авторы исходят из парадигмы непрерывности растительного покрова. И если в нем выделяются какие-то дискретные единицы, то это делается искусственно. Поэтому, чтобы сделать процесс установления сообществ более объективным, мы использовали количественные методы, а именно кластерный анализ. Он основывался на определении сходства геоботанических описаний путем расчета относительного коэффициента Съеренсена, примененного к количественным данным, и связыванием кластеров методом «гибкой беты» (flexible beta), при $\beta = -0.25$. Для усиления роли видов с низким обилием произвели трансформацию данных, извлекая квадратный корень из значений обилия растений. Кластерный анализ был проведен с помощью пакета программ PC-ORD 5.0. (McCune et al., 2002). Выделенные с помощью этого анализа группы мы принимали за сообщества, представленные на склонах бэровских бугров.

Уровень кластеризации определяли, используя расчет показателя четкости классификации (Botta-Dukát et al., 2005), который был реализован с помощью пакета программ JUICE 7.0. (Tichý, 2002; http://www.sci.muni.cz/botany/juice/).

Для выделенных кластерным анализом сообществ были определены их «верные» виды. Верность оценивали с помощью phi-коэффициента, расчет которого предложили чешские геоботаники (Chytrý et al., 2002). Поскольку на величину phi-коэффициента влияет размер групп, предварительно их выравнивали (Tichý, Chytrý, 2006). После стандартизации phi-коэффициент в целевой группе может достигнуть высокого значения даже в случаях, когда верность определенного вида к этой группе статистически несущественна. Поэтому в дополнение к phi-коэффициенту для каждого вида группы вычисляли статистическое значение верности, используя критерий Фишера (Chytrý et al., 2002). Если «всплеск» встречаемости вида в целевой группе не отличался от случайного на уровне P < 0.05, то его не включали в число верных, даже при наличии высокого значения phi-коэффициента. Всю процедуру расчетов phi-коэффициента и критерия Фишера реализовывали с помощью программы JUICE 7.0. Величина phi-коэффициента, выше которой таксон относили к верному, был принят равным 0.25. Эта величина была выбрана с таким расчетом, чтобы количество таких таксонов было не слишком маленьким и не слишком большим.

Результаты и обсуждение

<u>Флористические различия северных и южных склонов.</u> На южных склонах бэровских бугров обнаружено больше сосудистых видов растений – 136, на северных – на 12 меньше – 124. Зато на северных склонах было отмечено большее число видов мхов и лишайников – 18 и 14, на южных – соответственно 7 и 5.

Анализ выявил достоверное различие встречаемости ряда видов (табл. 1). Среди них на северных склонах 47% – одно- и двухлетние растения и 53% – многолетние, на южных склонах - 71% и 29% соответственно. Мы считаем, что такое различие связано с тем, что на южных склонах чаще представлена растительность залежей. Эти склоны более пологи, чем северные, поэтому они удобнее для размещения на них сельскохозяйственных культур.

Таблица 1. Виды растений, встречаемость которых достоверно различна на склонах бугров Бэра (встречаемость указана в %). Table 1. Plant species which occurrence is significantly different on the slopes of Baer's hills (occurrence is specified in percent).

Название вида	Экспозиция	склона
Пазвание вида	северная	южная
Виды, чаще встречающиеся на с	северных склонах	
Poa bulbosa	88	70
Tortula ruralis	45	20
Agropyron fragile	45	23
Bassia prostrata	43	26
Alhagi pseudalhagi	35	20
Logfia arvensis	32	10
Androsace maxima	30	16
Tulipa sylvestris ssp. australis	25	7
Holosteum umbellatum	26	12
Stipa sareptana	16	6
Polygonum sp.	16	4
Silene cyri	12	4
Krascheninnikovia ceratoides	11	2
Erophila verna	7	1
Matricaria parviflora	7	1
Виды, чаще встречающиеся на	южных склонах	
Trigonella orthoceras	48	77
Eremopyrum triticeum	36	57
E. orientale	38	56
Alyssum linifolium	25	56
Ceratocephala testiculata	18	39
Salsola kali ssp. tragus	17	33
Trigonella arcuata	10	32
Neotorularia contortuplicata	6	27
Anabasis aphylla	8	25
Scorzonera cana	4	20
Salsola dendroides	3	18
Ranunculus oxyspermus	5	18
Salsola brachiata	3	16
Tragopogon ruber	4	12
Atriplex tatarica	4	11
Nonea caspica	3	11
Rochelia disperma ssp. retorta	2	10

Примечания: 1) В таблицу включены виды, встречаемость которых хотя бы в одном из кластеров превышает 15%. 2) Значения встречаемости верных видов закрашены серым цветом. 3) Для видов со встречаемостью 20% и более надстрочными индексами указаны интервалы варьирования обилия растений. **Notes**: 1) In the table are included plant species, the occurrence of which at least one of the clusters exceeds 15%. 2) The values of high-fidelity species occurrence are grayed. 3) Superscripts indicate varying intervals for the abundance of plant species that have a frequency of occurrence of 20% or more.

Среди многолетних растений на южных склонах чаще были отмечены *Anabasis aphylla* и *Salsola dendroides*, которые свидетельствуют о большем засолении и солонцеватости грунтов, в глубокие слои которых проникают мощные корневые системы этих растений. Чаще здесь встречается и однолетний галофит *Salsola brachiata*. Интересно отметить, что наибольшая абсолютная разница во встречаемости на разных склонах, доходящая до 25%, принадлежит мху *Tortula ruralis*. Он явно тяготеет к северным склонам.

<u>Различие растительных сообществ северных и южных склонов.</u> При кластерном анализе максимальное значение четкости достигается при расчленении выборки описаний на 4 группы (рис. 3). Рассмотрим эти группы, которые мы принимаем за сообщества, представленные на буграх Бэра (табл. 2).

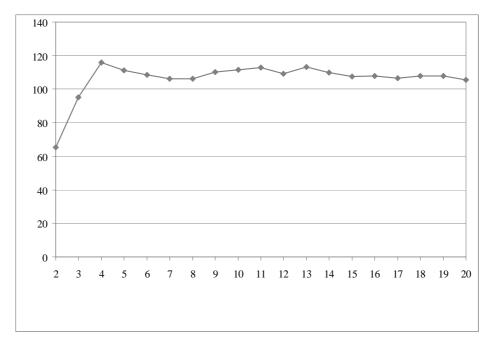


Рис. 3. Изменение показателя четкости кластеризации с увеличением числа кластеров. Ось абсцисс – число кластеров, ось ординат – четкость. **Fig. 3.** The change in crispness of clustering with increasing number of clusters. Abscissa axis – number of clusters. Ordinate axis – crispness.

1-я группа описаний. Верные виды: Trigonella orthoceras, Bromus tectorum, Carduus uncinatus, Alhagi pseudalhagi, Androsace maxima, Holosteum umbellatum ssp. glutinosum, Artemisia scoparia. В этой группе, в сравнении другими, характерно резкое уменьшение встречаемости многолетников: сосудистых растений Bassia prostrata и Poa bulbosa, мха Tortula ruralis, лишайника Xanthoparmelia camschadalis. Среди верных видов следует обратить внимание на такое яркое рудеральное растение, как Carduus uncinatus. Это растение входит также в число доминантов. Кроме того, в числе доминантов данной группы нередки полукустарничек Artemisia lerchiana и однолетники Ceratocarpus arenarius, Trigonella orthoceras.

Первая группа — это сообщество залежей. Оно на 22% чаще представлено на южных склонах, чем на северных.

2-я группа описаний. Верные виды: Agropyron fragile, Lappula semiglabra, Erodium hoefftianum, Artemisia tschernieviana, Ephedra distachya, Silene cyri. В числе доминантов наиболее типичны Agropyron fragile, Artemisia lerchiana. Это сообщество наиболее крутых, иногда даже обрывистых склонов, которые чаще встречаются на северных сторонах бугров Бэра. В образовании почв принимают участие материнские породы легкого механического состава. Такие сообщества встречаются как на буграх Бэра, так и на буграх эолового происхождения. Экотопы этой группы не подвергаются распахиванию, они используются только как пастбища. Индикаторами этих почв являются, прежде всего, такие виды, как Artemisia tschernieviana и Ephedra distachya. Интересно, что в этих экотопах снижается встречаемость пустынных эфемеров: Androsace maxima, Bromus tectorum,

B. squarrosus, Buglossoides arvensis, Eremopyrum orientale, E. triticeum, Ceratocephala testiculata, Holosteum umbellatum, Neotorularia contortuplicata, Trigonella arcuata.

Среди всех выделенных групп – это наиболее разреженное сообщество: проективное покрытие, в среднем, не превышает 30%.

Таблица 2. Синоптическая таблица сообществ растений склонов бэровских бугров (встречаемость видов указана в %). **Table 2.** The synoptic table of plant communities of Baer's hills slopes (species occurrence is expressed in percent).

		Кла	стер	
Характеристика, вид	1	2	3	4
Общее число учетных площадок	79	65	116	76
в том числе на южном склоне (%)	61	43	46	55
в том числе на северном склоне (%)	39	57	54	45
Средняя крутизна склона (в градусах)	8	13	7	6
Среднее общее проективное покрытие (%)	33	27	34	39
Среднее количество видов в группе	16	14	18	16
Carduus uncinatus	51+-5	18		9
Trigonella orthoceras	86+-4	57+-1	59 ⁺⁻²	47 ⁺⁻²
Bromus tectorum	54+-2	11	32 ⁺⁻³	28+-2
Alhagi pseudalhagi	49+-2	25+-1	20 ⁺⁻¹	18
Androsace maxima	39+-1		27+-1	20 ⁺
Holosteum umbellatum ssp. glutinosum	38+-1	5	6	13
Artemisia scoparia	33 ⁺⁻¹	6	3	8
Artemisia austriaca	18	5	3	U
Agropyron fragile	32+-2	75+-4	32+-1	3
Artemisia tschernieviana	18	37 ⁺⁻⁴	3	3
Lappula semiglabra	5	42 ⁺⁻¹	21 ⁺⁻¹	9
Erodium hoefftianum	24+-1	40+-1	13	9
Ephedra distachya	24	26 ⁺⁻³	3	7
Silene cyri	5	25 ⁺⁻¹	6	/
Tortula ruralis	1	42 ⁺⁻⁴	54 ⁺⁻⁵	24+-4
	90+-4	42 ⁺⁻⁴ 86 ⁺⁻³	99+-4	28+-2
Artemisia lerchiana Poa bulbosa	34 ⁺⁻⁴	88+-3	98 ⁺⁻⁴	881-4
	1	00	35 ⁺⁻²	18
Carex stenophylla	4	2	29+-2	3
Agropyron desertorum Xanthoparmelia ryssolea	4	9	36 ⁺⁻¹	17
	1	9	22 ⁺⁻¹	12
Stipa sareptana	5	5	21+	
Tulipa biflora Anabasis salsa	3	3	17	3
	1	3	17	
Lepidium perfoliatum	13	3	13	99+-4
Artemisia taurica	13		16	38 ⁺⁻²
Anabasis aphylla Nostoc sp.	4	6	22 ⁺⁻¹	38 ⁺⁻¹
	1	3		32 ⁺⁻¹
Scorzonera cana	1	3	11	30 ⁺⁻¹
Camphorosma monspeliaca ssp. lessingii	80+-1	65 ⁺⁻¹	92+-1	82 ⁺⁻³
Alyssum desertorum	61 ⁺⁻¹	38 ⁺⁻¹	34 ⁺⁻¹	33 ⁺⁻¹
Alyssum linifolium	62 ⁺⁻¹	38 20 ⁺⁻¹	61 ⁺⁻¹	33 42 ⁺⁻¹
Bromus squarrosus	63 ⁺⁻¹	20 ⁺⁻¹	50 ⁺⁻¹	43 ⁺⁻¹
Ceratocarpus arenarius	52 ⁺⁻⁴	29+-1	50 ⁺⁻¹ 57 ⁺⁻⁴	59 ⁺⁻³
Eremopyrum orientale	49 ⁺⁻³	5 22 ⁺⁻¹		64 ⁺⁻³
E. triticeum	52 ⁺⁻¹ 43 ⁺⁻¹ 35 ⁺⁻¹		49 ⁺⁻²	58 ⁺⁻²
Ceratocephala testiculata	43 25 ⁺⁻¹	9	24 ⁺⁻¹	36 ⁺⁻¹
Salsola kali ssp. tragus	35 ⁺⁻²	46 ⁺⁻³	14 25 ⁺⁻¹	34 ⁺⁻¹
Leymus ramosus	33 22 ⁺⁻¹		23 21 ⁺⁻¹	
Trigonella arcuata	23 ⁺⁻¹	5 21 ⁺⁻¹	21+-1	33 ⁺⁻⁴
Xanthoria parietina	23+-1	31 ⁺⁻¹	17	13
Descurainia sophia	20 ⁺	8	15	5 7
Buglossoides arvensis	20^{+}	3	6	/

Продолжение таблицы 2

продолжение таолицы 2				
		Кла	астер	
Вид	1	2	3	4
Neotorularia contortuplicata	18		19	25+-1
Holosteum umbellatum	16	6	32 ⁺	13
Polygonum sp.	13	18	6	7
Astragalus testiculatus	11	17	8	8
Logfia arvensis	11	20+-1	29+-1	18
Nonea caspica	13	20+-1		1
Atriplex tatarica	11	20+-1	1	3
Veronica triphyllos	10	3	17	8
Tragopogon ruber	10	18	3	4
Senecio noeanus	8	3	17	5
Tanacetum achilleifolium	5	8	23+-1	25+-1
Tulipa sylvestris ssp. australis	5	20+	28+	5
Bassia prostrata	4	46+-1	51+-2	30+-1
Chorispora tenella	4	5	9	22+-1
Xanthoparmelia camschadalis	3	15	34+-1	21+-1
Ranunculus oxyspermus	3		18	20+-1
Iris scariosa		9	10	18
Salsola dendroides		8	12	21+-2
Salsola brachiata			18	16

Примечания: 1) В таблицу включены виды, встречаемость которых хотя бы в одном из кластеров превышает 15%. 2) Значения встречаемости верных видов закрашены серым цветом. 3) Для видов со встречаемостью 20% и более надстрочными индексами указаны интервалы варьирования обилия растений. **Notes:** 1) In the table are included plant species, the occurrence of which at least one of the clusters exceeds 15%. 2) The values of high-fidelity species occurrence are grayed. 3) Superscripts indicate varying intervals for the abundance of plant species that have a frequency of occurrence of 20% or more.

3-я группа описаний. Верные виды: Artemisia lerchiana, Tortula ruralis, Xanthoparmelia ryssolea, Carex stenophylla, Agropyron desertorum, Stipa sareptana, Tulipa biflora, Anabasis salsa, Lepidium perfoliatum. За исключением последнего, все прочие виды многолетники. Наиболее обычные доминанты: Artemisia lerchiana, Poa bulbosa, Eremopyrum orientale, мох – Tortula ruralis. Эту группа является типичным сообществом Прикаспийской низменности на бурых зональных почвах суглинистого механического состава. Различие во встречаемости на разных склонах небольшое: оно всего лишь на 8% чаще встречается на северных склонах.

4-я группа описаний. Верные виды: Artemisia taurica, Anabasis aphylla, Scorzonera cana, Camphorosma monspeliaca ssp. lessingii, Nostoc sp. Характерно резкое уменьшение встречаемости Agropyron fragile, Artemisia lerchiana. Причем последний вид явно замещается здесь другим видом из этого же рода, а именно A. taurica. Доминанты: Artemisia taurica, Poa bulbosa. Данная группа — это сообщество, которое немного чаще встречаются на южных склонах на более тяжелых почвах с признаками их солонцеватости.

Итак, анализ флоры позволил выявить ее различие на северных и южных склонах бэровских бугров, которое заключается только в разной встречаемости видов. Из тех видов, для которых было установлено достоверное различие в их встречаемости, нет ни одного, который был представлен только на одном из склонов и отсутствовал бы на другом. Схожая ситуация и с растительными сообществами. С помощью статистических методов их было выделено четыре. Каждое из них можно встретить и на северном, и на южном склоне, но с разной вероятностью. Наиболее четкую зависимость от экспозиции проявляет сообщество залежей, тяготея к южным более пологим склонам, которые поэтому и чаще используются для выращивания сельскохозяйственных культур. Тот факт, что не удалось обнаружить ни видов растений, ни сообществ, которые можно встретить только на одном из склонов, возможно обязано антропогенному выравниванию их среды обитания. Можно предполагать, что при дальнейшем нарастании антропогенных воздействий различия во флоре и растительности северных и южных склонов бугров Бэра будут уменьшаться.

Благодарности. Авторы благодарят за определение мхов Э.З. Баишеву, лишайников – E.C. Корчикова.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2015, том 21, № 2 (63)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Боровиков В.А. 2003. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. 2-е изд. СПб.: Питер. 688 с.
- Бреховских В.Ф., Бухарицын П.П., Волкова З.В., Лабунская Е.Н. 2010. Экологические проблемы западных подстепных ильменей дельты р. Волги // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 34-48.
- Голуб В.Б., Новикова Н.М., Чорбадзе Н.Б. 1986. Динамика растительности западных подстепных ильменей дельты р. Волги в условиях регулируемого водного стока // Водные ресурсы. № 1. С. 110-116.
- Голубкова Н.С. (Отв. ред.) 1996. Определитель лишайников России Вып. 6. Алекториевые, Пармелиевые, Стереокаулоновые. СПб.: Наука. 203 с.
- Голубкова Н.С. (Отв. ред.) 2004. Определитель лишайников России. Вып. 9. Фусцидеевые, Телосхистовые. СПб.: Наука. 339 с.
- Карпачевский Л.О., Яковлева Л.В., Беднев А.В., Федотова А.В. 2008. Распределение обменных катионов в почвах катены бугра Бэра // Почвоведение. № 10. С. 1663-1170.
- Свиточ А.А., Клювиткина Т.С. 2007. К вопросу о происхождении бэровских бугров Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 24-39.
- Botta-Dukát Z., Chytrý M., Hájková P., Havlová M. 2005. Vegetation of lowland wet meadows along a climatic continentality gradient in Central Europe // Preslia. V. 77. P. 89–111.
- Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z. 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures // J. Veg. Sci. V. 13. P. 79–90.
- Golub V. B. 1994. The desert vegetation communities of the Lower Volga Valley // Fedd. Repert. V. 105. № 7-8. P. 499-515.
- Golub V.B., Čorbadze N.B. 1989. The Communities of the Order *Halostachyetalia* Topa 1939 in the Area of Western Substeppe Ilmens of the Volga Delta // Folia Geobot. Phytotax. V. 24. № 2. P. 113-130.
- Golub V.B., Tchorbadze N.B. 1995. Vegetation communities of western substeppe ilmens of the Volga delta // Phytocoenologia. 25 (4). P. 449-466.
- Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. V. 15. P. 1-130.
- McCune B., Grace J. B., Urban D. L. 2002. Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach. 302 p.
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification // J. Veg. Sci. V. 13. P. 451-453.
- Tichý L., Chytrý M. 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size // J. Veg. Sci. V. 17. P. 809–818.

ESTIMATION OF FLORA AND VEGETATION DIFFERENCES ON THE SOUTHERN AND NORTHERN SLOPES OF THE BAER'S HILLS

© 2015. V.B. Golub,* V.V. Bondareva,* N.U. Stepanova**

*Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences. Russia, 445003 Togliatti, Komzina str., 10. E-mail: vbgolub2000@mail.ru **Main Botanical Garden of Russian Academy of Science Russia, 127276 Moscow, Botanicheskay str. 4.

The analysis of the composition of flora and plant communities of the northern and southern slopes of the Baer's hills of western substeppe ilmens was made. Their differences were revealed, which are determined by an exposition of slopes, features of economic using and soils.

Keywords: Volga delta, Western substeppe ilmens, Baer's hills, flora, vegetation.

———— ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 528.29:502.53:581.5

СОСТАВ И СООТНОШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КОРКОВЫХ ЛИШАЙНИКОВ С ОПЫТНОГО ПОЛЯ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА И ИЗ ГОРОДА КУРЧАТОВ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)¹

© 2015 г. Л.Г. Бязров, Л.А Пельгунова

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН Россия, 119071 г. Москва, Ленинский пр., д. 33. E-mail: lev.biazrov@rambler.ru

Поступила 20.10.2014

Измерены состав элементов и соотношении масс атомов (%) на поверхности дисков апотециев корковых лишайников Candelariella vitellina, Caloplaca pyracea, C. vitellinula, собранных на Опытном поле бывшего Семипалатинского испытательного полигона и в г. Курчатов (Республика Казахстан). Для измерения использовали не разрушающий образцы инструментарий. На поверхностях дисков апотециев всех видов обнаружены 22 элемента. Самые высокие величины фактора обогащения выявлены у Со, Си, Zn, As, Hg, Pb как в городе, так и Опытном поле.

Ключевые слова: лишайники, апотеции, микро-рентгенофлюоресцентная спектрометрия, элементы, фактор обогащения, ядерный полигон.

Введение

Особенности биологии и физиологии лишайников, не имеющих приспособлений, препятствующих проникновению в их тела различных ксенобиотиков, медленный и длительный рост талломов, невыразительность реакций на сезонные явления, географически обширные ареалы многих видов позволяют успешно использовать их в биомониторинге загрязнения среды не только газами, но и такими загрязнителями как металлы и неметаллы, радионуклиды, органические соединения, поскольку динамика химического состава талломов в пространстве и во времени отражает изменение свойств среды их обитания (Бязров, 2002, 2005). Число публикаций с результатами измерения элементов в талломах лишайников велико, однако информация о распределении элементов непосредственно на поверхности диска апотециев (плодовых тел) лишайников практически отсутствует, хотя у ряда корковых (накипных) видов как, например, представителей родов *Caloplaca*, *Candelariella*, *Lecanora* и других апотеции нередко формируют основную массу талломов и является акцепторами жидких и сухих осадков.

Измерение состава элементов на поверхности таллома лишайника представляет большой интерес, поскольку именно его поверхность (у лишайников нет корневой системы) является акцептором воды, минеральных и органических веществ, проникающих затем в лишайник. Появление приборов, позволяющих проводить измерение состава химических элементов, не разрушая образцы, даёт возможность определить соотношение состава ряда элементов на поверхности как вегетативных, так и генеративных органов лишайника. Было показано (Bontempi et al., 2008), что результаты не разрушающего образец измерения состава элементов талломов лишайников коррелируют с результатами, полученными с использованием инструментария, для измерения на котором необходимо разрушение образца измельчением, прессованием, растворением. Кроме того, сохранение целостности измеряемого образца позволяет использовать для целей мониторинга материал научных коллекций. В этом случае, с одной стороны, при наличии разновременных сборов из одной местности, можно установить динамику во времени состава и соотношения элементов в исследуемом районе, с другой — использовать для измерения материал,

_

¹ Исследование выполнено по плану НИР Лаборатории экологического мониторинга в регионах АЭС и биоиндикации ИПЭЭ РАН.

64 СОСТАВ И СООТНОШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КОРКОВЫХ ЛИШАЙНИКОВ ...

прежде не подходивший для измерения из-за недостаточности необходимого объёма или его уникальности.

Подобный материал был собран одним из авторов (ЛБ) данного сообщения летом 1992 г. на Опытном поле бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Этот материал уникален, поскольку впервые были собраны сведения о видовом составе лишайников непосредственно на месте проведения ядерных взрывов (Biazrov, 1993); с другой стороны, встреченные экземпляры лишайников были представлены очень маленькими фрагментами, что в то время не позволяло использовать собранный материал для измерения в нем активности радионуклидов и состава стабильных элементов. Первое достоверно установить у нас нет возможности и теперь, но в связи с пополнением современным измерительным инструментарием стало возможным измерение состава и соотношение элементов на поверхности небольших фрагментов лишайников.

Целью нашей работы было сравнение состава и соотношения элементов на поверхности дисков апотециев корковых видов лишайников, представленных как на Опытном поле СИП, так и в г. Курчатов. Также мы намеревались установить, различаются ли по этому показателю представители разных видов лишайников из одного местообитания. Полученные результаты мы оцениваем как уникальные, поскольку сведения о составе элементов на поверхности лишайников с мест ядерных испытаний нам не известны.

Особенности территории, материал и методика исследования

Бывший Семипалатинский ядерный полигон располагался в степной зоне Евразии (северовосточная оконечность Казахского мелкосопочника) западнее реки Иртыш на территории Павлодарской (39% площади полигона), бывшей Семипалатинской, ныне Восточно-Казахстанской (54%) и Карагандинской (7%) областей Республики Казахстан (Matuschenko et al., 1998). Площадь полигона достаточно обширна и в силу этого природные условия территории относительно разнообразные. Однако основную территорию занимают довольно выровненные участки, перемежающиеся с увалами и сопками. Климат резко континентальный, в среднем за год выпадает 250-300 мм осадков. Основной тип растительности – различные варианты ковыльных степей на каштановых почвах. В геохимическом отношении степи Казахстана входят в Са и Са-Nа классы ландшафтов (Перельман, Касимов, 1999).

Город Курчатов, построенный в конце 1940-х в связи с обустройством полигона, расположен на высоком и крутом левом берегу реки Иртыш (высота около 160 м н.у.м.). Здесь проживали научные, инженерно-технические сотрудники полигона с семьями, а также располагались воинские подразделения, осуществлявшие охрану полигона. Железная дорога связала г. Курчатов (станция Конечная) с г. Семипалатинск. До закрытия полигона в 1991 г. численность населения города составляла около 20 тыс. человек. Планировка города определяется как расположением на берегу крупной реки, так и спецификой деятельности его трудоспособных жителей. Были проведены работы по озеленению города. Для этого использовали главным образом тополя, высаженные вдоль улиц и в скверах. В 1992 г. это были сформировавшиеся деревья, диаметр стволов которых был более 24 см. На нескольких деревьях в городском сквере были обнаружены эпифитные лишайники, которые были собраны вместе с корой.

Полигон в течение десятков лет был местом испытания ядерных зарядов различной мощности, проводимых как в военных, так и мирных целях. Первый взрыв в атмосфере (на высоте 30 м над поверхностью земли) ядерного устройства здесь провели в конце августа 1949 г., а три последних надземных ядерных взрыва здесь были 23-24 декабря 1962 г. (Matuschenko et al., 1998). Место этих испытаний (Опытное поле, территория Павлодарской области примерно в 60 км к юго-западу от г. Курчатов) один из авторов (ЛБ) данного сообщения летом 1992 г. посетил с целью сбора сведений о видовом составе лишайников.

Участок занимал часть увалистой приподнятой равнины на высоте около 280 м н.у.м. с различными разрушенными инженерными сооружениями из железобетонных плит и блоков. Поверхность представляла растрескавшуюся и частично разрушившуюся стекловидную корку толщиной 3-5 мм, вероятно, образовавшейся вследствие оплавления верхнего слоя почвы после надземных взрывов ядерных устройств. На долю стекловидной корки приходилось около 40% общей поверхности, оставшуюся часть занимали дернины и стебли растений, грунт легкого механического

состава. Среди сосудистых растений наиболее заметны были типчак (*Festuca* sp.) и полынь (*Artemisia* sp.), что характерно для сухих степей Центральной Азии (Бязров, 2012; Самбу и др., 2012).

Расчетная мощность дозы гамма-излучения на Опытном поле в 1990 г. была более 60 мкР/час, расчетная плотность загрязнения 137 Cs – более 23 х 10^{10} Бк/км², 90 Sr – более 11 х 10^{10} Бк/км², 239 Pu – 37 х 10^{10} Бк/км² (Габбасов и др., 1995). Поглощенная доза на высоте 1 м составляла 120-140 нГр/час, причём доля искусственных радионуклидов в ней в разных точках Опытного поля составляла от 49 до 99% (Shebell, Hutter, 1998).

На Опытном поле на поверхности почвы, на железобетонных блоках и плитах инженерных сооружений, на обломках обработанной древесины, некогда оставленных здесь персоналом полигона, были обнаружены представители 11 видов лишайников (Віаzrov, 1993). Их состав, размеры талломов на разных субстратах, сопоставленные с результатами измерений скорости роста лишайников в степных сообществах Монголии (Бязров, 1988), позволили предположить, что формирование напочвенных лишайниковых группировок здесь началось сравнительно недавно, за 5-7 лет до учётов, а на железобетонных плитах — за 10-15 лет, и летом 1992 г. были зафиксированы лишь начальные стадии сукцессии лишайниковых группировок, аналогичные восстановлению лишайникового покрова после пожара в аридных регионах (Бязров, 2005).

Для измерения состава элементов на поверхности дисков апотециев лишайников из собранной в 1992 г. коллекции, хранящейся в Лаборатории экологического мониторинга в регионах АЭС Института проблем экологии и эволюции РАН, г. Москва, были отобраны образцы трех корковых видов - Candelariella vitellina (сем. Candelariacea) и Caloplaca pyracea, С. vitellinula (сем. Teloschistaceae) с Опытного поля и двух видов (Candelariella vitellina, Caloplaca pyracea) из г. Курчатов. На Опытном поле первые два вида росли на лежащем на поверхности почвы обломке обработанной древесины, а третий – на железобетонной плите. В городе лишайники собрали в сквере со ствола тополя на высоте 1 м. Представители двух видов (Candelariella vitellina, Caloplaca pyracea), отобранные для измерения, росли в непосредственной близости друг от друга на одном обломке древесины (Опытное поле) и одном участке коры тополя (г. Курчатов). Все названные виды на субстрате были представлены главным образом плодовыми телами, называемыми апотециями. Последние у этих видов представляют округлые дисковидные образования диаметром 1-3 мм с валиком по краю диска около 0.5 мм высоты, что придаёт апотецию форму блюдечка. Именно поверхность этих дисков стала объектом для измерения состава элементов. Было измерено 29 апотециев Candelariella vitellina на древесине с Опытного поля и 30 апотециев того же вида на коре тополя в г. Курчатов, 16 и 34, соответственно, Caloplaca pyracea, и 29 С. vitellinula на бетоне с Опытного поля.

Перед измерением состава элементов с поверхности лишайников мягкой кисточкой и феном удаляли песок, пыль и другие твёрдые частицы, осевшие на поверхность. Затем измеряемый образец трижды обмывали деионизированной водой. Высохший образец вместе с субстратом закреплялся на предметном столике в вакуумной камере (2 мбар) микро-рентгенофлюоресцентного спектрометра µ-XRF M4 Tornado M4 (Bruker AXS, Германия). Микро-рентгенофлюоресцентный анализ элементов на этом приборе основан на взаимодействии элементов, содержащихся в образце, с высокоэнергетическим рентгеновским излучением, которое приводит к испусканию образцом вторичного рентгеновского излучения (рентгеновская флюоресценция). Источник рентгеновского излучения (Rh) работал при 50 кВ, 200 мкА, 100 импульсов, время взаимодействия с образцом 1 сек. Пучок рентгеновского излучения направлялся в намеченную точку поверхности апотеция (центр диска), и состав элементов определялся для пятна размером 20 µм на каждом апотеции отдельно. При этом апотеций не разрушался.

Компьютер со специальной программой, являющийся частью прибора, выдавал результат измерения в выбранной точке как среднее значение для 100 импульсов в виде спектра обнаруженных элементов, который трансформировался в таблицу соотношений (%) масс атомов элементов в измеряемой точке (точность 0.01).

Для определения вклада различных источников в формирование элементного состава на поверхности апотециев лишайников был рассчитан фактор обогащения элементов (EF_{Ti}) относительно среднего состава элемента (Эл) в верхней части континентальной земной коры:

$$EF_{Ti} = (Эл/Тi)$$
 проба / (Эл/Тi) земная кора (1).

66 СОСТАВ И СООТНОШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КОРКОВЫХ ЛИШАЙНИКОВ ...

Поскольку в регионе преобладают почвы лёгкого механического состава, EF_{Ti} был нормализован относительно доли титана (Ti) в песках и песчаниках (Григорьев, 2003).

Статистическую обработку полученных прибором величин доли масс элементов для определения средних значений, ошибки среднего, минимальных и максимальных величин, коэффициентов корреляции и вариации (CV), различий между объектами проводили с использованием соответствующего приложения программы Microsoft Office Excel 2003.

Результаты

На поверхности дисков апотециев обследованных видов лишайников обнаружены 22 элемента (табл.). Согласно Общероссийскому классификатору ингредиентов выбросов вредных веществ в воздух, Cr, Co, Pb, Hg принадлежат к классу опасности 1. Элементы Mg, Cl, V, Mn, Ni, Cu, Zn, As относят к классу опасности 2, а кремниевая и кальциевая пыли, а также ряд соединений Fe – к классу опасности 3.

Состав элементов одинаков на поверхности всех обследованных апотециев, однако количественные соотношения между ними отличаются в зависимости от места отбора и вида. Так, у *Candelariella vitellina* с Опытного поля на апотециях преобладает Fe, а у того же вида в городе – Ca; у *Caloplaca pyracea* с Опытного поля – Si, а из города – Ca; у представителя того же рода на бетоне также преобладает Si (табл.). Эти элементы, а также Mg, Al, K имеют высокое содержание в земной коре – кларк Mg – 1.33, Al – 8.04, Si – 30.80, K – 2.80, Ca – 3.00, Fe – 3.50% (Taylor, McLennan, 2009).

Как правило, количественные показатели большинства элементов, за исключением K и Ti очень вариабельны, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициентов вариации (табл.), хотя объектом измерения были апотеции, расположенные подле друг друга.

Было проведено несколько вариантов сравнения величин доли атомов элементов на поверхности апотециев лишайников с Опытного поля (Оп) и г. Курчатов (гК). Различия между сравниваемыми объектами оценивали значением критерия Стьюдена t для $p \le 0.05$.

- 1. Различия между одинаковыми видами с Опытного поля и из г. Курчатов.
- 1а. Candelariella vitellina (Оп) C. vitellina (гК). Статистически значимыми оказались различия величин по 9 элементам, при этом доля Cl, K, Ti, Mn и Ва выше на апотециях лишайника с Оп, а Са, Cu, Zn, Sr − из города. Корреляционные связи между весовыми долями масс атомов у вида с Оп значимы (p≤0.05) в 109 случаях, в том числе в 39 − отрицательные. У вида из гК эти показатели 108 и 45, соответственно.
- 16. Caloplaca pyracea (Оп) C. pyracea (гК). Статистически значимыми оказались различия величин по 12 элементами, при этом доля Al, Si, K выше на апотециях лишайника с Оп, а Са, Сг, Мп, Со, Си, Zn, Sr, Hg, Pb из города. Корреляционные связи между весовыми долями масс атомов у вида с Оп значимы в 39 случаях, в том числе в 20 отрицательные. У вида из гК эти показатели 61 и 31, соответственно.
 - 2. Различия между разными видами одного рода на древесном и каменистом субстратах.
- 2а. $Caloplaca\ pyracea$ на древесине (Оп) C. vitellinula на бетоне (Оп). Статистически значимыми оказались различия величин по 12 элементам, при этом доля P, S, Cl, K, Ti, Mn, Ni, Zn, As, Ba, Hg выше на апотециях лишайника C. pyracea, и только Si на апотециях C. vitellinula.
- 26. Caloplaca vitellinula на бетоне (On) C. pyracea на коре тополя (rK). Статистически значимыми оказались различия величин по 19 элементам, при этом только доля Al и Si выше на апотециях лишайника C. vitellinula на бетоне, a Mg, P, S, Cl, K, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ba, Hg, Pb на апотециях C. pyracea из города.
 - 3. Различия между разными видами на древесном субстрате в одном местообитании.
- 3а. Candelariella vitellina (Оп) Caloplaca pyracea (Оп). Статистически значимыми оказались различия величин по 12 элементам, при этом доля K, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Sr, Hg, Pb выше на апотециях C. vitellina, a Al, S C. pyracea.
- 36. Candelariella vitellina (Γ K) Caloplaca pyracea (Γ K). Статистически значимыми оказались различия величин по 7 элементам, при этом доля K, Fe, Co, Pb выше на апотециях *C. vitellina*, a Mg, Cr, Ba *C. pyracea*.

field" technical area (ground zero) of Semipalatinsk test site and Kurchatov town (M – mean, ±m – standart error, Min – minimal value of data access, политона и города Курчатов **Table.** Composition (% atom mass) of elements on surface of apothecia discus of crustose lichens from "Experimental Таблица. Состав (% масс атомов) элементов на поверхности дисков апотециев корковых лишайников с Опытного поля Семипалатинского Max – maximal value of data access, CV, % - coefficient of variation, EF_{Ti} – enrichment factor)

Mg	2.1 0.3	$\frac{0.02}{5.68}$	<u>77</u> <1	$\frac{1.9}{0.2}$	$\frac{0.02}{4.38}$	$\frac{71}{<1}$	$\frac{2.1}{0.4}$	$\frac{0.28}{5.62}$	28 ▽	2.5 0.3	$\frac{0.29}{7.85}$	<u>71</u>	$\frac{1.7}{0.2}$	$\frac{0.08}{3.86}$	9I7
Al	$\frac{6.9}{0.7}$	$\frac{2.53}{14.82}$	$\frac{55}{<1}$	$\frac{7.2}{0.6}$	$\frac{1.22}{12.99}$	$\frac{42}{<1}$	$\frac{10.6}{0.5}$	$\frac{7.13}{14.08}$	19 	$\frac{8.3}{0.5}$	$\frac{2.90}{14.16}$	$\frac{36}{<1}$	$\frac{10.8}{0.5}$	$\frac{5.84}{15.50}$	<u>26</u> <1
Si	$\frac{21.6}{2.8}$	$\frac{7.63}{54.23}$	$\frac{70}{<1}$	$\frac{18.6}{1.6}$	$\frac{3.60}{33.22}$	$\frac{47}{<1}$	$\frac{29.5}{1.5}$	$\frac{20.31}{38.59}$	<u>20</u>	$\frac{21.5}{1.4}$	$\frac{9.00}{38.82}$	$\frac{38}{<1}$	$\frac{34.3}{1.9}$	$\frac{19.76}{52.49}$	<u>30</u>
Ь	$\frac{2.1}{0.3}$	$\frac{0.09}{4.85}$	$\frac{71}{5}$	$\frac{1.7}{0.2}$	$\frac{0.13}{3.91}$	<u>53</u>	$\frac{1.9}{0.3}$	$\frac{0.02}{4.12}$	<u>61</u> 6	$\frac{1.7}{0.12}$	$\frac{0.00}{2.66}$	<u>40</u> 6	$\frac{0.8}{0.1}$	$\frac{0.07}{1.68}$	<u>56</u>
S	$\frac{2.9}{0.4}$	0.00 6.66	$\frac{73}{2}$	$\frac{2.7}{0.3}$	$\frac{0.00}{5.87}$	$\frac{64}{3}$	2.4 0.3	$\frac{0.86}{5.45}$	$\frac{52}{2}$	$\frac{2.7}{0.3}$	$\frac{0.02}{5.75}$	<u>63</u> 3	$\frac{1.5}{0.2}$	$\frac{0.00}{4.72}$	<u>66</u>
CI	$\frac{0.8}{0.1}$	$\frac{0.00}{2.21}$	<u>66</u> 2	$\frac{0.5}{0.1}$	$\frac{0.00}{1.58}$	$\frac{100}{2}$	$\frac{0.7}{0.1}$	$\frac{0.00}{1.48}$	<u>60</u> 2	$\frac{0.6}{0.1}$	$\frac{0.00}{1.59}$	<u>66</u> 2	$\frac{0.4}{0.1}$	$\frac{0.00}{1.04}$	$\frac{72}{2}$
K	$\frac{10.9}{0.5}$	$\frac{6.25}{15.57}$	$\frac{25}{1}$	$\frac{7.8}{0.4}$	$\frac{2.87}{10.41}$	$\frac{25}{1}$	$\frac{9.0}{0.3}$	$\frac{6.97}{10.85}$	$\frac{12}{1}$	6.8 0.3	$\frac{3.59}{9.51}$	$\frac{22}{1}$	$\frac{4.9}{0.2}$	$\frac{1.55}{6.65}$	$\frac{27}{1}$
Ca	$\frac{17.9}{1.5}$	$\frac{5.60}{28.16}$	44 1	$\frac{25.3}{1.3}$	$\frac{15.54}{39.87}$	$\frac{27}{2}$	$\frac{18.4}{1.8}$	$\frac{7.90}{29.57}$	$\frac{39}{1}$	$\frac{26.0}{1.7}$	8.78 42.46	$\frac{37}{2}$	$\frac{22.5}{1.8}$	$\frac{13.56}{54.29}$	2 44
Ti	$\frac{2.2}{0.1}$	$\frac{0.97}{3.19}$	<u>30</u>	$\frac{1.5}{0.1}$	$\frac{0.56}{2.45}$	33	$\frac{1.8}{0.1}$	$\frac{0.88}{2.84}$	<u>28</u>	$\frac{1.6}{0.1}$	$\frac{0.98}{2.46}$	<u>26</u>	$\frac{1.3}{0.1}$	$\frac{0.59}{2.63}$	35
Λ	$\frac{0.05}{0.01}$	$\frac{0.00}{0.27}$	$\frac{160}{1}$	$\frac{0.1}{0.02}$	$\frac{0.00}{0.56}$	$\frac{144}{3}$	$\frac{0.05}{0.01}$	$\frac{0.00}{0.17}$	$\frac{100}{1}$	$\frac{0.1}{0.02}$	$\frac{0.00}{0.26}$	$\frac{150}{2}$	$\frac{0.04}{0.01}$	$\frac{0.00}{0.16}$	$\frac{125}{1}$
Cr	$\frac{0.10}{0.01}$	$\frac{0.00}{0.29}$	$\frac{70}{3}$	$\frac{0.1}{0.01}$	$\frac{0.00}{0.30}$	$\frac{70}{4}$	$\frac{0.1}{0.01}$	$\frac{0.00}{0.14}$	$\frac{57}{2}$	$\frac{0.2}{0.1}$	$\frac{0.00}{1.87}$	$\frac{170}{9}$	$\frac{0.1}{0.01}$	$\frac{0.00}{0.17}$	$\frac{57}{3}$
Элемент	<u>M</u> ±m	Min Max	$rac{ ext{CV.\%}}{ ext{EF}_{ ext{r};}}$	<u>M</u> ±m	$\frac{ ext{Min}}{ ext{Max}}$	$\frac{\mathrm{CV.\%}}{\mathrm{EF_{ri}}}$	<u>M</u> ±m	Min Max	$rac{ ext{CV.\%}}{ ext{EF}_{ ext{r}}}$	<u>M</u> ±m	Min Max	$rac{ ext{CV.\%}}{ ext{EF}_{ ext{r};}}$	$rac{M}{\pm m}$	$\frac{ ext{Min}}{ ext{Max}}$	$\frac{\mathrm{CV.\%}}{\mathrm{EF_{Ti}}}$
Лишайник	Candelariella xanthostigma	,					Caloplaca pyracea						Caloplaca vitellinula		
Место сбора	Опытное поле, на древесине	(29 апотециев)		Город, на коре тополя (30 апотециев)	,		Опытное поле, на древесине	(16 апотециев)		Город, на коре тополя (34 апотеция)			Опытное поле, на бетоне	(29 апотециев)	

Продолжение таблицы

Место сбора	Лишайник	Элемент	Pb	Hg	Ba	Sr	As	Zn	Cu	ïZ	Co	Fe	Mn
Опытное поле,	Candelariella	$\frac{M}{\pm m}$	$\frac{1.0}{0.1}$	$\frac{1.5}{0.2}$	$\frac{0.5}{0.05}$	$\frac{0.5}{0.1}$	0.2 0.03	$\frac{0.6}{0.1}$	$\frac{0.3}{0.02}$	$\frac{0.1}{0.02}$	0.4 0.03	$\frac{25.3}{1.8}$	$\frac{2.1}{0.3}$
на древесине (29 апотепиев)	ханшоѕивша	<u>Min</u> Max	$\frac{0.04}{2.96}$	$\frac{0.53}{3.74}$	00.00 0.98	$\frac{0.16}{1.29}$	$\frac{0.00}{0.46}$	$\frac{0.18}{1.20}$	$\frac{0.09}{0.54}$	$\frac{0.01}{0.31}$	$\frac{0.10}{0.71}$	$\frac{11.09}{51.85}$	<u>0.48</u> <u>6.38</u>
		$\frac{CV.\%}{EF_{Ti}}$	$\frac{76}{112}$	<u>62</u> <u>47</u> 511	$\frac{57}{2}$	$\frac{72}{4}$	<u>87</u> <u>34</u>	$\frac{50}{18}$	$\frac{39}{16}$	$\frac{77}{2}$	47/44/44	$\frac{39}{\underline{1}}$	<u>83</u> <u>6</u>
Город, на коре		$rac{M}{\pm m}$	$\frac{1.4}{0.2}$	$\frac{1.4}{0.2}$	$\frac{0.3}{0.1}$	$\frac{1.6}{0.2}$	$\frac{0.1}{0.02}$	$\frac{1.3}{0.2}$	$\frac{0.6}{0.1}$	$\frac{0.1}{0.02}$	$\frac{0.4}{0.03}$	<u>24.5</u> <u>1.4</u>	$\frac{1.0}{0.1}$
10110118 (30 attoteliuer)		$\frac{ ext{Min}}{ ext{Max}}$	$\frac{0.16}{5.27}$	$\frac{0.32}{5.17}$	$\frac{0.00}{0.83}$	$\frac{0.60}{5.03}$	$\frac{0.00}{0.54}$	$\frac{0.42}{4.03}$	$\frac{0.21}{1.68}$	$\frac{0.01}{0.42}$	$\frac{0.14}{0.72}$	$\frac{12.38}{35.87}$	$\frac{0.39}{2.38}$
		$\frac{\mathrm{CV.\%}}{\mathrm{EF_{Ti}}}$	$\frac{91}{240}$	91 67515	<u>90</u>	<u>69</u> 17	118 38	<u>69</u> <u>57</u>	<u> 2</u> 6	<u>79</u> <u>11</u>	46 68	<u>30</u>	4 56
Опытное поле,	Caloplaca	<u>M</u> ±m	$\frac{0.4}{0.1}$	0.8 0.1	$\frac{0.6}{0.1}$	$\frac{0.3}{0.04}$	$\frac{0.1}{0.02}$	$\frac{0.4}{0.03}$	$\frac{0.2}{0.02}$	$\frac{0.1}{0.02}$	$\frac{0.3}{0.03}$	$\frac{19.5}{1.9}$	$\frac{0.8}{0.04}$
на древесине (16 апотециев)	Pyracca	Min Max	0.0 <u>6</u> 1.08	$\frac{0.38}{1.42}$	$\frac{0.19}{1.32}$	$\frac{0.13}{0.59}$	$\frac{0.00}{0.27}$	$\frac{0.18}{0.67}$	$\frac{0.06}{0.41}$	$\frac{0.03}{0.31}$	$\frac{0.13}{0.49}$	$\frac{12.19}{32.74}$	$\frac{0.45}{0.94}$
		$\frac{\mathrm{CV.\%}}{\mathrm{EF_{Ti}}}$	61 60	37 29115	<u>52</u> 3	3 2	<u>64</u> 38	34 13	<u>50</u>	$\frac{73}{2}$	42 38	$\frac{38}{1}$	<u>18</u>
Город, на коре		$\frac{\underline{M}}{\pm m}$	$\frac{1.0}{0.1}$	$\frac{1.2}{0.1}$	$\frac{0.5}{0.1}$	$\frac{1.4}{0.1}$	$\frac{0.2}{0.03}$	$\frac{1.2}{0.1}$	$\frac{0.6}{0.03}$	$\frac{0.1}{0.02}$	$\frac{0.3}{0.01}$	$\frac{20.7}{0.6}$	$\frac{0.9}{0.1}$
апотеция)		Min Max	$\frac{0.28}{1.76}$	$\frac{0.39}{2.40}$	$\frac{0.00}{1.25}$	$\frac{0.50}{3.13}$	0.00 0.68	$\frac{0.77}{2.19}$	$\frac{0.38}{0.94}$	$\frac{0.01}{0.45}$	$\frac{0.18}{0.53}$	$\frac{13.01}{31.92}$	$\frac{0.57}{1.81}$
		$\frac{\text{CV.\%}}{\text{EF}_{\text{Ti}}}$	$\frac{44}{153}$	$\frac{34}{50833}$	$\frac{85}{3}$	$\frac{37}{13}$	107 46	<u>26</u> <u>45</u>	<u>26</u> 39	$\frac{64}{10}$	$\frac{29}{51}$	$\frac{16}{1}$	$\frac{32}{3}$
Опытное поле, на бетоне	Caloplaca vitellinula	$\frac{\underline{M}}{\pm m}$	$\frac{0.5}{0.1}$	$\frac{0.5}{0.1}$	$\frac{0.3}{0.04}$	$\frac{0.4}{0.04}$	$\frac{0.05}{0.01}$	$\frac{0.3}{0.04}$	$\frac{0.2}{0.02}$	$\frac{0.1}{0.01}$	$\frac{0.2}{0.02}$	$\frac{18.9}{1.3}$	$\frac{0.4}{0.03}$
(29 апотециев)		Min Max	$\frac{0.07}{1.54}$	$\frac{0.15}{1.12}$	0.00	$\frac{0.11}{0.98}$	0.00 0.31	0.08 0.83	$\frac{0.03}{0.50}$	$\frac{0.00}{0.27}$	$\frac{0.07}{0.57}$	$\frac{8.53}{31.29}$	$\frac{0.10}{0.63}$
		$\frac{CV.\%}{EF_{Ti}}$	<u>88</u>	$\frac{58}{28793}$	<u>67</u>	<u>53</u>	160 19	66 14	<u>72</u> <u>16</u>	<u>83</u>	<u>52</u> <u>48</u>	38	<u>39</u>

Примечание κ **таблице**: M – среднее значение, $\pm m$ – ошибка среднего, Min – минимальное значение выборки, Max – максимальное значение выборки, CV,% - коэффициент вариации, EF_{Ti} – фактор обогащения.

Note: M – mean, \pm m – standart error, Min – minimal value of data access, Max – maximal value of data access, CV,% - coefficient of variation, EF_{Ti} – enrichment factor.

Обсуждение

Обнаруженные на поверхности дисков апотециев лишайников с Опытного поля и г. Курчатов элементы большей частью относятся к различным классам опасности для человека. Однако только Al, Hg и Pb не принадлежат к жизненно важным для организмов элементам, причём последние два токсичны. Остальные в той или иной степени необходимы для жизнедеятельности организмов, участвуют в формировании различных тканей растений и животных (Пейве, 1980). Так, Mg входит в состав хлорофилла, необходим на всех этапах синтеза белка. Fe играет существенную роль в функционировании организмов, участвуя в снабжении крови кислородом. Он токсичен лишь в избыточном количестве. V, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, как и другие элементы, необходимы для жизнедеятельности в составе ферментов, но в больших дозах в той или иной мере токсичны, так что имеет значение не присутствие элемента в объекте, а его концентрация.

Количественный вклад атомов большинства элементов на поверхностях апотециев высоко вариабелен. Только показатели долей K, Ti и в некоторых случаях Hg в составе элементов на поверхностях апотециев изменяются относительно мало (табл.). Возможно, столь высокое варьирование измеряемого показателя большинства элементов связано с разным временем образования отдельных апотециев на субстрате, поскольку от периода экспонирования талломов зависит и величина накопления многих веществ в талломы лишайников (Бязров, 2002, 2005).

Наибольший вклад в состав элементов на поверхностях апотециев лишайников вносят атомы 5 элементов, однако у разных видов ранжирование их по величине доли вклада не одинаково. У Candelalariella vitellina с Опытного поля - Fe>Si>Ca>K>Al; у того же вида из города -Ca>Fe>Si>K>Al; у Caloplaca pyracea с Опытного поля - Si>Fe>Ca>Al>K; у того же вида из города -Ca>Si>Fe>Al>K; у Caloplaca vitellinula с бетона на Опытном поле – Si>Ca>Fe>Al>K. Эти элементы составляют 82-87% массы атомов, обнаруженных на поверхностях дисков апотециев обследованных видов лишайников. Они же вносят заметный вклад в формирование земной коры, в которой Si>Al>Fe>Ca>K (Taylor, McLennan, 2009). Высокая доля Са на поверхности апотециев, возможно, следствие принадлежности территории к Са и Са-Na классам ландшафтов (Перельман, Касимов, 1999). Поскольку величины фактора обогащения (EF_{Ti}) преобладающих элементов малы – <2 (табл.), их основной источник для поверхности лишайников - местные сухие осаждения в виде пыли. То же относится к большинству других обнаруженных на апотециях элементов с невысокими значениями EF_{Ti.} Только Co, Cu, Zn, As, Pb и особенно Hg выделяются высокими величинами EF_{Ti}, причём у представителей видов как с Опытного поля, так и из города. При этом величины EF_{Ti} у этих элементов заметно выше в образцах из города (табл.). Значительные величины EF_{Ti} дают основание предполагать, что на поверхности апотециев последние 6 элементов оказались не только из местных сухих осаждений в виде пыли, но и вследствие регионального и локального переноса продуктов деятельности человека, в частности, выбросов двигателей автотранспорта, горения топлива, утилизации бытовых отходов и другого, попадающих на лишайники с жидкими и сухими осадками. Уместно указать, что высокие величины EF_{Ti} Co, Cu, Zn, As, Hg наблюдались и на апотециях Caloplaca ругасеа, собранных в Москве в сквере на пр. Андропова у станции метро «Каширская» (собственные материалы).

Ранее были отмечены различия количественных показателей около половины элементов между апотециями представителей одного вида, собранными на Опытном поле и в городе. У обоих видов доля К выше на апотециях с Опытного поля, а доля Са, Си, Zn, Sr – в городе. В последнем на апотециях *Caloplaca pyracea* выше доля Са, Сr, Со, Нg и Рb (табл.). Наблюдаются различия измеренных показателей по значительному числу элементов между представителями двух видов рода *Caloplaca*, растущими на разных субстратах, особенно между видом на бетоне с Опытного поля и видом из города. В этом случае из 19 элементов, по которым имеются статистически значимые различия, только доля Al и Si выше на апотециях с бетона в сравнении с видом с коры тополя.

Полученные результаты свидетельствуют и о несходстве соотношения между элементами на поверхностях апотециев разных видов, обитающих практически в одинаковых условиях – на одном небольшом обломке обработанной древесины или на одном участке коры. Особенно это заметно на

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2015, том 21, № 2 (63)

70 СОСТАВ И СООТНОШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КОРКОВЫХ ЛИШАЙНИКОВ ...

Опытном поле, где *Candelariella vitellina* и *Caloplaca pyracea* (оба вида с древесины) значимо отличаются по 12 элементам, причём у первого вида в сравнении со вторым выше доля 10 элементов. В городе у тех же видов с тополя различия не столь внушительные – у четырех элементов доля выше на апотециях *Candelariella vitellina* и у трёх – на апотециях *Caloplaca pyracea*

Заключение

Состав и соотношение масс атомов элементов на поверхности апотециев корковых лишайников с Опытного поля и из города, величины факторов обогащения свидетельствуют, что формирование видов протекало примерно в сходных фоновых геохимических условиях, что отражает одинаковый набор элементов, а также перечень тех из них, которые имеют наибольшие доли масс атомов. Выявленные различия между величинами последних на лишайниках с Опытного поля и из города трудно интерпретировать как следствие непосредственного воздействия ядерных взрывов, проводившихся на Опытном поле до конца 1962 г. Лишайники начали заселять этот участок полигона минимум лишь через 15-20 лет. И к тому времени уровень радиации на участке был не столь высок, чтобы действовать угнетающе на эти симбиотические организмы, поскольку их представители успешно выдерживают и гораздо более высокие радиационные воздействия (Бязров, 2005). Кроме того, высокие значения коэффициентов вариации величин доли масс атомов у всех обследованных видов не позволяют делать однозначные заключения. С другой стороны, можно достаточно уверенно выделить воздействие субстрата на соотношение элементов на апотециях, что показало сравнение вида с железобетона (Caloplaca vitellinula) с видом того же рода (С. pyracea), обитавшего рядом на Опытном поле на древесине, а также в городе на коре тополя. Также, несомненно, можно отметить и зависимость соотношения масс атомов на поверхности апотециев от таксономической принадлежности лишайника, о чём свидетельствуют результаты сравнения двух видов (Candelariella vitellina и Caloplaca pyracea) из разных семейств, обитающих совместно друг подле друга на одном субстрате.

Данная работа стала возможной благодаря прогрессу измерительного инструментария и предоставленным возможностям его использования для изучения окружающей среды. В результате его применения впервые получены данные о составе элементов и соотношении масс атомов на поверхности апотециев корковых лишайников бывшего Семипалатинского ядерного полигона. При этом весь использованный уникальный коллекционный материал не поврежден и занял своё место в гербарии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бязров Л.Г. 1988. Линейный прирост эпилитных лишайников // Тезисы докладов 11 симпозиума микологов и лихенологов Прибалтийских республик и Белоруссии. Таллин: АН ЭССР. C. 121- 124.
- Бязров Л.Г. 2002. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир. 336 с.
- Бязров Л.Г. 2005. Лишайники индикаторы радиоактивного загрязнения. М.: КМК. 476 с.
- Бязров Л.Г. 2012.Величины стабильных изотопов углерода (δ¹³C) в талломах аридного кочующего лишайника *Xanthoparmelia camtschadalis* в высотном градиенте Хангайчкого нагорья как отражение пространственно-экологической неоднородности семиаридного региона Монголии // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3. С. 72-80.
- Габбасов М.Н., Зелнов В.И., Лобарев В.М., Марковцев А.С., Судаков В.В. 1995. Радиоактивное загрязнение территории Семипалатинского полигона // Атомная энергия. Т. 78. № 1. С. 58-60.
- Григорьев Н.А. 2003. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. № 7. С. 785-792.
- Общероссийский классификатор ингредиентов выбросов вредных веществ // Электр. ресурсы. URL: http://citysoft.mosmap.ru/ClassIng/ClassIng.htm
- Пейве Я.В. 1980. Избранные труды. Агрохимия и биохимия микроэлементов. М: Наука. 430 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С. 1999. Геохимия ландшафтов. М.: Астрея-2000. 768 с.
- Самбу А.Д., Дапылдай А.Б., Куулар А.Н., Хомушку Н.Г. 2012. Проблемы опустынивания земель Республики Тыва // Аридные экосистемы. Т. 19. № 4. С. 35-44.

- Biazrov L.G. 1993. The lichens of the Semipalatinsk nuclear testing area in 30 years after last surface explosion // Abstracts of XV International Botanical Congress, Yokohama, Japan, August 28 September 3, 1993. Yokohama. P. 210.
- Bontempi E., Bertuzzi R., Ferretti E., Zucca M., Apostoli P., Tenini S., Depero L.E. 2008. Micro x-ray fluorescence as a potential technique to monitor in-situ air pollution // Microchim. Acta. Vol. 161. P. 301–305.
- Matuschenko A.M., Tsyrkov G.A., Chernyshov A.K., Dubasov Yu.V., Krasilov G.A., Logachev V.A., Smagulov S.G., Tsaturov Yu.S., Zelentsov S.A. 1998. Chronological list of nuclear tests at the Semipalatinsk test site and their radiation effects // NATO ASI Series. Partnership Sub-Series, 2. Environment Vol. 36. Nuclear Tests. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. P. 89-97.
- Shebell P., Hutter A.R. 1998. Environmental radiation and radioactivity in the vicinity of the Semipalatinsk Test Site // J. Radioanal. Nuclear Chem. Vol. 235. № 1-2. P. 133-138.
- Taylor S.R., McLennan S.M. 2009. Planetary crusts: their composition, origin and evolution. Cambridge etc: Cambridge University Press. 378 p.

COMPOSITION AND PROPORTION OF ELEMENTS ON SURFACE OF CRUSTOSE LICHENS FROM EXPERIMENTAL FIELD FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE AND FROM KURCHATOV TOWN (REPUBLIC KAZAKHSTAN)

© 2015. L.G. Biazrov, L.A. Pelgunova

A.N. Severtsov Institute of Ecology & Evolution, Russian Academy of Sciences Russia, 119071 Moscow, Leninskyi pr-t.,33. E-mail: lev.biazrov@rambler.ru

We are measured composition of elements and proportion of mass atoms (%) on a surface of apothecia discus of crustose lichens Candelariella vitellina, Caloplaca pyracea, C. vitellinula, collected on Experimental field of former Semipalatinsk test site and in Kurchatov town (Republic of Kazakhstan). For measurement used instruments not destroying of samples. On surfaces of apothecia discus of all species are found out 22 elements. The highest values of the enrichment factor are revealed by Co, Cu, Zn, As, Hg, Pb both in town and in Experimental field.

Keywords: lichens, apothecia, micro-X-Ray Fluorescence spectrometry, elements, enrichment factor, nuclear test site

— ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК: 58.073

ОЦЕНКА ПОГЛОЩЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФОРА ПУСТЫННЫМ РАСТЕНИЕМ BLEPHARIS SINDICA (T. ANDRES.) ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

© 2015 г. Маниш Матур

Комиссия по управлению экосистемами МСОП Индия, 342008 Раджастхан, Джодхпур, 18E/564 СНВ E-mail: ravi_mm2099@yahoo.com; eco5320@gmail.com

Поступила 03.01. 2014

Определено влияние характера произрастания (в моно- и поливидовых сообществах) на эффективность поглощения фосфора и дальнейшего его использования пустынным растением Blepharis sindica, находящимся под угрозой исчезновения. В моноценозах эффективность поглощения фосфора становится выше во время дождей, в поливидовых же сообществах она выше летом, когла дождей нет. Это говорит о том, что в моноценозах Blepharis sindica это растение быстро восполняет потребность в фосфоре при высокой его доступности из почв в период дождей. В смешанных сообществах исследуемый вид приспосабливается к условиям низкой доступности фосфора из почвы в то время, как остальные виды сообщества, вероятно, не имеют таких приспособлений. Ординационный анализ не выявил корреляции между эффективностью поглощения фосфора и эффективностью использования фосфора растением. Регрессионный анализ показал прямую зависимость доминирования Blepharis sindica от эффективности поглощения фосфора. Однако по мере возрастания видового разнообразия в сообществах использование фосфора тормозится. Можно сделать вывод, что эффективность использования фосфора видом Blepharis sindica существенно зависит от изменения видового состава - его увеличения во время дождливых и снижения во время засушливых периодов. Это растение достигает эффективного использования питательных веществ посредством временного взаимозамещения, что позволяет удовлетворить потребности растения в фосфоре в период его низкой доступности. Эффективность поглощения фосфора обнаруживает линейную зависимость от соотношения углерода и азота в почве. Сходным образом уровень рН почв влияет на эффективность поглощения фосфора, в то время как органический углерод снижает показатель использования фосфора в семенах растения. Наибольшее изъятие из почв минеральных веществ и эффективность изъятия в моноценозах Blepharis sindica отражает узкую экологическую нишу этого вида, а значит можно говорить о том, что влияние биоразнообразия сообществ на эффективность использования минеральных веществ из почв изменчиво. Ключевые слова: эффективность использования питательных веществ, экосистемный уровень, видовой уровень, ординация, видовое разнообразие растений и почвенных факторов.

Introduction

Vegetation structure in natural ecosystems is determined by both biotic factors (e.g., competition, facilitation, and predation) and abiotic ones (Hahs et al., 1999) although the effect of these factors depends on the habitats where plants grow. Usually environmental factors that impose restrictions on plant development (e.g., water stress, high temperatures, and salinity) play important roles in the vegetation structure (Interlandi et al., 2001). For instance, in arid environments, water availability and low levels of nutrients in soil are the main environmental factors affecting the development of plant communities and consequently plant abundance and productivity. Although low soil fertility plays an important role in the structure of plant communities in these habitats (Mathur, 2013).

It is generally hypothesized that a single plant species is unable to take full advantage of any environment, due to variables such as mineral and nutritional needs, root depth and metabolic by products. Monoculture practice in the same area for extended periods depletes resources required by that plant species while neglecting available resources other plant species can take advantage of. Perennial Polyculture is a relatively new model in farming practices that aims to reduce many of the ecological costs of farming by mimicking natural ecosystems. The idea behind a "reengineered ecosystem" is to decrease soil erosion by wind and water by providing year-round ground cover. The polyculture aspect of perennial polyculture means creating a diverse group of plants that are intermixed in the field. There are many skeptics of perennial polyculture as well. Some studies have found that, while perennial polyculture may seem a brilliant solution to agricultural dilemmas, over time, a dominant species emerges, essentially converting the field back to a monoculture system (Griffith, 2011). In this case, the cost of regulating the polyculture field outweighs any benefits gained. A.C.Gama-Rodrigues et al., (2007) have concluded that growth and yield in mixed-tree stands were higher than in pure stands owing to the combination of species with complementary eco-physiological attributes, consequently improving the efficiency in nutrient use and cycling.

Ecological theory suggests that species in a mixture may exploit resources of a site more completely and efficiently than a single species would be able to do, leading to greater overall productivity. Even though this has been observed in many situations, it is not always likely to happen. To achieve greater productivity in mixed stands, the species constituting the stands need to show differences in their requirements (niches) and the way they use site resources and (or) positively affect the growth of each other. This concept of niche separation implies that if two species are too similar in their requirements they would eventually compete intensely to exclude the other. The mixed stands may experience less intense interspecific than intraspecific light competition as a consequence of the differences in shade tolerance among species. Such a stratified canopy would, in theory, maximize the use of light because of increased light interception and light-use efficiency, leading to greater total productivity than in pure stands. This type of response has been found in studies by F. Montagnini et al., (2000), R. Man and V.J. Lieffers (1999).

A.J. Hiramath and J.J. Ewel (2001) have investigated the effects of monoculture and polyculture types on ecosystem nutrient use efficiency. They have concluded that three species (*Cedrela odorata, Cordia alliodora* and *Hyeronima alchorneoides*) significantly influenced nutrient use efficiency by whole ecosystem in monoculture; while in polyculture the additional life form significantly increased nutrient uptake and uptake efficiencies. They demonstrate that ecosystem nutrient use efficiency is an outcome not only of the characteristics of the species or life forms that comprise the system but also of factors that affect soil nutrient supply.

Here the impact of stand types (monoculture and polyculture) on phosphorus acquisition efficiency and their subsequent internal utilization efficiency were determined at species level, in a seratonious arid endangered plant, *Blepharis sindica*. In this study, the hypothesis was that with in semi arid plant communities stand types influences nutrient dynamics of plants and have two directions and consequently two effects: first, it affects the nutrient uptake efficiency and secondly its utilization efficiency through their various bottom up and top down factors. To evaluate impact of stand types, present study was conducted with two objectives. (1) to determine the relative importance of P acquisitions and internal utilization in the P use efficiency and relative importance of P quotient of utilization and the P harvest index, in the P internal utilization efficiency at different spatial (pure and mixed stand) and during different pulse events and (2) to find out the relationship of different efficiency variables (P acquisition efficiency, P internal utilization efficiency, P use efficiency, quotient of P utilization and P harvest index) with bottom-up (species richness, Shannon and Weaver index, Simpson index, Evenness, Relative Importance value of *Blepharis sindica*, , percent cover of plant, seed output, root length root: shoot ratio and root collar diameter and top-down factors (soil organic carbon, soil nitrogen, moisture, C/N ratio soil pH and electric conductivity).

Material and methods

Two different stands types were selected within the 16 kilometre radius of Jodhpur city of Rajasthan state, India (table 1). Stands differed from each other in respect of soil composition, land uses, and community dynamics. During the study period mean annual precipitation ranges from 0.0224 to 260 mm, winter (January) temperature ranges from 10.7 to 23°C while, mean summer (June) temperature ranges from 28.7 to 42.2°C. Relative humidity ranges from 31 to 91% (morning) and 08 to 68% (evening).

Stand Type.	Coordinates		Habitat types	Soil Textures			
Type.	N	Е		Clay	Silt	Sand	Gravel
Pure	26° 12′ 29.5″	73° 04 24.8″	Hummock undulating	28.5	4.335	66.07	1.105
Stand			terrains				
Mixed Stand	26° 15′ 1.8″	73° 59 29.8″	Old alluvium plains	29.61	1.35	68.78	0.255

Table 1. GPS locations and habitat types of stands. **Таблица 1.** Положение точек наблюдений и типы местообитаний.

The above and belowground biomass of the *B. sindica* was estimated by collecting random samples. Ten plants were uprooted and gently washed under mild tap water. The plants were air-dried and weighed using an electronic balance (accuracy 0.001 g.). For evaluation of the impacts of pulse, inter-pulse and non-pulse events the sampling were carried out during July, (rainy season) December (cool season) and May (Hot season) as per the guidelines of resource pulse hypothesis (Goldberg and Novoplansky, 1997)

Phosphorus was estimated by spectroscopic method (Allen et al., 1976) based on the development of molybdenum blue color. The standard was prepared with KH₂PO₄.

Different nutrient efficiency indices were calculated following S.N. Parentoni and C.L. Junior-Souza (2008). Two groups of efficiency variables were obtained for each site in each pulse event. The first group comprised the variables P acquisition efficiency (PAE) and P internal utilization efficiency (PUTIL), which were used to obtain the P use efficiency (PUE). While, the second comprised of two variables, quotient of utilization and P harvest index

(1) Phosphorus Acquisition Efficiency (PAE) $FAE = \frac{Phosphorus in Plant}{Phosphorus in soil}$

(2) Phosphorus Internal Utilization Efficiency (PUTIL)

PUTIL. = Seed dry matter produced (Seed Biomass)

Phosphorus in Plant

(3) Phosphorus Use Efficiency (PUE)

PAE X PUTIL

(4) Quotient of Phosphorus Utilization (QUTIL)

$$QUTIL = \frac{Seed \ Biomass}{Phosphorus \ in \ Seed}$$

(5) Phosphorus Harvest Index

$$PHI = \frac{Phosphorus in Seed}{Phosphorus in Plant}$$

The relative importance of PAE and PUTIL over PUE was investigated according to R.H. Moll et al., (1982). This information would be valuable to utilize weight for each of two variables (PAE and PUTIL) that to be used in selection program related with P use efficiency. The same also exercised for two variables related with P internal utilization efficiency and PHI

The analysis of variance (ANOVA) was carried out in a two way strip – plot design, which sacrifices precision on the main effects of both factors. The interaction is measured more accurately by this method compared to randomized complete block or a split-plot design (Gomez and Gomez, 1984).

Bartlett's test of sphericity and Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) were carried out to assess the suitability of factor analysis. Principal Component Analysis (PCA) was carried out as a data reduction technique. PCA was performed with Pearson correlation coefficient. The main objective of PCA was to find out the relationship of different efficiency variables (P acquisition efficiency, P internal utilization efficiency, P use efficiency, quotient of P utilization and P harvest index) with bottom-up (species richness, Relative Importance value of B. sindica, diversity parameters, percent cover of plant, seed output, root length and root collar diameter) and top-down factors (Soil organic carbon, soil nitrogen, moisture, soil pH and electric conductivity). Appropriate regression equations were selected on the basis of probability level significance and high R² value. Path analysis was carried out with Curve Expert software.

Results and discussion

Canopy seed banks are formed when mature seeds are retained in the canopy due to delayed seed release (serotiny). In general the retention of seeds in the plant canopy for one to 30 years or more is termed as serotiny. It is common in fluctuating environments such as dry, fire-prone scrubs and forests (Peters et al., 2009). Plants are either non-serotinous, weakly serotinous (most seeds released within a few years) or strongly serotinous (most seeds still retained after a few years). Serotiny is derived from the Latin word serotinus meaning late in occurrence and with this strategy mature seed released after a specific period of time and conditions, resulting in the build-up of a canopy stored seed bank. This evolutionary tendency of this endangered arid plant has yet not been correlated and explored with stand types, bottom-up and top-down factors.

Pure stand was located on hummocky undulating terrains while the mixed stand was located on older alluvial plain with other associates like *Dactyloctenium aegyptium*, *Eragrostis ciliaris*, *Aristida funiculata*, grasses that represent the sub-climax stage of habitats. Various parameters (plant parameters, edhapic factors and community dynamics) at *B. sindica* location during study period are presented in table 2. Coefficient of variance of biomass revealed higher biomass during non- pulse event followed by pulse and lesser during inter-pulse event (figure 1). The greatest P concentration was reordered from seed collected from mixed stand during the non- pulse event. In the present investigation, the analysis of variance revealed that all the factors undertaken in the present investigation (i.e., site, seasons, and plant parts and the interactions between them caused P to vary at the 99% probability level (table 3).

Table 2. Various parameters at *B. sindica* locations during study period. **Таблица 2.** Различные параметры биотопов в течение периода исследований.

I	Parameters	Range
Plant Variable	Percent Cover of <i>Blepharis sindica</i> (Sq. m)	0.3-2.55
	Total Seed Output	866-7576
	Root/Shoot Ratio	0.144-0.581
	Root Length (Cm)	6.73-24.7
	Root Collar Diameter (Cm)	0.3-0.85
Soil Compositions	Organic Carbon (mg 100g ¹)	62.86-203.5
_	Total Nitrogen (mg 100g ¹)	34.38-82.49
	C/N Ratio	0.36-5.91
	Moisture	0.48-11.38
	pН	6.23-8.56
	Electric Conductivity	0.11-0.23
Community Composition (1X1 m)	Richness	2-10
quadrate	Shannon Weaver Index (H')	0.65-2.1
-	Relative Importance Value of <i>B. sindica</i>	16.27-62
	Evenness	0.85-1.01
	Simpson Index	0.13-0.53

At pure stand phosphorus acquisition efficiency (PAE) was recorded higher during pulse event while at mixed stand it was recorded more during non-pulse event (table 4). This indicates that at pure stand this plant rapidly acquired their P demand during high soil P availability (pulse event), but at mixed stand due to presence of other life forms this plant have adjusted their P acquisition efficiency during non-pulse (low soil P), when other associate probably not able to do this. PUTIL, which exhibits the relationships between seed dry matter productions with relation to P in plant, exhibits higher at pure stand compared to mixed stand during all temporal events (table 4). Thus, at a dominate situation, compared to other modules, this species invests its resources more in reproductive part.

PUE was also revealed the similar trends, recorded higher at pure stand compared to mixed stand. In term of pulse events at both stand types higher PUE was recorded during non-pulse event. Thus at both stand types this plant became more P efficient during low P environment. QUTIL, ratio of seed biomass and the P content in seed, recorded higher at pure stand compared to mixed stand. However, looking the data according to pulse event, seed biomass to P in plant recorded more during moderate P condition (inter-pulse event) followed by non-pulse event (low soil P condition). Compare to other P variables seed P to Plant P ratio (Phosphorus Harvest Index), recorded higher at mixed stand. Thus seed from mixed stand contains higher P.

This results supported by the fact that seed P is the only P source during germination which subsequently support the establishment of seedling in community. Among the different events PHI observed higher during low resource condition.

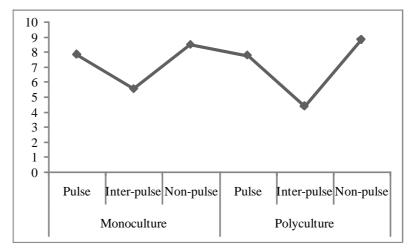


Fig. 1. Coefficient of variance of biomass at various stands during different temporal events. **Рис. 1.** Коэффициент вариации биомассы в различных сообществах при разных временных событиях.

Analysis of variance revealed that all the factors taken in the present study (i.e., site, event, and the interactions between them) caused PAE, PUTIL, PUE, QUTIL and PHI to vary at the 99% probability level (table 5).

Table 3. Range of Phosphorus (mg g $^{-1}$) in various modules of *B. sindica*. **Таблица 3**. Фосфор в мг/г в различных частях растения *B. Sindica*.

Modules	Range	Modules with higher	
Root	0.73-2.80	Seed/II/Non-pulse event	
Stem	1.6-7.36	•	
Leaves	8.77-9.95		
Seed	15.08-55.59		
ANOVA results/Source of	Mean squares	Computed F Value	
Stand Type	7978	26.63*	
Seasonal Event	8714	12.95*	
Stand Type x Seasonal Event	3386	14.99*	
Plant Part	71.5E+07	249.89**	
Stand Type x Plant Part	2110	7.37**	
Seasonal Event x Plant Part	3783	13.21**	
Stand Type x Season x Plant	1307	4.56**	

^{**}P<0.01; *<0.05.

Results indicates that with the set of different temporal and spatial impacts, for phosphorus use efficiency, PAE was 1.41-16.21 fold more important than PUTIL, at low soil P environment (non-pulse events) and 2-16 and 0.19-3.14 fold more during moderate (inter-pulse) and high P environment (pulse event), respectively. Similarly, related importance of QUTIL and PHI in PUTIL indicates that QUTIL was 7.64-11.95 times more important than PHI at low soil P environment, 2.58-2.99 fold higher during high soil P (Pulse) condition.

Result of Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett's test of sphericity are presented in table 6. The Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sampling adequacy is an index used to examine the appropriateness of factor analysis. A high value (between 0.5 and 1.0) indicates factor is appropriate, value below 0.5 imply that factor analysis may not be appropriate. In our study KMO is 0.612, therefore we can proceed with our factor analysis. For Bartlett's test of sphericity there are two levels to interpret this test (a) H0: There is no correlation significantly different from 0 between the variables and Ha: at least one of the correlations between the variables is significantly different from 0. As the computed p-value is lower than the

significance level = 0.05, one should reject the null hypothesis H0 and accept the alternate. In other words we can conclude that there are significant relationships between our variables.

Table 4. Different Phosphorus variables at pure and mixed stand during various pulse events. **Таблица 4.** Фосфор в условиях чистого и смешанного произрастания при разных событиях.

	Stand 1			Stand 2		
Variables	Pure Stand			Mixed Stand		
	Pulse	Inter-pulse	Non-Pulse	Pulse	Inter-pulse	Non-Pulse
PAE	0.13	0.04	0.11	0.31	0.13	0.42
PUTIL	4.05	16.04	16.32	0.40	2.60	1.81
PUA	0.52	0.66	1.76	0.13	0.33	0.76
QUTIL	1.10	3.70	1.74	0.13	0.29	0.15
PHI	3.68	4.34	9.38	3.12	9.03	12.10

Table 5. ANOVA Analysis of Different Phosphorus Variables. **Таблица 5.** ANOVA анализ фосфора при разных переменных.

P Variables	ANOVA	Stand Type	Seasonal	Stand Type X Seasonal
PAE Sum of Square		0.177	0.102	3.96
	Computed F Value	8226.5**	4065.13**	1052.58**
PUTIL	Sum of Square	501.91	196.32	108.13
TOTIL	Computed F Value	88423.7**	20685.58**	25677.52**
PUE	Sum of Square	1.47	2.92	0.41
TOE	Computed F Value	16852.99**	7882.09**	436.26**
QUTIL	Sum of Square	17.64	5.21	4.3
QUIL	Computed F Value	18579.31**	388.58**	466.87**
PHI	Sum of Square	26.10	3.21	5.76
1111	Computed F Value	5279.82**	10425.56**	751.38**

^{**=}P<0.01 level

Table 6. Bartlett's sphericity and Kaiser-Meyer-Olkin sampling adequacy tests. **Таблица 6.** Тесты Bartlett's сферичности и Kaiser-Meyer-Olkin.

Test	Values
Chi-square (Critical value)	244.8
DF	210
p-value	0.09
Alpha	0.05
KMO	0.612

The PCA analysis was performed with the use of Pearson correlation coefficient, and the results are presented in figure 2. Squared cosines were used to link the variable with the corresponding axis; the greater the squared cosine, the greater the link with the corresponding axis. PCA were considered (table 7 and fig. 2) useful if their cumulative percentage of variance approached 80% (Mathur, 2013).

Table 7. Value analysis and other attributes obtained from Principal Component Analysis. **Таблица 7.** Eigen анализ и другие атрибуты, полученные из анализа главных компонент.

Characteristics	F1	F2	F3	F4
Eigen value	10.640	5.581	1.971	1.681
Variability (%)	50.669	26.577	9.386	8.007
Cumulative %	50.669	77.246	86.632	94.639

In present investigation cumulative percentage indicates that first four axes together accounted 94.63% for variability in the data set (table 4) with their individual contribution being 50.66%, 26.57%, 9.3%, and 8.00%, respectively. From present study correlation circle (fig. 2), revealed that PUTIL related with PUE (r = 0.696**) and with QUTIL (r = 0.876**; P<0.01). No correlation was found between PAE and PUTIL, which indicates that these two variables are independent. Lack of correlation between nitrogen acquisition and nitrogen internal utilization efficiency has also been reported in wheat and in triticale by previous researchers. S.N. Parentoni and C.L. Junior-Souza (2008) have also reported the similar results for 24 genotypes of Maize.

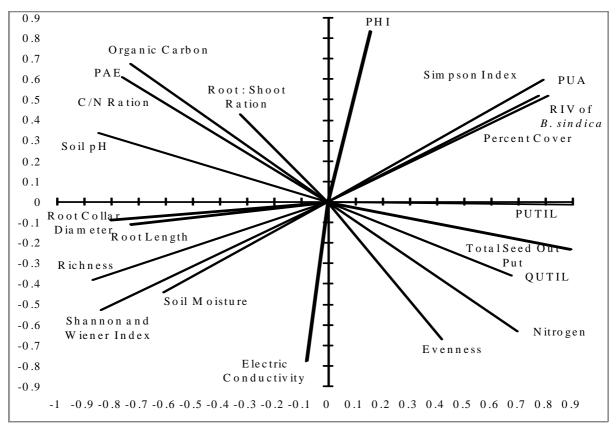


Fig. 2. Bi-Plot of Principal Component Analysis. **Рис.2.** Ординация значений, полученная методом главных компонент.

In present study the lack of correlation between P acquisition and P utilization efficiency indicates that selection of one of these should not affect the other, which would facilitate simultaneous selection of these traits, in the set of environmental studies. The main selection criteria for P internal utilization efficiency should be toward reducing the seed P concentration (inverse of the quotient of utilization) and in this case a negative weight should be used in the selection of species for ecosystem stability. Since seed of this plant largely consumed for its aphrodisiac properties, hence reduction in seed P concentration would have a positive impact on nutrition. Since seed P is stores as the anti-nutritional factor phytate; and it would also reduce environmental pollution from higher P manures produced by large animal feeding lots. However the strategy of reducing seed P concentration should have a limit, since seed P is needed for its germination and initial establishment (Philip and Veneklaas, 2012).

Path Analysis. Total seed output favours the P internal utilization efficiency (PUTIL = 24933301e-005 Total Seed out Put^1.479, R^2 =0.880*, ± 3.88 , fig. 3A) in power fashion. Percent cover of plant exponentially favours the PUE (PUE = 0.3875e (0.5922 Percent Cover), R^2 = 0.911*, ± 0.26 , fig.3B). On the other hand PUE monotonically decrease with root length (PUE= 3.433+-0.297 Root Length+0.0070 Root Length 2, R^2 =0.944**, ± 0.242 , fig.3C) and with root collar diameter (PUE = 3.986+-9.79+Root Collar Diameter+6.667 Root Collar Diameter 2, R^2 = 0.853*, ± 0.383 , fig.3D). Thus, PUE which is the ratio of seed biomass to P in soil shows positive relative with percent cover of plant, while it's negatively related with root length and root collar diameter. Such results indicated that this plant achieved their essential P requirement

with surface soil P and as its root length and its collar diameter increases the accessibility of soil P also increases, which ultimately held back its PUE. These results are with-in the agreement of findings of J.P. Hammond et al., (2009).

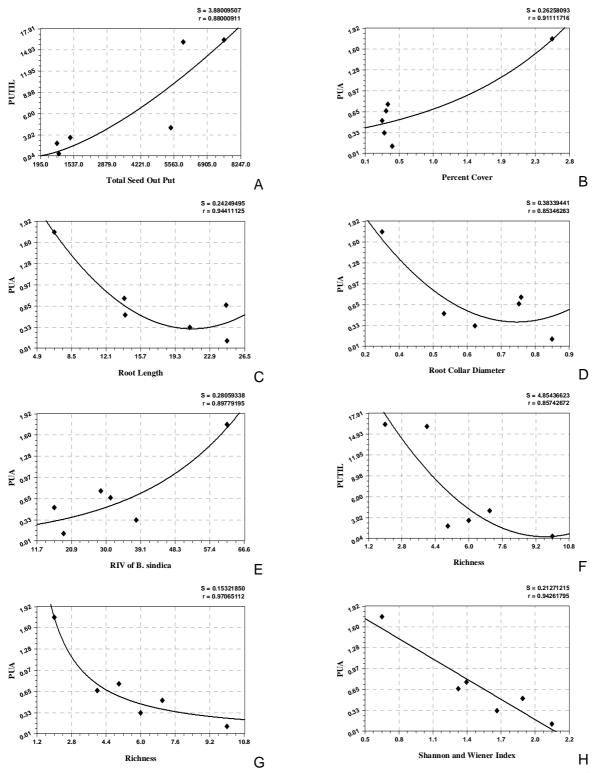
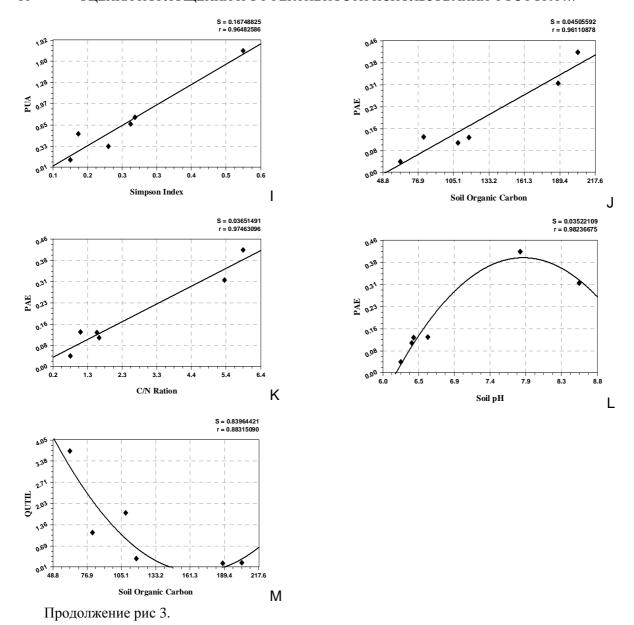


Fig. 3. Path analysis with various bottom up and top down factors. Рис. 3. Анализ связи факторов.



Relative Importance Value (RIV) of *B. sindica* shows a positive exponential relationships with PUE (PUA = 0.1692e (0.0373 RIV of *B. sindica*), $R^2 = 0.897^*$, ± 0.280 , fig.3E). Community richness exhibits negative relation with PUTIL (PUTIL = 28.070+-5.766+0.299 Richness, $R^2 = 0.857^*$, ± 4.85 , fig.3F) and with PUE (PUE = 4.085 Richness^-1.217, $R^2 = 0.970^{**}$, ± 0.153 , fig.3G) in polynomial and in power fashions, respectively. Shannon and Wiener index shows negative linear relations with PUE (PUE = 2.269+1.0628 Shannon and Wiener Index, $R^2 = 0.942^{**}$, ± 0.212 , fig.3H). In contrast Simpson index (measure of dominance) shows positive linear relation with PUE (PUE = -0.3122+3.8166 Simpson Index, $R^2 = 0.964^{**}$, ± 0.167 , fig.3I).

Thus it can be concluded that at species level, dominance (RIV of *B. sindica* and Simpson index) of this plant reflects with its higher phosphorus acquisition efficiency, however, as the community diversity (richness and Shannon and Weaver index) increases the phosphorus internal utilization and phosphorus use efficiency inhibited. Thus both P internal utilization and PUE of *B. sindica* are largely influenced with temporal factors (increase and decrease of community diversity during pulse and non-pulse events, respectively) and it also indicate the adjustments made by this species for their PUE and PUTIL according to their resources availability. Thus *B. sindica* achieved their effective nutrient use through temporal partitioning, through which it full-fill their P requirements at low resource availability (non-pulse event) and that ultimately reflect through its dominance (RIV) in community. Identification of such plants are very

crucial for habitat stability, especially in rehabilitation programmes and this can be supported by the finding of S.E. Wortman et al., (2012).

Both soil organic carbon and soil carbon to nitrogen ratio supports PAE in linear fashions (PAE = -0.122+0.0024 Soil Organic Carbon, $R^2 = 0.961**, \pm 0.045$, fig.3J); (PAE = 0.0216+0.061 C/N Ratio, $R^2 = 0.0216+0.061$ $0.976**, \pm 0.036$, fig.3K). Soil pH also monotonically supports the PAE (PAE = -8.47+2.269+-0.145 Soil pH, $R^2 = 0.982^{**}$, ± 0.035 , fig.3L). On the other hand soil organic carbon monotonically inhibits QUTIL $(QUTIL = 8.4052 + -0.1023 \text{ Soil Organic Carbon} + 0.00030 \text{ Soil Organic Carbon}, R^2 = 0.883*, \pm 0.839,$ fig.3M). Both soil moisture and soil pH recorded higher during the pulse event and that also related with bioavailability with soil P. During the high resource availability (pulse event) this species invests more P in seed compared to other plant modules. These results are within the agreement of study made by T.S. George et al., (2005). The enhancement of organic carbon and C/N uptake, it is obvious that the growth of plant and their above and belowground biomass may increase. Due to enhancement of plant growth the P requirement of the plant expected to increase further. It may be the reason to get more PAE to meet the plant requirement when organic carbon and C/N ratio availability and uptake of plant enhances. These finding are supports with the results of T. Ertli et al., (2004) and J. Gao et al. (2009) they reported higher relation of PUTIL and PUE with soil N in two different lines of cow pea.

Conclusion

The relative differences in plant level nutrient use efficiency of a key stone species also translate into the patterns of productivity observed in monoculture supporting the idea that higher plant level nutrient use efficiency signals a narrow niche width and greater tolerance of reduced nutrient availability. Productivity of B. sindica in polyculture dropped compared to monoculture, signalling belowground competition with other associates. Given the links between plant- and ecosystem level nutrient use efficiencies, it was observed that the B. sindica dominated system having the highest nutrient use efficiency, but the pattern did not hold for the polyculture, where the presence of the additional life forms suppress the NUE of this plant. Anticipating complementary differences in modes of accessing nutrient by different life forms, it was predicted that the mixed stand would have greater nutrient uptake and uptake efficiency than monocultures. Although this was not reflected in a present study. The greater nutrient uptake and uptake efficiency in a pure stand reflects its narrow niche width hence it can be conclude that the impact of life-form diversity on nutrient use efficiency is not a static phenomenon.

REFERENCES

- Allen S.E., Grimshaw, H.M. Parkinson, J.A., Quarmby C. and Roberts J.D. 1976. Chemical analysis //Methods in Plant Ecology / Chapman, S.B. (ed). Blackwell. Scientific Publications, Oxford. 536 p.
- Ertli T., Marton A. and Foldenyi R. 2004. Effect of pH and the role of organic matter in the adsorption of isoproturon on soils // Chemosphere. №. 57. P. 771-779.
- Gama-Rodrigues A.C., Barros N.F. and Comedford N. B. 2007. Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in southeastern Bahia, Brazil // Revista Brasileira de Ciencia do-Solo. № 31. P. 287-298.
- Gao J., Zheng S.X., Xu M.G., Huang S.M. and Yang X.Y. 2009. Phosphorus use efficiency of wheat on three typical farmland soils under long-term fertilization // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. № 20. P. 2142-2148.
- George T.S., Richardson A.E. and Simpson R.J. 2005. Behaviour of plant-derived extracellular phytase upon addition to soil // Soil Biology and Biochemistry. № 37. P. 977-988.

 Goldberg D. and Novoplansky E.A. 1997. On a relative importance of competition in unproductive
- environment // Journal of Ecology. № 85. P. 407-412.

 Gomez K.A. and Gomez A.A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. / 2nd ed., John Wiley
- and Sons. New York, USA.
- Griffith A.P., Francis M., Epplin S.D. and Robert G.A. 2011. Comparison of Perennial Polycultures and Monocultures for Producing Biomass for Biorefinery Feedstock // Agronomy Journal. № 103. P. 617-627.
- Hahs A., Enright. N. J. and Thomas. I. 1999. Plant communities, species richness and their environmental correlates in the sandy heaths of Little Desert National Park, Victoria // Australian Journal of Ecology. № 24. P. 249-257.
- Hammond J.P., Broadley M.R., White P.J., Graham J.K., Bowen H.C., Hayden R., Meacham, M.C., Mead A., Overs T., William P. and Duncan J.G. 2009. Shoot yield drives phosphorus use efficiency in

- Brassica oleracea and correlates with root architecture traits // Journal of Experimental Botany. № 60. P. 1953–1968.
- Hiremath A.J. and Ewel J.J. 2001. Ecosystem nutrient use efficiency, productivity, and nutrient accrual in model tropical communities // Ecosystems. № 4. P. 669-682.
- Man R. and Lieffers V.J. Are mixtures of aspen and white spruce more productive than single species stands? // Forest Chronical. № 75. P. 505–512.
- Mathur M. 2013. Characterization of while plant nutrient utilization efficiency under hetrerogenous environmental conditions // Asian Journal of Bio Sciences. № 8. P. 134-144.
- Moll R.H., Kamprath, E.J. and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors, which contribute to efficiency of. nitrogen utilization // Agronomy Journal. № 74. P. 562-556.
- Montagnini F. 2000. Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical land // Forest Ecology and Management. № 134. P. 257 270.
- Montagnini F., Gonzalez E., Porras C., and Reingans R. 1995Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. // Forest Review. № 74. P. 306-314.
- Parentoni S.N. and Junior-Souza C.L. 2008. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency in tropical maize genotypes // Pesq. Agropec. Bras. Brasilia. № 43. P. 893-901.
- Peter E.M., Martorell C. and Ezcurra E. 2009. The adaptive value of cured seed dispersal in desert plants: seed retention and release in *Mammillaria pectinifera* (Cactaceae), a small global cactus // American Journal of Botany. № 96. P. 537-541.
- Philip J.W. and Veneklaas E.J. 2012. Nature and nurture: the importance of seed phosphors content // Plant and Soil. № 357. P. 1-8.
- Wortman S.E., Francis C.A. and Lindquist J.L. 2012. Cover crops mixtures for the western corn belt: opportunities for increased productivity and stability // Agronomy Journal. № 104. P. 699-705.

ASSESSMENT OF PHOSPHORUS ACQUISITION AND INTERNAL UTILIZATION EFFICIENCY BY DESERT PLANT *BLEPHARIS SINDICA* (T. ANDRES.) IN DIFFERENT TYPES OF STANDS

© 2015. Manish Mathur

Commission on Ecosystem Management, IUCN CAZRI, Jodhpur, 342008, Rajasthan, India E-mail: ravi_mm2099@yahoo.com; eco5320@gmail.com

Impact of stand types (monoculture and polyculture) on phosphorus acquisition efficiency and their subsequent internal utilization efficiency were determined at species level, in a seratonious arid endangered plant, Blepharis sindica. At pure stand phosphorus acquisition efficiency (PAE) was recorded higher during pulse event (rain) while at mixed stand it was recorded more during non-pulse event (summer). This indicates that at pure stand this plant rapidly full-fill their P demand during high soil P availability (pulse event), but at mixed stand due to presence of other life forms this plant have adjusted their P acquisition efficiency during non-pulse (low soil P), when other associate probably not able to do this. Ordination analysis shows lack of correlation between PAE and PUTIL, indicates that selection of one of these should not affect the other. Regression analysis between P variables and community factors revealed that at species level dominance of B. sindica reflects with its higher P acquisition efficiency; however as the community diversity (Richness, Shannon and Weaver index and evenness) increases the P internal utilization and PUE were inhibited. Thus it can be concluded that both P internal utilization and PUE of B. sindica are largely influenced with temporal factors (Increase and decrease of community diversity during pulse and non-pulse events, respectively). This plant achieved their effective nutrient use through temporal partitioning, through which it full-fill their P requirements during low resource availability (non-pulse event). Both soil organic carbon and carbon to nitrogen ratio supports PAE in linear fashions. Similarly soil pH also monotonically supports PAE, while soil organic carbon monotonically inhibits QUTIL. The greater nutrient uptake and uptake efficiency in a pure stand reflects narrow niche width of B. sindica and hence it can be conclude that the impact of life-form diversity on nutrient use efficiency is not a static phenomenon.

Keywords: nutrient use efficiency, ecosystem level, species level, ordination, species diversity, plant and soil factors.

—— ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК. 581.526.53

СТЕПНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ХРЕБТА ТЕРСКЕЙ АЛА-ТОО

© 2015 г. Н.Т. Салыкова

Кыргызский национальный университет, факультет географии, экологии и туризма Кыргызская Республика, 720033 г.Бишкек, Абдымомунова 32,. E-mail:akbermetulan@mail.ru

Поступила 27.06.2013

Изучена антропогенная динамика растительности степного пояса восточной части Терскей Ала-Тоо и охарактеризованы изменения под влиянием выпаса.

Ключевые слова: проективное покрытие, растительное сообщество, доминант, эдификатор.

В Кыргызстане последние десятилетия степная растительность предгорий и среднегорного пояса подвержена сильной пастбищной дигрессии. Этот процесс особенно усилился близ населенных пунктов после передачи скота в частное пользование. Мелкие владельцы скота перешли от отгонно-кочевого к примитивному скотоводству, когда отдаленные высокогорные степи и луга остаются неиспользованными.

Район работ

Изучение современного состояния степной растительности проводилось нами в среднегорном поясе в бассейнах рек Бурма-Суу (с.ш. 42°27'; в.д. 78°23'; от 1920 до 2200 м абс.; левый приток реки Каракол), Каракол (с.ш. 42°26', в.д. 78°26'; от 1950 до 2400 м абс.;), Ак-Суу (с.ш. 42°27'; в.д. 78°26'; от 1886 до 2250 м над ур. моря), Арашан (с.ш. 42°28'; 78°31'; от 1880 до 2050 м над ур. моря), Жергез (с.ш. 42°31'; в.д. 78°41'; от 1900 до 2300 м абс.), которые расположены в восточной части северного макросклона Терскей Ала-Тоо (юго-восточная часть Иссык-Кульской котловины). В предгорной части (от 1880 до 2000 м абс.) района исследования распространены опустыненные степи, которые с увеличением высоты сменяются настоящими северными мелкодерновинными степями (от 1950 до 2400 м абс.). Общие закономерности растительности Иссык-Кульской котловины выявлены Л.Н. Соболевым (1972).

Несмотря на сравнительно благоприятное положение района исследования в отношении атмосферных осадков (400 мм), степи, наряду с луговыми и лесными сообществами, имеют здесь широкое распространение. Они встречаются не только в предгорьях, но и в средних и в высоких поясах гор.

Мелкодерновинные степи до некоторой степени близки мелкодерновинным ковылковым степям Центральной Азии (Грубов, 1963; Юнатов, 1960, Шарашова, 1989). В степном типе растительности Тянь-Шаня по характеру жизненной формы и ритмичности различают следующие подтипы: северные мелкодерновинные и южные саванноидные степи. Саванноидные степи характерны для юго-западного Тянь-Шаня (Ферганского и Чаткальского хребтов).

Результаты и обсуждение

Основная характерная особенность северных степей — мелкодерновинность. Основной жизненной формой являются мелкодерновинные злаки: Festuca sulcata, Koeleria cristata, Stipa caucasica, ксерофильные осочки (Carex turkestanica) и мелкотравное разнотравье. Крупнодерновинные злаки Stipa capillata, S. kirghisorum, Lasiagrostis splendens и другие редко выступают в роли доминантов. Последний вид в районе исследования образует ассоциации только в аккумулятивной части склона, где по сравнению с транзитной частью склона больше увлажнение. Ковыли чаще встречаются и хорошо разрастаются при заповедном режиме на территории, мало использующейся под выпас. Значительные территории заняты типчаковыми сообществами. Типчак, тонконог и мелкие осочки хорошо приспособлены к повышенной пастбищной нагрузке, и их широкое распространение на Тянь-Шане является следствием интенсивного пастбищного

использования коренных ковыльных степей. Травостой становится более однородным, свободные места между дерновинами типчака занимают рудеральные виды, как *Marrubium alternidens, Echium vulgare* и др.

В районе исследования степной пояс приурочен к предгорьям. На приозерной равнине, сухие степи превращены в массивы поливных пахотных земель. Почвы на поливных землях сильно выщелочены; нераспаханные, сильно галечные почвы карбонатны.

Видовой состав степей наиболее сухих вариантов близок к полупустыням (Artemisia tianschanica, Scutellaria przevalskii, Limonium hoeltzerii и др.), вследствие перевыпаса скота происходит опустынивание степных сообществ. Степи влажных вариантов значительно от них отличаются, пополнясь рядом мезофитов (Trifoium pretense, Dactylis glomerata, Buplerum aureum, Lathyrus pratensis и др.). В целом флора степей содержит около 90 видов. Плохо поедаемые скотом рудеральные растения (Onopordum acanthium, Marrubium alternidens, Echium vulgare, Chenepodium album, Polygonum aviculare, Alyssum desertorum и др.) в составе травостоев отражают современное состояние степных сообществ – их нарушенность. Полукустарничков и кустарничков здесь мало; 10-15%, вегетативно-полуподвижных плотнодерновинных злаков (обладающих корневищами, в том числе рыхлокустовых злаков) – около 6%; значительно число стержнекорневых многолетников – 30%, однолетних около 18%, кустарников – 12%. Покрытие составляет 20-30%, иногда – до 50%, редко более. Массовыми видами в одинаковой мере являются дерновинные злаки и полынь тянь-шаньская.

Растительность степей начинает развиваться в апреле. Синузия эфемероида – цветения яркожелтых тюльпанов Колпаковского придает особый облик северным мелкодерновинным степям района исследования. Позже желтый цвет сменяется разнообразной окраской цветущего разнотравья (Allium veschnjakovii, Dracocepalum integrifolium, Ziziphora clinopodioides, Achillea setacea, Lagochilus platyacantus и др.).

В бассейне реки Бурма-Суу наиболее распространены караганово-полынно-злаковые, кустарниково-полынно-типчаковые и эстрагоново-типчаковые сообщества. Первые приурочены к северным склонам крутизной 20° на абсолютной высоте 2070 м.

В растительных сообществах, где преобладает Caragana pleiophylla видовой состав травянистых растений малочисленный. Эдификатором сообщества является Caragana pleiophylla. Крупнодерновинные злаки (Stipa capillata, S. kirghisorum) встречаются только среди караганы. Эдификатор сообществ служит убежищем для них. Доминирование Artemisia issykkylensis является результатом перевыпаса дерновинных степей.

Карагана многлистная (*Caragana pleiophylla*) образующая распластанные по земле густые куртины высотой до 50-70 см, иногда покрывающие 50-60% площади степи (чаще 10-15%). В куртинах нередко появляются более мезофильные растения, что свидетельствует о сохранении почвенной влаги. Кроме того, под ними иногда скапливается обильная подстилка из истлевающего и минерализующегося опада листочков караганы. По даннным Л.Н. Соболева (1953) и М.А. Глазовской (1953) такой опад может определить своеобразный ход развития каштановых почв. По мнению Л.Н. Соболева (1972) раньше *Caragana pleiophylla* в Иссык-Кульской котловине была широко распространена и ее отсутствие в ряде мест в настоящее время следует считать вторичным явлением, связанным с деятельностью человека, - следствием выжигания и усиленного выпаса скота. Своеобразна роль карагановых зарослей в развитии пастбищной эрозии: они предотвращают сбой, преграждая путь овцам; ее глубокие корневые системы укрепляют склоны и препятствуют эрозии, с другой стороны, проторенные в зарослях тропы усиливают линейную эрозию.

Кустарниково-полынно-типчаковые степи развиваются на крутых (35°) восточных, северовосточных склонах на абсолютной высоте 1920-2200 м. Кустарники представлены следующими видами: Caragana pleiophylla, Berberis heteropoda, Spirea hypericifolia, Caragana leucophloea, Cerasus tianschanicus, Cotonoaster multiflora, Evonimus semenovii. В кустарниковом ярусе четко выделяются два яруса. Первый ярус (160-140 см) слагают Berberis heteropoda, Spirea hypericifolia; второй (50-25 см) — Caragana pleiophylla, C. leucophloea, Cerasus tianschanicus, Euonimus semenovii, Cotonoaster multiflora. Общее проективное покрытие травостоя, неравномерное и составляет 50%. Ярусность четко не выражена. В состав травянистых видов входят степные (Festuca sulcata, Stipa kirghisorum, Elytrygia pectiniforme, Carex turkestanica) виды и представители полупустынных (Artemisia issykkylensis, Ziziphora clinopodioides, Ajania fastigiata, Eremostachys spesiosa и др.) сообществ.

САДЫКОВА 85

Описываемый участок находится вблизи поселка Бурма-Суу (в юго-западной части г. Каракол). Значительная часть населения имеет крупный рогатый скот молочного направления, количество которого намного выросло в последнее десятилетие, это связано с резким ростом цен на мясомолочные продукты. Здесь растительный покров сильно подвергается к выпасу скота, местами травяной покров полностью выбит, что ведет к усилению водной эрозии почв.

Наиболее широко распространенные эстрагоново-злаковые сообщества занимают пологие северные склоны (8-15°) аккумулятивной части среднегорий на абсолютных высотах 2100-2200 м. Нижняя часть склона изрезана овечими тропами. Расстояние между тропами составляет 1 м, глубина – 20-25 см, ширина – 40-45 см. Общая протяженность троп – 70-80 м, длина – 130-140 м. Доминантами сообществ являются Festuca sulcata и Artemisia dracunculus. Проективное покрытие травостоя довольно большое (65%). Травостой низкорослый. Ярусность четко не выражена. Здесь наряду со степными видами встречаются такие влаголюбивые виды как Origanum vulgare и Bromus inermis. Наличие последних видов является показателем оптимального гидротермического режима, но высокое обилие засухо- и пастбищеустойчивых видов, на наш взгляд, является результатом интенсивного использования пастбищ. В течение вегетационного периода растительность степей сильно подвергается воздействию выпаса и вытаптыванию крупного рогатого скота.

В аккумулятивной части северного склона рассеянно встречаются кустарники (Spirea hypericifolia, Juniperus turkestanica). Общее проективное покрытие травостоя составляет 85%, максимальное на изученной территории, ярусность четко не выражена. Эдификатором сообществ является Artemisia dracunculus. Злаки представлены следующими видами: Bromus inermis, Calamagrostis epigeios, Phleum phleoides и Elytrigia repens. Из разнотравья характерны: Hypericum perforatum, Galium verum, G. septentrionale, Origanum vulgare, Medicago falcata, Phlomis pratensis, Iris brevituba, Trifolium pretense, T. repens, Geranium collinum и др. Растительность имеет угнетенный вид, так как постоянно подвергается воздействию выпаса крупного рогатого скота.

В среднегорных степях левого борта долины реки Каракол широко распространены эстрагоново-аяниево-злаковые сообщества, которые приурочены к восточным склонам крутизной 25°. Абсолютная высота 2180-2400 м. Общее проективное покрытие травостоя составляет 75%. Из злаков наиболее часто встречаются Stipa capillata, Helictotrichon schellianum, Koeleria cristata, Phleum phleoides, Festuca sulcata, Poa angustifolia, Calamagrostis epgeios. Из разнотравья часто встречаются Artemisia dracunculus, Ajania fastigiata, Goniolimon orthocladum, Ziziphora clinopodioides, Hypericum perforatum, Trifolium repens и др. Состояние растительного покрова удовлетворительное.

На крутых (40°) восточных склонах довольно широкое распространение имеют карагановозлаково-полынные сообщества. Абсолютная высота местности 2200-2450 м. Общее проективное покрытие небольшое — 45%. Значительные площади занимают куртинки Caragana pleiophylla. Рассеянно встречается Eurotia ceratoides. Травостой разреженный. Доминант сообщества Artemisia issykkylensis местами образует чистый полынный травостой. Из злаков наиболее часто встречаются Elytrygia pectinitorme, Stipa capillata, Festuca sulcata и Phleum phleoides. Из разнотравья характерны: Dracocepalum bipinnatum, D. diversifolium, Galium verum, Ziziphora clinopodioides, Lagochilus platyacanthus, Kochia prostrata, Iris brevituba и др. Растительность подвергается умеренному воздействию выпаса, её состояние удовлетворительное.

Степная растительность правого борта долины реки Каракол представлена караганово-ковыльными, караганово-злаково-разнотравными сообществами. Караганово-ковыльные степи приурочены к крутым (30°) западным, северо-западным склонам. Абсолютная высота — 2200-2400 м. Эдификатором сообществ является Caragana pleiophylla. Рассеянно встречаются Berberis heteropoda, Eurotia ceratoides и Cerasus tianschanica. Проективное покрытие травостоя небольшое — 35-40%. Преобладают крупнодерновинные злаки: Stipa kirghisorum, S. capillata; местами встречается Lasiagrostis splendens. Довольно часто встречаются Elytrygia pectinitorme, Festuca sulcata, Dracocephalum bipinnatum, D. diversifolium. Состояние растительного покрова удовлетворительное, все виды растений проходит полный цикл развития.

Караганово-злаково-разнотравные сообщества занимают западные, северо-западные крутые склоны (30°) . Из злаков преобладает *Elytrygia pectinitorme*. Эдификатором сообществ является *Caragana pleiophylla*, обычны такие представители степей, как *Carex turkestanica*, *Centaurea ruthenica*, *Ajania fastigiata*, *Galium verum*, *Lagochilus platyacanthus* и *Oxytropis songorica*. Здесь также состояние растительного покрова удовлетворительное.

В бассейне реки Ак-Суу наиболее широкое распространение имеют караганово-злаково-разнотравные, злаково-карагановые сообщества. Караганово-злаково-разнотравные сообщества занимают южные, юго-западные склоны крутизной 35°, на абсолютной высоте — 1980-2300 м. Кустарниковый ярус слагают Caragana phleophylla, Berberis heteropoda, Cotoneaster multiflora, Spirea hypericifolia, Juniperus turkestanica, Eurotia ceratoides.

Травостой довольно сомкнутый (проективное покрытие до 65%), трехъярусный. В первом ярусе высотой 50-70 см произрастают *Poa angustifolia, Melica nutans, Artemisia santolinifolia, A. dracunculus, Stipa capillata. Второй ярус (30-40 см) образован Ajania fastigiata, Hypericum perforatum, Origanum vulgare, Phleum phleoides, Koeleria cristata, Elytrygia pectinitorme. В третьем ярусе (10-20 см) расположены Festuca sulcata, Carex turkestanica, Dracocephalum bipinnatum, D. diversifolium, Ziziphora tometosa, Z. clinipodioides, Sedum eversii. Растительность подвергается умеренному воздействию выпаса скота, наблюдается постепенное зарастание овечьей тропы такими растениями как Phleum phleoides, Medicago falcata, Ziziphora clinopodioides, Chenepodium album.*

Злаково-карагановые сообщества занимают южные, юго-восточные экспозиции крутизной 25°, абсолютная высота — 1950-2200 м. Общее проективное покрытие небольшое — 45%; в куртинках караганы этот показатель увеличивается до 85%. В зарослях караганы образуются микроассоции, в которых преобладают следующие злаки: Stipa capillata и Melica nutans. Травостой двухъярусный. Первый ярус (60-80 см) слагают Elytrygia pectinitorme, Stipa capillata и Melica nutans. Во втором ярусе (25-30 см) располагаются Kochia prostrata, Carex turkestanica, Koeleria cristata, Ajania fastigiata, и Artemisia issykkylensis. Растительный покров подвергается умеренному и слабому воздействию выпаса скота, происходит постепенное зарастание овечьей тропы.

В долине реки Арашан (левый приток р. Ак-Суу) наиболее широкое распространение имеют злаково-караганово-аяниевые и злаково-полынно-карагановые сообщества, которые приурочены к пологим (до 15°) восточным склонам. Абсолютная высота — 1850-2100 м. Общее прективное покрытие неравномерное 45% (в куртинках караганы — 75%). Эдификатором сообществ является *Caragana phleophylla*. Здесь так же, как и на предыдущих участках, в зарослях караганы с высоким обилием встречаются *Stipa capillata* и *Melica nutans*, которые отличаются высокорослостью и хорошим жизненным состоянием. Травостой двухъярусный: первый ярус (80-60 см) образован *Elytrygia pectinitorme, Stipa capillata* и *Melica nutans*; второй ярус (20-40 см) — *Koeleria cristata, Ajania fastigiata, Artmisisa issykkylensis* и др. Растительность подвергается слабому воздействию выпаса скота. Происходит постепенное зарастание овечьей тропы.

В бассейне реки Жергез на северо-западных склонах крутизной 25° распространены кустарниково-злаково-разнотравные сообщества. Абсолютная высота – 1950 м. В кустарниковом ярусе встречаются Berberis heteropoda, Cotoneaster melanocarpa, Caragana leucophloea и Eurotia ceratoides. Ярусность травостоя не выражена. Склон изрезан скотопрогонной тропой (длина которой 50-60 м, ширина 30-40 м). Глубина скотопрогонной тропы составляет 70-80 см, ширина 50-60 см. Проективное покрытие травостоя очень неравномерное, между тропами травостой довольно густой, его проективное покрытие составляет 65%. В травяном покрове наряду засухоустойчивыми степными видами обычны такие влаголюбивые растения как Brachypodium pinnatum, Poa angustifolia, Origanum vulgare, Rumex paulsenianus, Nepeta pannonica, Geranium collinum, Bupleurum aureum, Plantago major, Polygonum aviculare, Urtica dioica, Galium septentrionale и др. Повидимому внедрение значительного количества степных (Festuca valesiaca, Stipa capillata, Dracocephalum bipinnatum, Carex turkestanica) грубостебельных, непоедаемых и рудеральных видов (Onopordon acanthium, Marrubium alternidens, Echium vulgare, Canabis ruderalis, Echinops chantavicus) является результатом пасквальной дигрессии. Растительность постоянно подвергается воздействию выпаса крупного рогатого скота. Влияние его усиливается весной до отгона в летние пастбища и осенью, когда возвращается мелкий рогатый скот с летних пастбищ.

В районе исследования значительные площади занимают караганово-злаково-разнотравные сообщества, которые приурочены к пологим (8-10°) северным и северо-западным склонам. Абсолютная высота – 2000 м. Кустарники представлены Berberis heteropoda, Eurotia ceratoides, Caragana pleophylla. Последний является эдификатором сообществ. Общее проективное покрытие травостоя довольно высокое – 65-70%. Здесь встречаются такие степные пастбищеустойчивые растения как Festuca valesiaca, Elytrygia pectinitorme, Phleum phleoides, Lasiagrostis splendens, Artemisia issykkylensis и Ajania fastigiata. На фоне степных растений рассеянно встречаются такие

САДЫКОВА 87

влаголюбивые растения как *Buplerum aureum*, *Thalictrum foetdum*, *Melica nutans* и *Phlomis oreophila*. Местами происходит поверхностный смыв почвенного покрова.

В западных крутых склонах (40°) правого борта долины реки Жергез наиболее широко распространены караганово-разнотравно-злаковые сообщества. Абсолютная высота – 2100-2175 м. В кустарниковом ярусе довольно часто встречается Caragana phleophila, довольно редко Berberis heteropoda, Eurotia ceratoides. Общее проективное покрытие травостоя составляет – 85-90%. Из злаков здесь наиболее часто встречаются Stipa capillata, S. kirghisotum, Melica nutans, Festuca sulcata; довольно рассеяно – Poa bulbosa, Elytrygia pectinitorme. Из разнотравья преобладают Dracocepalum bipinnatum, Galium verum, Artemisia dracunculus, A. santolinifolia, Eremutus fuscus и Centaurea ruthenica. На западных склонах района исследования происходит постепенное зарастание овечьей тропы.

Выводы

Современное состояние растительного покрова бассейна реки Каракол удовлетворительное, так как наблюдается умеренное воздействие выпаса скота.

Растительность бассейна реки Ак-Суу находится в оптимальном состоянии, поскольку отмечено слабое влияние выпаса. Здесь отмечено развитие процессов восстановления растительного покрова степей.

В бассейне реки Жергез наблюдается сильное антропогенное воздействие на степную растительность из-за перевыпаса. Наблюдается преобладание грубостебельных, непоедаемых и рудеральных видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Глазовская М.А. 1953. К истории развития современных ландшафтов Внутреннего Тянь-Шаня //Географические исследования в Центральном Тянь-Шане. М.: Наука. С. 27-68.
- Грубов В.И. 1963. Растения Центральной Азии по материалам Ботанического института им. В.А. Комарова. М.-Л.: Изд. АН СССР. Вып. 1. 165 с.
- Соболев Л.Н. 1953. Степи средней части подгорной равнины и северных предгорий Терскей Ала-Тау // Труды Ин-та географии АН СССР. Работы Тянь-Шанской физико-геогр. станции. Т. 56. Вып. 3. М.: ИГ РАН. С. 151-203.
- Соболев Л.Н. 1972. Очерк растительности Иссык-Кульской котловины. Фрунзе: Наука. 107 с.
- Юнатов А.А. 1960. О некоторых эколого-географических закономерностях растительного покрова Синьцзян-Уйгурского автономного района // Природные условия Синьцзяна. М.: Наука. С. 8 40.

THE STEPPE VEGETATION OF EASTERN PART OF THE MOUNTAIN RIDGE TERSKEI ALA-TOO

© 2015. N.T. Sadykova

Kirghiz national universityKSNU, faculty of geography, ecology and tourism Republik ofKirghizia, 720033 Bishkek, Abdymomunov 328 E-mail: akbermetulan@mail.ru

The vegetation of steppe belt of east part of Terskey Ala-Too and is observed and its changes under pasture presser is described.

Keywords: plant cover, communities, dominant, edificator

К ЮБИЛЕЮ ЖАННЫ ВАДИМОВНЫ КУЗЬМИНОЙ

Редакция журнала «Аридные экосистемы» и Секция «Проблемы изучения аридных экосистем и борьбы с опустыниванием» научного Совета Отделения общей биологии РАН, Институт водных проблем РАН, Московское отделение Русского географического общества, Почвенный институт им. В.В.Докучаева, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, музей им. А.К. Тимирязева сердечно поздравляют доктора географических наук Жанну Вадимовну Кузьмину с ее первым юбилеем и желают ей крепкого здоровья, счастья и новых творческих успехов!



Жанна Вадимовна Кузьмина — один из крупнейших специалистов в проблеме воздействия гидротехнического строительства на экосистемный покров планеты в изменяющихся климатических условиях. Разрабатываемая ею проблема отличается комплексностью и требует междисциплинарного подхода, использования теоретических, методических и практических навыков исследований по широкому кругу смежных с геоэкологией дисциплин: гидрологии, климатологии, почвоведения, геоботаники.

Жизненный и творческий путь Жанны Вадимовны и ее научный рост связаны с работой в Институте водных проблем РАН. Еще в студенческие годы она начала исследования динамики экосистем речных долин Средней Азии под руководством известного географа, доктора географических наук, профессора Владимира Сергеевича Залетаева. Поэтому после завершения обучения на кафедре биогеографии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в 1987 г., она поступила в очную аспирантуру Института водных проблем РАН и завершила ее защитой диссертации по биологии

«Динамика растительности речных пойм сухих субтропиков Туркменистана и вопросы ее охраны».

С 90-х годов XX века активно занималась проблемой изучения и сохранения пойменных тугайных лесов Средней и Центральной Азии в условиях зарегулирования речного стока, участвовала в экспедициях в Казахстане, Туркменистане, Узбекистане, Таджикистане и Монголии. В 2007 году, по завершении обучения в докторантуре ИВП РАН Жанна Вадимовна успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени доктора географических наук на тему "Воздействие низконапорных гидротехнических сооружений на динамику наземных экосистем зоны широколиственных лесов Центральной и Восточной Европы" по специальности «Геоэкология». В основу этой диссертации легли длительные исследования на разнообразных искусственных водных объектах – водохранилищах и каналах как на территории России, так и в Германии.

Высокая научная квалификация Ж.В. Кузьминой позволила ей стать ответственным исполнителем научных тем НИР и ОНЗ РАН, руководителем российских и международных проектов (РФФИ и Европейской Комиссии).

Под руководством Жанны Вадимовны подготовлены к защите диссертации по динамике компонентов экосистем долин рек южной тайги в связи с климатическими и антропогенными изменениями. Ею разработана универсальная методика оценки гидротехнического воздействия и климатических изменений на ландшафты на основе мониторинга растительности модельных участков.

Ж.В. Кузьмина обладает широкой научной эрудицией и разрабатывает современные научные проблемы, актуальные в области геоэкологии в нашей стране и за рубежом. Она постоянно повышает свое профессиональное мастерство и обладает высокой научной квалификацией в теории и практике исследований смежных научных направлений. Она обладает большой работоспособностью, имеет значительный творческий научный потенциал и пользуется заслуженным уважением и доверием в

ХРОНИКА 89

научном сообществе. Высокие профессиональные качества и научные достижения Ж.В. Кузьминой позволили ей занять должность заведующего лабораторией в Институте водных проблем РАН. Она – самый молодой руководитель научного подразделения не только в институте, но и среди институтов Отделения наук о Земле РАН.

Она избрана действительным членом Российской экологической академии (РЭА), является членом Русского географического общества, членом редколлегии и постоянным выпускающим редактором журнала «Аридные экосистемы» РАН.

TOWARDS ANNIVERSARY OF JANNA KOUZMINA

Editorial board of the journal "Arid ecosystems" and Section "Problems of arid ecosystems and combat against desertification" Scientific council Department of general ecology Russian Academy of Sciences, Water problems Institute of the Russian Academy of Sciences, V.V. Dokuchaev Soils Institute, Severtzov's Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, A.K. Timirjazev's museum congratulate heartily Janna Vadimovna Kouzmina on its anniversaries and wish it sound health, happiness and new creative successes!

Dr. Janna Kouzmina is the authority in researches of the impact of hydraulic engineering on ecosystem cover of the planet ecosystem under changing climate. The scientific investigations developed by Dr. J. Kouzmina are notable for their multidisciplinary approach with the involvement of theoretical, methodological and practical skills of research on a wide range of disciplines related to geo-ecology: hydrology, climatology, soil science, geobotany.

The life and career of Janna Kouzmina, her scientific growth are associated with the work of the Institute of Water Problems of Russian Academy of Sciences. Being a young student she began to study the dynamics of ecosystems in river valleys of Central Asia under the leadership of the famous geographer Dr. Vladimir Zaletaev. Therefore after graduation in 1987 of the Department of Biogeography, Faculty of Geography of the M.V. Lomonosov's Moscow State University she entered the Ph.D. programme of the Institute of Water Problems of RAS and passed Ph.D. defense with thesis "Dynamics of vegetation of floodplains of dry subtropics in Turkmenistan and its protection".

Starting from 1990-th Dr. J. Kouzmina has been actively engaged in exploring and conservation of riparian floodplain forests of the Middle and Central Asia under the regulation of river flow. She was an active participant of expeditions to Kazakhstan, Turkmenistan, Uzbekistan, Tajikistan and Mongolia. In 2007 she graduated doctoral studies in the Institute of Water Problems of RAS and defended her postdoctoral thesis in geography called "Effects of low pressure hydraulic constructions on the dynamics of terrestrial ecosystems in the region of deciduous forests of Central and Eastern Europe". This thesis was based on long-term studies on a variety of water reservoirs and channels in Russia and in Germany.

High scientific qualification of Dr. J. Kouzmina allowed her to become a principal investigator in scientific researches in the RAS, the head of Russian and international projects (Russian Federal Property Fund and the European Commission). She has developed a universal method of estimating the impact of hydraulic and climate changes of landscapes based on the monitoring of vegetation sample areas.

Dr. J. Kouzmina has broad scientific erudition and continue to develop modern scientific problems in geoecology in Russia and abroad. She is constantly improving her professional skills and has a high academic qualifications in the theory and practice in allied sciences. She has a great capacity for work, significant scientific potential and creativity and deserved respect and credibility in the scientific community. High professional quality and scientific advances of J. Kouzmina allowed her to take the post of head of the laboratory at the Institute of Water Problems of RAS. She is the youngest head of a research unit not only in IWP RAS but also among the institutions of the Department of Earth Sciences of RAS.

She was elected as a full member of the Russian Ecological Academy (REA), member of the Russian Geographical Society, member of the editorial board and a permanent managing editor of the journal "Arid Ecosystems" RAS.

УШЕЛ ИЗ ЖИЗНИ АНВАРБЕК КАЗБЕКОВИЧ УСТАРБЕКОВ (05.07.1947-16.10.2014)

Соболезнование родным и близким

От членов редколлегии журнала «Аридные экосистемы», Научного Совета по гидробиологии и ихтиологии Российской Академии наук, от коллег Прикаспийского института биологических ресурсов ДНЦ РАН, Института проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова, Дагестанского государственного университета



16 октября 2014 г. скоропостижно скончался доктор биологических профессор, наук, заведующий лабораторией ихтиологии Прикаспийского института биологических ресурсов ДНЦ РАН, заслуженный деятель науки Республики Дагестан, член редколлегии журнала «Аридные экосистемы» Анварбек Казбекович 1970 Устарбеков. После окончания В году биологического факультета Дагестанского педагогического университета Анварбек Казбекович работал учителем биологии в средней школе, с 1971 по младшим научным сотрудником в отделении Каспийского Дагестанском исследовательского института рыбного хозяйства. С 1979 года до своей кончины - в Прикаспийском институте биологических ресурсов на должностях младшего (1979-1980 гг.), старшего (1981-1985 гг.) и заведующего лабораторией ихтиологии (1996-2014 гг.). В 1977 году защитил кандидатскую, в 2001 году докторскую диссертацию. В 1996 году был утвержден в ученом звании старшего научного сотрудника по специальности «ихтиология». Областью научных изысканий A.K. Устарбекова были изучение морфологии, остеологии и популяционной структуры карповых рыб Каспийского моря, которые послужили основой разработки теоретических ДЛЯ

основ микроэволюции карповых рыб. Им изучен видовой состав и внутривидовая изменчивость рыб Аграханского залива, предложены практические мероприятия по улучшению условий воспроизводства рыб в заливе. Исследованиями, проведенными в Сулакском заливе, Анварбек Казбекович установил возможность садкового выращивания ценных промысловых рыб. Им впервые была дана биологическая характеристика основных промысловых рыб в новом экологическом районе дельты реки Терек. Результаты этих исследований легли в основу технико-экологического обоснования по регулированию режима течения реки Терек.

Анварбек Казбекович активно сотрудничал с Научным Советом по гидробиологии и ихтиологии РАН, а также с Институтом проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова, много сделал в области таксономии рыб, активно занимался экологическими проблемами Каспия. Его разработки широко используются в рыбном хозяйстве и природоохранной деятельности. Устарбековым А.К. опубликовано более 200 научных работ.

За многолетнюю и плодотворную работу в 1998 году ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Дагестан». За активное участие в выполнении программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» награжден почетной грамотой, неоднократно удостаивался

ХРОНИКА 91

почетных грамот Президиума РАН и Президиума ДНЦ РАН, был победителем конкурса по проблеме «Биоразнообразие», награжден Юбилейной медалью «300 лет Российскому флоту».

С кончиной А. К. Устарбекова наука понесла невосполнимую утрату. Друзьям, коллегам профессор Анварбек Казбекович Устарбеков запомнился как талантливый ученый, чуткий и отзывчивый товарищ, прекрасный семьянин.

Светлая память о нем навсегда сохранится в сердцах его коллег.

PASSED AWAY ANVARBEK KAZBEKOVICH USTARBEKOV (05.07.1947-16.10.2014)

Condolences to the family and friends

From members of the editorial board of the journal "Arid Ecosystems" Science Council of Hydrobiology and Ichthyology of the Russian Academy of Sciences, colleagues from the Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center RAS, Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences. ANSevertsov, Dagestan State University

October 16, 2014 BC. died Sc.D., Professor, Head of the Laboratory of Ichthyology Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center RAS, Honored Scientist of the Republic of Dagestan, a member of the editorial board of the journal "Arid Ecosystems" Anvarbek Kazbekova Ustarbekov.

ISSN 1993-3916

журнал АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2015. Т. 21. № 2 (63) JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2015. Vol. 21. № 2 (63)

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»)