ISSN 1993-3916

Том *Volume* **19** **Номер** **Number** **3 (56)** **Сентябрь** **September** **2013**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ARID ECOSYSTEMS

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

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

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

2013

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

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

ARID ECOSYSTEMS

Vol. 19, No. 3 (56), 2013, SEPTEMBER
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), M.G. Glants (USA), P.D. Gunin, Zhigang Jiang (China), L.A. Dimeeva (Kazakhstan), I.S. Zonn, R.V. Kamelin, Zh.V. Kuzmina, G.S. Kust, E. Lioubimtseva (USA), V.M. Neronov, L. Orlovsky (Israel), U. Safriel (Israel), I.V. Springuel (Egypt), A.A. Tishkov, V.I. Cherkashin, A.A. Chibilev, P. Shafroth (USA), Z.Sh. Shamsutdinov, A.K. Ustarbekov, T.V. Dikariova (*executive secretary*)

Responsibilities for issue:
N.M. Novikova*, Zh.V. Kuzmina*

Editorial council:
R.G. Magomedov** (*vice-editor-in-chief on organizational questions*), P.M.-S. Muratchaeva**, M.B. Shadrina*, M.Z. Zalibekova**

Addresses of Editorial Offices:
*Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS
Tel.: (499) 135-70-41. 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

2013

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

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 19, № 3 (56), 2013, сентябрь
Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

Главный редактор
доктор биологических наук, профессор
З.Г. Залибеков**

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

Редакционная коллегия:
Б.Д. Абатуров, С.-В. Брекле (Германия), М.Г. Глянц (США), П.Д. Гунин, Джиганг Джанг (Китай), Л.А. Димеева (Казахстан), И.С. Зонн, Р.В. Камелин, Ж.В. Кузьмина, Г.С. Куст, Е. Любимцева (США), В.М. Неронов, Л. Орловская (Израиль), У. Сафриель (Израиль), И.В. Спрингель (Египет), А.А. Тишков, А.К. Устарбеков, В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, П. Шафрот (США), З.Ш. Шамсутдинов, Т.В. Дикарева (*Ответственный секретарь*)

Ответственные за выпуск:
Н.М. Новикова*, Ж.В. Кузьмина*

Редакционный совет:
Р.Г. Магомедов** (*Заместитель главного редактора по оргвопросам*), М.З. Залибекова**, М.Б. Шадрина*, П.М.-С. Муратчаева**

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

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

Москва: Товарищество научных изданий КМК

2013

© Журнал основан в 1995 г.
Издается при финансовой поддержке
Прикаспийского института биологических ресурсов
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

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

Журнал включен 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
публикуются в международной справочной системе по
периодическим и продолжающимся изданиям
«Ulrich’s Periodicals Directory». Информация о журнале и
архив располагаются на сайте www.iwp.ru

The journal is included 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 published in the
International inquiry system of the
«Ulrich’s Periodicals Directory». Information about Journal and
archive are at the site www.iwp.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Том 19, номер 3 (56), 2013 сентябрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Соленостная толерантность донных организмов речных вод (обзор)
Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк 5-15

Состояние водных экосистем озер Онон-Торейской равнины за 1983-2011 годы (восточное Забайкалье)
А.П. Куклин, Г.Ц. Цыбекмитова, Е.П. Горлачева 16-26

Природные комплексы побережий искусственных водоемов на юге Европейской части России
Н.М. Новикова, О.Г. Назаренко 27-42

Прогнозные и наблюдаемые смещения береговой линии Цимлянского водохранилища
Н.А. Шумова 43-50

Особенности литорального экотона среднего Каспия (в пределах Терско-Кумской низменности)
А.Н. Краснова, А.И. Кузьмичев, М.И. Джалалова 51-57

Оценка динамики растительности в дельте Волги
В.Б. Голуб, К.А. Старичкова, А.Н. Бармин, М.М. Иолин, А.Н. Сорокин, Л.Ф. Николайчук 58-68

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Особенности пространственной организации лесостепной растительности в долине р. Джида (западное Забайкалье)
С.А. Холбоева, Б.Б Намзалов, М.Г. Цыренова 69-76

Особенности флоры и растительности Принуратинских останцовых хребтов (Южные Кызылкумы)
А.Р. Батошов, Н.Ю. Бешко 77-82

Некоторые особенности изменения солевого состояния почв при преобразовании структуры сельскохозяйственного использования орошаемых земель дельтовых территорий
Г.С. Куст 83-90

Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области
К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферев 91-98

Проявление вулканических пеплов в долине реки Истисув в аридной зоне Дагестана (Восточный Кавказ)
С.И. Исаков, В.У. Мацапулин, Е.В. Тулышева, А.Р. Юсупов 99-106

ПОТЕРИ НАУКИ

Ушла из жизни Александра Федоровна Новикова 107-108

CONTENTS

Volume 19, Number 3 (56), 2013 SEPTEMBER

SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES

Salinity tolerance of macroinvertebrates of stream waters (review)
T.D. Zinchenko, L.V. Golovatyuk 5-15

Status of aquatic ecosystems lakes Onon-Torei plain for the years 1983-2011 (Eastern Transbaikalia)
A.P. Kuklin, G.Ts. Tsybekmitova, E.P. Gorlacheva 16-26

Natural complexes of the shores of artificial reservoirs at territories of the south of the Europaean part of Russia
N.M. Novikova, O.G. Nazarenko 27-42

Forecast and observation displacement of the Tsimlyansk reservoir coastline
N.A. Shumova 43-50

Features littork-al ecotone of the Middle Caspian sea (within Terek-Kuma lowland)
A.N. Krasnova, A.I. Kuzmichev, M.I. Dzhalalova 51-57

Estimates of vegetation dynamics in the Volga River Delta
V.B. Golub, K.A. Starichkova, A.N. Barmin, M.M. Iolin, A.N. Sorokin, L.F. Nikolaychuk 58-68

BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

Features of the spatial organization of forest-steppe vegetation in a valley of the river Dzhida (the western Transbaikalia)
S.A. Kholboeva, B.B. Namsalov, M.G. Cyrenova 69-76

Characteristics of the flora and plant cover of thr relic mountains of the South Kyzylkum
A.R. Batoshov, N.Yu. Beshko 77-82

Peculiarities in changes of soil salinity conditions in restructuring of irrigating lands of deltaic regions
G.S. Kust 83-90

Geoinformation analysis of desertification hotspots in the Astrakhan region
K.N. Kulik, A.S. Rulev, V.G. Yuferev 91-98

Volcanic ash manifestation in the Istisuv river valley in the arid zone of Dagestan (Eastern Caucasus)
S.I. Isakov, V.U. Matsapulin, E.V. Tulysheva, A.R. Yusupov 99-106

LOSSES OF SCIENCE

Alexandra Fedorovna Novikova is gone 107-108

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 5-15

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 574. 587. (282. 471. 45)

СОЛЕНОСТНАЯ ТОЛЕРАНТНОСТЬ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ РЕЧНЫХ ВОД (ОБЗОР)[1]

© 2013 г. Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк

Институт экологии Волжского бассейна РАН
Россия, 445003 г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10. E-mail: tdz@mail333.com, gollarisa@mail.ru

Поступила 23.10.2012

На основе анализа литературных данных и результатов собственных исследований дается обзор соленостной толерантности различных таксонов макрозообентоса. Показаны существенные различия устойчивости гидробионтов по отношению к солености в реках различных аридных регионов. Наиболее стеногалинными являются пиявки, двустворчатые моллюски, личинки веснянок, ручейников и поденок. Приводится таксономический состав макрозообентоса соленых рек бассейна оз. Эльтон аридной зоны Юга России.
Ключевые слова: соленые реки, макрозообентос, соленостная устойчивость.

Минерализация воды рек или насыщение неорганическими веществами, находящимися в ней в виде ионов и коллоидов, определяется составом и общим количеством растворенных в воде минеральных соединений, концентрация которых в отечественных исследованиях, чаще всего, измеряется в мг/л или г/л (Алекин, 1970; Дедю, 1990). Главный источник минерализации воды – поступление минеральных веществ с подземным и поверхностным стоком из водосборного бассейна. Зональность ионного состава речных вод объясняется не только действием климатических условий настоящего времени, но и в значительной мере климатом прошлого. Степень выщелоченности почв и пород, наличие в них легкорастворимых солей или засоленность почв – это естественный результат многовекового воздействия соответствующих климатических условий.

Диапазон минерализации речных вод в различных регионах мира достаточно широк и обусловлен спецификой гидрохимических процессов в лотических системах, а также литологическим составом водоносных пластов (Алекин, 1970). Питание водотоков за счёт подземных вод приводит к увеличению уровня минерализации, тогда как поверхностный сток уменьшает его, в результате чего свойства речной воды на протяжении года могут существенно меняться.

Большинство рек земного шара имеет малую и среднюю минерализацию вод, однако речные воды с повышенной и высокой минерализацией также географически широко распространены и связаны с аридными и семиаридными регионами (рис.). На территории России минерализация воды рек достигает 150-200 мг/л на севере, 600-1000 мг/л в лесостепной зоне и 2000-41000 мг/л на юге степной зоны, например, в реках, впадающих в гипергалинное оз. Эльтон.

В настоящее время во многих областях мира происходит возрастание солености внутренних вод (Williams, 1987; Stoner, 1988; Velasco et al., 2006). В условиях глобального изменения климатических условий процесс повышения минерализации влечет за собой изменения в биотической составляющей водоемов и водотоков. В этой связи наибольшую актуальность приобретают исследования особенностей отношения водных животных к солености, которая является одним из ведущих абиотических факторов среды, воздействующих на гидробионтов (Аладин, 1996).

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований «№ 07-04-96610» и в рамках программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие», раздела «Динамика биоразнообразия и механизмы обеспечения устойчивости биосистем»; гранта Российского фонда фундаментальных исследований «№ 13-04-00740» "Разнообразие планктонных и донных сообществ высокоминерализованных рек аридной зоны Приэльтонья; популяционные адаптации гидробионтов к экстремальным факторам".

Макрозообентос является одним из основных компонентов биоты высокоминерализованных лотических систем, в которых влияние солености на донные сообщества зависит, в первую очередь, от солеустойчивости отдельных видов (Шмидт-Ниельсен, 1982; Williams, Williams, 1998). Граница соленосной чувствительности таксонов может быть установлена как по максимальной солености, при которой виды встречаются в природных водах, так и в ходе проведения тестирования, во время которого животные подвергаются действию различных соленосных концентраций (Филенко, Михеева, 2007; Berezina, 2003; Echols et al., 2009).

Результаты и обсуждение

При анализе публикаций отечественных и зарубежных исследователей наибольшее внимание уделяется отдельным таксонам донных организмов, характерным для речных систем, информация по солеустойчивости которых приводится ниже.

Mollusca. Некоторые виды моллюсков, широко распространенные в пресных водах, проявляют определенную устойчивость к возрастанию солености. Большую толерантность к повышению солености имеют брюхоногие моллюски в сравнении с двустворчатыми. Согласно результатам мониторинга, проведенного на реках Австралии, брюхоногие моллюски из сем. Hydrobiidae, Lymnaeidae, Ancylidae, Planorbidae, Physidae, Pomatiopsidae устойчивы к солености в диапазоне от 2.7 до 32.1 г/л с максимальной толерантностью, известной для *Potamopyrgus antipodarum* из сем. Hydrobiidae (Rutherford, Kefford, 2005). В реках Западной Европы различные виды брюхоногих и двустворчатых моллюсков отмечены при солености не более 2.6-6.8 г/л. Так, в реке Меурт (Meurthe, Франция) моллюски *Radix* sp, *Physa* sp., *Corbicula fluminalis*, *Gyraulus* sp., *Dreissena polymorpha*, *Planorbarius corneus* обычны при минерализации 2.6±0.46 г/л, а в реке Рамбла Салада (Rambla salada, Испания) брюхоногий моллюск *Melanopsis praemorsa* достигает массового развития при солености 3.5-6.8 г/л (Piscart et al., 2005; Velasco et al., 2006).

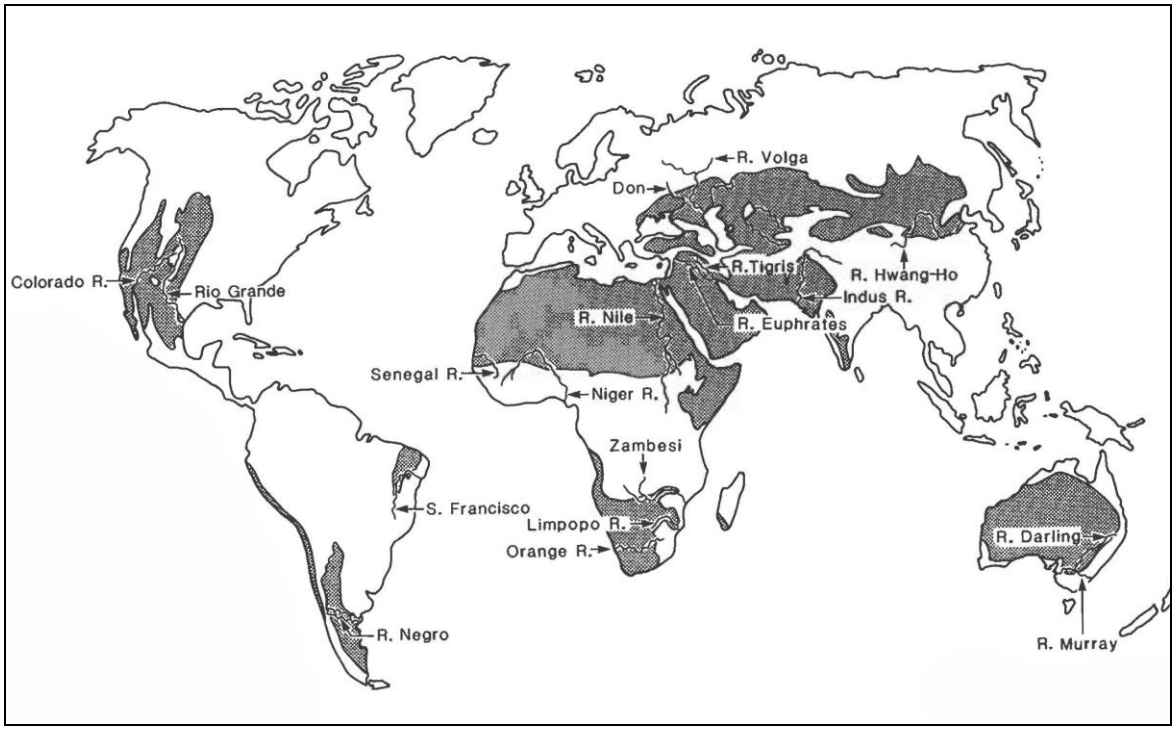


Рис. Карта-схема расположения мировых аридных и семиаридных регионов (выделены темным цветом) с указанием наиболее крупных рек, связанных с ними (дано по: Williams, 1987). **Fig.** Extent of world's arid and semiarid regions and major rivers associated whith them. Arid and semiarid regions are shown stippled (by: Williams, 1987).

Исследования осморегуляции некоторых видов двустворчатых моллюсков показали, что увеличение солености воды вызывает осмотический стресс у *Velesunio ambiguus* и *Alathyria jacksoni* (Vickery, 1978). Пресноводные моллюски, обитающие в австралийских реках с уровнем солености от 0.4 до 2.24 г/л, имеют наибольшую плотность при солености менее 1 г/л (Metzeling, 1986). Анализ распределения моллюска *Dreissena polymorpha* позволяет констатировать верхнюю границу потенциальной соленосной толерантности, которая приближается к 14-15 г/л (Orlova et al., 1998). В условиях эксперимента было показано, что частичная гибель особей двустворчатых моллюсков *Pisidium amnicum* наступала при солености 4.2 г/л, тогда как брюхоногие моллюски *Bithynia tentaculata* и *Lymnaea ovata* выдерживали концентрацию солей в воде до 4.2-6.3 г/л (Berezina, 2003). Выявлена зависимость количественных и качественных показателей развития моллюсков от содержания в воде кальция, натрия и относительного содержания калия. При этом несбалансированное содержание в водоемах отдельных катионов, особенно калия, ограничивает развитие моллюсков (Березина, 2000).

Oligochaeta. Верхний предел толерантности малощетинковых червей в соленых реках достигает 82 г/л (Rutherford, Kefford, 2005). Соленостная выносливость олигохет существенно различается на уровне таксонов. Высокую устойчивость проявляют представители Tubificidae, Naididae и Megascolecidae, обитающие в водах австралийских рек с уровнем солености до 2.1-39.6 г/л (Kay et al., 2001). В результате исследований соленых рек бассейна оз. Эльтон было установлено, что олигохеты из семейств Tubificidae, Naididae и Enchytraeidae в массе обитают при солености от 3.8 г/л до 25.6 г/л (табл.). В таблице представлен таксономический состав макрозообентоса и максимальная соленость обитания гидробионтов в 7 соленых реках аридной зоны Юга России.

Несмотря на то, что для большинства видов олигохет обитание в континентальных водоемах ограничено уровнем минерализации от 0.28 до 1 г/л (Попченко, 1988; Hart et al., 1991), нами зарегистрирована высокая численность *Enchytraeus issykkulensis* в соленых реках Хара и Чернавка при минерализации до 12.6-25.7 г/л. Кроме того, было установлено, что при увеличении солености воды в эстуариях рек в ходе приливно-отливного цикла, олигохеты, при быстром изменении солености, решают проблему не осморегуляторным, а чисто поведенческими способом, на время самоизолируюясь, закапываясь в мягкие черные илы, где соленость более стабильна.

Hirudinea. Пиявки, живущие в речных водах, проявляют низкую соленосную толерантность. В природных условиях единичные находки особей из сем. Glossiphoniidae известны из рек с соленостью 4 г/л, что является верхним пределом обнаружения пиявок в высокоминерализованных речных водах (Bunn, Davies, 1992; Rutherford, Kefford, 2005). Подтверждением вышесказанному являются данные экспериментальных исследований, при которых была установлена низкая выживаемость пиявок из родов *Erpobdella* и *Helobdella* (семейство Erpobdellidae) при солености более 6.3 г/л. Наиболее благоприятной для развития и размножения пиявок считается минерализация в пределах от 0.1 до 0.5 г/л (Berezina, 2003). Проведение токсических тестов на видах сем. Glossiphoniidae показало 50% смертность особей (LC_{50}) при солености 10.5 г/л (Kefford et al., 2003), что значительно превышает показатели, полученные для пиявок из семейства Erpobdellidae. В донных сообществах мезогалинных и полигалинных рек Приэльтонья пиявки нами зарегистрированы не были (табл.).

Crustacea. По отношению к солености пресноводные ракообразные осуществляют осморегуляцию по четко выраженному гипотоническому типу и являются наиболее устойчивой группой донных беспозвоночных в пределах нормы реакции вида, выработанной в процессе естественного отбора (Bunn, Davies, 1992).

Проведенные токсические тесты показали наибольшую соленосную толерантность ракообразных *Amarinus lacustris* и *Cymodetta* sp. среди тестируемых групп бентоса из реки Барвон (Barwon River, Австралия), куда входили моллюски, веснянки, поденки, ручейники, клопы, жуки, стрекозы, клещи. Ракообразные выдерживали концентрацию солей в воде до 38 г/л (Kefford et al., 2003). Эта величина близка к максимальной солености (37.8 г/л), при которой вид *Austrochiltonia australis* из отряда Amphipoda обитает в реках Австралии (Rutherford, Kefford, 2005). Другой вид этого рода *Austrochiltonia subtenuis* доминировал в реках Мил Брук (Mile Brook) и Хозам (Hotham), соленость которых находилась в пределах 2.2-19 г/л (Bunn, Davies, 1992). Нами установлено, что эвригалинные гаммариды *Gammarus lacustris* достигают высокой численности среди зарослей макрофитов в реках Хара, Ланцуг и Большая Саморода при солености 7.3-15.8 г/л (табл.).

Таблица. Таксономический состав макрозообентоса и максимальная соленость, при которой виды отмечены в реках бассейна оз. Эльтон: Хара, Ланцуг, Чернавка, Солянка, Большая Саморода, Малая Саморода, Карантинка (апрель, 2007 г.; май, 2011 г.; июль 2011 г.; август, 2006-2011 гг.; сентябрь, 2008 г.). **Table.** List of taxon benthic macroinvertebrates and maximum salinity in the rivers: Hara, Lantcug, Chernavka, Solyanka, Bolshaya Samoroda, Malaya Samoroda, Karantinka in April-September 2006-2011.

Таксон	Соленость, г/л	Таксон	Соленость, г/л
Oligochaeta		*Peltodytes caesus*	9.6
Enchytraeus issykkulensis	25.6	Diptera	
Limnodriloides dnieprobugensis	15.8	Psychodidae	
Limnodrilus grandisetosus	11.6	*Ulomyia* sp.	11.5
Limnodrilus hoffmeisteri	13.3	Culicidae	
Limnodrilus profundicola	14.0	*Aedes* sp.	13.2
Limnodrilus sp.	16.4	*Culex* sp.	13.2
Limnodrilus udekemianus	7.5	Ceratopogonidae	
Potamothrix bedoti	14.0	*Culicoides* sp.	
Homochaeta naidina	15.1	*Palpomyia* sp.	
Nais communis	16.8	Chironomidae	
Nais elinguis	13.7	*Corynoneura* sp.	7.5
Paranais simplex	25.0	*Cricotopus ornatus*	15.8
Uncinais uncinata	16.7	*Cricotopus salinophilus*	31.6
Crustacea		*Cricotopus* gr. *sylvestris*	28.6
Gammarus lacustris	15.8	*Cricotopus* sp.	14.0
Odonata		*Glyptotendipes paripes*	14.4
Aeschna sp.	21.1	*Glyptotendipes salinus*	28.6
Sympetrum sanquineum	7.5	*Chironomus aprilinus*	16.9
Heteroptera		*Chironomus* gr. *plumosus*	9.6
Callicorixa gebleri	6.8	*Chironomus salinarius*	41.1
Paracorixa concinna	10.3	*Cladopelma* gr. *lateralis*	14.0
Sigara nigrolineata	31.6	*Cladotanytarsus* gr. *mancus*	21.1
Sigara assimilis	31.6	*Dicrotendipes notatus*	21.1
Sigara lateralis	10.3	*Microchironomus deribae*	28.6
Sigara sp.	30.8	*Polypedilum nubeculosum*	7.5
Coleoptera		*Paratanytarsus inopertus*	13.1
Anacaena sp.	16.4	*Paratanytarsus* sp.	7.5
Berosus bispina	31.6	*Psectrocladius* sp.	21.1
Berosus fulvus	31.6	*Tanypus punctipennis*	6.8
Berosus frontifoveatus	31.2	*Tanytarsus kharaensis*	16.7
Berosus sp.	31.6	*Tanytarsus* sp.	7.5
Cymbiodyta sp.	9.8	Stratiomyidae	
Enochrus quadripunctatus	31.2	*Nemotelus* sp.	25.6
Helochares obscurus	30.9	*Odontomyia* sp.	30.9
Hydrobius fuscipes	15.8	*Stratiomys chamaeleon*	11.5
Hygrotus enneagrammus	28.6	Tabanidae	
Hygrotus flaviventris	10.3	*Tabanus* sp.	21.1
Ochthebius marinus	30.9	Ephydridae	
Paracymus aeneus	27.6	*Ephydra* sp.	41.1

В то же время, широко распространенные в реках пресноводные стенобионтные амфиподы *Gammarus pulex*, в эксперименте погибают в течение 15 мин в воде с концентрацией солей до 35 г/л (Гурков и др., 2012; Williams, Williams, 1998).

В экспериментах, связанных с обоснованием инвазионных процессов, была выявлена соленостная толерантность отдельных пресноводных ракообразных, например, *Asellus aquaticus* и *Gmelinoides fasciatus*, характеризующихся низкой смертностью (5-10%) в водах с диапазоном солености от 0.02 г/л до 8.1 г/л. При этом осморегуляция ракообразных осуществлялась по фильтрационно-реабсорбционному принципу (Мартемьянов, Борисовская, 2012; Berezina, 2003).

Odonata. Большинство видов стрекоз являются типичными обитателями пресных вод (Hart et al., 1991), хотя отдельные таксоны способны выживать в условиях повышенной и высокой солености. Например, *Hemicordulia tau* и некоторые виды рода *Ischnura* были собраны в реках с концентрацией солей до 2.24 г/л (Metzeling, 1986), а личинки стрекоз *Anax* sp. колонизируют биотопы гипергалинной реки Рабмла Салада (Rambla Salada), впадающей в Средиземное море, при распреснении ее вод до 3.5-6.8 г/л (Velasco et al., 2006). Стрекозы из семейств Coenagrionidae, Aeschnidae, Gomphidae, Libellulidae, Hemicorduliidae и Lestidae обитают в водах рек Австралии и Испании с уровнем солености от 5.9 до 40 г/л (Gallardo-Mayenco, 1994; Rutherford, Kefford, 2005). Максимальная соленостная выносливость на уровне вида (25.8 г/л) отмечена для *Austrolestes annulosus* из сем. Lestidae. Личинки стрекоз *Sympetrum sanguineum*, *Ischnura elegans* и *Aeschna* sp. обитают в мезогалинных реках Хара и Ланцуг (бассейн оз. Эльтон) при солености 7.5-21.1 г/л (табл.). В экспериментальных исследованиях показана высокая устойчивость личинок стрекоз *Libellula depressa* и *Epitheca bimaculata* при их тестировании в воде соленостью до 6.3-8.1 г/л (Berezina, 2003).

Ephemeroptera. Привычно считать, что поденки не встречаются в соленых водоемах, поскольку они не обладают «физиологической толерантностью» и являются «галофобами» (Short et al. 1991; Gallardo-Mayenco, 1994). Так, в малых реках Приэльтонья с уровнем солености от 3.8 до 41.1 г $л^{-1}$ личинки поденок не зарегистрированы, а в реках США, таких как Ред Ривер (Red River), Миддл Форк (Middle Fork), Саус Форк (South Fork) и Стамп Каве Бранч (Stump Cave Branch) поденки не найдены при минерализации более 2 г/л (Short et al., 1991). Вместе с тем исследования, проведенные на реках Австралии (Kay et al., 2001; Rutherford, Kefford, 2005), показали устойчивость поденок из семейств Leptophlebiidae, Baetidae и Caenidae к концентрации солей в воде до 3.8-9.2 г/л. Наиболее выносливыми среди них являются поденки *Tasmanocoenis* sp. из сем. Caenidae. Известны находки поденок из сем. Caenidae (род *Caenis*) в реках с высоким содержанием в воде хлоридов (Harrel, Dorris, 1968). Данные Бернер и Слоан (Berner, Sloan, 1954) указывают на обитание поденок в реках штата Флорида при солености до 2-10 г/л. Верхним пределом соленосной толерантности для поденок является обитание личинок *Cloeon schoenemundi* в водах бассейнов рек Сегура и Рамбла Салада (Segura River, Rambla Salada River) при минерализации до 75 г/л (Ubero-Pascal et al., 1998; Velasco et al., 2006).

Иные результаты получены в экспериментальных условиях. При проведении острых токсических тестов у поденок родов *Cloeon* и *Centroptilum* (семейство Baetidae) гибель 50% личинок наступала в течение 72 часов при солености 5.5 г/л. Аналогичные результаты установлены для личинок *Isonychia bicolor* в опытах с концентрацией в воде NaCl до 5.95 г/л (Kefford et al., 2003; Echols et al., 2009). Напомним, что у пресноводных гидробионтов концентрация биологических жидкостей гипертонична по отношению к водной среде. Поэтому поддержание осмотического давления внутренней среды является многофункциональным процессом, включающим определенную изоляцию организма от проникновения пресной воды через внешние покровы тела, активный выход излишков воды, поступающей в организм, и абсорбцию ионов из воды жабрами против концентрационного градиента. В связи с этим проявляется определенная видоспецифичность. Так, исследования биологии широко распространенного в соленых реках Канады, Аргентины и США вида *Hexagenia limbata* демонстрируют его толерантность к увеличению солености до 8 г/л (Giberson, Rosenberg, 1994).

Plecoptera. Известно, что большинство видов веснянок обитает при минерализации до 1 г/л (Жильцова, 2003; Головатюк, 2011; Hart et al., 1991). Отсутствие веснянок было отмечено в гипергалинной реке Рамбла Салада (Rambla Salada; Velasco et al., 2006), а также в малых мезогалинных и полигалинных реках бассейна оз. Эльтон (Зинченко, Головатюк, 2010).

Исследования, проведенные на водотоках Австралии, США и Испании расширяют представления о соленосной толерантности веснянок, встречающихся в водах с уровнем минерализации до 2-9 г/л. Виды, найденные в указанном диапазоне солености, принадлежат семействам Capniidae, Gripopterygidae, Leuctridae, Nemouridae, Perlidae и Perlodidae (Rutherford, Kefford, 2005). Среди представителей семейства Gripopterygidae, преобладающих в соленых реках Австралии, личинки вида *Illiesoperla mayi* найдены при солености до 4.4 г/л, *Riekoperla naso* – до 4.5 г/л, *Leptoperla tasmanica* – до 4.8 г/л, *Dinotoperla evansi* – до 8.8 г/л (Rutherford, Kefford, 2005). В высокоминерализованных реках США, расположенных на востоке штата Кентукки, наибольшую устойчивость проявляют поденки *Isoperla* sp. из семейства Perlodidae и *Acroneuria* sp. из семейства Perlidae, обитающие при солености 2.0-5.7 г/л (Short et al., 1991).

Heteroptera. Многие виды водных клопов успешно колонизируют внутренние соленые водоемы и водотоки в различных частях мира (Канюкова, 2006; Hart et al., 1991). Соленостная выносливость и осморегуляторная способность кориксид была подробно изучена Кноулесом и Вильямсом (Knowles, Williams, 1973). Высокую толерантность по отношению к водной солености (до 2.6-42 г/л) проявляют виды из сем. Corixidae, Veliidae и Notonectidae (Gallardo-Mayenco, 1994: Kay et al., 2001; Piscart et al., 2005; Rutherford, Kefford, 2005). Среди кориксид вид *Sigara assimilis* обитает в мезогалинных и полигалинных реках (Бенинг, 1926), а *Sigara selecta* в массе развивается в водах с соленостью от 3.5 до 100 г/л, завершая жизненный цикл при солености до 55 г/л (Gallardo-Mayenco, 1994: Barahona et al., 2005; Velasco et al., 2006). Клопы родов *Sigara*, *Callicorixa*, *Paracorixa* являются постоянными обитателями мезо- и полигалинных малых рек бассейна оз. Эльтон, выдерживая соленость до 6.6-30.8 г/л (табл.). Наиболее массовым видом, обитающим при солености до 30.8 г/л, является *Sigara assimilis*. Повышение солености воды в реках может приводить к элиминации менее выносливых видов клопов и замещению их более толерантными. Наряду с таксонами, проявляющими высокую устойчивость к солености, значительное число видов клопов обитает в водах, минерализация которых не превышает 0.5 г/л (Hart et al., 1991).

Coleoptera. Несмотря на то, что многие виды жуков населяют пресные водоемы с минерализацией от 0.1 до 1 г/л, представители отдельных семейств составляют разнообразие донных сообществ некоторых соленых рек Австралии и Испании (Hart et al., 1991; Gallardo-Mayenco, 1994; Velasco et al., 2006). Малые реки аридных областей мира нередко являются убежищем для некоторых видов жуков различных экологических групп (Дядичко, 2004). Например, в малых реках бассейна оз. Эльтон (табл.) виды родов *Berosus*, *Ochthebius*, *Enochrus* и *Hygrotus* обитают при солености 6.6-31.6 г/л (Зинченко, Головатюк, 2010). Наибольшая численность отмечена для личинок жуков *Enochrus quadripunctatus*.

Широкий диапазон соленосной толерантности характерен для представителей семейств Hydraenidae, Dytiscidae и Hydrophilidae, среди которых род *Ochthebius* включает наибольшее число галофильных видов. Представители рода *Ochthebius* обитают в речной воде с соленостью до 100 г/л и их чувствительность снижается в ряду: *Ochthebius glaber→O. notabilis→O. corrugatus→O. cuprescens →O. delgadoi→O. tudmirensis*. Гидрофилиды *Enochrus falcarius* и *Berosus hispanicus* характеризуются высокой численностью в реках с соленостью от 20 до 50 г/л, выдерживая минерализацию до 81 г/л (Velasco et al., 2006). Таксономическое разнообразие жуков семейств Dytiscidae, Hydraenidae, Hydrophilidae также характерно для мезогалинных и полигалинных рек юго-запада Австралии, где они обитают в водах с концентрацией солей до 125-135 г/л (Bunn, Davies, 1992; Kay et al., 2001; Rutherford, Kefford, 2005).

Trichoptera. Хорошо известно, что ручейники, также как поденки и веснянки, являются обитателями быстротекучих водотоков, с высоким содержанием растворенного кислорода, и приурочены в основном к пресным водам. Данные ряда авторов говорят о том, что повышение солености вод и увеличение концентрации хлоридов в донных отложениях негативно влияют на фауну ручейников, приводя к снижению их видового богатства, численности и биомассы личинок (Hart et al., 1991; Bunn, Davies, 1992; Холмогорова, 2009). Описан эффект усиления дрифта личинок ручейников в результате возрастания в воде концентрации хлоридов свыше 1 г/л. (Crowther, Hynes, 1977). Кроме того, зарегистрирована низкая численность ручейников рода *Cheumatopsyche* (всего 120 экз./м^2) в водотоках штата Кентукки (США) при солености 5.7 г/л (Short et al., 1991). Вместе с тем, как показывают исследования, проведенные на реках Испании, Франции, Австралии и США,

некоторые виды ручейников способны обитать в водах с концентрацией солей до 2.0-30 г/л (Short et al., 1991; Gallardo-Mayenco, 1994; Kay et al., 2001; Piscart et al., 2005). Например, ручейник *Cheumatopsyche* sp. найден при солености 25.9 г/л (Rutherford, Kefford, 2005).

Diptera. Представители отряда достигают высокого фаунистического разнообразия в высокоминерализованных реках (Зинченко, Головатюк, 2010; Hart et al., 1991; Velasco et al., 2006). В настоящее время установлена устойчивость видов семейства Tipulidae к солености до 1.99 г/л (Short et al., 1991), а отдельные виды из семейства Simuliidae обитают в реках с соленостью до 27 г/л (Rutherford, Kefford, 2005; Velasco et al., 2006). При проведении мониторинга на реках штата Кентукки (Kentucky) с диапазоном солености от 0.12 до 31.3 г/л было установлено, что при солености выше 10 г/л доминируют личинки *Ephydra* sp. и *Culicoides* sp. (Short et al., 1991). В соленых реках других аридных регионов мира констатируется наибольшая соленостная толерантность различных видов двукрылых из сем. Ceratopogonidae (до 108 г/л), Ephydridae (до 100 г/л) и Chironomidae (до 115 г/л), что отмечается рядом авторов (Kay et al., 2001; Rutherford, Kefford, 2005; Velasco et al., 2006; Зинченко, Головатюк, 2011; табл.). В результате исследований соленых рек Австралии установлено, что среди различных подсемейств хирономид наиболее устойчивыми являются представители Chironominae и Tanypodinae, обитающие в водах с соленостью до 115 г/л и 75 г/л соответственно, тогда как соленость в местах находок личинок Orthocladiinae не превышала 30 г/л. Достаточно высокую толерантность к солености проявляют отдельные виды из родов *Procladius*, *Cricotopus*, *Halocladius*, *Nanocladius*, *Semiocladius, Chironomus, Tanytarsus*, *Cladotanytarsus*, *Dicrotendipes*, *Parachironomus* и др., обитающие в условиях мезогалинных соленосных градиентов (Cranston, Dimitriadis, 2005; Dimitriadis, Cranston, 2007). По нашим данным, в соленых реках опустыненных степей Приэльтонья наибольшей устойчивостью к солености обладали виды хирономид из подсемейств Chironominae (до 41.1 г/л) и Orthocladiinae (до 31.6 г/л), тогда как Tanypodinae зарегистрированы при солености не более 6.8 г/л. Впервые проведенные исследования макро- и мейозообентоса высокоминерализованных рек бассейна оз. Эльтон позволили установить новые для науки виды хирономид *Cricotopus salinophilus* (31.6 г/л), *Tanytarsus kharaensis* (16.7 г/л) и нематод *Calodorylaimus salinus* (6.8 г/л) (Зорина, Зинченко, 2009; Зинченко и др., 2009; Gagarin, Gusakov, 2012).

Широко известна соленостная устойчивость личинок *Chironomus salinarius*, обитающих в соленых реках, прибрежных лагунах, морях и озерах в диапазоне солености от 6 до 80 г/л (Хлебович, 1962; Истомина и др., 2012; Koskinen, 1968; Biever, 1971; Ceretti et al., 1987; Drake, Arias, 1995; Kawai et al., 2000; Suemoto et al., 2004; Ree, Yum, 2006; Gascon et al., 2007; Ponti et al., 2007; Marchini et al., 2008; Fuentes et al., 2005). В экспериментальных исследованиях продолжительность жизни эвригалинных, так называемых «продвинутых осморегуляторов», личинок вида *Chironomus salinarius* увеличивается от 24 до 37 суток в условиях их обитания в градиенте солености от 0-5 г/л до 20-50 г/л. Удлинение жизненного цикла *Chironomus salinarius* происходит за счет развития первой и второй личиночных стадий (Cartier et al., 2011), что является характерным примером устойчивого функционирования популяции в изменяющихся условиях среды (Hart et al., 1991; Nielsen et al., 2003). Решающее значение для выживания двукрылых в экстремальных условиях водной среды имеют: высокая плодовитость, способность к расселению, неспециализированные трофические связи, большая подвижность личинок, короткий жизненный цикл, а также включение в трофические цепи источников питания, невостребованных другими организмами (Кривошеина, 2004). В условиях неустойчивой сезонной солености в реках Приэльтонья отмечается так называемое явление «солевого анабиоза», характерное для некоторых видов личинок хирономид и их кладок. Считается, что «избыточная вода и соли личинок насекомых на стадии пребывания в водной среде выводятся через мальпигиевы сосуды и прямую кишку» (Романенко, 2004, с. 246).

Заключение

Несмотря на довольно значительный диапазон соленосной устойчивости донных беспозвоночных, критический уровень солености для развития гидробионтов в реках различных аридных регионов находится в пределах 10-15 г/л, после чего проявляются существенные структурные изменения в донных сообществах (Rutherford, Kefford, 2005; Williams et al., 1990). Однако при анализе соленосной устойчивости необходимо учитывать и рассматривать более

пристально другие абиотические и биотические факторы, которые могут влиять на гидробионтов (Ward, 1992; Velasco et al., 2006).

В этой связи адаптации, как ответы биологической системы на внешние условия, могут осуществляться на самых разных уровнях организации – от отдельных особей до целых экосистем. То есть проблема адаптации моллюсков, олигохет, пиявок, ракообразных, личинок насекомых и других таксонов состоит в регуляции не только количественного, но и качественного различия в ионном составе клеток организма и окружающей среды. Адаптацию гидробионтов по отношению к солености, которую мы не рассматриваем в настоящей статье, можно определить как совокупность реакции организма, вида или биоценоза, направленных на поддержание их функциональной устойчивости при изменении условий среды. Существуют многочисленные публикации, посвященные анализу проблем адаптации пойкило- и гомойосмотических гидробионтов к солености (Романенко, 2004; Шмидт-Ниельсен, 1982; Хлебович, 2012; Forbes, Allabson, 1970; Kefford et al., 2004; Kefford et al., 2005 и др.), в которых постулируется, что в процессе эволюции сформировались различные механизмы солевой адаптации и целью адаптивных реакций гидробионтов разных уровней филогенетического развития является обеспечение ионного и осмотического гомеостаза.

Учитывая незначительность накопленных сведений относительно причинно- следственной связи приспособительных реакций одних организмов и отсутствия адаптационной регуляции других гидробионтов (Attrill et al., 1996), следует констатировать, что для изучения соленосной толерантности различных видов макрозообентоса необходимо проведение полевых и экспериментальных исследований (Gallardo-Mayenco 1994; Giberson, Rosenberg, 1994), которые позволяют изучить рост, развитие, жизненные циклы и выживаемость видов в зависимости от солености воды в условиях воздействия других абиотических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алекин О.А. 1970. Основы гидрохимии. Л. 444 с.

Аладин Н.В. 1996. Соленосные адаптации Ostracoda и Branchiopoda // Труды ЗИН РАН. Т. 265. С. 220-234.

Бенинг А.Л., Медведева Н.Б. 1926. О микрофауне водоемов окрестностей Эльтона и Баскунчака // Известия краеведческого института изучения Южно-Волжской области. Саратов: Сарполиграфпром. Т. 1. 39 с.

Березина Н.А. 2000. Влияние ионного состава воды на пресноводный макрозообентос в природных и экспериментальных условиях // Автореф. дис... канд. биол. наук. Борок. 23 с.

Головатюк Л.В. 2011. Биоразнообразие донных сообществ притоков р. Сок // Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна. Тольятти: Кассандра. С. 146-160.

Гурков А.Н., Бедулина Д.С., Шатилина Ж.М., Аксенов-Грибанов Д.В., Губанов М.В., Задереев Е.С., Тимофеев М.А. 2012. Влияние солености среды обитания на клеточные механизмы терморезистентности пресноводных видов амфипод *Gammarus lacustris* и *Gammarus pulex* // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод. Доклады Международной школы-конференции. Кострома: ООО Костромской печатный дом. С. 170.

Дедю И.И. 1990. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: гл. ред. МСЭ. 408 с.

Дядичко В.Г. 2004. Эколого-фаунистический обзор водных плотоядных жуков (Coleoptera, Hydradephaga) Одесской области // Известия Харьковского энтомологического общества. Т. 12. Вып. 1-2. С. 45-60.

Жильцова Л.А. 2003. Фауна России и сопредельных стран. Насекомые. Веснянки. Том 1. Вып. 1. Веснянки (Plecoptera). Группа Euholognatha. М.: Наука. 540 с.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2010. Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 25-33.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2011. Подсемейство Chironominae, Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги (Атлас). Тольятти: Кассандра. С. 99-128.

Зинченко Т.Д., Макарченко М.А., Макарченко Е.А. 2009. Новый вид рода *Cricotopus* van der Wulp (Diptera, Chironomidae) из солёной реки бассейна озера Эльтон (Волгоградская область, Россия) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 8 (1). С. 83-88.

Зорина О.В., Зинченко Т.Д. 2009. Новый вид рода *Tanytarsus* van der Wulp (Diptera, Chironomidae) из солёной реки бассейна озера Эльтон (Волгоградская область, Россия) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 8 (1). С. 105-110.

Истомина А.Г., Зинченко Т.Д., Кикнадзе И.И. 2012. Кариотипическая характеристика *Chironomus salinarius* Kieffer (Diptera, Chironomidae) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 11. Прил. 2. С. 55-66.

Канюкова Е.В. 2006. Водные полужесткокрылые насекомые (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) фауны России и сопредельных стран. Владивосток: Дальнаука. 297 с.

Кривошеина М.Г. 2004. Морфологические и экологические механизмы устойчивости гидробионтных личинок двукрылых (Insecta, Diptera) к экстремальным условиям: Дис. ... д-ра биол. наук. Москва. 314 с.

Мартемьянов В.И., Борисовская Е.В. 2012. Показатели водно-солевого обмена у вселившегося в Рыбинское водохранилище *Gmelinoides fasciatus* Stebbing в зависимости от солености среды // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод. Доклады Международной школы-конференции. Кострома: ООО Костромской печатный дом. С. 224.

Попченко В.И. 1988. Водные малощетинковые черви (*Oligochaeta limicola*) Севера Европы. Л.: Наука. 287 с.

Романенко В.Д. 2004. Основы гидроэкологии. Киев: Генеза. 664 с.

Филенко О.Ф., Михеева И.В. 2007. Основы водной токсикологии. М: «Колос». 142 с.

Хлебович В.В. 1962. Особенности состава водной фауны в зависимости от солености среды // Журнал общей биологии. Т. 23. № 2. С. 90-97.

Хлебович В.В. 2012. Экология особи (очерки фенотипических адаптаций животных). СПб. 143 с.

Холмогорова Н.В. 2009. Трансформация фауны макрозообентоса малых рек Удмуртии под воздействием факторов нефтедобычи. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Казань. 23 с.

Шмидт-Ниельсен К. 1982. Физиология животных: приспособление и среда. Кн. 2. / Ред. и предисловие Е.М. Крепса. М.: Мир. 384 с.

Attrill M.J., Rundle S.D., Thomas R.M. 1996. The influences of drought-induced low freshwater flow on an upperestuarine macroinvertebrate community // Water Research. Vol. 30 P. 261–268.

Barahona J., Millan A., Velasco J. 2005. Population dynamics, growth and production of *Sigara selecta* (Fieber, 1848) (Hemiptera, Corixidae) in a Mediterranean hypersaline stream // Freshwater Biology. Vol. 50. P. 2101-2113.

Berezina N.A. 2003. Tolerance of freshwater invertebrates to changes in water salinity // Russian Journal of Ecology. Vol. 34. No. 4. P. 261-266.

Berner L., Sloan W.C. 1954. The occurrence of a mayfly nymph in brackish water// Ecology. Vol. 35**.** 98 p.

Biever K.D. 1971. Effect of diet and competition in laboratory rearing of chironomid midges // Annals of the Entomological of Society of America. Vol. 64. P. 1166-1169.

Bunn S.E., Davies P.M. 1992. Community structure of the macroinvertebrate fauna and water quality of a saline river system in south-western Australia // Hydrobiologia. Vol. 248. P. 143-160.

Cartier V., Claret C., Garnier R., Franquet E. 2011. How salinity affects life cycle of a brackish water species, *Chironomus salinarius* Kieffer (Diptera: Chironomidae) // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. doi:10.1016/j.jembe.

Ceretti G., Ferrarese U., Francescon A., Barbaro A. 1987. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in the natural diet of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) farmed in the Venice lagoon // Entomological Scandinavica Supplements. Vol. 29. P. 289-292.

Cranston P.S., Dimitriadis S. 2005. *Semiocladius* sublette and wirth: taxonomy and ecology of an estuarine midge (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae) // Australian Journal of Entomology. Vol. 44, N. 3. P. 252-256.

Dimitriadis S., Cranston P.S. 2007. From the mountains to the sea: assemblage structure and dynamics in Chironomidae (Insecta: Diptera) in the Clyde River estuarine gradient, New South Wales, south-eastern Australia//Australian Journal of Entomology. Vol. 46. P. 188–197.

Drake P., Arias A.M. 1995. Distribution and production of *Chironomus salinarius* (Diptera: Chironomidae) in a shallow coastal lagoon in the Bay of Cadiz // Hydrobiologia. Vol. 299. P. 195-206.

Echols B.S., Currie R.J., Cherry D.S. 2009. Preliminary results of laboratory toxicity tests with the mayfly, *Isonychia bicolor* (Ephemeroptera: Isonychiidae) for development as a standard test organism for evaluating streams in the Appalachian coalfields of Virginia and West Virginia // Environ Monit Assess DOI 10.1007/s10661-009-1191-3. Published online.

Fuentes C., Green J., Orr J., Olafsson J.S. 2005. Seasonal variation in species composition and larval size of the benthic chironomid communities in brackish wetlands in southern // Wetlands. Vol. 25. P. 289-296.

Forbes A.T., Allanson B.R. 1970. Ecology of Sundays River. Part II. Osmoregulation in some mayfly nymphs (Ephemeroptera: Baetidae) // Hydrobiologia. Vol. 36. P. 489-503.

Gagarin V.G., Gusakov V.A. 2012. A new species of the genus *Calodorylaimus* (Nematoda, Dorylaimida) from highly mineralised rivers of the Elton Lake basin, Russia // Zoosystematica Rossica. Vol. 21(1). P. 3-9.

Gascon S., Brucet S., Sala J., Boix D., Quintana X.D. 2007. Comparison of the effects of hydrological disturbance events on benthos and plankton salt marsh communities // Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 74. P. 419-428.

Gallardo-Mayenco A. 1994. Freshwater macroinvertebrate distribution in two basins with different salinity gradients (Guadalete and Guadaira river basins, south-western Spain). // International Journal of Salt Lake Research. Vol. 3. P. 75-91.

Giberson D.J., Rosenberg D.M. 1994. Life history of burrowing mayflies (*Hexagenia limbata* and *H. rigida,* Ephemeroptera: Ephemeridae) in a northern Canadian reservoir // Freshwater Biology. Vol. 32. P. 501-518.

Crowther R.A., Hynes H.B.N. 1977. The effect of road deicing salt on the drift of stream benthos // Environmental pollution. Vol. 14. P. 113-126.

Harrell R.C., Dorris T.C. 1968. Stream order, morphometry, physico-hemical conditions, and community structure of benthic macroinvertebrates in an intermittent stream system // American Midland Naturalist. Vol. 30. P. 220-251.

Hart B.T., Bailey P, Edwards R., Hortle, K. James K., McMahon A., Meredith C., Swadling K. 1991. A review of the salt sensitivity of the Australian freshwater biota // Hydrobiologia. Vol. 210. P. 105-144.

Kawai K., Morihiro S., Imabayashi H. 2000. Transectional distribution patterns of chironomid larvae in estuaries // Medical Entomology and Zoology. Vol. 51. P. 215-220.

Kay W.R., Halse S.A., Scanlon M.D., Smith M.J. 2001. Distributions and environmental tolerances of aquatic macroinvertebrate families in the agricultural zone of south-western Australia // Journal of the North American Benthology Society. Vol. 20. No. 2. P. 182-199.

Kefford B.J., Papas P.J., Nugegoda D. 2003. Relative salinity tolerance of macroinvertebrates from the Barwon River, Victoria, Australia. // Australian Journal of Marine and Freshwater Research. Vol. 54. P. 755-765.

Kefford B.J., Dalton A., Palmer C.S., Nugegoda D. 2004. The salinity tolerance of eggs and hathlings of selected aquatic macroinvertebrates in south-east Australia and South Africa // Hydrobiologia. Vol. 517. P. 179-192.

Knowles J., Williams W.D. 1973. Salinity range and osmoregulating ability of corixids (Hemiptera: Heteroptera) in south-east Australian inland waters // Australian Journal of Marine and Freshwater Research. Vol. 24. P. 297-302.

Koskinen R. 1968. Seasonal and diel emergence of *Chironomus salinarius* Kieff. (Dipt., Chironomidae) near Bergen Western Norway // Annales Zoologi Fennici. Vol. 5. P. 65-70.

Marchini A., Munari C., Mistri M. 2008. Functions and ecological status of eight Italian lagoons examined using biological traits analysis (BTA) // Marine Pollution Bulletin. Vol. 56. P. 1076-1085.

Metzeling L. 1986. Biological monitoring of the Wimmera, Werribee and Maribyrnong Rivers using freshwater invertebrates // Report No. WQ-5. Rural Water Commission of Victoria. Melbourne.

Nielsen D.L., Brock M.A., Rees G.N., Baldwin D.S. 2003. Effects of increasing salinity on freshwater ecosystems in Australia // Australian Journal of Botany. Vol. 51. P. 655-665.

Orlova M.I., Kchlebovich V.V., Komendantov A.Y. 1998. Potential euryhalinity of *Dreissena polymorpha* (Pallas) and *Dreissena bugensis* (Andr.) // Russian Journal of Aquatic Ecology. No. 7. P. 17-28.

Piscart C., Moreteau J.-C., Beisel J.-N. 2005. Biodiversity and structure of macroinvertebrate communities along a small permanent salinity gradient (Meurthe River, France) // Hydrobiologia. Vol. 546. P. 1-10.

Ponti M., Antonia Colangelo M., Ugo Ceccherelli V. 2007. Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblages in a coastal lagoon exploited for extensive aquaculture: Valle Smarlacca (northern Adriatic Sea) // Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 75. P. 79-89.

Ree H.-I., Yum J.-H. 2006. Redescription of *Chironomus salinarius* (Diptera: Chironomidae), nuisance midges that emerged in brackish water of Jinhae-man (Bay), Kyongsangnamdo // The Korean Journal of Parasitology. Vol. 44. P. 63-66.

Rutherford J.C., Kefford, B.J. 2005. Effects of salinity on stream ecosystems: improving models for macroinvertebrates // CSIRO Land and Water Technical Report. CSIRO Land and Water. Canberra. Australia. 22/05. P. 1-64.

Short T.M., Black J.A., Birge W.J. 1991. Ecology of a saline stream: community responses to spatial gradients of environmental conditions // Hydrobiologia. Vol. 226. P. 167-178.

Stoner R. 1988. Engineering a solution to the problem of salt-laden soils. New Scientist. 44 p.

Suemoto T., Kawai K., Imabayashi H. 2004. A comparison of dessication tolerance among 12 species of chironomid larvae // Hydrobiologia. Vol. 515. P. 107-114.

Ubero-Pascal N.A., Puig M.A., Solar A.G. 1998. The mayflies from Segura River Basin (S.E. Spain): Faunistic study (Insecta: Ephemeroptera) // Boletín Asociación Español Entomólogos. Vol. 22 (1-2). P. 151-170.

Velasco J., Millán A., Hernández J., Gutiérrez C., Abellán P., Sánchez D., Ruiz M. 2006. Response of biotic communities to salinity changes in a Mediterranean hypersaline stream // Saline Systems. 2. Murcia, Spain http://www.salinesystems.org/content/2/1/12.

Vickery A.H. 1978. The response of two freshwater mussel species to changing environmental salinity // Scientific Honours Thesis. University of Adelaide. Adelaide. P. 135-138.

Ward J.V. 1992. Aquatic insect ecology: 1. Biology and habitat. John Wiley and Sons. New York. 438 p.

Williams W.D. 1987. Salinization of rivers and streams: an important environment hazard // Ambio. Vol. 16. N. 4. P. 180-185.

Williams D.D., Williams N.E. 1998. Aquatic insects in an estuarine environment: Densities, distribution and salinity tolerance // Freshwater Biology. Vol. 39. P. 411-421.

SALINITY TOLERANCE OF MACROINVERTEBRATES OF STREAM WATERS (REVIEW)

© 2013. T.D. Zinchenko, L.V. Golovatyuk

Institute of Ecology of the Volga river basin of the Russian Academy of sciences
Russia, 445003 Togliatti, Komzina str., 10. E-mail: gollarisa@mail.ru

There is given the review of salinity tolerance of various macrozoobenthos taxa on the basis of the analysis of literary data and the received results of our researches. Essential distinctions of sustainability of hydrobionts in relation to salinity are shown on the example of taxonomical structure of benthos in the highly mineralized rivers of various arid regions. The most stenohaline are leeches, bivalve molluscs, larvae of stoneflies, caddis flies and mayfly. Structure of biotic community macrozoobenthos in saline rivers of the Lake Elton of the South of Russia is given.
Keywords: saline streams, benthos, macroinvertebrates, salinity tolerance

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 16-26

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 574.5(282.255.8)

СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОЗЕР ОНОН-ТОРЕЙСКОЙ РАВНИНЫ ЗА 1983-2011 ГОДЫ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)[1]

© 2013 г. А.П. Куклин, Г.Ц. Цыбекмитова, Е.П. Горлачева

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
Россия, 672014 г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а. E-mail: kap0@mail.ru

Поступила 12.03.2012

В статье приведены данные по состоянию водных экосистем озер Онон-Торейской равнины за 1983-2011 годы в периоды повышенной и пониженной водности. Показано, что изменение минерализации воды определяет динамику состава и продуктивности сообществ гидробионтов.
Ключевые слова: экосистема, фитопланктон, первичная продукция, зообентос, рыбы, рыбное хозяйство.

Исследуемый район расположен на юге Забайкальского края, на границе с Монгольской Народной Республикой и относится к Приононско-Торейскому округу сухих монголо-маньчжурских степей, представляющему собой северо-восточную часть Центрально-Азиатской физико-географической области (Атлас Забайкалья, 1967). В современном рельефе рассматриваемой территории преобладают аккумулятивные аллювиальные и озерные равнины, увалистые поверхности и изолированные массивы низкогорий. Плоские и холмисто-увалистые равнины, а также мелкосопочные пространства расположены на высотах от 500 до 800 м. Наиболее низкие отметки рельефа находятся в долине р. Онон и во впадине озёр Барун-Торей и Зун-Торей. Многие впадины заняты сухими и мокрыми солончаками, мелкими солёными озерами. Днища озер чаще всего представляют собой плоские ванны с ограниченным водосбором и имеют блюдцеобразный рельеф дна. Отличительными особенностями климата региона являются значительные амплитуды колебаний температуры (суточной и годовой), малая сумма годовых осадков (150-350 мм) и неравномерность распределения их по сезонам. Господствующие весной ветры северного направления вызывают длительные штормы на озерах и приводят к взмучиванию тонких фракций белой глины в толщу воды, которая придает воде белесоватый оттенок и резко снижает прозрачность на весь период вегетации. Часть исследуемой территории расположена в пределах границ Государственного биосферного заповедника «Даурский».

Минеральные водоемы юга Забайкальского края давно привлекают внимание научного сообщества, так как позволяют решать широкий спектр вопросов геологии (Шамсутдинов, 1991; Тулохонов, 1990; Дзуба и др., 1997), гидрохимии (Содовые ..., 1991; Замана, Борзенко, 2010) и гидробиологии (Содовые ..., 1991; Цыренова и др., 2008). «За несколько лет здесь можно наблюдать явления, развитие которых в других местах заведомо превышает продолжительность человеческой жизни» (Фриш, 1972, с. 65), поэтому в современной климатической ситуации территория является полигоном для наблюдений за изменением климата и, как следствие, за процессами реакции и трансформации различных сообществ (наземных и водных) под влиянием происходящих изменений. Исследования, проведенные в Монголии (Севастьянов, 2000; Рассказов и др., 1990), на оз. Чаны (Попов, 2005) показывают общность процессов, происходящих на территориях к северу и югу от пояса гор Азии (Тянь-Шань, Западные и Восточные Саяны, Гобийский Алтай, Хэнтэйское нагорье), в котором горы служат источниками формирования водных потоков, а обширные межгорные

[1] Работа выполнена в рамках конкурсного проекта совместных работ Сибирского отделения РАН, Академии наук Монголии и Министерства образования, культуры и науки Монголии «Структурно-функциональная организация экосистем солёных озер Северо-Восточной Монголии в изменяющихся климатических условиях», Интеграционного проекта СО РАН–ДВО РАН–УрО РАН № 23 «Трансграничные речные бассейны в азиатской части России: комплексный анализ состояния природно-антропогенной среды и перспективы межрегиональных взаимодействий», а также частично профинансирована проектом РФФИ-Забайкальский край № 11-05-98034-р_сибирь_а.

котловины – замкнутыми бассейнами аккумуляции влаги. Общее потепление и иссушение климата над этой территорией формирует в настоящее время цепи отдельных, не связанных между собой систем озер. Целью данной работы является обобщение сведений о состоянии экосистем озер Онон-Торейской равнины за полный климатический цикл: «иссушение – наполнение – иссушение котловин». Проведение подобных работ способствует выявлению существующих флуктуаций и обоснованию научного прогноза экономического развития на ближайшие десятилетия для сухих континентальных регионов Азии.

Материалы и методика

Натурные наблюдения проведены на юге Забайкальского края на границе с Монголией в июле 2011 г. Картосхема и гипсометрические профили построены с использованием карт масштаба 1:100000 (рис. 1, 2). Отбор проб воды проводили батометром в малых озерах – из центральной части водоемов, в оз. Зун-Торей – в прибрежье и на удалении более 500 м от берега у северного и западного прибрежья. Физико-химические параметры воды (pH, минерализация, кислород, температура воды) измерены в местах отбора проб с помощью прибора «AQWA-метр» (Германия). В лаборатории стандартными методами проводили гидрохимические определения форм азота и фосфора (Алёкин и др., 1973). Изучение протеолитической и амилолитической ферментативной активностей воды проводилось на основе методов, предложенных Г.А. Корнеевой (1993). Макрокомпонентный состав вод определен атомно-абсорбционным, фотометрическим, титриметрическим методами в ОАО «ЛИЦИМС». Учет водорослей осуществляли по методу Гензена, биомасса определялась методом «истинного объема» (Методические ..., 1982 и др.). Наблюдения за первичной продукцией проведены кислородным методом в период минимального (Содовые ..., 1989) и максимального заполнения котловин (август 1999 г.) на озерах Цаган-Нор, Баин-Цаган, Укшинда, Кулусу-Нур, Балыктуй, Хадатуй, Баин-Булак (Методические ..., 1984). Склянки экспонировались в водоеме в течение суток у поверхности воды, горизонтах ½ от величины прозрачности, на глубине прозрачности и в придонном слое воды. Для оценки продукции планктона под 1 м^2 поверхности озера (ΣA, гС/(м^2·сут) использовали зависимость скорости фотосинтеза от прозрачности воды (Бульон, 1983): $\Sigma A = A_{opt} \cdot S$, где A_{opt} – максимальное значение скорости фотосинтеза в столбе воды под 1 м^2 (мкгС/(л·сут), S – прозрачность в м. Суммарная продукция планктона за вегетационный сезон (ΣΣA, г С/м^2) рассчитывалась согласно рекомендации Г.Г. Винберга (1960) об увеличении средних суточных значений ΣA в 100 раз. Для учета ихтиофауны наряду со стандартными обловами участков озер ставными жаберными сетями с ячеёй от 12 до 40 мм применялся мальковый невод с ячеёй в крыльях 5 мм (Правдин, 1966).

Результаты

За рассматриваемый период с 1982 по 2011 годы оз. Барун-Торей полностью высыхало в 1982, 2009 гг. и во время исследований в 2011 г., а в 1999 г. уровень воды достиг максимума. Глубина оз. Зун-Торей с 4 м (1999 г.) в период наших исследований (2011 г.) уменьшилась до 2 м, в озерах Цаган-Нор, Байн-Цаган, Укшинда, Баин-Булак, Нижний Мукей также значительно сократилась площадь акватории и максимальные глубины. Температура воды в озерах колебалась в пределах 21.5-24.0°С. Цвет воды озер, в основном, белый и желтый из-за взмученных донных отложений, а в оз. Нижний Мукей – вода густо-зеленого цвета из-за обильного цветения фитопланктона. Дно оз. Булун-Цаган покрыто корками бактериального мата.

Минерализация и некоторые показатели физико-химических характеристик обследованных озер в 2011 г. представлены в таблице 1. Из представленных в таблице данных видно, что по минеральному составу озера в засушливый период относятся к слабопресным (Баин-Булак), соленым (Зун-Торей, Цаган-Нор, Баин-Цаган, Укшинда) и сильносоленым (Умыкейское, Булун-Цаган). Высокая минерализация, вызванная засушливым периодом и отмеченная нами в 2011 г., ограничивает интенсивность процессов насыщения воды кислородом из атмосферы, вследствие чего содержание растворенного кислорода в некоторых озерах понижено.

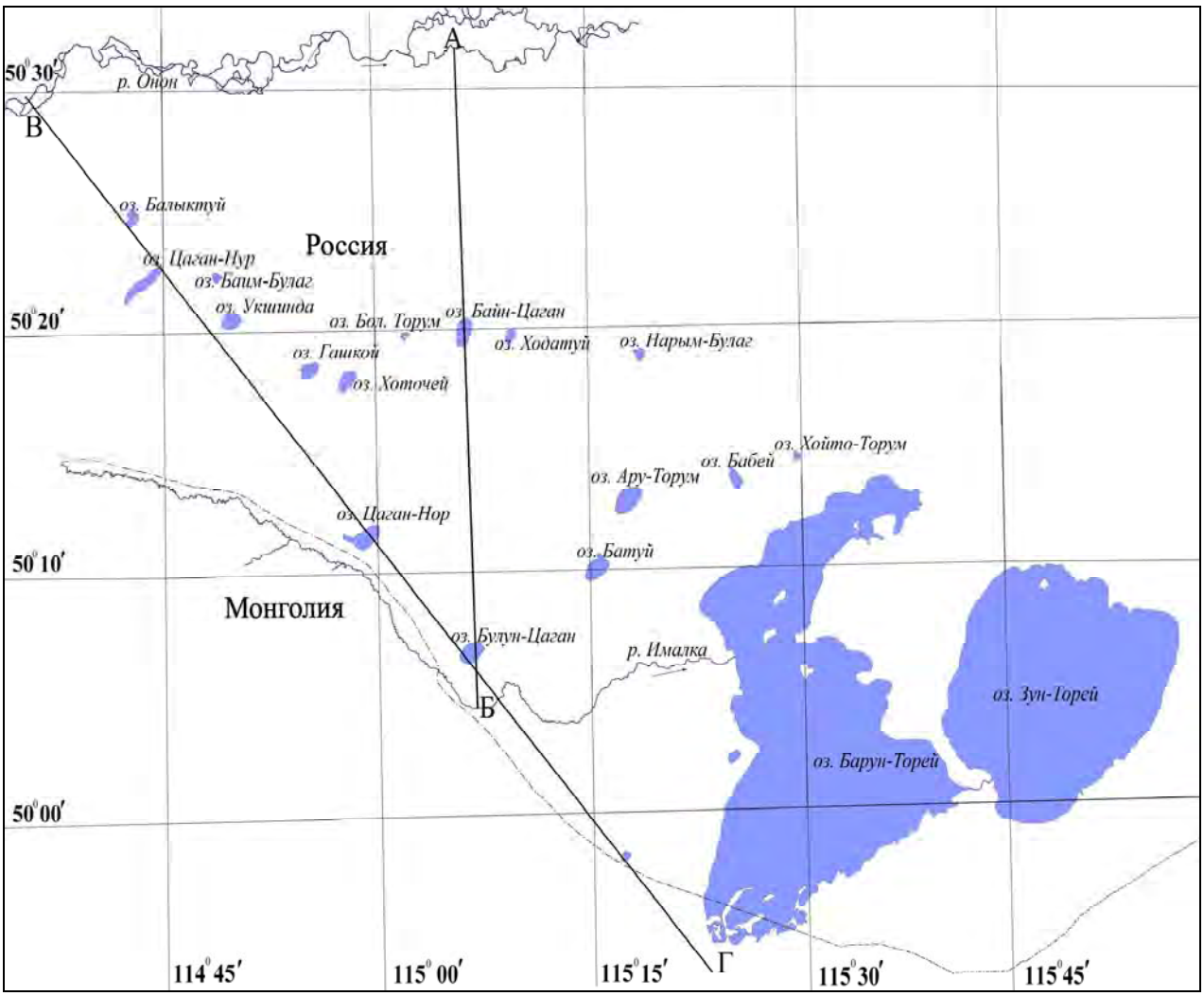


Рис. 1. Картосхема расположения озер Онон-Торейской равнины в 1999 году. **Fig. 1.** Map-scheme of the location of lakes Onon-Torei lowland in 1999.

В момент отбора проб (июль 2011 г.) значения pH находились в высокощелочной области (9.0-9.6). Высокая щелочность среды приводит к уменьшению содержания кальция как макрокомпонента, пределы которого варьируют от 4.01 мг/л (оз. Цаган-Нор) до 16.03 мг/л (оз. Баин-Булак), а в оз. Зун-Торей соответствует 6.01 мг/л.

Изучение катионно-анионного состава воды озер показало, что доминирующим катионом является натрий, а анионом – гидрокарбонат-ион. Наблюдается преобладание хлоридных ионов над сульфатными (табл. 2), тем самым воды исследованных озер характеризуются как содово-галитные. Содержание органического вещества в большинстве озер автохтонного происхождения, отношение перманганатной окисляемости (ПОК) к показателю химического потребления кислорода (ХПК), определенное с использованием бихромата калия, не превышает 40% (табл. 3). Преобладание окрашенных гумусовых соединений в озерах Баин-Булак и Баин-Цаган связано с прошедшими до момента отбора проб дождями (27 июля 2011 г.) и соответствующим привнесением веществ с водосборной площади.

Достаточно высокая активность протеолитических ферментов в воде озер Зун-Торей (117-121 ф.е.), Нижний Мукэй (423 ф.е.), Булун-Цаган (1140 ф.е.) поддерживает высокие концентрации фосфора в экосистеме. Об интенсивном биохимическом разложении белковых веществ свидетельствуют высокие концентрации аммонийного и нитратного ионов (табл. 3).

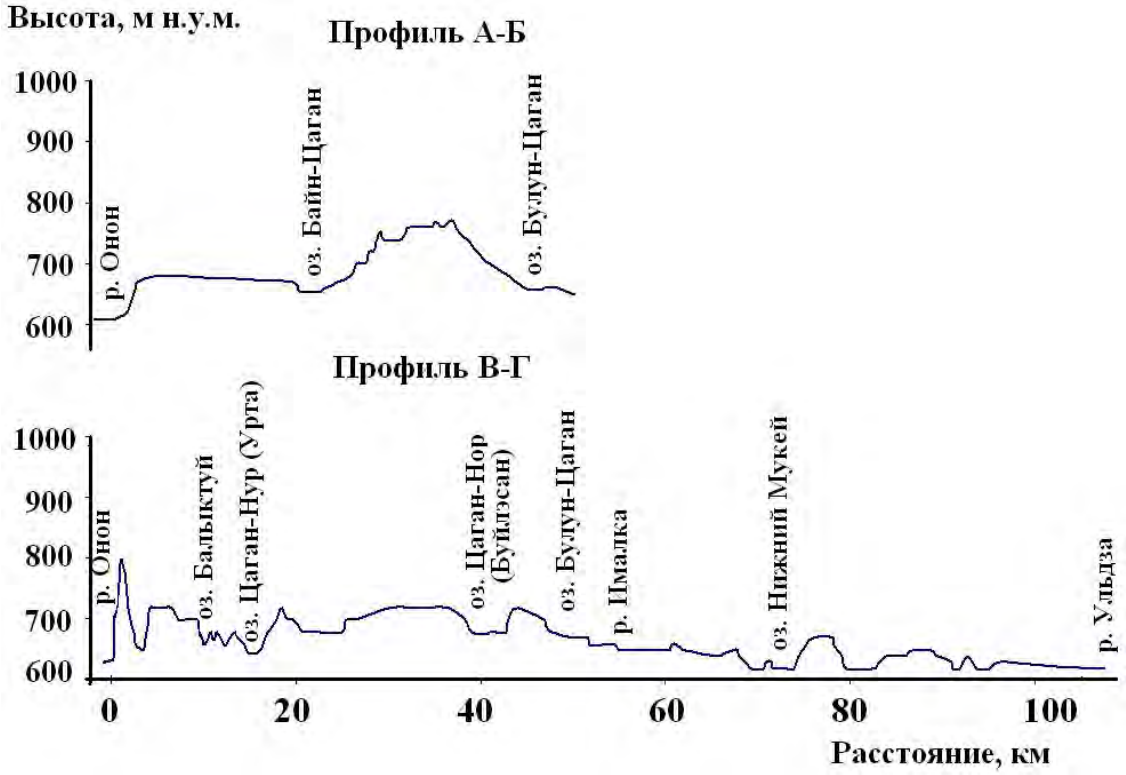


Рис. 2. Гипсометрические профиля соответствующие линиям АБ и ВГ на рисунке 1.
Fig. 2. Hypsometric profile along the lines AB and ВГ at fig. 1.

Таблица 1. Физико-химические параметры исследованных озер 2011 г. **Table 1.** Physico-chemical parameters of investigated lakes in 2011.

Озеро	Дата отбора	Глубина, м	Прозрачность, м	Температура, °С	Минерализация, г/л	pH	O_2, мг/л
Нижний Мукэй	25.07.11	1.1	0.3	24.6	70.26	9.6	4.3
Булун-Цаган	26.07.11	0.6	до дна	24.3	18.08	9.4	9.9
Зун-Торей	25.07.11	2.0	0.3	23.7	8.14	9.3	5.0-7.0
Барун-Торей	Высохло						
Цаган-Нор	27.07.11	2.5	до дна	22.6	4.37	9.1	6.1
Баин-Цаган	28.07.11	7.8	1.5	22.0	4.09	9.4	6.9
Укшинда	27.07.11	4.5	0.7	22.5	4.78	9.3	4.8
Баин-Булак	28.07.11	3.4	0.5	21.5	1.82	9.0	5.9

Макроскопические водоросли в июле 2011 г. обнаружены в озерах Цаган-Нор и Баин-Булак и представляют собой скопления *Cladophora fracta* (Mühl. ex Vahl.) Kütz., развивающиеся преимущественно в литорали водоемов до глубин 0.5 м. С 1999 г. можно проследить следующую динамику изменения видового состава макроводорослей за фазу снижения водности. В многоводный 1999 г. в водоемах территории преобладали *C. fracta*, а также *Stigeoclonium* sp. на затопленной наземной и водной растительности. В августе 2003 г. отмечен максимальный уровень развития *C. fracta* в Торейских озерах. Обильные поля спутанных прядей этого вида отмечены нами в прибрежье оз. Барун-Торей, пр. Уточи и примыкающей акватории оз. Зун-Торей и в литорали его

северного прибрежья, а также у северного берега оз. Баин-Цаган. С ростом минерализации и общим усыханием оз. Барун-Торей с 2005 г. *C. fracta* резко сократила площади распространения и стала замещаться на *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. В 2007 г. *E. intestinalis* доминировала на южном прибрежье оз. Зун-Торей. В малых водоемах в этот период продолжала обильно развиваться *C. fracta*, например, в прибрежье у восточного берега оз. Укшинда она образовывала поля вдоль кромки уреза до 10 метров шириной.

Таблица 2. Гидрохимическая характеристика озер в июле 2011 г., г/л. **Табле 1.** Hydrochemical characteristics of the lakes in July, 2011, g/l.

Озеро	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	Тип воды
Нижний Мукэй	5.46	20.19	13.93	6.97	23.29	Гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый
Булун-Цаган	1.68	9.03	0.99	0.81	5.20	Гидрокарбонатно-натриевый
Зун-Торей	0.37	3.04	1.28	0.99	2.45	Гидрокарбонатно-натриевый
Цаган-Нор	0.23	2.07	0.49	0.28	1.08	Гидрокарбонатно-натриевый
Баин-Цаган	0.16	1.67	0.9	0.13	1.20	Гидрокарбонатно-натриевый
Укшинда	0.16	1.83	1.09	0.20	1.35	Гидрокарбонатно-натриевый
Баин-Булак	0.05	0.95	0.15	0.06	0.40	Гидрокарбонатно-натриевый

Таблица 3. Количество биогенных элементов (N и P в мг/л) в воде озер в июле 2011 г. **Table 3.** The total amount of biogenous elements (N and P, mg/l) in the water of lakes (July 2011).

Озера	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	$P_{общ}$	ПОК	ХПК
Зун-Торей, поверхность	0.13	0.013	<0.50	0.160	47.6	129.2
Зун-Торей, дно	<0.05	0.006	0.50	0.145	45.1	145.4
Нижний Мукэй	1.02	0.007	1.93	0.280	340.5	1212.0
Булун-Цаган	0.50	0.007	0.94	0.180	69.7	387.8
Цаган-Нур	0.06	0.020	<0.50	0.040	41.0	113.2
Укшинда	0.26	0.033	<0.50	0.010	39.4	113.2
Баин-Булак	0.14	0.046	<0.50	0.010	32.0	64.6
Баин-Цаган	0.41	0.031	<0.50	0.050	44.3	80.8

Большинство озер пригодны для обитания рыб только в периоды высокой водности, поэтому ихтиофауна этих водоемов преимущественно интродуцирована. В маловодные годы (например, в исследованный нами 1982 г.) в зимнее время из-за острого дефицита кислорода в оз. Барун Торей отмечался замор рыб. В настоящее время в исследованных нами озерах известно обитание 7 видов рыб, в основном, представителей бореально равнинного и древнего верхнетретичного комплекса. Представители амурского комплекса рыб (сазан *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, амурский чебак *Leuciscus waleckii* (Dybowski, 1869), амурский сом *Parasilurus asotus* (Linnaeus, 1758) были запущены рыбаками любителями.

В период исследования рыбы обнаружены в озерах Цаган-Нор и Баин-Булак и представлены карасем и сазаном (карась длиной 19-26 см, возрастом от 3+ до 7+ и массой от 70 до 350 г., сазан длиной от 9.0 до 22 см, возрастом от 3+ до 5+ и массой от 25 до 240 г). Нами не были зарегистрированы рыбы младших возрастов, что обусловлено ухудшением условий для размножения рыб. Резкое сокращение площади мелководий приводит к нарушению нерестилищ. По сравнению с предыдущими годами наблюдается уменьшение показателей длины и массы рыб. Ихтиофауна

исследуемых озер становится монодоминантной, т.к. только карась серебряный способен выдерживать высокую минерализацию и мелководье. Все это является причиной снижения абсолютной и относительной численности рыб и резкого уменьшения их запасов.

Обсуждение

Торейские озера имеют непостоянный водный режим, периодичность их колебаний обусловлена в значительной мере особенностями климата (Обязов, 1994): за последние 200-220 лет озера неоднократно высыхали и наполнялись с периодичностью около 30 лет. С водностью Торейских озер согласовываются колебания уровня малых степных озер (Обязов, 1994). Поэтому, климатические условия Онон-Торейской котловины (чередование периодов высокой и низкой обводненности территории) определяют через изменение пространственных и физических параметров водоемов биологическое разнообразие в различных по происхождению и размерам водных экосистемах.

Анализ топографических, геологических карт и литературы показал, что сохраняющиеся в период засухи озера располагаются в котловинах, образование которых в той или иной степени связано с тектоническими процессами. «В пору тектонической активизации блоки, пространственно совпадающие с мелкосопочными горами, испытали большее по сравнению с окружающей их равниной опускание, что вызвало вовлечение в процесс опускания прилегающих участков равнины». По происхождению котловины отнесены к чисто тектоническим (оз. Баин-Цаган), «зарожденным благодаря тектоническим процессам» (Шамсутдинов, 1991, с. 11) и к эрозионно-тектоническим.

Существуют две точки зрения о причинах колебания уровня озер Онон-Торейской равнины. С одной стороны, причиной колебания уровня вод Торейских озер приняты тектонические процессы (Тулохонов, 1990). С другой стороны, в работах В.А. Обязова (1994) убедительно доказано, что периодичность колебаний уровня зеркала вод (12-15 лет) обусловлена в значительной мере климатом. Сходные процессы в динамике уровня вод наблюдаются в оз. Чаны (Попов, 2005), в бессточных котловинах Южного Прихубсугулья (Рассказов и др., 1990) и в Долине озер Монголии (Севастьянов, 2000).

Подземное питание в общем водном балансе этих водоемов играет большую роль (Шамсутдинов, 1991). Уровенный режим озер Онон-Торейской равнины очень неустойчив, в связи с чем, количественный и качественный состав содержащихся в их водах солей испытывает значительные колебания (Содовые …, 1991, Цыренова и др., 2008). Изменение общей минерализации и соотношения главных ионов отражаются на всех звеньях экосистемы. Нами выявлено, что за период с 1999 по 2011 гг. минерализация озер увеличилась с 1.7 до 3.7 раз. Гидрохимический состав вод данных озер, в основном, формируется за счет подземного питания, выщелачивания почв с водосборной площади водами временных дождевых потоков, путем вымораживающего и испарительного концентрирования солей, а также за счет внутриводоемных гидробиологических процессов и осадкообразования (Замана, Борзенко, 2010). «Формирование и трансформация химического состава рапы минеральных озер с повышением ее солености не находит удовлетворительного объяснения с позиции испарительного концентрирования поступающих в водоем вод без учета протекающих в самом водоеме микробиологических процессов» (Замана, 2009, с. 382), что подтверждается рядом работ (Матюгина, 2000; Захарюк и др., 2010; Цыренова с соавторами, 2008 и др.), которые указывают на возрастание роли микробиологических процессов в продуцировании органических веществ в воде при увеличении минерализации. Микробиологические процессы в грунте не заканчиваются с высыханием водоема, а продолжаются даже при наличии ничтожного количества влаги и чрезвычайно высокой минерализации и pH среды.

Изменения химического состава вод вследствие разбавления и концентрирования сказываются на состоянии гидробионтов (фитопланктоне, бентосе и ихтиофауне). Так З.П. Оглы (1991) за время наблюдений с 1983 по 1986 гг. (маловодный период) в составе фитопланктона озер Зун-Торей и Барун-Торей было выявлено по 21 виду, в оз. Цаган-Нор – 68, в оз. Баин-Булак – 105, в оз. Баин-Цаган – 52 вида. Наиболее разнообразно были представлены диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли. В сезонной динамике биомассы фитопланктона в озерах Цаган-Нор, Баин-Булак и Баин-Цаган хорошо прослеживалось три пика: зимний (в озерах Баин-Булак и Баин-Цаган) или весенний (в оз. Цаган-Нор), летний и осенний. В озерах Баин-Булак и Баин-Цаган наибольшие биомассы отмечались зимой, в оз. Цаган-Нор – летом. В оз. Зун-Торей в сезонной динамике биомассы

фитопланктона прослеживали два пика: зимний и осенний, в оз. Барун-Торей – весенний и осенний. Среднегодовая биомасса в озерах за период наблюдений изменялась от 0.28 до 6.76 г/м^3. Наибольшие значения отмечались в оз. Баин-Булак.

В составе фитопланктона в многоводный 2003 г. (Ташлыкова, 2008) в озерах Зун-Торей и Барун-Торей обнаружено 28 видов, разновидностей и форм водорослей. Первое место по разнообразию принадлежит зеленым, второе – диатомовым и эвгленовым, третье – синезеленым. Количество общих для двух озер видов составило 29%. Коэффициент сходства альгофлор озер Барун-Торей и Зун-Торей невысок (44%). Численность водорослей изменялась от 0.06 млн. кл/л при биомассе 0.02 г/м^3 (оз. Зун-Торей) до 1.9 млн. кл/л при биомассе 3.2 г/м^3 (оз. Барун-Торей). Состав водорослей в этот период не отличается большим разнообразием. Автором было допущено, что дальнейшее падение уровня воды и увеличение солености может привести к уменьшению видового разнообразия водорослей, увеличению в планктоне доли видов, характерных для солоноватых водоемов, а также – снижению численности и биомассы в несколько раз.

Анализ продуктивности фитопланктона водоемов Онон-Торейской равнины показал, что при разбавлении минерализованных вод с 1982 по 1999 гг. отмечался рост первичной продукции планктона (табл. 4). Озера Цаган-Нор, Баин-Цаган из слабоэвтрофных в период засухи превратились в многоводный период в эвтрофные водоемы. С ростом глубины водоемов увеличивается прозрачность воды, что ведет к более равномерному распределению продуктивности по фотическому слою (например, в оз. Баин-Цаган). Однако в более мелководных водоемах сохраняются диспропорции в распределении первичной продукции по столбу воды из-за взмучивания донных отложений весенними и осенними штормами. Так, в оз. Баин-Булак наибольшая скорость фотосинтеза отмечена в поверхностном слое (1.93 мг O_2/л), к глубине 1 м резко падает до 0.91 мг O_2/л, в оз. Укшинда – от 4.93 мгO_2/л у поверхности до 1.19 мг O_2/л на глубине 1 м. Высокое количество минеральной взвеси является причиной низкой прозрачности воды, и, как следствие, низкой продуктивности фитопланктона в них. При продуктивности фитопланктона в 21-26 г С/м^2 за вегетационный сезон водоемы можно отнести к олиготрофным.

Таблица 4. Продукция фитопланктона в августе 1999 года. **Table 4.** Phytoplankton production in August 1999.

Показатель	Усыхающие и пересыхающие водоемы			Не пересыхающие водоемы			
	Хадатуй	Кулусу-Нур	Балыктуй	Цаган-Нор	Баин-Цаган	Укшинда	Баин-Булак
Глубина, м	6.5	4.8	6.5	5.8	11	7.8	6.0
Прозрачность, м	0.8	0.8	1	1.5	3.7	1.0	1
A_{opt}, мкг С/(л·сут)	127	260	210	176	250	1848	720
ΣA, г С/(м^2·сут)	0.21	0.26	0.21	1.32	0.93	1.85	0.72
ΣΣA, г С/м^2	≈21	≈26	≈21	≈132	≈93	≈1850	≈72

Повышенная минерализация в маловодный период ограничивает разнообразие и распространение не только фитопланктона, но и нитчатых водорослей, и высшей водной растительности. Как отмечает О.К. Клишко в 1983 и 1986 гг. (Содовые ..., 1991) нитчатые водоросли встречались в озерах на хорошо прогреваемых участках (вероятно мелководных), иногда достигая значительной фитомассы. В водоемах Онон-Торейской котловины доступным для развития нитчатых водорослей оказывается только прибрежье, гидродинамически неустойчивое вследствие высокой открытости водоемов. Однако здесь водоросли вступают в конкурентные отношения за биогенные вещества с высшей водной растительностью, а также подвергаются механическому уничтожению при водопое скота.

Высшая водная растительность в период засухи развита слабо, главным образом в опресняющихся заливах и в прибрежье (рдесты и уруть). В начале наполнения озер в 1986 г.

(Клишко, 2001) прибрежные участки представляли собой залитые водой территории с наземной растительностью. В многоводный период (Базарова, 2006, 2009) во флоре водных растений исследованных озер обнаружено 17 видов из 11 семейств. В зависимости от климатической фазы (увлажнения или засухи) флористический состав озер колеблется от 2 до 11 видов. Установлено, что разнообразие водных растений выше в маломинерализованных гидрокарбонатно-натриевых озерах, чем в более минерализованных гидрокарбонатно-хлоридно-натриевых. В более минерализованных озерах растения встречаются пятнами и приурочены к местам поступления пресных вод. В целом, в водоемах преобладают сообщества погруженных растений, воздушно-водные растения развиты слабо как из-за ежегодно меняющейся линии уреза вод, так и из-за вытаптывания домашними животными (Базарова, 2006, 2009).

Таксономический состав зообентоса в минерализованных водоемах не отличается большим богатством и разнообразием. По данным Т.Д. Зинченко и Л.В. Головатюк (2010) в соленых реках юга России зарегистрировано 50 видов. По данным О.К. Клишко (2001) зообентос в крупных непересыхающих водоемах, таких как оз. Зун-Торей в период засухи достигал 16-37 таксонов. При повышении уровня и снижении минерализации, изменении соотношения ионов разнообразие бентоса увеличивается. Так, за период с 1982 по 1986 гг. при наполнении оз. Барун-Торей число таксонов зообентоса возросло с 2 до 30 (Клишко, Балушкина, 1981). Перестройки биоценозов практически во всех озерах происходили за счет повышения числа эвригаллинных широко распространенных видов донных беспозвоночных (хирономид, мокрецов, ручейников, клопов и жуков), характерных для разнотипных озер Евразии. Снижение минерализации оказало позитивное действие и на обилие зообентоса. В оз. Зун-Торей произошло практически вдвое увеличение численности и биомассы зообентоса, в основном, за счет хирономид, которые стали доминирующими во всех бентоценозах (Клишко, 2001).

Для более глубоких и невысыхающих полностью озер (Баин-Цаган, Баин-Булак, Цаган-Нор) число таксонов в маловодный период достигает 65-69, явно доминирующие группы отсутствуют. В большинстве своем это виды хорошо адаптированные к водной среде различной галинности и высоким летним температурам, временному высыханию и замерзанию. При наполнении озер Баин-Цаган, Баин-Булак, Цаган-Нор, вследствие меньшего прироста площади водоема и его глубины, изменения в составе и структуре биоценозов проявляются преимущественно в соотношении доминирующих видов и групп бентоса (Клишко, 2001). Так, в центральной части оз. Цаган-Нор в фазу наполнения и снижения уровня доминируют личинки хирономид, а при максимальном и минимальном уровне зеркала вод их доля не превышает 20% от всей биомассы зообентоса. В 1983 году по биомассе преобладали жуки, а в 1986 – моллюски. В оз. Баин-Цаган, одном из самых глубоких водоемов этой территории, отмечается рост августовских значений биомассы зообентоса.

Значительную долю в зообентосе оз. Баин-Цаган особенно в прибрежье составляет *Gammarus lacustris* Sars. В августе 1986 г. биомасса амфипод составила 1.06 г/м^2, в октябре в плотных скоплениях нитчатых водорослей достигла 193.8 г/м^2 (Клишко, Балушкина, 1991). По данным Д.В. Матафонова (2007) в августе 2003 г. в прибрежье биомасса амфипод составляла 47 г/м^2, а в августе 2007 по нашим данным – 0.76 г/м^2. Высокий разброс значений биомассы рачков обусловлен поведением амфипод, их концентрированием на различных субстратах. В периоды низкого уровня вод при отсутствии пресса рыб (амурский чебак, пелядь и омуль) и растительности рачок ведет пелагический образ жизни, заменяя собой хищных позвоночных (Матафонов, 2007).

Как показали исследования (Горлачева, Афонин, 2005) массовым видом рыб для исследуемой территории является карась серебряный *Carassius auretus gibelio* (Bloch, 1758), оказывающийся одним из самых устойчивых при повышении минерализации. Этим обусловлен преимущественно карасевый тип озер исследуемой территории. Выявлено, что линейный и весовой рост этого вида значительно варьирует в озерах в зависимости от экологических и кормовых условий.

Анализ состава ихтиофауны минеральных озер за период с 1986 по 2011 гг. показал, что озера с минерализацией от 13 до 59 г/л являются безрыбными (озера Умыкейское, Ару-Торум). В озерах, в которых значения минерализации изменяются от 2.0 до 10.0 г/л (Зун-Торей, Цаган-Нор, Баин-Цаган, Укшинда) рыбы регистрируются до величины минерализации в 8.0 г/л. При повышении минерализации в этих озерах первыми из состава ихтиофауны выпадают озерный гольян и чебак, затем сом, сазан. Так, в оз. Баин-Цаган при минерализации в 2.1 г/л присутствовали карась, сазан,

сом, а при 6.0 мг/л регистрировался только карась. В мало минерализованных озерах, например, оз. Баин-Булак (1.8 г/л) обитают карась, сазан, чебак. При повышении минерализации свыше 2 г/л чебак выпадает из состава ихтиофауны.

При повышении уровня воды в озерах и соответственно их распреснении происходит стихийное вселение в водоемы рыб местными жителями. Например, в оз. Булун-Цаган в 1999 г при минерализации 2.1 г/л обитал карась серебряный, который характеризовался медленным ростом по сравнению с другими озерами. Ихтиофауна Торейских озер в многоводный период формируется под влиянием р. Ульдза. В 1999 г. в оз. Барун-Торей при минерализации 2.4 г/л в составе ихтиофауны отмечены амурский чебак, карась, озерный гольян *Phoxinus perenurus* (Pallas, 1814), щиповка *Cobitis melanoleuca* Nichols, 1925, вьюн *Misgurnus anguillicaudata* (Cantor, 1842).

При изменении минерализации воды меняется возрастная структура популяций рыб, происходит снижение темпов роста, изменяются морфологические показатели рыб (Горлачева, Афонин, 2008). На первых этапах повышения минерализации увеличивается доля рыб младших возрастов, которые выходят из под пресса рыбоядных птиц. Рост минерализации приводит к тому, что ухудшаются условия для воспроизводства (потеря нерестилищ) и выживаемости молоди, поэтому рыбы младших возрастов снижают свою численность и затем совсем выпадают из состава ихтиоценозов.

Эфемерность одних и устойчивый водный режим других водоемов на данной территории может служить предпосылкой для разработки рекомендаций по ведению рыбного хозяйства на данной территории. В отдельных водоемах часть продукции кормовых организмов может быть использована для получения товарной рыбы. Использование рыб-планктофагов – пеляди *Coregonus peled* (Gmelin, 1789) и омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi, 1775) в зарыблении солоноватых озер Ононской группы дало положительный эффект. По данным ООО «Никлус» вылов сиговых колебался от 5 до 30 т (Горлачева, 2007; Горлачева, Афонин, 2005, 2008). Соленые водоемы территории, а также водоемы, достигающие уровня соленых в периоды низкой водности могут использоваться для разведения *Artemia salina* (Linnaeus, 1758). Следует обратить внимание на мелкие эфемерные водоемы, существующие в короткие периоды повышенной водности для использования их в качестве объектов по разведению дафний, которая впоследствии может служить дополнительным источником корма для рыб-планктофагов в водоемах постоянного их содержания.

Фактором, в значительной степени снижающим эффективность работ по ведению товарного рыбоводства, являются рыбоядные птицы, гнездящиеся на территории Государственного биосферного заповедника «Даурский». В периоды высокого уровня вод оз. Барун-Торей с островами превращается в птичьи базары, на которых отмечается высокая численность редких и исчезающих видов птиц, в том числе рыбоядных. Кормовыми объектами этих птиц служит, в основном, молодь и взрослые особи карася серебряного, достигающего в этот период в озере максимальной численности. Однако, при снижении уровня воды и росте минерализации количество рыбы уменьшается, и для пропитания птицы совершают ежедневные миграции вначале на ближайшие водоемы, а впоследствии на водоемы расположенные в 30-40 км от мест гнездования, т.е. далеко за пределы заповедника. На этих водоемах птицы изымают значительную часть рыб (омуль и пелядь), тем самым, уменьшая выход чистой рыбной продукции. Мероприятия по отпугиванию птиц оказываются малоэффективными. Выходом из сложившейся ситуации, на наш взгляд, является зарыбление в периоды повышения минерализации быстрорастущими породами рыб ближайших к местам гнездования птиц водоемов в пределах территории, закрепленной за заповедником по Рамсарской Конвенции. В фазы низкой водности рыбное хозяйство ограничено малым количеством пригодных для рыборазведения озер. Уменьшается и влияние рыбоядных птиц, т.к. из-за отсутствия мест для гнездования численность их сокращается.

Выводы

1. Периодическое колебание уровня воды в озерах оказывает влияние на минеральный состав и некоторые физико-химические характеристики обследованных лимноэкосистем. В маловодные годы происходит увеличение минерализации озер и понижение содержания растворенного кислорода.

2. Изменение минерализации определяет динамику видового состава и продуктивности сообществ гидробионтов, изменяются морфологические показатели рыб, их возрастная структура и темпы роста.

3. С началом маловодного периода, сопровождающегося повышением минерализации воды, необходим отлов рыб с целью получения рыбной продукции. В многоводный период, наоборот, необходимо зарыблять как опресняющиеся, так и вновь образованные водоемы быстро растущими видами рыб с высокими адаптивными способностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алёкин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. 1973. Руководство по химическому анализу вод суши. Л: Гидрометеоиздат. 269 с.

Атлас Забайкалья. 1967. М.-Иркутск: ГУГК при Совете Министров СССР. 176 с.

Базарова Б.Б. 2009. Водные растения солоноватых и соленых озер // Солоноватые и соленые озера Забайкалья. Улан-Удэ: БГУ. С. 275-282.

Бульон В.В. 1983. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л.: Наука. 149 с.

Винберг Г.Г. 1960. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР. 329 с.

Горлачева Е.П. 2007. Особенности питания и роста сиговых Coregonidae в солоноватых водоемах Читинской области // Вестник БГУ: химия, биология, география. Вып. 3. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. С. 207-212.

Горлачева Е П., Афонин А.В. 2005. Ихтиофауна солоноватых озер Читинской области и их рыбохозяйственное использование // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов. Иркутск: Из-во ИГ СО РАН. С. 172-174.

Горлачева Е.П., Афонин А.В. 2008. Функционирование рыбного населения Торейских озер в условиях неустойчивого гидрологического режима // Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия. Материалы межжународного симпозиума. Чита: ЗабГГПУ. С. 71-76.

Дзуба А.А. Тулохонов А.К., Абидуева Т.И., Гребнева П.И. 1997. Распространение и химизм соленых озер Прибайкалья и Забайкалья // География и природные ресурсы. № 4. С. 65-71.

Замана Л.В. 2009. Формирование и трансформация химического состава вод минеральных озер (на примере Забайкалья) // Доклады РАН. Т. 428. № 3. С. 382-385.

Замана Л.В., Борзенко С.В. 2010. Гидрохимический режим соленых озер Юго-Восточного Забайкалья // География и природные ресурсы. № 4. С. 100-107.

Захарюк А.Г., Козырева Л.П., Егорова Д.В., Намсараев Б.Б. 2010. Физико-химическая и микробиологическая характеристика песчаных матов содового озера Зун-Торей (Забайкалье) // Вестник МГОУ. Сер. Естественные науки. № 1. С. 104-107.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2010. Биоразнообразие и структура сообществ макробентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 25-33.

Клишко О.К. 2001. Зообентос озер Забайкалья. Часть 1. Видовое разнообразие и структурная организация. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 208 с.

Клишко О.К., Балушкина Е.В. 1991. Зообентос // Содовые озера. Экология и продуктивность. Новосибирск: Наука. С. 54-198.

Корнеева Г.А. 1993. Оценка функционального состояния морской воды Черного моря по уровню гидрологических ферментативных активностей // Известия РАН. Серия биологическая. № 6. С. 909-913.

Матафонов Д.В. 2007. Экология *Gammarus lacustris* Sars (Crustacea: Amphipoda) в водоемах Забайкалья // Известия РАН. Серия биологическая. № 2. С. 188-196.

Матюгина Е.Б. 2000. Микробиологическая характеристика некоторых содовых озер Забайкалья // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия. Материалы международной научной конференции. Томск: Изд-во НГЛ. С. 551-554.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. 1984. Л.: ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР. 32 с.

Обязов В.А. 1994. Связь колебаний водности озер степной зоны Забайкалья с многолетними гидрометеорологическими изменениями на примере Торейских озер // Известия РГО. Вып. 5. С. 48-54.

Оглы З.П. 1991. Фитопланктон // Содовые озера. Экология и продуктивность. Новосибирск: Наука. С. 25-181.

Попов П.А., Воскобойников В.А., Щенев В.А. 2005. Рыбы оз. Чаны // Сибирский экологический журн. № 2. С. 279-293.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность. 376 с.

Рассказов А.А., Севастьянов Д.В., Егоров А.Н. 1990. Формирование состава озерных вод и минеральных осадков в бессточных котловинах Южного Прихубсугулья // География и природные ресурсы. № 1. С. 70-174.

Севастьянов Д.В. 2000. Колебания увлажненности и развитие лимносистем в Гобийской долине озер (Монголия) // Аридные экосистемы. Т. 6. № 11-12. С. 77-88.

Содовые озера Забайкалья. Экология и продуктивность. 1991. Новосибирск: Наука. 216 с.
Ташлыкова Н.А. 2008. Некоторые материалы по летнему фитопланктону Онон-Торейских озер // Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия. Чита: ЗабГГПУ. С. 131-134.
Тулохонов А.К. 1990. Колебания уровня озер как индикатор активности современных тектонических движений Забайкалья // Геоморфология. № 1. С. 35-47.
Фриш В.А. 1972. Торейский «эксперимент» // Природа. № 2. С. 60-66.
Цыренова Д.Д., Брянская А.В., Намсараев Б.Б. 2008. Гидробиологические исследования содово-соленых озер Забайкалья // Известия ИГУ. Сер. Биология. Экология. Т. 1. № 1. С. 135-138.
Шамсутдинов В.Х. 1991. Геологическая история Торейской котловины // Содовые озера Забайкалья. Экология и продуктивность. Новосибирск: Наука. С. 4-12.

STATUS OF AQUATIC ECOSYSTEMS LAKES ONON-TOREI PLAIN FOR THE YEARS 1983-2011 (EASTERN TRANSBAIKALIA)

© 2013. A.P. Kuklin, G.Ts. Tsybekmitova, E.P. Gorlacheva

Institute of Natural Resourses, Ecology and Kriology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Russia, 672014 Shita, Nedoresova str., 16a. E-mail: kap0@mail.ru

The paper presents data on the aquatic ecosystems of lakes in the Onon-Torei plains for the years 1983-2011 during periods of high and low water content. It is shown that changes in the magnitude of salinity determine the dynamics of the composition and productivity of aquatic communities.
Keywords: ecosystem, phytoplankton, primary production, zoobenthos, fish and fishing industry.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 27-42

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 574.9+574.472

ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОБЕРЕЖИЙ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ[1]

© 2013 г. Н.М. Новикова*, О.Г. Назаренко**

**Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3. E-мейл: nmnovikova@gmail.com
***Государственный центр агрохимической службы «Ростовский»*
Россия, 346493 Ростовская обл., Аксайский р-н, пос. Рассвет. E-mail: nazarenkoo@mail.ru

Поступила 18.10.2012

Рассмотрены природные комплексы, сформировавшиеся под влиянием воздействия водохранилища (водной абразии, аккумуляции наносов, заливания, подтопления) на побережьях Краснодарского, Цимлянского, Веселовского и Пролетарского водохранилищ за 60 лет. Выявлению ведущего фактора трансформации природных комплексов исходного ландшафта способствовало рассмотрение побережий как экотонной системы «вода-суша». Учитывая расположение исследованных искусственных водоемов в разных подзонах степной зоны и различных вмещающих ландшафтах, выявленные особенности развития природных комплексов побережий можно рассматривать как эколого-географические (зонально-региональные).
Ключевые слова: водохранилища, побережье, функциональные блоки, современный гидроморфизм, индикаторы, грунтовые воды, оглеение, засоление почв, экологические группы растительности, гидроморфизация, галофитизация.

Создание водохранилищ – способ решения водохозяйственных проблем, широко применявшийся в XX веке. В итоге, на европейской части территории России в 1950-х годах было создано множество водохранилищ, их общая площадь составляет более 28 тыс. км^2. Изучение их функционирования и воздействия на окружающую среду началось в 1960-х годах и продолжается по настоящее время. Результаты обобщены и изложены в крупных монографических изданиях и статьях в центральных научных журналах (Авакян, 1982; Авакян, Лебедева, 2002; Авакян и др., 1987; Авакян, Шарапов, 1977; Вендров, Дьяконов, 1976; Эдельштейн, 1988, и др.). За многие годы после создания водохранилищ приоритетные направления их использования и отношение к ним, менялись. В конце прошлого века вызвала широкое обсуждение идея спуска водохранилищ. В США, по причине полного заиления или угрозы разрушения плотин, в основном, в аридных районах, уже спущены более 500 мелких и средних водохранилищ. В то же время современные исследования (Новикова, Уланова, 2012; Уланова, 2010 и др.) показывают, что водохранилища, созданные в аридных районах, стали важным элементом ландшафтной структуры, поддерживающим экологический каркас и биологическое разнообразие регионального уровня.

В связи с этим, проблема оценки воздействия водохранилищ на прилегающие территории, и, в особенности ее эколого-географический аспект, безусловно актуальны. Однако, несмотря на обширный объем и длительное время исследований, эти вопросы не получили должного освещения в научных публикациях, а сведения о структурно-функциональной организации природных комплексов побережий носят очень общий характер. Поэтому целью данного исследования было определено изучение и выявление эколого-географических особенностей пространственной структуры природных комплексов побережий водохранилищ в степной зоне на юге европейской части России и оценка современного преобразования природных комплексов исходных ландшафтов под влиянием водного фактора.

Материалы и методы

В основу данной работы положены материалы собственных исследований авторов на побережьях

[1] Работа выполнена по программе фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН №13, проект «Динамика и рациональное использование природных комплексов на побережьях водохранилищ на юге России».

Цимлянского, Веселовского, Пролетарского и Краснодарского водохранилищ, выполненных в 2005-2012 гг., данные из фондов Управления водными ресурсами Цимлянского и других водохранилищ за ряд лет (начиная с 1985), а также обширные материалы научных публикаций.

Исследования базируются на ландшафтно-экологическом подходе: рассмотрение природных комплексов современных побережий выполняется на локальном уровне, с учетом их принадлежности к определенному типу и виду ландшафтов (рис. 1, табл. 1), что позволяет соотнести конкретные характеристики природных комплексов территорий, испытывающих воздействие водохранилищ с вмещающими ландшафтами и более крупными зонально-региональными единицами ландшафтного районирования.

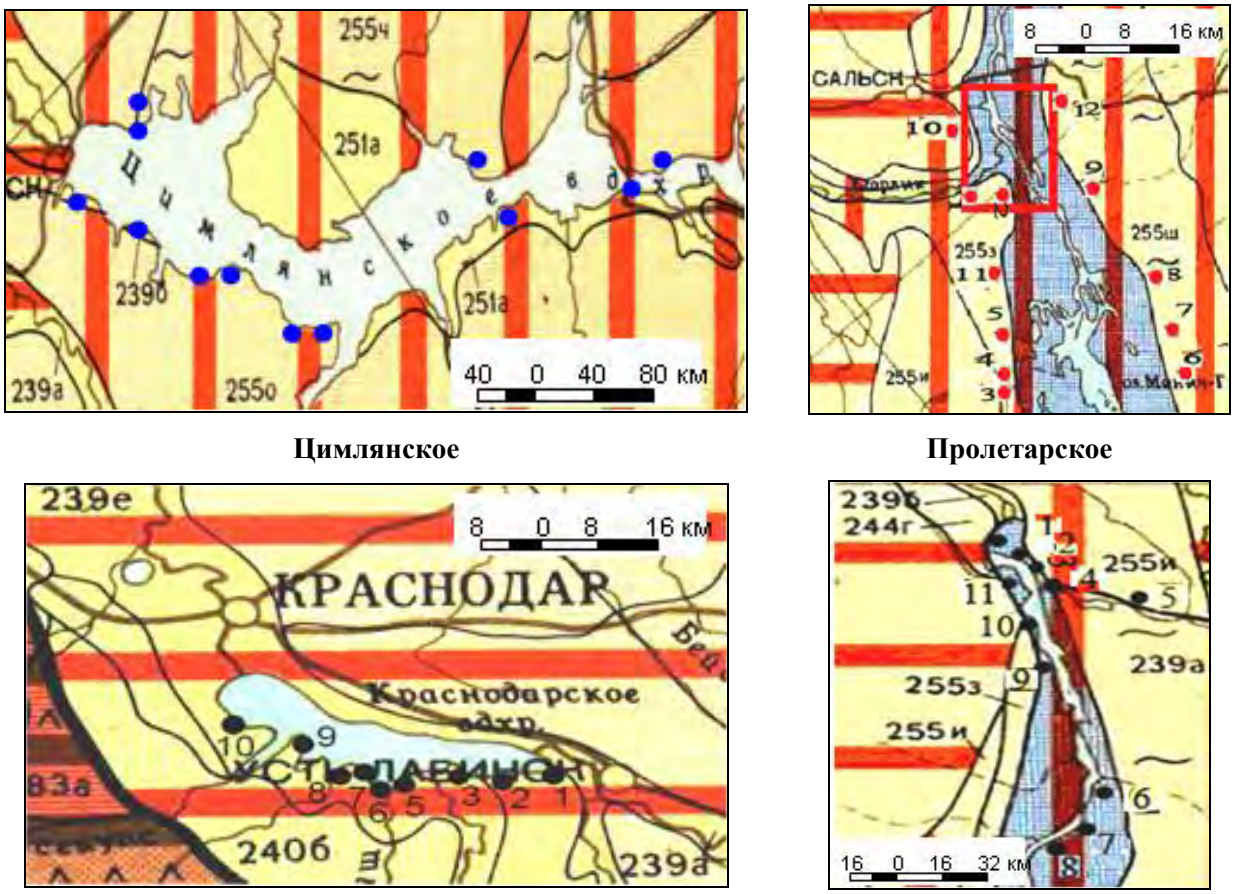


Рис. 1. Ключевые участки наблюдений обследованных водохранилищ на карте Европейской части России (Ландшафтная карта …, 1980; Легенда ..., 1987). Условные обозначения: кружки на карте – расположение и номера участков наблюдений; легенда приведена в таблице 1. **Fig. 1.** Key sites of studied reservoirs on the map in the European part of Russia (Ландшафтная карта …, 1980; Легенда ..., 1987). Symbols: Black points on the maps – the location and number of the key sites; the legend is in Table 1.

Основное внимание в работе обращено на выявление границ и получение количественных данных, характеризующих структурно-функциональную организацию территорий побережий, подверженных прямому и косвенному воздействию искусственных водоемов. Для этого в данной работе использована концепция блоковой структуры экотонной системы «вода-суша», предложенная В.С. Залетаевым (1997). Данный методический подход позволяет выявить функционально различающиеся территории, испытывающие как прямое (при заливании и сработке уровня), так и косвенное (через близко залегающие к поверхности грунтовые воды до 3-5 м) влияние водохранилища. В работе выделялись и рассматривались основные функциональные блоки: *аквальный* – территория, постоянно залитая водой; *амфибиальный* – на водохранилищах ему соответствует территория, ежегодно освобождающаяся от

воды при сработке уровня водохранилища (для этой территории также важным фактором является волноприбойная деятельность); *динамический* – территория побережья, заливаемая в период максимального подъема уровня водохранилища; *дистантный* – территория, испытывающая воздействие вследствие ежегодного подъема уровня грунтовых вод к поверхности; *маргинальный* – территория, испытывающая воздействие соседнего (дистантного) блока через биотические связи (расселение видов, стравливание и др.).

Таблица 1. Вмещающие ландшафты на побережье водохранилищ (легенда к рис. 1; Легенда …, 1987).
Table 1. Natural landscape on the shores of reservoirs (legend in fig. 1; Legend ..., 1987).

Тип	Подтип	Вид	Водохранилище
Степной	аллювиальные аккумулятивные	(239 б) Надпойменные террасы крупных рек, плоские и волнистые, участками широколиственно-сосновых и широколиственных лесов	Цимлянское
		(239 в) Равнины плоские, волнистые (комплекс высоких террас), участками байрачных лесов и травяных болот	Краснодарское
		(239 е) Равнины плоские и волнистые, местами слабо террасированные, с озерами, болотами, с с/х землями, участками лугов, разнотравно-злаковых степей	
Сухостепной	морские аккумулятивные	(249 б) Равнины плоские, местами с блюдцами – «подами», с участками лугов и разреженной полынно-злаковой растительностью	Пролетарское Веселовское
	аллювиальные аккумулятивные	(251 а) Поймы и низкие террасы, плоские, местами гривисто-западинные, с руслами, протоками, озерами-старицами, с лугами, широколиственными лесами, тростниковыми болотами	Цимлянское
	лессовые аккумулятивные	(255 и) Равнины плоские и плосковолнистые, слабо наклонные, с балками, злаковыми степями	Пролетарское
		(255 о) Равнины плоские и пологоволнистые, с широкими балками, с участками злаковых и полынно-злаковых степей	Цимлянское
	лессовые аккумулятивно-денудационные	(255 ц) Равнины пологоувалистые, в придолинных частях с глубокими балками, оврагами, с западинным микрорельефом, с/х землями, участками злаковых и полынно-злаковых степей	
		(255 ч) Равнины преимущественно плоские, с глубокими балками и короткой сетью оврагов, с/х землями, участками злаковых и полынно-злаковых степей	

В работе принято, что граница между аквальным и амфибиальным блоками соответствует среднемноголетнему значению положения минимального уровня водохранилища; границе между динамическим (кратковременно заливаемым) и дистантным (не заливаемым) блоками соответствует уровень НПУ водохранилища (это значение корректируется по данным многолетних наблюдений, обращается внимание на реальное среднемноголетнее значение верхней границы заливания территории). Граница между амфибиальным (зоной длительного заливания, более 40 дней) и динамическим (кратковременного заливания, менее 40 дней) блоками, как и описанные ранее границы других блоков, могут быть определены на основании графиков длительности и частоты заливания.

За границу между дистантным и маргинальным блоками принято критическое (по экологическим показателям) значение глубины залегания уровня грунтовых вод − 3(5) м. Эта граница может быть определена только эмпирическим путем. Внешняя граница маргинального блока не определяется, т.к. подразумевается, что это переход к территории, на которой воздействие водохранилища не сказывается. Влияние водохранилищ на прилегающие территории через микроклимат пока изучено недостаточно, поэтому микроклиматическое воздействие в данных работах не анализируется. Слабо изучено

переформирование берегов. Поэтому основные границы функциональных блоков на исследуемых водохранилищах проводятся, исходя из экологически значимых уровней (табл. 2).

Полевые исследования для сбора данных, характеризующих ПТК побережий, проводятся по специальной методике, с использованием инструментального топо-экологического профилирования и работой на трансекте вдоль профиля. Методика исследований и обработки данных описана в ряде работ (Балюк, Кутузов, 2006; Новикова, 2006; Новикова, Волкова, 2011). Эта методика позволяет связать экспериментальные данные с конкретными ландшафтами, значениями высотного и на местности положения уровня водохранилищ, выделенных в качестве границ функциональных блоков, объединить и анализировать пространственно-временное распределение и связи измеряемых характеристик между собой и с параметрами водного режима водохранилища.

Таблица 2. Высотные отметки границ функциональных блоков водохранилищ. **Table 2**. Elevation limits of functional blocks in the shores at reservoirs.

Водохранилище	Экологически значимые уровни водохранилищ, по которым проведены границы блоков (м, БС)		
	аквального и амфибиального	амфибиального и динамического	динамического и дистантного
Краснодарское*	28.5	28.5	32.75
Цимлянское	32.3	34.5	36
Веселовское**	9.8	10.2	10.4
Пролетарское	12.4	13.26	13.3

Примечание к таблице 2: * – произошло изменение НПУ с 33.65 на 32.75 м БС; ** – необходимость обеспечения подачи в Азовский канал воды для орошения и навигации на водохранилище исключают возможность падения уровня ниже отметки 10.0 м н.у.м. Note to table 2: * – there was a change in the NEC from 33.65 to 32.75 m above sea level; ** – it is needed for submission to the Azov canal water for irrigation and navigation on the reservoir exclude the possibility of falling below the level of 10.0 m above sea level.

В качестве основных показателей, характеризующих экологическое состояние природных комплексов побережий исследовались: уровень и минерализация вод водохранилища и их изменение во времени, грунтовые воды (сезонное положение уровня, минерализация, химизм), растительность (общее проективное покрытие, видовой состав и количество видов, надземная фитомасса и ветошь; почвы и их солевой профиль. Аналогичные наблюдения в режиме мониторинга, на стационарных точках и профилях (с зафиксированными координатами), на некоторых водохранилищах проводились повторно, за ряд лет (Балюк, Кутузов, 2006; Назаренко и др., 2008; Новикова, 2006; Новикова, Назаренко, 2007). Результаты анализа отобранных проб и данные полевых исследований заносятся в базу данных и находят отображение на графиках, объединяющих всю исходную информацию. Оценка степени трансформации природных комплексов проводится путем сопоставления характеристик актуального состояния природных комплексов блоков экотонной системы с характеристиками вмещающего ландшафта до создания водохранилища.

Помимо того, для этой цели использовались особые показатели – индикаторы степени гидроморфизма, позволяющие оценить глубину гидрогенной трансформации природных комплексов, произошедшей под влиянием водохранилища: критическое значение уровня залегания грунтовых вод (на глубине от 250 см и выше), морфологические признаки почв: глубина и мощность горизонтов с развитием признаков современных окислительно-восстановительных процессов – гидроокисные пленки железа (охристые пятна); сизоватость, включение марганцево-железистых новообразований, характеризующие развитие глеевого процесса; для степной зоны – глубина залегания первичного и вторичного гипса, свидетельствующие об уровне поднятия капиллярной каймы грунтовых вод; присутствие карбонатной плесени или размытых палевых пятен белоглазки ($CaCO_3$). В растительном покрове на основе характеристик представленности и соотношения видов разных экологических групп

по отношению к водному фактору (гигрофиты, гидрофиты, мезофиты, ксерофиты), к группе по типу водного питания (фреатофиты, тирихогидрофиты, омброфиты) и засолению почв (мезофиты, мезогалофиты, галофиты). Все процессы и данные рассмотрены внутри функциональных блоков различных типов и видов ландшафтов (на зонально-региональном фоне).

Результаты и обсуждение

Водный фактор (поверхностные и подземные воды) в зоне влияния водохранилища В связи с тем, что рассматриваемые водохранилища относятся к одному типу по геоморфологическим условиям заложения (равнинные русловые) и предназначены для близких целей (промышленно-коммунальное водоснабжение, транспорт, гидроэнергетика, промышленное рыболов, сельское хозяйство и др.), они имеют сходный режим регулирования уровня: максимальное наполнение в мае-начале июня и сработку к ноябрю-декабрю. Самые южные водохранилища – Веселовское и Пролетарское, формирующиеся на привлеченном стоке из бассейнов других рек и предназначенные, в основном, для целей сельского хозяйства (орошения) имеют непостоянное наполнение в многолетнем разрезе и их уровень из-за притока воды в вегетационный период, колеблется незначительно, и в течение года его изменение составляет, в среднем, 1-2 м.

Амплитуда ежегодных колебаний уровня и крутизна склонов водохранилища определяют протяженность блоков и всей зоны влияния водохранилища на прилегающую территорию. Ее увеличению способствуют высокие значения годовых амплитуд и малые уклоны побережья. Как показали наши исследования, максимальная ширина ежегодно заливаемой и обнажающейся территории, располагается на Караснодарском водохранилище, где в заливах на южном побережье она может достигать 2 км. Значительные площади (более 500 м) ежегодно заливаются и обнажаются в приплотинной части на Цимлянском водохранилище. Наименьшая ширина ежегодно обнажающегося дна, до 50-100 м, – на побережьях Веселовского и Пролетарского водохранилищ, имеющих наименьшую внутригодовую амплитуду колебания уровня. Однако для этих водохранилищ, в особенности для Пролетарского, характерны резкие межгодовые колебания уровня, в результате чего также происходит обнажение дна в прибрежной полосе, шириной до километра.

Для формирования природных комплексов важное значение имеет длительность пребывания территории под водой. На открытых участках побережья всех водохранилищ, в отличие от речных пойм, сформированный растительный покров сохраняется при длительности заливания не более 30-40 дней и высоте столба воды около 1 м. При более длительном заливании сохраняются только отдельные экземпляры устойчивых к заливанию видов деревьев и кустарников. На Краснодарском и Цимлянском водохранилищах это различные виды ив (*Salix alba, S. viminalis*[2] и др.). Тополь черный (*Populus nigra*) оказался менее устойчивым к заливанию, чем ивы. Как свидетельствуют наши данные, он выносит заливание не более, чем на 30 дней при столбе воды высотой 1-1.30 м. Дополнительным фактором, препятствующим сохранению растительности и почвенного покрова в амфибиальном блоке при более длительном заливании служит волновая абразия.

Поверхностные воды. Акватория водохранилищ – среда обитания водных организмов и важный ресурс, используемый для хозяйственных целей: питьевого водоснабжения, орошения, рыбоводства. Все водохранилища за исключением Манычских (Пролетарского и Веселовского), формируются на местном стоке и их воды по режиму и качеству соответствуют зональным условиям. Анализ гидрохимических показателей вод южных водоемов (табл. 3) позволил выявить их зависимость от географического положения на территории степной зоны. Минерализация вод Цимлянского водохранилища, сформированного в пойме реки Дон, колеблется в пределах 0.28-0.86 г/л и относится к категории пресных. Подобная ситуация наблюдается и в Краснодарском водохранилище, которое образовано на реке Кубань и находится в пределах степных умеренно засушливых аллювиальных аккумулятивных ландшафтов.

На Веселовском и Пролетарском водохранилищах, образованных на реке Западный Маныч и располагающихся в сухостепных сухих морских аккумулятивных ландшафтах, минерализация поверхностных вод относится к категории слабой (Веселовское) и средней (Пролетарское) степени минерализации в многолетнем разрезе. Это является результатом того, что эти водоемы сформировались

[2] Латинские названия растений даны по С.К. Черепанову (1995).

на засоленных отложениях морского генезиса, и существовавшие здесь до создания водохранилищ водоемы имели более высокую минерализацию. В настоящее время они наполняются донской и кубанской водой, что способствует их распреснению. Химический состав поверхностных вод исследуемых водоемов также различен. Цимлянское, Веселовское и Пролетарское водохранилища, находящиеся в пределах сухостепных ландшафтов имеют хлоридно-сульфатный тип засоления, в то время как воды Краснодарского водохранилища, расположенного в степных ландшафтах, сульфатно-содовые. Воды водохранилищ имеют гидравлическую связь с подземными водами прилегающих территорий, часто создают условия подпора и на этом участке в степной зоне оказываются менее минерализованными и распресняют их. Это подтвердили и наши исследования.

Таблица 3. Гидрохимические показатели поверхностных и грунтовых вод водохранилищ.
Table 3. Hydrochemical characteristics of surface and ground waters of reservoirs.

Характеристика	Водохранилище			
	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское	Краснодарское
Минерализация воды водохранилища, г/л	0.28-0.86	2.06-2.92	1.80-9.30	0.10-0.21
Тип засоления вод	$Cl\text{-}SO_4$	$Cl\text{-}SO_4$	$Cl\text{-}SO_4$	$SO_4\text{-}HCO_3$
Минерализация грунтовых вод, г/л	0.45-13.42	4.34-52.01	5.40-30.90	0.11-5.00
Тип засоления грунтовых вод	SO_4- Cl	$Cl\text{-}SO_4$	SO_4-Cl	$SO_4\text{-}HCO_3$

Грунтовые воды. Проведенные работы 2005-2011 гг. на побережьях южных водохранилищ позволили проследить за изменением положения уровня грунтовых вод в каждом функциональном блоке в течение вегетационного периода и за ряд лет, и по экологически значимой глубине уровня грунтовых вод 3(5) м определить внешнюю границу дистантного блока, в котором влияние водохранилища проявляется через близко залегающие к поверхности грунтовые воды. Наблюдения на скважинах за глубиной вскрытия грунтовых вод и установившимся уровнем позволили выявить наличие напора в грунтовых водах. На Краснодарском водохранилище, на его южном побережье, максимальное удаление этой границы от уреза воды в межень проходит на расстоянии 560 м, на Цимлянском – 300 м, Веселовском – 541 м, и Пролетарском – 107 м. Сезонные наблюдения показали, что на всех этих водохранилищах к осени грунтовые воды заглубляются по сравнению с весенними значениями, в среднем, на 1.5-2 м.

Минерализация и химизм грунтовых вод на побережьях южных водохранилищ существенно выше, чем в водоемах (табл. 3), что вполне объясняется их географическим положением в зоне, для которой характерен дефицит влаги, а Веселовского и Пролетарского водохранилищ – нахождением на территории, сложенной сильно засоленными отложениями морского генезиса.

Для ландшафтов прибрежной зоны Цимлянского водохранилища характерна, в основном, средняя степень минерализации грунтовых вод, химизм засоления меняется с хлоридно-сульфатного на сульфатно-хлоридный. Ландшафты прибрежной зоны водохранилищ Манычского каскада имеют самую высокую степень минерализации грунтовых вод, достигающую рассолов (52 г/л).

Распресняющее воздействие водохранилищ на грунтовые воды подтверждается тем, что в более близко расположенном к урезу воды динамическом блоке грунтовые воды оказываются менее минерализованными, чем в следующем за ним, более удаленном дистантном. Однако в зоне сработки водохранилища, на обнажившемся дне, вскрытие близко расположенных к поверхности грунтовых вод нередко обнаруживает, что их минерализация в несколько раз выше чем вода водохранилища.

Как видим, в целом, минерализация и химизм поверхностных и подземных вод в зоне влияния водохранилищ соответствует эколого-географическим условиям вмещающих ландшафтов: с севера на юг минерализация воды водохранилищ возрастает, а химизм изменяется с гидрокарбонатного на хлоридно-сульфатный в настоящих степях и на сульфатно-хлоридный – в сухостепных ландшафтах. В водохранилищах в подзоне сухих степей увеличение минерализация воды водохранилищ подземных вод усиливается региональными геологическими условиями – положением манычских водохранилищ на морских сильно засоленных отложениях.

Дальность распространения влияния водохранилищ на территорию побережья прослеживается через подпор и разбавление грунтовых вод. Это явление определяется условиями конкретных ландшафтов и амплитудой колебания уровня. На Краснодарском водохранилище оно проявляется на расстоянии от 25 до 560 м, на Цимлянском – около 300 м, на Веселовском – до 540 м и Пролетарском – от 13 до 107 м.

Почвы и особенности их трансформации в разных условиях влияния водохранилищ. Рассмотрение современных почв в зоне влияния водохранилищ подтвердило результаты наблюдений, проведенных в начале их создания в 1960-1980-х гг., и показало, что исходно зональные почвы претерпели глубокую трансформацию в направлении формирования гидроморфных и полугидроморфных почв. Использование индикаторов развития гидрогенных процессов в почвенном профиле позволило выявить зонально и регионально обусловленные особенности в каждом из функциональных блоков экотона.

Анализ материалов экспериментальных исследований, выполненных в данной работе, показал, что и в степных умеренно засушливых аллювиальных аккумулятивных ландшафтах, в условиях избыточного увлажнения, создаваемого в весенне-летний период водохранилищем, в исходных зональных автоморфных почвах развивается глеевый процесс, что выявляется на основе индикаторов – по наличию гидроокислов железа и присутствию сизоватых тонов в почвенном профиле. В сухостепных сухих аллювиальных аккумулятивных и сухостепных сухих лессовых аккумулятивных ландшафтах проявляются все индикаторы вторичного гидроморфизма. Наибольшей степени гидрогенной трансформации подверглись сухостепные сухие морские аккумулятивные ландшафты (табл. 4).

Краснодарское водохранилище. Почвенный покров территорий, прилегающих к Краснодарскому водохранилищу, в большинстве из заложенных профилей представлен черноземами обыкновенными и черноземами слитыми. Черноземы слитые представляют собою один из видов черноземов обыкновенных. Развиты они на иловато глинистых породах. Характерна исключительная плотность (слитость) горизонта **В**, слабая его водопроницаемость и глыбисто-призмовидная структура. Почвы не солонцеватые. Выделяются в теплых фациальных подтипах. Основные процессы трансформации морфологических свойств почв на Краснодарском водохранилище зависят от длительности затопления и глубины залегания почвенно-грунтовых вод, вследствие чего при кратковременном заливании и относительно глубоких грунтовых водах (ландшафт 239 в, КП 1[3], табл. 4) в исходных почвах основные процессы трансформации проявились в формировании охристых пятен гидрооксидов железа, сформировавшихся вследствие поверхностного затопления, оглеении в амфибиальном и динамическом блоках и формировании прослоек вторичного гипса в динамическом блоке. Для открытой части Краснодарского водохранилища характерен смыв верхнего гумусового горизонта почв на обширных обнажающихся пространствах при сработке уровня в амфибиальном блоке. В то же время на отдельных участках побережья (ландшафт 239 е, КП 8, табл. 4) гумусовый горизонт отсутствует по причине погребения и оглеения исходных почв под наносами водохранилища. Признаком вторичного гироморфизма почв является отсутствие гидроокислов железа, а также сизоватость отложений, подтверждающая длительность нахождения грунтовых вод на данной отметке. В одном из профилей (КП 2) поднятие почвенно-грунтовых вод (180 см) маркирует карбонатная плесень.

Цимлянское водохранилище. Почвенный покров территорий, прилегающих к Цимлянскому водохранилищу, представлен темно-каштановыми и каштановыми почвами. Трансформация почв здесь связана с развитием признаков вторичного гидроморфизма в исходных почвах, а также с трансформацией исходно автоморфных почв в полугидроморфные лугово-каштановые почвы. На Цимлянском водохранилище, воздействие которого распространяется на разные типы степных ландшафтов, в исходных почвах отмечены все индикаторы вторичного гидроморфизма почв (табл. 4). Здесь, как и на Краснодарском водохранилище, на открытых участках побережьях в почвах в амфибиальном и динамическом блоках происходит смыв гумусового горизонта почв и отложение на поверхности наносного песчаного слоя. В почвах в динамическом блоке проявляются охристость, сизоватость, новообразования железа, присутствие карбонатной плесени в верхних горизонтах. Для дистантного блока характерны новообразования вторичного гипса, карбонатной плесени над горизонтом белоглазки, на глубине стабильного положения грунтовых вод развивается оглеение.

[3] КП, ЦП, ВП, ПП – обозначения топо-экологических профилей на Краснодарском, Цимлянском, Веселовском и пролетарском водохранилищах соответственно. Их расположение указано на рисунке 1.

Таблица 4. Почвы и индикаторы их гидроморфизма в функциональных блоках в зоне влияния водохранилищ. Table **4.** Soils and indicators of their hydromorphism in functional blocks within the area is under impact of the reservoir.

Подзона	Ландшафт* профиль	Блок**	Характеристика почвы	Морфологические признаки гидроморфизма, глубина в см							УГВ, см
				А+АВ в см	Вскипание	Вторичный гипс	Охристовость	Сизоватость	Fe+Mn	$CaCO_3$ (плесень)	
КРАСНОДАРСКОЕ водохранилище											
Степная (настоящие степи)	**(239 в) КП 1**	II	Чернозем обыкновенный, среднемощный, тяжелосуглинистый вторично-гидроморфный на голубой глине	0-50	-***	-	80-170	-	20-50 Fe	-	180
		III	Чернозем обыкновенный намытый, сверхмощный, гидрогенно трансформированный на голубой глине	0-160		150-120 160-250	160-220	-	160-220	-	250
	(239 е) КП 8	II	Слоистая наносная толща с погребенной оглеенной почвой	-	-	-	-	10-100	-	-	210
		III	Слоистая наносная толща с погребенной оглеенной почвой	-	320-350	-	-	60-180	-	-	250
		IV	Чернозем слитой сверхмощный глинистый на желто-бурой коричневой глине	170	-	-	-	-	-	-	450
	ЦИМЛЯНСКОЕ водохранилище										
	(239 б) ЦП 6	III	Каштановая остаточно-луговая карбонатная, намытая, среднемощная-мощная среднесуглинистая на желто-бурой глине	30-80	60	-	05-20	70-100	-	-	80
		IV	Каштановая остаточно-луговая карбонатная, среднемощная среднесуглинистая на желто-буром суглинке	0-30	-	-	-	-	-	-	140
Сухостепная	**(251 а) ЦП 21**	III	Каштановая маломощная вторично-гидроморфная среднесуглинистая на желто-бурой глине перекрытая наносом	30-40		20-30	20-30			40-50	80
		IV	Каштановая среднемощная, среднесуглинистая на желто-бурой глине	0-50	30	100-120	-	-	-	140-150	180
	(255 о) ЦП 18	III	Каштановая маломощная сильносмытая карбонатная среднесуглинистая на желто-буром суглинке	10-15	-	-	-	30-40	0-30	-	90
		IV	Каштановая среднемощная средне-суглинистая на желто-буром суглинке	0-40	50	-	-	-	-	-	240

Продолжение таблицы 4.

Подзона	Ландшафт*, профиль	Блок**	Характеристика почвы	Морфологические признаки гидроморфизма, глубина в см							УГВ, см
				А+АВ в см	Вскипание	Вторичный гипс	Охристовость	Сизоватость	Fe+Mn	$CaCO_3$ (плесень)	
Сухостепная	**(255 ч) ЦП 1**	III	Лугово-каштановая карбонатная глееватая мощная среднесуглинистая на лессовидном суглинке	0-70	-	-	40-70	120	40-70	70-80	120
		IV	Темно-каштановая карбонатная среднемощная среднесуглинистая на лессовидном суглинке	0-30	-	200	-	-	130-190	40-60	300
		V	Темно-каштановая среднемощная среднесмытая глубоко солончаковатая средне-суглинистая на лессовидном суглинке	0-30	60	170 370	-	-	-	-	410
	(255 ц) ЦП 11	III	Лугово-каштановая сильносмытая оглеенная на зеленой глине	30	-	-	-	30	-	40-110	110
		IV	Темно-каштановая опесчаненная подстилаемая зеленой глиной, техногенно нарушенная	-	-	60-90	-	-	90-170	60-110	180
	ПРОЛЕТАРСКОЕ водохранилище										
	(249 б) ПП 5	II	Лугово-каштановая выщелоченная мощная глееватая на гидрогенно трансформированном покровном суглинке	0-90	50	-	-	90-110	50-70	-	110
		III	Темно-каштановая глубоко вскипающая мощная среднесуглинистая на желто-буром суглинке	0-90	80	-	-	-	40-50	130-160	160
		IV	Темно-каштановая мощная среднесуглинистая на желто-буром суглинке подстилаемом погребенной почвой подстилаемой опесчаненной глиной	0-80	50	430-450	-	-	440-450	140-190; 240-250	450
	ВЕСЕЛОВСКОЕ водохранилище										
	(249 б) ВП 1	II	Лугово-болотная иловатая карбонатная	0-50	20-40	-	-	-	-	-	50
		III	Чернозем обыкновенный среднемощный солончаковатый на лессовидном суглинке	0-90	-	20-90	-	0-10	80-90	-	90
		IV	Чернозем обыкновенный маломощный сильносмытый глубокозасоленный тяжелосуглинестый на лессовидном суглинке	0-40	-	160-180	-	-	-	-	320

Продолжение таблицы 4.

Подзона	Ландшафт*, профиль	Блок**	Характеристика почвы	Морфологические признаки гидроморфизма, глубина в см							УГВ, см
				А+АВ, см	Вскипание	Вторичный гипс	Охристовость	Сизоватость	Fe+Mn	$CaCO_3$ (плесень)	
Сухостепная	**(255 и) ВII 5**	III	Чернозем обыкновенный карбонатный мАломощный высокозагипсованный тяжелосуглинистый, вторично гидроморфный	0-20	30	70-100	0-20	-	50	-	170
		IV	Лугово-черноземная среднемощная солончаковатая	0-90	-	-	-	150	-	-	270

Примечания к таблице 4: * – характеристика ландшафтов в соответствии в этими номерами в таблице 1; ** – функциональные блоки: I – аквальный, II – амфибиальный, II – динамический, III – дистантный, IV – маргинальный; *** – проявление отсутствует. Note to table 4: * – Landscape features according to these numbers in Table 1; ** – functional blocks: I – aquatic, II – amfibial, II – dynamic, III – distant, IV – marginal; *** – display no.

Пролетарское водохранилище. Почвенный покров территорий прилегающих к водохранилищу представлен темно-каштановыми и лугово-каштановыми почвами. Почвы вскрытые наиболее близко к урезу воды практически по всем профилям подвержены высокой степени гидрогенной трансформации. По морфологическому строению лугово-каштановые почвы близки к каштановым, но отличаются от них большим содержанием гумуса. Каких-либо иных специфических и постоянных морфологических и химических признаков для непосредственной диагностики лугово-каштановых почв не отмечается; их диагностика по отношению к автоморфным каштановым почвам производится на основе анализа условий водного режима почв с учетом рельефа, общей гидрогеологической обстановки. В ландшафтных условиях, близких к условиям Веселовского водохранилища (239б, ПП 5, табл. 4) индикаторы современного гидроморфизма свидетельствуют о глубокой трансформации почв практически во всех блоках экотонной системы: наличие в почвенном профиле гидроксидов железа на всем его протяжении, а также присутствие сизоватых тонов на границе устойчивого уровня грунтовых вод. Это указывает на присутствие и длительность нахождения почвенно-грунтовых вод на этих глубинах. Признаки гидрогенной трансформации подтверждаются также наличием карбонатной плесени в нижних и средних горизонтах почвенного профиля. Вторичный гипс обнаружен только в дистантном блоке, он располагается на уровне поднятия грунтовых вод в весенний период.

Веселовское водохранилище. Почвенный покров территорий прилегающих к Веселовскому водохранилищу в большинстве из проложенных профилей представлен черноземами обыкновенными и лугово-черноземными почвами. Генетический профиль черноземов (в обобщенном «типоморфном» виде) характеризуется ясно выраженной верхней толщей (той или иной мощности) с накоплениями гумуса, обменных оснований и биогенных зольных элементов, глубже которой находится карбонатно-иллювиальная (или карбонатно-гипсово иллювиальная) толща, постепенно переходящая в не измененную почвообразованием материнскую породу. Почвы лугово-черноземного типа являются полугидроморфными аналогами черноземов и формируются в отличие от последних в условиях повышенного увлажнения, которое может создаваться за счет местных временных скоплений влаги поверхностного стока, или за счет питания почвенно-грунтовыми водами, или в результате их совместного действия.

Морфологическое строение лугово-черноземных почв сходно со строением автоморфных черноземов; отличительные признаки – повышенная гумусность и наличие глубинной глееватости. Важным показателем служит сравнительно небольшая глубина залегания грунтовых вод или сезонной верховодки (3-7 м), что при глинистых и тяжелосуглинистых породах обеспечивает пленочно-капиллярное поднятие влаги до средней части почвенного профиля.

На побережье Веселовского водохранилища (ландшафт 249 б, ВП 1, табл. 4) согласно почвенным индикаторам, высокой степени гидрогенной трансформации подверглись почвы, испытывающие периодическое поверхностное затопление в динамическом блоке. Признаками вторичного гидроморфизма является наличие вторичного гипса на глубине 100 см и железисто-марганцевые порошковидные конкреции на глубине, близкой к уровню грунтовых вод. О воздействии поверхностного затопления свидетельствуют гидроокислы железа на глубине 0-10 см. В дистантном блоке современный гидроморфизм проявляется в формировании горизонта с включением вторичного гипса на глубине 160-180 см, где, что, по-видимому, соответствует уровню поднятия грунтовых вод в весенний период.

В сухостепном ландшафте Веселовского водохранилища (255 и, ВП 5, табл. 4) трансформация почвенного покрова под влиянием водохранилища проявляется в присутствии практически всех индикаторов вторичного гидроморфизма. Уровень залегания почвенно-грунтовых вод в пределах динамического блока колеблется от 160 до 180 см. Наличие ржавых пятен и железистых конкреций в верхнем слое почвы, скорее всего, является признаками поверхностного затопления этой территории. Вторичный гипс, вскрытый здесь на глубине 70-100 см, а в трех соседних скважинах на глубине от 40 до 120 см, указывает на поднятие почвенно-грунтовых вод до этой отметки. В дистантном блоке морфологические признаки влияния водохранилища не обнаружены, но наличие сизоватости на глубине 150 см свидетельствует об исходном луговом режиме этих почв.

Как видим, проведенные исследования подтверждают данные, полученные в первые годы их создания: на прилегающих территориях происходит гидрогенная трансформация почв. Зависимость гидрогенных процессов от характера воздействия четко проявляется при рассмотрении приуроченности индикаторов почвенного гидроморфизма к разным блокам: смытость гумусового горизонта – характерный признак амфибиального блока, для динамического блока характерны такие признаки, как наличие охристых пятен и железисто-марганцевых конкреций, сизоватость, что свидетельствует о застаивании поверхностных вод. Для дистантного блока характерными являются такие признаки, как сизоватость и наличие железисто-марганцевых конкреций, свидетельствующих о застаивании грунтовых вод, формирование вторичного гипса.

Засоление почв в степных ландшафтах. Засоление почв – признак, характерный для ландшафтов, испытывающих недостаток атмосферного увлажнения. В степной зоне степень трансформации почв территорий, подверженных влиянию крупных водохранилищ, во многом зависит от пород слагающих дно и берега водоема, а также химического состава и степени минерализации поверхностных и грунтовых вод в том или ином ландшафте. Наши исследования показали (табл. 5), что засоление практически отсутствует во всех ландшафтах подзоны настоящих степей (табл. 5, 239 б, в, е), достигает средней степени в ландшафтах сухих степей и резко возрастает в особых условиях – в ландшафтах, сложенных морскими отложениями Манычской ложбины (табл. 5, 249 б). Самая высокая степень почвенного засоления (2.26 %), по результатам анализа, отмечена в пределах Веселовского водохранилища, что характеризует почвы как очень сильнозасоленные. В то же время в подзоне сухих степей (табл. 5, 255 ч) в условиях влияния пресных вод Цимлянского водохранилища почвы также не засолены, что можно отнести к проявлению региональных особенностей.

Химизм засоления почвенного покрова изученной территории различен (табл. 5, рис. 2). Следует отметить, что высокая степень засоления и хлоридно-сульфатный химизм характерны для большинства топо-экологических профилей на побережье Веселовского водохранилища. При этом максимальная величина сухого остатка соответствует горизонтам почвы, насыщенным новообразованиями мелкокристаллического гипса (рис. 2).

В пределах Пролетарского водохранилища, находящегося в том же подтипе ландшафта, степень засоления почвенного покрова также достигает высоких значений, однако проявляется в меньшем количестве заложенных профилей и характеризуется более низкими значениями величины сухого остатка. Но засоление более токсичное, т.к. химизм засоления – хлоридный (табл. 6). Подобная ситуация может быть объяснена тем, что воды Пролетарского водохранилища имеют самую высокую минерализацию (1.80-9.30 г/л, табл. 3).

Иными словами, рассмотрение засоления почв обнаруживает, что региональные условия перекрывают зональные. Наиболее засоленными оказываются почвы на побережьях водохранилищ, в которых самая высокая минерализация воды и засоленные грунты.

Таблица 5. Засоление почв в динамическом блоке на побережьях водохранилищ в разных ландшафтных условиях. **Table 5.** Salinization in a dynamic block on the shores of reservoirs under different landscape conditions.

Ландшафт*	Степень засоления по сухому остатку, % (почвы хлоридно-сульфатного типа засоления)				Водохранилище
	нет засоления (0-0.25)	слабое (0.25-0.5)	среднее (0.5-1)	высокое (>1.1)	
(239 б)		0.08-0.34			Цимлянское
(239 в)	0.05-0.12				Краснодарское
(239 е)	0.03-0.23				
(249 б)				0.06-**2.26**	Веселовское, Пролетарское
(251 а)			0.04-0.72		Цимлянское
(255 и)			0.17-1.15		Пролетарское
(255 о)			0.05-1.12		Цимлянское
(255 ц)			0.02-0.67		
(255 ч)	0.06-0.12				

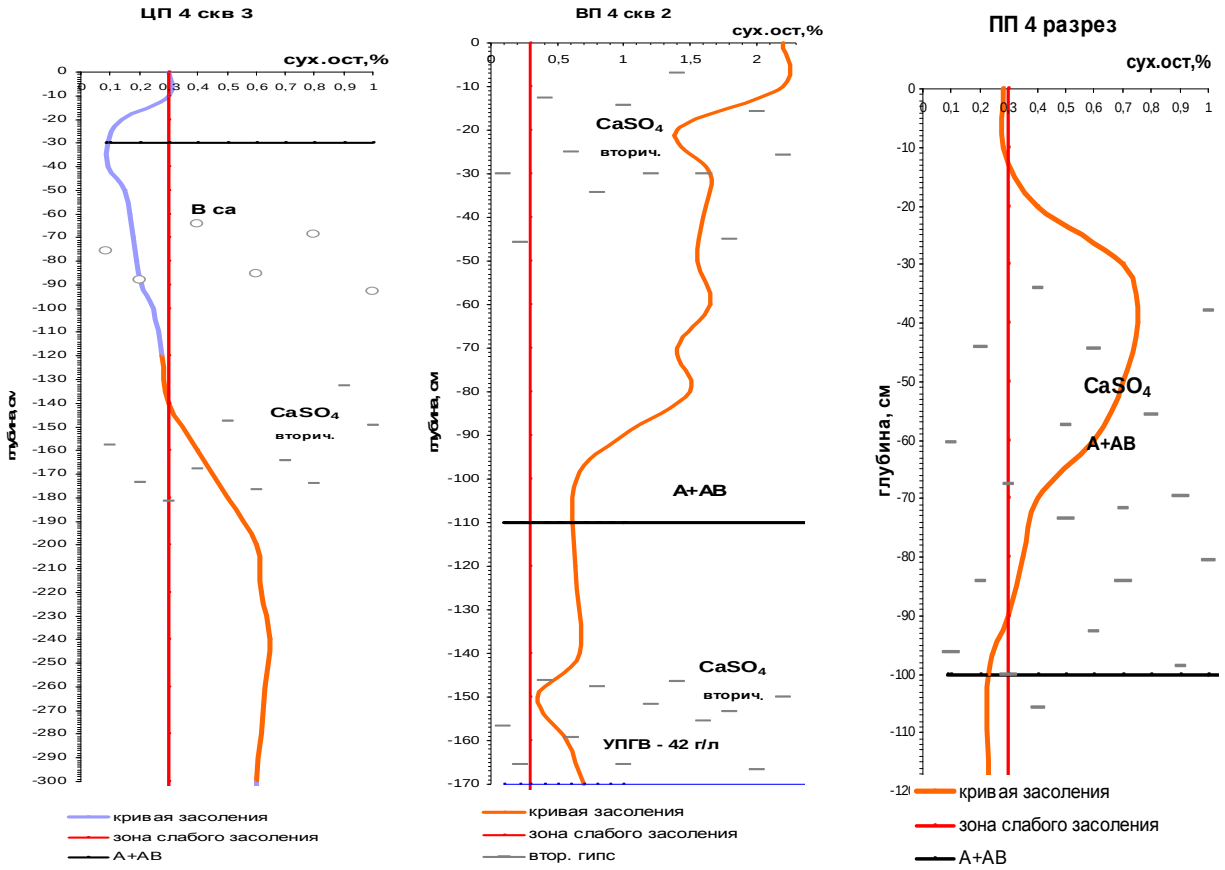
Примечание к таблице 5: * – Характеристика ландшафтов приведена в таблице 1.
Note to table 5. Landscape features is shown in table 1.

Растительность ландшафтов побережий. Растительность побережий водохранилищ также рассматривалась в границах основных функциональных блоков. Анализ научных публикаций показывает (Вендров, Дьяконов, 1976; Новикова и др., 2008 и др.), что на берегах водохранилищ спустя несколько лет после их создания наблюдается дифференциация экологических условий, способствующих или ухудшающих условия произрастания древесной растительности. Соотношение площадей положительного и отрицательного влияния меняется в зависимости от географического положения водохранилища и местных геолого-геоморфологических условий побережья. Наиболее неблагоприятным воздействием на растительность считается подтопление, приводящее к ухудшению лесорастительных условий в лесной зоне. Общая площадь подтопленных земель на побережьях водохранилищ Волжско-Камского каскада к началу 1970-х годов составила 160-170 тыс. га, из них на площади не менее 60 тыс. га наблюдалось сильное подтопление, где прирост древостоя снизился (Белавская, 1958). Проведенные исследования и анализ научной литературы позволяют представить доминанты наиболее широко распространенных растительных сообществ, индицирующих условия современного гидроморфизма в каждом из блоков экотонной системы рассматриваемых водохранилищ (табл. 7).

Изучение современного состояния растительности в зоне временного затопления показывает, что многие деревья и кустарники, в первую очередь различные виды ив, сумели приспособиться к новым условиям, особенно в тех случаях, когда увлажнение увеличивалось не резко, а постепенно (Кудинов, 1961).

Рассматриваемые водоемы степной зоны располагаются в одном Нижне-Донском флористическом районе, поэтому растительный покров прибрежных территорий близок и его выраженность и структура зависят от конкретных ландшафтно-экологических условий. Растительность района Цимлянского водохранилища относится к сухим степям, представленным типчаково-ковыльными с участием бедного разнотравья и полынными сообществами. На правобережье местами сохранились белополынно-житняковые степи с пятнами чернополынников, ромашниковых и прутняковых сообществ. На левобережье еще встречаются участки белополынно-ромашниковых степей со значительным участием пятен чернополынных и камфоросмовых группировок.

В процессе работы на топо-экологических профилях был составлен полный список встреченных видов растений. Он включает в себя 115 видов высших сосудистых растений из 29 семейств. Ведущими семействами являются: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Labiatae, Polygonaceae, характерные для степной зоны.



а) а) б)

Рис. 2. Засоление почвенных профилей. Условные обозначения: а) – сухостепные сухие лессовые аккумулятивные ландшафты (255 о); б) – сухостепные морские аккумулятивные ландшафты (249 б).
Fig. 2. Salinization of the soil profiles. Symbols: a) – dry loess accumulative landscapes (about 255), б) – dry-sea accumulative landscapes (249 b).

Таблица 6. Степень и химизм засоления почв в динамическом блоке экотона. **Table 6.** Degree and chemism of soil in a dynamic block of ecotone.

Характеристика:	Водохранилище			
	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское	Краснодарское
Засоление почвы, %	0.02-1.12	0.11-2.26	0.01-1.25	0.03-0.23
Тип засоления почвы	Cl-SO_4	Cl-SO_4	Cl	–

Анализ представленности и частоты встречаемости видов в экологических группах по увлажнению выявил наибольшее разнообразие в группе мезофитов, ксерофитов и мезоксерофитов (рис. 3).

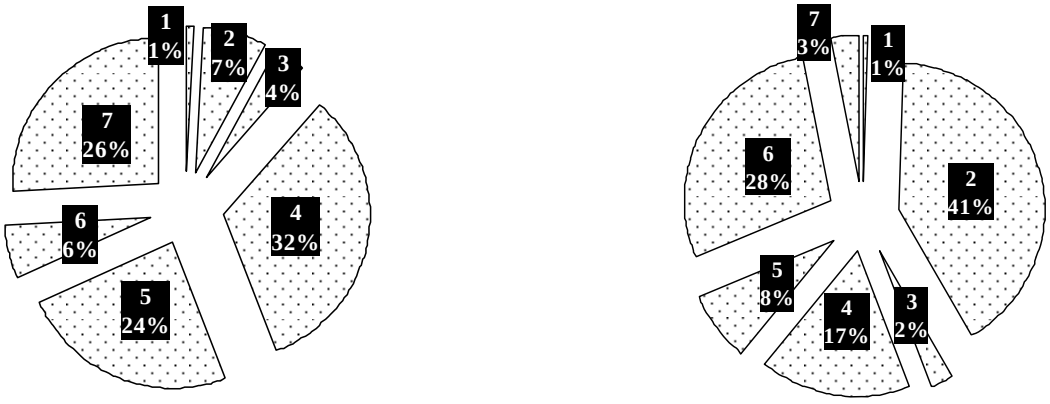
В растительном покрове на участках побережья, располагающегося в заливах, наиболее широкое распространение имеют в амфибиальном блоке сообщества тростника южного (*Phragmites australis*) и рогоза длиннолистного (*Typha angustifolia*). В динамическом блоке, на границе с амфибиальным в условиях абразионно-аккумулятивного типа берега на Цимлянском водохранилище преобладают сообществ тополя черного (*Populus nigra*) с вейником наземным (*Calamagrostis epigeios*).

На Краснодарском водохранилище наиболее широкое значение имеет ива белая (*Salix alba*), а тополь черный почти не встречается. В данном случае подобное явление можно объяснить тем, что ива лучше, чем тополь переносит длительное заливание. На отдельных участках выживают ивы,

переживающие заливание почти 3-х метровой толщей воды в течение 4-5 месяцев. Однако габитус ив заметно улучшается при сокращении длительности заливания. Взрослые деревья образуют систему дыхательных корней, по которой можно судить о высоте паводкового затопления. В условиях ландшафтов Веселовского и Пролетарского водохранилищ древесные виды в гидроморфных условиях не встречены, что можно объяснить повышенной минерализацией вод водохранилища.

Таблица 7. Доминанты растительных сообществ на побережьях водохранилищ в разных подзонах. **Table 7.** Dominants of plant communities on the shores of reservoirs in different climatic subzones.

Природные подзоны	Растительные сообщества функциональных блоков			
	амфибиальный	динамический	дистантный	маргинальный
степная	Заросли высоких гигрофитов *Phragmites australis, Typha angustifolia, T. latifolia*	*Древесные и древесно-травянистые сообщества Salix album, Populus nigra, Phalaris canariensis, Stachys palustris, Carex* spp.	Настоящие незасоленные злаковые луга (*Bromopsis inermis, Lycopus europaeus,* засоленные луга *(Puccinellia gigantea, Juncus jerardi)*	Остепненные злаковые и разнотравные луга *Elytrigia repens, Potentilla reptans, Lotus corniculatus*
сухо-степная		*Сообщества древесно-кустарниковых видов: Tamarix ramosissima, T. hispida, Elaeagnus angustifolia, Salicornia europaea*	Засоленные луга *Aeluropus littoralis, Calamagrostis epigeios, Limonium gmelinii с участием Elaeagnus angustifolia*	*Artemisia santonica, Alhagi pseudalhagi, Calamagrostis epigeios*



а) б)

Рис. 3. Представленность (а) и частота встречаемости (б) видов растений экологических групп по отношению к водному фактору на Веселовском водохранилище. Условные обозначения: 1 – мезофит, 2 – ксерофит, 3 – мезоксерофит, 4 – гигрофит, 5 – ксеромезофит, 6 – гигромезофит, 7 – гидрофит.
Fig. 3. Representation (a) and frequency (b) plant species of ecological groups to the water factor on Veselovskoye reservoir. Symbols: 1 – mesophyte, 2 – xerophyte, 3 – mezokserophyte, 4 – hygrophyte, 5 – xeromesophyte, 6 – gigromezophyt, 7 – hydrophyte.

На участках открытого побережья искусственных водоемов постоянная растительность часто отсутствует, а зарастание происходит видами, семена и заростки которых поступают с прилегающего берега. На Краснодарском и Цимлянском водохранилищах преобладают проростки древесных видов, на Веселовском и Пролетарском – преимущественно однолетние галофиты.

В динамическом блоке присутствуют сообщества с преобладанием луговых видов, устойчивых к засолению почв даже в ландшафтах Цимлянского водохранилища: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), вейник наземный, солодка колючая (*Glycyrrhiza glabra*), зубровка душистая (*Hierochloe odorata*). Дистантный блок представлен луговыми мезофильными и мезоксерофильными видами (табл. 7), за которыми следуют типчаково-полынные и ковыльно-типчаковые сообщества маргинального блока.

Для экотонных территорий побережий водоемов с пресными водами можно выделить несколько типичных пространственных рядов: на аккумулятивных побережьях степных и сухостепных ландшафтов: рогозово-тростниковые сообщества на иловато-болотных почвах амфибиального блока – длиннолистномятликово-пырейно-ивовые на черноземно-луговых почвах динамического блока – вейниково-разнотравные на лугово-черноземных и черноземных почвах дистантного блока. На водоемах с минерализованными водами (Веселовском и Пролетарском) ряд чаще начинается с разреженных галофильных сообществ из однолетних шведок и солянок: солероса европейского, шведок на мокрых солончаках, вслед за ними в динамическом блоке идут сообщества бескильницы гигантской (*Puccinellia gigantea*), полыни сантониной (*Artemisia santonica*), с участием кермека Гмелина и каспийского (*Limonium gmelinii, L. caspicum*). Стояние уреза воды часто обозначается редкими кустами тамариксов (*Tamarix elongata, T. hispida, T. ramosissima*). В дистантном блоке доминирование переходит к типчаку *(Festuca valesiaca*), степному разнотравью, появляются ковыли.

Общее проективное покрытие, количество видов в экотонной системе стремятся к увеличению в направлении от берега, что можно объяснить возрастанием разнообразия условий в биотопе и снижением экстремальности факторов. Необходимо упомянуть о фундаментальном свойстве экотонов – экосистемы, в том числе и растительные сообщества, являются открытыми, в них легко проникают, расселяются и периодически дают вспышки массового развития инвазийные виды, преимущественно однолетники: дурнишники колючий, белый (*Xanthium strumarium, X. albinum*), циклахена дурнишниколистная (*Cyclachaene xanthiifolia*), бодяк полевой (*Cirsium vulgare*), донник желтый (*Melilotus officinalis*).

Выводы

Рассмотрение зоны взаимодействия водохранилищ и прилегающих территорий как экотонной системы «вода-суша», позволило выявить на побережьях всех водохранилищ зону их прямого (сработка, заливание) и косвенного (подтопление) воздействия. Наибольшую ширину эти территории имеют на более пологих участках побережья, приуроченных к южным и западным берегам водоемов.

Возрастание минерализации вод водохранилищ и подземных вод в зоне их влияния, изменение химического состава с гидрокарбонатно-сульфатного на сульфатно-хлоридный, а также заглубление грунтовых вод происходят с севера на юг, вслед за изменением зональных особенностей среды и трансформацией водного фактора.

Исходные природные комплексы под воздействием водохранилищ в наибольшей степени трансформированы в амфибиальном блоке (зоне сработки), где они либо исчезли, либо замещены высокотравными болотами с устойчивыми к длительному заливанию видами деревьев. В динамическом блоке гидрогенная трансформация природных комплексов в условиях поверхностного заливания и сильного подтопления проявляется в развитии ландшафтах во всех природных зонах окислительно-восстановительного процесса в верхних горизонтах почв, индицируемого гидроокисными пенками железа (охристыми пятнами), развитии глеевого процесса в приповерхностных горизонтах, доминировании в растительном покрове гидро-и мезофильных видов, часто с доминированием древесных видов. В степной зоне дистантном блоке гидроморфизм, определяемый близко залегающими к поверхности грунтовыми водами, проявляется в виде появления в почвенном профиле вторичного гипса, присутствии карбонатной плесени или размытых палевых пятен белоглазки ($CaCO_3$) и внедрении в исходные зональные сообщества мезофильных видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аваян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. 1987. Водохранилища. Серия «Природа мира». М.: Мысль. 325 с.
Авакян А.Б. 1982. Водохранилища и окружающая среда. М.: Наука. 366 с.
Авакян А.Б. Шарапов В.А. 1977. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М.: Энергия. 399 с.

Авакян А.Б., Лебедева И.П. 2002. Водохранилища XX века как глобальное географическое явление // Известия АН. Серия географическая. № 3. С. 13-20.

Балюк Т.В., Кутузов А.В. 2006. Методы выявления состава и структуры экотонной системы «вода-суша» на побережье Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. Т. 12. № 30-31. С. 68-78.

Белавская А.П. 1958. Изменения высшей растительности Рыбинского водохранилища в связи с колебанием его уровня (1954-1955 гг.). Труды Биологической станции «Борок». Вып. 3. М.-Л., Изд-во АН СССР. С. 98-135.

Вендров С.Л., Дьяконов К.Н. 1976. Водохранилища и окружающая природная среда. М.: Наука. 136 с.

Залетаев В.С. 1997. Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере. М.: РАСХН. С. 11-29.

Карта «Растительность Европейской части СССР». 1980. М.: ГУГК.

Кудинов К.А. 1961. Из наблюдений за возобновлением древесной и кустарниковой растительности в зоне временного затопления Рыбинского водохранилища // Труды Дарвинского гос. заповедника. Вып. 7. Вологда: Вологодское книжное изд-во. С. 67-120.

Ландшафтная карта СССР. 1985. М. 1:2 500 000 / Ред. И.С. Гудилина. Л: ВСЕГЕИ.

Легенда к Ландшафтной карте СССР масштаба 1:250000. 1987. Л.: ВСЕГЕИ. 339 с.

Назаренко О.Г., Новикова Н.М., Рыльщиков А.Ю. 2008. Сравнительная характеристика морфологических свойств почв подтопленных территорий Цимлянского водохранилища // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. № 12. С. 34-40.

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 гнатурных данных для выделения границ и комплексной характеристики структурно-функциональных блоков экотона // Экотонные системы «вода-суша»: методика исследований, структурно-функциональная организация и динамика. С. 16-33.

Новикова Н.М., Назаренко О.Г. 2007. Современный гидроморфизм: процессы, формы, проявления, признаки // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 70-82.

Новикова Н.М., Уланова С.С. 2012. Искусственные водоемы Калмыкии: режим, использование, природоохранное значение // Изменение природной среды России в XX веке. М.: Молнет. С. 288-306.

Черепанов С.К. 1995.Сосудистые растения России и сопредельных государств. Санкт-Петербург. Мир и семья-95. 992 с.

Уланова С.С. 2010. Эколого-географическая оценка искусственных водоемов Калмыкии и экотонных систем «вода-суша» на их побережьях. М.: РАСХН. 263 с.

Эдельштейн К.К. 1988. Водохранилища России: экологические проблемы и пути их решения М.: Изд-во ГЕОС. 277 с.

NATURAL COMPLEXES OF THE SHORES OF ARTIFICIAL RESERVOIRS AT TERRITORIES OF THE SOUTH OF THE EUROPAEAN PART OF RUSSIA

© 2013. N.M. Novikova*, O.G. Nazarenko**

**Water Problems Institute of the Russian Academy of Science*
Russia, 119333 Moscow, Goubkin str., 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com
***State Center of Agrarian Service "Rostovskyi"*
Russia, 346493 the Rostov oblast, Acsaiskyi district, Rassvet settlement. E-mail: nazarenkoo@mail.ru

Consideration of a zone of interaction of water basins and adjoining territories as an "water-terrestrial" ecotone systems, and using the indicators of the hydrogenic dynamics of natural complexes, has allowed to reveal ecological-geographical peculiarities of their transformation in different zonal-landscape conditions and to connect with direct and indirect influence of the water factor. The features of the structurally functional organization of the ecotonal systems at coasts are established, the degree and character of transformation of components of the ecosystems in different blocks of ecotone is appreciated, development of dangerous processes is determined.

Keywords: water reservoirs, coast, functional blocks of «water-terrestrial» ecotone, current hydromorphizm, indicators, ground waters, processes of gley, accumulation of a water soluble salts in soils, vegetation, hydromorphization, halophytization, introduction of the invasive species.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 43-50

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 627.8

ПРОГНОЗНЫЕ И НАБЛЮДАЕМЫЕ СМЕЩЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2013 г. Н.А. Шумова

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

Поступила 23.10.2012

Выполнено сравнение расчетных величин смещения береговой линии Цимлянского водохранилища с материалами натурных наблюдений для временных интервалов 12.5, 25 и 50 лет с начала существования водохранилища. Приводятся результаты оценки скорости смещения береговой линии за те же временные интервалы.
Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, смещение береговой линии, натурные наблюдения, прогноз.

При проектировании и эксплуатации водохранилищ большое практическое значение имеет разработка схем расчета и прогноза процесса формирования берегов. В 1950-е годы, в связи с огромным размахом гидроэнергетического строительства, разрабатывались различные схемы расчета будущих профилей береговой зоны водохранилищ. Процессы формирования берегов зависят не только от геолого-морфологических исходных условий, характера и масштабов гидрометеорологических явлений, но и от их сочетаний в определенный отрезок времени, что создает значительные трудности при составлении прогнозов переформирования береговой линии. Трудности возникали и при оценке достоверности полученных результатов: большинство предложенных в те годы схем предусматривало расчет так называемого предельного профиля (Кокоулин, Кокоулина, 1958), что исключало практическую проверку таких схем расчетов в ближайшие, ко времени составления прогнозов, годы.

В последние годы одним из наиболее обсуждаемых вопросов стало несоответствие прогнозных и наблюдаемых показателей активности переработки берегов водохранилищ (Назаров, 2011; Стародубцев, 2012). На основе материалов натурных наблюдений за скоростью разрушения берегов специалистами делается вывод, что в ближайшие десятилетия процессы переработки берегов водохранилищ не снизят темпы своего развития. Время показало, что ожидаемая ранее относительно быстрая и окончательная стабилизация абразионных и оползневых берегов водохранилищ не происходит.

Материалы и методы

В настоящей работе анализируется прогноз деформаций берегов Цимлянского водохранилища (Цимлянское …, 1977), составленный по методу, разработанному в ГГИ (Кондратьев, 1960). Данный метод позволяет рассчитывать и прогнозировать береговые переформирования, вызванные действием ветровых волн на водохранилищах озерного типа. Прогноз был составлен для той части береговой линии Цимлянского водохранилища, на которой наиболее интенсивно развиты процессы абразии. Для низких ровных берегов затопления, низких бухтовых берегов затопления, формирующихся, в основном, по аккумулятивному типу, аккумулятивных и абразионно-оползневых берегов прогноз не составлялся, так как данный подход к ним не применим. На рисунке 1 показаны типы берегов Цимлянского водохранилища, отражающие их развитие в соответствии с генетической типизацией Д.Г. Панова (Панов, 1956). В ее основе лежат: начальные условия – профиль берега до разрушения; уровень воздействия волн на профиль при нормальном режиме эксплуатации водохранилища; геологическое строение берега на профиле.

При составлении исследуемого прогноза (Цимлянское …, 1977) были использованы материалы натурных наблюдений за переформированием берегов Цимлянского водохранилища за 1952-1965

годы на профилях у станицы Хорошевской, хутора Суворовского, поселка Нижний Чир на правом берегу, хуторов Ильмень-Суворовского, Веселого и Приморского – на левом (рис. 1). Непрерывные наблюдения на указанных профилях продолжаются по настоящее время. Ниже приведена краткая геолого–морфологическая характеристика профилей.

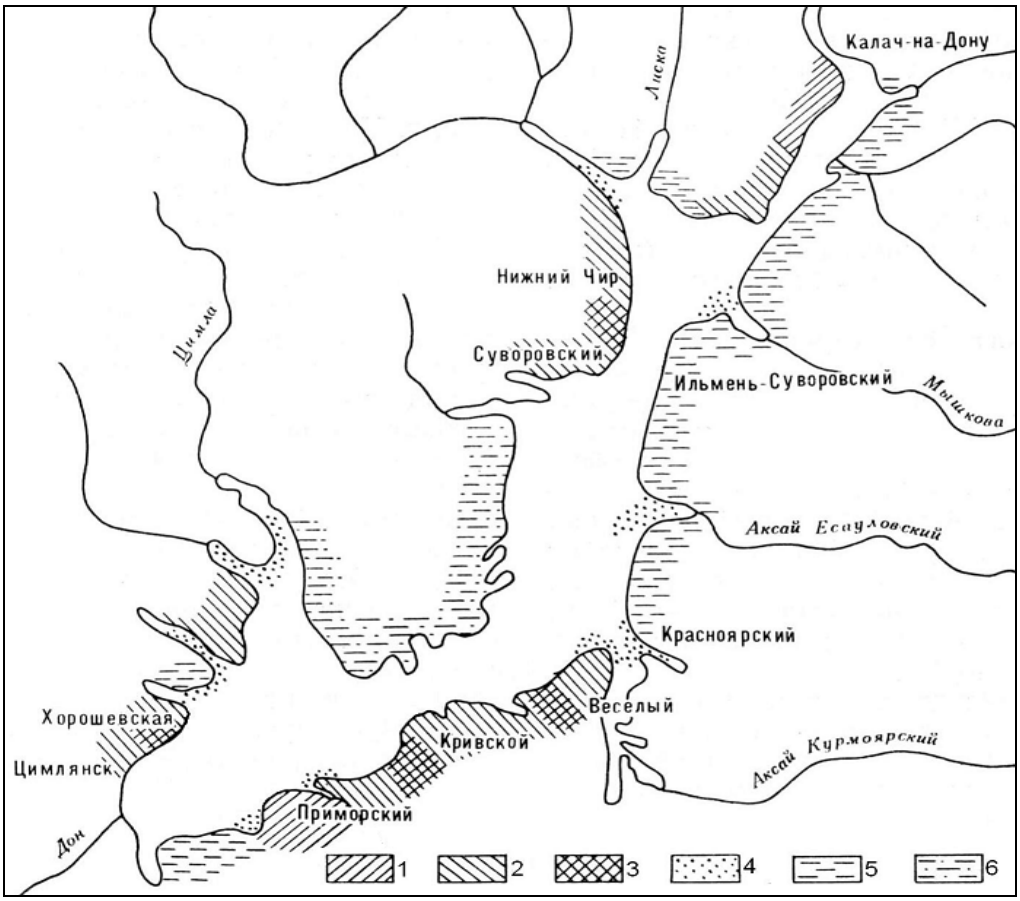


Рис. 1. Типы берегов Цимлянского водохранилища (Цимлянское …, 1977): 1 – абразионный, 2 – абразионно-обвальный, 3 – абразионно-оползневой, 4 – аккумулятивный, 5 – низкий ровный берег затопления, 6 – бухтовый берег затопления. **Fig. 1**. Coast types of the Tsimlyansk reservoir (Tsimlyansk …, 1977): 1 – abrasion, 2 – abrasion-landslide, 3 – abrasion-landslipe, 4 – accumulative, 5 – low even coast of flood, 6 – bay coast of flood.

На участке у станицы *Хорошевской* берег высокий, крутой, приглубый. На отметках 28.0-41.0 м берег сложен харьковскими алевролитами, на которых слоем 1-2 м залегают харьковские средне– и крупнозернистые кварцевые пески, в свою очередь перекрытые полтавскими мелкозернистыми песками. Поверхность полтавских песков находится на отметках 59.0-63.0 м, в их толще встречаются глыбы облаковидных песчаников, попадается большое количество известковых стяжей, рогулек. Полтавские пески перекрываются либо покровными суглинками небольшой мощности, либо сарматскими известняками. В первые годы существования водохранилища отмечалась значительная интенсивность процесса формирования берегов данного типа, объясняющаяся размывом либо делювиального покрова, либо трещиноватых алевролитов, обладающих меньшей прочностью. Берега формировались за счет врезки в обрыв коренного берега с образованием нешироких абразионных террас. Профили у станицы Хорошевской ориентированы на восток (здесь и далее за начало профиля принят закрепленный репер, расположенный вне зоны затопления). На участке повсеместно наблюдается размыв коренного берега с накоплением обломков коренных пород (валуны, глыбы, галька) у основания обрыва. Отмечаются старые задернованные растительностью и новые осыпи, обвалы, трещины, волноприбойные ниши. К 2007 году общее отступание берега у станицы Хорошевской составило 159.4 метра.

Профили у хутора *Суворовского* ориентированы на юго-восток. Берег на этом участке довольно высокий, крутой, на отметках 27.0-28.0 м плавно переходящий к пойме. Подмываемый береговой склон сложен супесями, перекрываемыми суглинками. Продвижение бровки коренного берега за период 1953-2007 год составило 94.91 м.

Профили, заложенные у поселка *Нижний Чир*, ориентированы на восток-северо-восток и подвержены наибольшему воздействию волн, вызываемых ветрами восточных направлений. Берег на участке наблюдений высокий (5-10 м), довольно крутой, прорезан рядом глубоких балок и оврагов. Подмываемый береговой склон сложен бурыми суглинками с включением большого количества опоковидных камней, а также трещиноватыми алевролитами. Береговой склон с редкими осыпями и обвалами задернован растительностью. У основания обрыва отмечаются волноприбойные ниши. За период 1953-2007 годы берег у поселка Нижний Чир отступил на 64.18 м.

Профиль у хутора *Ильмень-Суворовского* ориентирован на запад и подвержен размыву волнами, вызванными ветрами западных направлений. Берег сложен лессовидными суглинками и супесью бурого цвета, покрытыми почвенно-растительной толщей мощностью 0.2 м. Высота берега колеблется от 1.0 до 3.0 м. Берег крутой, обрывистый, со старыми, задернованными растительностью, и новыми обрушениями. Обрушившейся грунт размывается. Многочисленные волноприбойные ниши, останцы у основания обрыва свидетельствуют о непрекращающихся абразионно-обвальных процессах. С начала существования водохранилища до 2007 года смещение береговой линии в районе хутора Ильмень-Суворовского составило 141.9 м.

Профиль у хутора *Веселого* расположен на крутом высоком берегу и ориентирован на северо-северо-запад. У основания берег сложен зеленовато-серыми (иногда красными) глинами, которые перекрываются мелкими песками светло-серого цвета. Пески перекрыты бурыми суглинками, на которых залегает маломощный почвенный покров. Берег обрывистый с новыми и старыми, задернованными растительностью, осыпями, обвалами. Обрывы представляют отвесную стену, нависшую над водой, с многочисленными волноприбойными нишами и останцами у основания. На поверхности обрыва множество трещин и структурных столбчатых отдельностей, характерных для суглинков, которые, обрушаясь, создают осыпи у основания клифа. В связи с тем, что береговой склон сложен малоустойчивыми к процессам абразии материалами, а ветровые волны достигают значительных высот, на участке наблюдается интенсивная переработка берега. Отступание берега достигло к 2001 году 126.9 м.

Берег у хутора *Приморского* абразионный, приглубый, сложен лёссовидными суглинками. Характерной особенностью формирования берега у хутора Приморского является то, что при НПУ на отдельных участках первоначальная бровка склона долины Дона затапливается водой и пологий, почти горизонтальный склон местности, прилегающий к долине, служит как бы береговой отмелью, на которой гасятся волны, не вызывая его размыва. Размыв берега происходит только на склоне долины Дона. Этот размыв усиливается по мере сработки уровня воды в водохранилище. Особенно интенсивный размыв берега наблюдался в период наполнения водохранилища, когда в результате размыва склона долины образовались отвесные обрывы высотой 3-3.5 м с множеством волноприбойных ниш. Своды ниш затем обваливались, обрушенный материал быстро размокал и уносился течениями. В результате разрушения ниш, а также неравномерного размыва обрыва коренного берега, возникшего в силу неоднородности пород, бровка коренного берега получила извилистое очертание в плане, характерное только для этого участка. Профиль у хутора Приморского ориентирован на север. Береговая линия на участке вытянута с востока на запад и подвержена наибольшему воздействию волн, вызванных ветрами северного направления. Процесс переформирования берега продолжает оставаться интенсивным. На этом участке произошло наибольшее отступание подмываемого берега на уровне НПУ. К 2007 году общее отступание берега у хутора Приморского составило 323.72 метра.

На выбранных профилях силами Управления водными ресурсами Цимлянского водохранилища была закреплена планово-высотная опорная основа (Цимлянское …, 1977). Разбивка и съемка профилей проводилась методом тахеометрической съемки с нивелировкой профилей до горизонта воды и промерами глубин. Каждый профиль закреплен репером, расположенным вне зоны затопления. Отметки реперам переданы или от государственной сети, а при отсутствии поблизости реперов государственной сети – по уровням воды в штилевую погоду. Наблюдения за отступанием бровки берега проводятся в течение всего безледоставного периода. При НПУ измерения

выполнялись после каждого сильного шторма, а по мере сработки уровня воды и обнажения отмели частота измерений сокращалась до одного-двух раз в месяц. Дважды в течение года проводились рекогносцировочные объезды. Первый объезд осуществлялся весной при высоких уровнях, когда происходит размыв коренного берега, второй – перед ледоставом, когда значительная часть отмели обнажается в результате сработки уровня воды. При объездах описывались все явления, происходящие в пределах береговой полосы. Измерялись высоты обрывов коренных берегов, волноприбойные ниши, осыпи.

Наблюдениями были охвачены практически все основные факторы, влияющие на процесс формирования берегов водохранилища. Это наблюдения за уровнями воды, ветром и ледовыми явлениями. Широкая постановка наблюдений за волнением позволила получить сравнительно полное представление о характере и размерах ветрового волнения на водохранилище, особенно в его приплотинной части.

В таблице 1 представлены наиболее вероятные (прогнозные) значения смещения береговой линии описанных выше профилей Цимлянского водохранилища через 12.5, 25, 50, 100 и 200 лет считая с начала его существования (Цимлянское …, 1977). Авторы прогноза отмечают удовлетворительную сходимость прогнозируемых величин береговых деформаций за период 12.5 лет (1952-1965 гг.) с материалами натурных наблюдений. Также отмечается, что несколько худшие результаты характерны для профилей, где в процессе переработки склона наблюдалась смена литологического состава пород, слагающих берег. Например, в 1958 и 1959 годах на склоне берега у хутора Ильмень-Суворовского на отметках 33.0-35.0 метров после смыва суглинков обнажился пласт опоковидного камня, в результате чего существенно замедлился размыв берега в последующие годы.

Таблица 1. Прогноз смещения береговой линии Цимлянского водохранилища (Цимлянское …, 1977).
Table 1. Forecast of the Tsimlyansk reservoir coastline displacement (Tsimlyansk …, 1977).

Название профиля	Смещение береговой линии l_n, м					
	12.5 лет	25 лет	50 лет	100 лет	200 лет	Конечная стадия
Нижний Чир	33.9	58	84	117	149	280
Суворовский	59	87	114	157	180	360
Хорошевская	14	30	53	78	124	742
Приморский	120	185	282	582	872	3165
Веселый	90	170	295	440	555	1802
Ильмень-Суворовский	74	118	160	204	254	505

На профиле у станицы Хорошевской были обнаружены алевролиты с несколько повышенной трещиноватостью, что привело к наиболее ускоренному размыву берега в первый период существования водохранилища.

Результаты и обсуждение

Имеющиеся к настоящему времени материалы позволили количественно оценить соответствие расчетных значений смещения береговой линии Цимлянского водохранилища натурным данным не только за период 12.5 лет (1952-1965 гг.), но и за периоды в 25 лет (1952-1977 гг.) и 50 лет (1952-2002 гг.) с начала существования водохранилища. Результаты сравнения представлены на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что наибольшему смещению подвержен левый берег водохранилища. Общей закономерностью является то, что наибольшие наблюдаемые величины смещения береговой линии водохранилища имеют место на приплотинном участке и уменьшаются по мере удаления от него. Для прогнозируемых величин подобная закономерность отмечается только для профилей левого берега в периоды 12.5 и 25 лет.

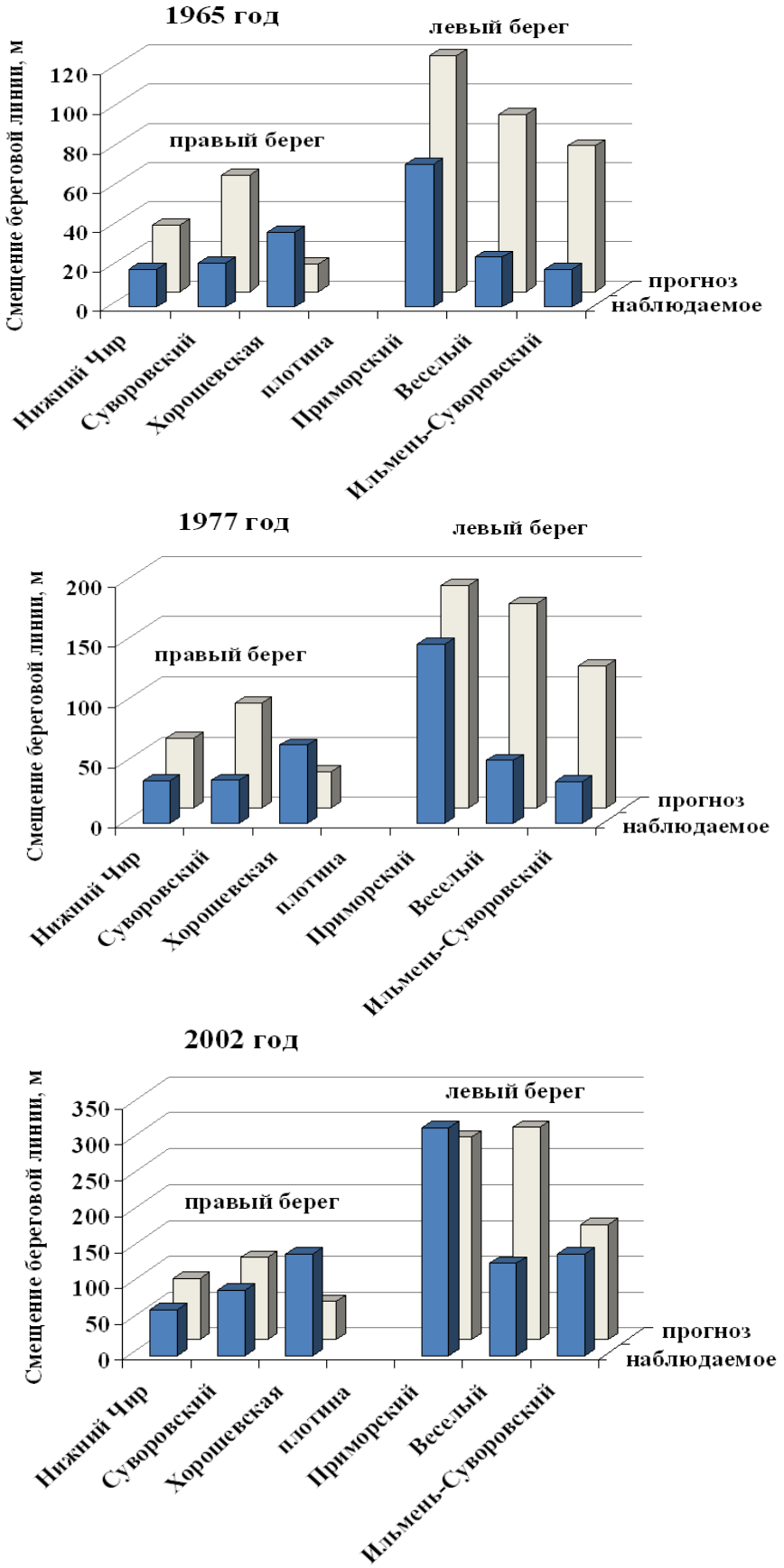


Рис. 2. Прогноз и наблюдаемое смещение береговой линии Цимлянского водохранилища.
Fig. 2. Forecast and observation displacement of the Tsimlyansk reservoir coastline.

Представление о средней скорости наблюдаемого смещения береговой линии Цимлянского водохранилища за различные временные интервалы дает таблица 2. Для правого берега характерно более медленное смещение береговой линии; средняя скорость за период 1952-2002 годы по мере приближения к плотине изменяется от 1.28 м/год (Нижний Чир) до 2.83 м/год (Хорошевская). За тот же период скорости смещения береговой линии левобережья изменяются соответственно от 2.82 м/год (Ильмень-Суворовский) до 6.34 м/год (Приморский). Средние скорости наблюдаемого смещения береговой линии по периодам прогнозирования, представленные в таблице 2, позволяют сделать вывод, что процессы разрушения берегов несколько замедлились в районе поселка Нижний Чир и у станицы Хорошевской. Процессы переработки левого берега водохранилища в районе хуторов Приморского, Веселого и Ильмень-Суворовского заметно активизировались.

Таблица 2. Средняя наблюдаемая скорость смещения береговой линии Цимлянского водохранилища по периодам прогнозирования. **Table 2.** Average observed speed of the Tsimlyansk reservoir coastline displacement for the forecast periods.

Название профиля	Средняя скорость смещения береговой линии, м/год		
	1952-1965 гг.	1952-1972 гг.	1952-2002 гг.
Нижний Чир	1.46	1.42	1.28
Суворовский	1.70	1.44	1.81
Хорошевская	2.92	2.61	2.83
Приморский	5.56	5.96	6.34
Веселый	1.95	2.09	2.58
Ильмень-Суворовский	1.46	1.40	2.82

Количественная оценка погрешностей рассчитанных значений смещения береговой линии Цимлянского водохранилища выполнена по соотношениям

$$\Delta = l_п - l_н \quad (1)$$

$$\delta = \frac{l_п - l_н}{l_н} \quad (2)$$

где Δ и δ – абсолютная (м) и относительная (%) погрешности соответственно, $l_п$ и $l_н$ – смещение береговой линии по расчетам и по материалам наблюдений (м). Результаты оценки погрешности рассчитанных величин смещения береговой линии по временным интервалам 12.5, 25 и 50 лет представлены в таблице 3.

Как правило, рассчитанные величины смещения береговой линии завышены по сравнению с их фактическими значениями для всех профилей и временных интервалов; абсолютная погрешность рассчитанных величин лежит в пределах от 15 до 166 м. Исключение составляет профиль у станицы Хорошевской, где повсеместно отмечаются более низкие значения рассчитанных величин смещения береговой линии по сравнению с данными наблюдений. По мере увеличения временного интервала различия между прогнозируемыми и наблюдаемыми значениями смещения береговой линии у станицы Хорошевской изменяются в пределах от 24 до 89 м. То есть тенденции, отмеченные авторами (Цимлянское …, 1977) для периода 12.5 лет, сохранились на этом профиле для периодов в 25 и 50 лет. Что касается профиля у хутора Приморского, то прогнозируемые значения смещения береговой линии для периодов 12.5 и 25 лет превышают наблюдаемые на 48 и 36 м соответственно; наблюдаемое смещение береговой линии у хутора Приморского за период в 50 лет превышает прогнозируемые значения на 35 м.

Относительная погрешность рассчитанных величин имеет общую тенденцию уменьшения по мере увеличения расчетного интервала. Например, для профиля у хутора Суворовского характерно уменьшение относительной погрешности со 167% для временного интервала 12.5 лет до 26% для периода в 50 лет. Наибольшие относительные погрешности отмечены на профилях у хуторов

Веселого и Ильмень-Суворовского, которые для периода в 12.5 лет составили 256 и 289% соответственно. Для временного интервала в 50 лет относительная погрешность для профиля у хутора Ильмень-Суворовского снизилась до 13%, оставаясь довольно высокой (129%) для профиля у хутора Веселого. Для профиля у станицы Хорошевской относительная погрешность расчета смещения береговой линии практически не зависит от продолжительности расчетного периода и составляет в среднем около 60%.

Таблица 3. Погрешности прогноза смещения береговой линии Цимлянского водохранилища (Δ – абсолютная, δ – относительная). **Table 3.** Forecast errors of the Tsimlyansk reservoir coastline displacement (Δ – absolute, δ – relative).

Название профиля	Погрешность					
	1965 г.		1972 г.		2002 г.	
	Δ, м	δ, %	Δ, м	δ, %	Δ, м	δ, %
Нижний Чир	15	78	23	63	20	32
Суворовский	37	167	51	142	24	26
Хорошевская	–24	–63	–35	-54	–89	–63
Приморский	48	66	36	24	–35	–11
Веселый	65	256	118	226	166	129
Ильмень-Суворовский	55	289	83	237	19	13

Заключение

Приведенные результаты оценки погрешностей (табл. 3) показывают удовлетворительную сходимость расчетных величин береговых деформаций Цимлянского водохранилища с материалами натурных наблюдений. Это при том, что расчетная схема прогнозирования береговых переформирований не относится к категории точных, так как оперирует такими понятиями как неустойчивые характеристики гидрологического и климатического режима (Кондратьев, 1960). В прогнозах береговых переформирований только весьма грубые просчеты могут привести к катастрофическим последствиям. Из представленных материалов видно, что, в основном, рассчитанные значения смещения береговой линии даны с определенным запасом. В тех же случаях, когда в природе процессы переформирования берегов протекают более интенсивно (по сравнению с расчетами), как это имеет место на профилях у станицы Хорошевской и хутора Приморского, неточности расчетов могут быть своевременно обнаружены, так как процесс переформирования берегов развивается в течение многих десятилетий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кокоулин П.П., Кокоулина Л.В. 1958. Некоторые материалы наблюдений за формированием берегов Цимлянского водохранилища // Сборник работ Цимлянской гидрометеорологической обсерватории. Л.: Гидрометеоиздат. С. 13-34.

Кондратьев Н.Е. 1960. Расчеты береговых переформирований на водохранилищах. Л.: Гидрометеоиздат. 64 с.

Назаров Н.Н. 2011. Устойчивое функционирование водохранилищ // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Т. 1: Гидро- и геодинамические процессы. Труды Международной научно-практической конференции. Пермь: Пермский государственный университет. С. 113-117.

Панов Д.Г. 1956. Формы разрушения берегов Цимлянского водохранилища // Природа. № 8. С. 94-96.

Стародубцев В.М. 2012. Влияние Бугуньского водохранилища на побережье за 50 лет // Аридные экосистемы. Т. 18. № 2 (51). С. 91-97.

Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища. 1977. Л.: Гидрометеоиздат. 204 с.

FORECAST AND OBSERVATION DISPLACEMENT OF THE TSIMLYANSK RESERVOIR COASTLINE

© 2013. N.A. Shumova

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

Comparison of the calculated values of the Tsimlyansk reservoir coastline displacement with materials of natural observations for time intervals of 12.5, 25 and 50 years since the beginning of reservoir existence is executed. Results of an assessment of coastline displacement speed for the same time intervals are given.
Keywords: Tsimlyansk reservoir, coastline displacement, natural observations, forecast.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 51-57

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 574.589 (*285.2*) (*47*)

ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ ЛИТОРАЛЬНОГО ЭКОТОНА СРЕДНЕГО КАСПИЯ (В ПРЕДЕЛАХ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ)[1]

© 2013 г. А.Н. Краснова*, А.И. Кузьмичев*, М.И. Джалалова**

**Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН)*
Россия, 15274 Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок. E-mail: krasa@ibiw.yaroslavl.ru
***Прикаспийский Институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН*
Россия, 367025 г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 45. E-mail: d.marina.66@mail.ru

Поступила 5.12.2011

Выделены 3 блока литорального экотона Среднего Каспия (в пределах Терско-Кумской низменности) – аквальный, амфибиальный, флуктуационный. Приведены списки видов растений для каждого из них. Блоки дифференцированы в пространстве и представляют целостные образования – составляют в настоящее время единую экотонную систему. Это подчеркивается видовым насыщением на уровне современной таксономической структуры и предшествующих парагенетических связей. Подробно рассмотрен аквальный блок. Проведено сопоставление с флорой экотона побережий Северного Причерноморья и Приазовья.

Ключевые слова: Средний Каспий, Северное Причерноморье, Северное Приазовье, литораль, экотон, блок, аквальный, амфибиальный, флуктуационный, гидрофит.

Видовой состав и динамические процессы в сообществах гидрофильной растительности литорали Среднего Каспия в пределах Терско-Кумской низменности, были охарактеризованы в работах (Джалалова, Кузьмичев, 2011; Сулейманова, 2001, 2002), где была дана характеристика выявленных формаций – Salvinieta natanti, Potamogetoneta natanti, Nymphoideta peltatae, Trapeta natanti, Potamogetoneta pectinati, Myriophylleta spicati et verticillati, Ceratophylleta demersi, Phragmiteta australis, Scirpeta lacustri, Typheta angustifoliae, Typheta laxmannii, Bolboschoeneta maritimi, Butometa umibellati, Alismateta plantago-aquaticae. Это позволило внимательнее рассмотреть современную гидрофильную флору литорали на участке территории Каспия и сравнить с флорой аналогичных территорий Северного Приазовья и Северного Причерноморья (в прошлом объединяющего их Понто-Каспийского бассейна). Они имели общие историко-генетические связи с мелового периода (Андрусов, 1901; Бейдеман, 1956; Гюль, 1973; Рычагов, 1993; Свиточ, Кулешова, 1994). Однако уже с олигоцена (третичного периода) и к раннему плейстоцену эти связи постепенно ослабевают и совсем прекращаются с закрытием Манычского пролива. Изоляция Каспия проходила в жестких условиях ксерофитизации и появлении географических барьеров с западными и восточными морями.

На автохтонное развитие гидрофильной флоры литорали российской территории Каспия указывали многие исследователи. Здесь уместно дать ссылки. Однако автохтонных видов среди современных гидрофитов мало. Причин или факторов такого состояния гидрофильной флоры несколько: изоляция (замкнутость), многовековой нестабильный уровень вод (трансгрессии и регрессии) и антропогенный пресс (Сафронова, 1999; Свиточ, Кулешова, 1994). Последний наносил и наносит наиболее ощутимый урон гидрофитам литорали, поскольку чередование трансгрессий и регрессий растянуто во времени. В периоды регрессий литораль чрезмерно «эксплуатируется» (Львов, 1977). Хозяйственная деятельность на освободившейся из-под вод литорали негативно сказывается на сохранности природного семенного «банка» гидрофитов. Годовые и сезонные колебания уровня вод Каспия только усугубляли этот процесс. На уязвимость, и всё возрастающую деградацию гидрофитобиоты литорали указывала М.И. Джалалова (Сулейманова, 2001, 2009). Однако для выяснения исчезновения тех или иных видов гидрофитов в районе исследований

[1] Работа выполнена при поддержке РФФИ, региональный проект № 12-05-96500 «Структура экотонных систем Соверо-Западного Прикаспия».

необходимо было найти новый подход, т.е. определиться с новой парадигмой, которая бы расширила и углубила представления о взаимодействиях экологических факторов в природных и трансформированных экосистемах этого уникального бассейна. Такой парадигмой, у которой был бы акцент на установление причинно-следственных связей, включая и генезис экосистем разных уровней, и пространственного распределения в контактных зонах. Этому соответствовали работы В.С. Залетаева (1997, 1989), научные достижения в изучении экотонных систем «вода-суша» (Новикова, 2006). Разделяя современные взгляды об ускоренном развитии природно-антропогенной трансформации биосферы и о продуктивности нового междисциплинарного комплексного подхода, связанного с изучением экотонов, авторы литораль Среднего Каспия (в пределах Терско-Кумской низменности) рассматривают как экотон.

Цель работы – дать характеристику аквального блока литорального экотона, выявить связи с едиными в прошлом бассейнами Северным Причерноморьем и Северным Приазовьем.

Материалы и методы

Исследованный район – литораль Среднего Каспия в пределах Терско-Кумской низменности расположена в северной части территории Республики Дагестан. Материалом послужили исследования, проводимые с небольшими перерывами в 1991-1999 гг. М.И. Джалаловой и А.И. Кузьмичевым (2011) в прибрежьях Терско-Кумской низменности.

Авторы использовали схему дифференциации экотонных систем «вода-суша» на блоки из работ В.С. Залетаева (1997, 1989).

Базовыми работами при сравнении с сопредельными территориями Северного Причерноморья и Северного Приазовья (в прошлом Понто-Каспийского бассейна) были исследования А.Н. Красновой (1973, 1974), А.И. Кузьмичева, А.Н. Красновой (1974).

Полученные результаты

При исследовании литорального экотона Среднего Каспия в пределах Терско-Кумской низменности были выделены согласно схеме В.С. Залетаева (Залетаев, 1997) три блока – аквальный, амфибиальный, флуктуационный. Таксономический состав растительности выявил особенности каждого блока:

Аквальный блок – часть поверхности моря, прилегающая к берегу, глубиной от 0.5 до 3-3.5 м, характеризуется песчаными и песчано–заилеными грунтами с преобладанием гидрофильных растений. Всего в блоке учтено 46 растений-гидрофитов. Характерные виды: *Salvinia natans* (L.) All., *Marsilia quadrifolia* L., *Nymphoides peltata* (S. G.Gmel.) O. Kuntze, *Nelumbo caspica* (DC.) Fisch., *Ruppia maritima* L., *Caulinia graminea* (Delile) Tzvel., *C. minor* (All.) Coss. & Germ., *Najas major* All., *N. marina* L., *Lemna trisulca* L., *L. minor* L., *L. gibba* L., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid., *Potamogeton pectinatus* L, *P. crispus* L., *P. gramineus* L., *P. lucens* L., *P. natans* L., *P. perfoliatus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *M. verticillatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *C. submersum* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Nymphaea alba* L., *N. candida* J. Presl, *Trapa astrachanica* (Fler.) N. Wint., *T. caspica* V. Vassil., *Zannichellia palustris* L. и другие.

Амфибиальный блок – мелководье 0.5 м и дальше до уреза характеризуется засоленными лугово-болотными грунтами с преобладанием галогигрофильных растений. Всего в блоке ≤30 видов. Характерные виды – *Alisma gramineum* Lej., *A. lanceolatum* Wint., *A. plantago-aquatica* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *S. trifolia* L., *Scirpus tabernaemontani* C.C. Gmel., *S. lacustris* L., *Butomus umbellatus* L., *Sparganium erectum* L., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *B. planiculmis* (Fr. Schidt) Egor., *B. popovii* Egor., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Puccinellia gigantea* (Grossh.) Grossh., *Typha angustifolia* L., *T. caspica* Pobed., *T. domingensis* Presl, *T. grossheimii* Pobed., *T. laxmanii* Lepech., *T. australis* Schum. & Thonn, *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. и другие.

Флуктуационный блок – зона сезонного заливания, располагается выше уреза в меженный период и характеризуется светлокаштановыми слабосолонцеватыми супесчаными с включением мелкой разбитой ракушкой и лугово-болотными растениями. Всего в блоке ≤50 видов. Характерные виды: *Poa palustris* L., *Agrostis stolonifera* L., *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobrocz., *Inula britannica* L., *Filago arvensis* L., *Polygonum pseudoarenarium* Klok., *P. pulchellum* Loisel., *P. propinquum* Ledeb.,

Rumex maritimus L., *Limonium meyeri* (Boiss.) Kuntze., *L. gmelinii* (Willd.) O.Kunze, *L. capsicum* (Willd.) Gams, *L. suffruticosum* (L.) O. Kunze, *L. scoparium* (Pall. & Willd.) Stank., *Juncus gerardii* Loisel., *Bolboschoenus maritimus*, *Kochia desiflora* (Moq.) Aell., *K. prostrata* (L.) Schrad., *Petrosimonia brachiata* (Pall.) Bunge, *P. oppositifolia*, *Suaeda acuminata* (C.A. Mey.) Moq., *S. altissima* (L.) Pall., *S. salsa* (L.) Pall., *Frankenia hirsuta* L., *F. pulverulenta* L., *Halimione verrucifera* (Bieb.) Aell., *H. pedunculata* (L.) Aell. и другие.

В данной статье более подробно рассмотрен таксономический состав гидрофитов аквального блока литорального экотона Среднего Каспия (в пределах Терско-Кумской низменности) и проведено сравнение с гидрофитами Северного Причерноморья и Северного Приазовья (в прошлом Понто-Каспийского бассейна; табл. 1)

Как видно из таблицы 1, большинство видов этого блока – пресноводные гидрофиты. Солоноватоводных немного. Соленость вод в исследуемом районе, как и в каспийской воде невелика. Поэтому авторы не делили гидрофиты на пресноводные и солоноватоводные. Все виды обитают в солоноватоводных водоёмах обоих полушарий Земли. Анцестральные формы многих видов были связаны с внутриконтинентальными водоемами, характеризовавшимися повышенной концентрацией солей. Последующая экологическая эволюция привела к отбору форм, приспособленных к условиям солености прибрежных участков морей Понто-Капийского (в геолого-историческом прошлом) бассейна. В средине плиоцена этот бассейн в связи тектоническими планетарными движениями распадается на Черное, Азовское и Каспийское моря. В акчагыле (2-3 млн. лет тому назад) произошло отделение Каспийского моря в связи с закрытием Манычского пролива. Каспийское море превратилось в величайшее по площади бессточное озеро, находящееся в глубокой впадине тектонического происхождения. Однако подтверждение о связи с некогда родственными бассейнами имеется. По нашим подсчетам общими видами – гидрофитами (в узком понимании) для Среднего Каспия, Северного Приазовья и Северного Причерноморья являются 77 видов, из них 28 видов отсутствуют в Среднем Каспии и 2 – *Nelumbo caspica*, *Trapa caspica* отсутствуют в прибрежьях западных морей.

Сравнениие с Северным Приазовьем и Северным Причерноморьем, выявило значительное совпадение только на уровне семейств и родов (Голуб и др., 2002; Зернов, 2002; Дубына, Шеляг-Сосонко, 1981, 1989, 1996; Кузьмичев, 1992). Отсутствие в аквальном блоке Среднего Каспия видов *Batrachium circinatum*, *B. fluitans*, *Pilularia globulifera*, *Azolla carolinia*, *A. filiculoides*, *Stratiotes abides*, *Ruppia cirrhosa*, *Zannichellia major*, *Z. repens*, *Z. pedunculata* и других, по-видимому, объясняется разным современным статусом сравниваемых водоёмов. Возможны и другие объяснения – постепенное выпадение видов в результате замкнутости, хозяйственной деятельности, когда освободившиеся после спада вод территории усиленно используются. Изоляция от западно-средиземноморских бассейнов, многовековые трансгрессии и регрессии, антропогенный пресс способствовали исчезновению многих видов в исследуемом районе побережья Каспийского моря.

Общий ареалогический спектр аквального блока (табл. 2) выявил большое число (13) плюрегиональных видов. На флористические связи с Древним Средиземноморьем указывают общие виды с разными ареалами: голарктико-древнесредиземноморский (12 видов), евразийско-древнесредиземноморский (11), европейско-древнесредиземноморский (6), голарктико-палеотропический (6 видов). Причерноморских видов 11. В основном это виды рода Trapa. Европейско-Средиземноморских 7 видов, евразиатских – 5, каспийских – 3 вида и по одному виду со среднеевропейским, причерноморско-прикаспийским, евросибирским ареалами.

Ареалогический анализ выявил как общие связи с Северным Приазовьем, Северным Причерноморьем, так и региональные особенности аквального блока литорального экотона Среднего Каспия. Исследуемая территория интересна в том плане, что это южная часть Терско-Кумской низменности, которая соседствует с Ногайской степью (Сафонова, 1999). Территория служила во все времена своеобразным «коридором» миграций восточных и западных элементов фитобиоты, вслед за передвижением народов и этносов. Поэтому здесь высокое количество плюрегиональных (13) и древнесредиземноморских (12) видов.

Анализ подтвердил, что гидрофитов Понто-Каспийского бассейна, составляющих каспийский элемент всего три – *Trapa astrachanica*, *T. caspica*, *Nelumbo caspica*. В настоящее время они – реликты данного региона, что позволяет оценить это явление сокращения общих видов как тенденцию к

деградации гидрофитов в Среднем Каспии, как следствие возрастающих антропогенных нагрузок на литораль.

Таблица 1.Таксономический состав гидрофитов Среднего Каспия (в пределах Терско-Кумской низменности), Северного Причерноморья и Северного Приазовья. **Table 1.** The hydrophytes taxonomic structure within litoral ecoton at Caspian sea shore(within the limits of lowland Tersko-Kumskoj), Northern Black sea Coast and Northern Priazovye.

№ п/п	Таксоны	СК*	СП**	№ п/п	Таксоны	СК*	СП**
1.	*Marsilea quadrifolia*	+	+	40.	*Wolffia arrhiza*	–	+
2.	*Marsilea aegyptica*	+	+	41.	*Nymphaea alba*	+	+
3.	*Marsilea strigosa*	+	+	42.	*Nymphaea candida*	+	
4.	*Pilularia globulifera*	–	+	43.	*Nuphar lutea*	+	+
5.	*Azolla carolinia*	–	+	44.	*Persicaria amphibia*	+	+
6.	*Azolla filiculoides*	–	+	45.	*Caulinia graminea*	+	+
7.	*Salvinia natans*	+	+	46.	*Caulinia minor*	+	+
8.	*Elodea canadensis*	+	+	47.	*Najas major*	+	+
9.	*Hydrocharis momsus-ranae*	+	+	48.	*Najas marina*	+	+
10.	*Stratiotes abides*	–	+	49.	*Potamogeton acutifolius*	+	+
11.	*Vallisneria spiralis*	+	+	50.	*Potamogeton berchtoldii*	+	+
12.	*Aldrovanda vesiculosa*	+	+	51.	*Potamogeton crispus*	+	+
13.	*Trapa borysthenica*	–	+	52.	*Potamogeton compressus*	+	+
14.	*Trapa danubialis*	–	+	53.	*Potamogeton gramineus*	+	+
15.	*Trapa flerovii*	–	+	54.	*Potamogeton friesii*	+	+
16.	*Trapa macrorhyza*	–	+	55.	*Potamogeton lucens*	+	+
17.	*Trapa maeotica*	–	+	56.	*Potamogeton natans*	+	+
18.	*Trapa maleevii*	–	+	57.	*Potamogeton nodosus*	+	+
19.	*Trapa pseadocolchica*	–	+	58.	*Potamogeton obtusifolius*	+	+
20.	*Trapa astrachanica*	+	+	59.	*Potamogeton pectinatus*	+	+
21.	*Trapa rossica*	–	+	60.	*Potamogeton perfoliatus*	+	+
22.	*Trapa ucrainica*	–	+	61.	*Potamogeton praelongus*	–	+
23.	*Trapa caspica*	+	–	62.	*Potamogeton pusillus*	+	+
24.	*Ceratophyllum demersum*	+	+	63.	*Potamogeton trichoides*	+	+
25.	*Ceratophyllum tanaiticum*	+	+	64.	*Potamogeton sarmaticus*	–	+
26.	*Ceratophyllum submersum*	+	+	65.	*Batrachium aquatile*	–	+
27.	*Ceratophyllum pentacanthum*	+	+	66.	*Batrachium circinatum*	–	+
28.	*Nelumbo caspica*	+	–	67.	*Batrachium fluitans*	–	+
29.	*Nelumbo komarovii*	–	+	68.	*Batrachium rionii*	+	+
30.	*Myriophyllum spicatum*	+	+	69.	*Batrachium trichophyllum*	+	+
31.	*Myriophyllum vertissilatum*	+	+	70.	*Ruppia cirrhosa*	–	+
32.	*Nymphoides peltata*	+	+	71.	*Ruppia maritima*	+	+
33.	*Hippuris vulgaris*	+	+	72.	*Zannichellia major*	–	+
34.	*Hippuris tetraphylla*	–	+	73.	*Zannichellia palustris*	+	+
35.	*Lemna gibba*	+	+	74.	*Zannichellia repens*	–	+
36.	*Lemna minor*	+	+	75.	*Zannichellia pedunculata*	–	+
37.	*Lemna minuta*	–	+	76.	*Zostera marina*	–	+
38.	*Lemna trisulca*	+	+	77.	*Zostera noltii*	–	+
39.	*Spirodela polyrhiza*	+	+				

Примечание к таблице 1: СК* – Средний Каспий (в пределах Терско-Кумской низменности); СП** – Северное Причерноморье и Северное Приазовье. Note to table 1: СК* – Middle Caspian Sea (within Terek-Kuma lowland); СП** – Northern Black Sea coast and Northern Azov.

Таблица 2. Типы ареалов гидрофитов аквального блока Среднего Каспия (в пределах Терско-Кумской низменности), Северного Причерноморья и Северного Приазовья. **Table 2.** Types of the hydrophytes areal of the Middle Caspian, the North Black sea Coast and the North Azov sea Coast.

Тип ареала	Таксоны	Число
Плюрирегиональный	*Myriophyllum verticillatum*, *Vallisneria spiralis*, *Lemna gibba*, *L. trisulca*, *Spirodela polyrrhiza*, *Najas marina*, *Potamogeton natans*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*, *P. berchtoldii*, *Elodea canadensis*, *Batrachium trichophyllum*, *Ruppia maritima*	13
Голарктико-древнесредиземноморский	*Salvinia natans*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Hippuris tetraphylla*, *Potamogeton compressus*, *P. gramineus*, *P. nodosus*, *P. obtusifolius*, *P. praelongus*, *P. pusillus*, *Zostera marina*, *Persicaria amphibia*	12
Евразиатско-древнесредиземноморский	*Ceratophyllum submersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nymphoides peltata*, *Caulinia minor*, *C. graminea*, *Potamogeton friesii*, *P. lucens*, *Ruppia cirrhosa*, *Zannichellia repens*, *Z. pedunculata*, *Wolffia arrhiza*	11
Причерноморский	*Ceratophyllum tanaiticum*, *Trapa danubialis*, *T. flerovii*, *T. macrorhyza*, *T. maeotica*, *T. pseudocolchica*, *T. ucrainica*, *T. rossica*, *T. maleevi*, *T. borysthenica*, *Nelumbo komarovii*	11
Европейско-средиземноморский	*Zostera noltii*, *Potamogeton trichoides*, *Lemna minuta*, *Batrachium fluitans*, *Azolla carolinia*, *A. filiculoides*, *Pilularia globulifera*	7
Голарктико-палеотропический	*Marsilea quadrifolia*, *Najas major*, *Potamogeton crispus*, *Aldrovanda vesiculosa*, *Zannichellia palustris*, *Lemna minor*	6
Европейско-древнесредиземноморский	*Stratiotes aloides*, *Nuphar lutea*, *Zannichellia major*, *Batrachium rionii*, *Marsilea aegyptica*, *M. strigosa*	6
Евразиатский	*Nymphaea candida*, *Batrachium circinatum*, *Ceratophyllum pentacanthum*, *Hippuris vulgaris*, *Nymphaea alba*	5
Каспийский	*Trapa astrachanica*, *T. caspica*, *Nelumbo caspica*	3
Среднеевропейский	*Potamogeton acutifolius*	1
Причерноморско-прикаспийский	*Potamogeton sarmaticus*	1
Евросибирский	*Batrachium aquatile*	1
Всего		77

Обсуждения результатов

Периодически затопляемая и осушаемая литоральная зона (Алиев и др., 1997; Залибеков, 2000; Можарова, Федоров, 1984) Среднего Каспия в пределах Терско-Кумской низменности рассматривается как литоральный экотон, в котором авторы выделили три блока. Авторы использовали термины и схему В.С. Залетаева (1997) близкую по смыслу первоначальному звучанию термина «экотон», предложенному Ф.Е. Клементсом (Clements, Schelford, 1905; Walter, Box, 1976). В блоках литорального экотона, авторы статьи оттенили динамическую сторону, присущую водной среде как абиотическому фактору. Исходя из того, что Каспийское море-озеро является эталоном многовековой естественной динамичной озерной экосистемы, а эцезис и расселение гидрофитов формирующих их зависят от глубины и характера грунта, дифференциация экотона на блоки, выявила особенности каждого. Нестабильность уровня вод влияет, прежде всего, на гидрофильную растительность. Из характеристик блоков видно, что по видовому составу они не перекрываются, т.е. индивидуальны. Проведенный анализ эколого-географических особенностей флоры аквального

блока, выявил не только высокую степень различия современной гидрофильной флоры в связи с исчезновением некоторых семейств и видов в исследуемом районе в сравнении с водоемами, в геологическом прошлом представлявшими единое целое. Наконец, авторов интересовали процессы видообразования, поскольку современная литораль унаследовала территорию более древнюю, чем сравниваемые водоёмы. Процессы изоляции Каспия наметились на границе между палеогеном и неогеном в связи с редукцией океана Тетис. В эти периоды гидрофиты отличались бóльшим систематическим разнообразием (роды *Azolla* Lam., *Salvinia* Seguier, *Trapa* L., *Stratiotes* L. и др.), чем ныне живущие, на что указывают палеоботанические данные (Бейдеман, 1956; Можарова, Федоров, 1984). В олигоцене прерывается связь Каспия с восточными морями (Тургайским и Туранским), а с «закрытием» Манычского пролива окончательно прерываются связи и с западными бассейнами, т.е., на каспийских литоралях с акчагыла (верхний плиоцен) эцезис и расселение гидрофитов неоднократно прерывалось из-за нестабильности Каспия. Однако на затухании видообразовательных процессов в автохтонном семействе Trapaceae сказался не только абиотический фактор, но и антропогенный. Следует заметить, что под действием последнего во второй половине XX-го века произошли крупные экологические кризисы Сахельский и Аральский, локализированные в экотонных регионах Африки и Азии. В историко-геологическом прошлом эти территории были «покрыты» водами океана Тетис. Каспийское море-озеро также находится в бывшем бассейне Тетиса. Литораль Каспия обладает повышенной ранимостью вследствие сильнейшей антропогенной нагрузки.

Анализ аквального блока литорального экотона Среднего Каспия в пределах Терско-Кумской низменности республики Дагестан является моделью в изучении гидрофильной флоры всего уникального бассейна.

Выводы

Временем формирования современной гидрофитобиоты литорального экотона Среднего Каспия (в пределах Терско-Кумской низменности) следует считать верхнеплиоценовую эпоху, связанную с периодом неразрывной связи Каспия в прошлом с морями Понто-Каспийского бассейна.

Рассмотрение структуры литорального экотона позволило выделить три блока – аквальный, амфибиальный, флуктуационный, и выявить для каждого характерные виды.

Автохтонных видов сосудистых растений в аквальном блоке сохранилось три: *Nelumbo caspica* (DC.) Fisch. – исчезающий вид, занесен в Красную книгу России, *Trapa astrachanica* (Fler.) N. Wint., *Trapa caspica* V. Vassil. стали редкими (Джалалова, Кузьмичев, 2011). Эти виды – реликты третичной флоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алиев Н.К., Абдурахманов Г.М., Мунгиев А.А., Гаджиев А.А. 1997. Экологические проблемы бассейна Каспия. Махачкала: «Дагпресс». 160 с.

Андрусов Н.И. 1901. О древних береговых линиях Каспийского моря // Ежегодник по геологии и минералогии России (1900-1901). Т. 4. Вып. 1-2. С. 3-10.

Бейдеман И.Н. 1956. Наблюдения над изменением растительности берегов и заселения морского дна при отступании Каспийского моря // Труды Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 11. С. 165-184.

Голуб В.Б., Лактионов А.П., Барминг А.Н., Пилипенко В.Н. 2002. Конспект флоры сосудистых растений долины Нижней Волги. Тольятти: Российская академия наук, институт экологии Волжского бассейна. Астрахань: Астраханский ГПУ. 50 с.

Гюль К.К. 1973. Вековые колебания уровня Каспийского моря // Труды Института географии АН АзССР. Т. 17. С. 112-120.

Джалалова М.И. 2009. Формирование прибрежного растительного экотона в условиях нестабильного уровня Каспийского моря // Аридные экосистемы. Т. 15. № 4. С. 70-75.

Джалалова М.И., Кузьмичев А.И. 2011. Структура гидрофильной растительности литорали Среднего Каспия // Биология внутренних вод. № 1. С. 40-44.

Дубына Д.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. 1981. Распространение и запасы видов рода *Azolla* Lam. в УССР // Растительные ресурсы. Л. Т. 17. Вып. 4. С. 515-522.

Дубына Д.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. 1989. Плавни Причерноморья. Киев: Наукова думка. 272 с.

Дубына Д.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. 1996. Тенденции антропогенных изменений плавнево-литоральных фитосистем р. Молочной // Украинский ботанический журнал Т. 53. № 1-2. С. 31-37.

Залетаев В.С. 1997. Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере / Под ред. В.С. Залетаева. М.: РАСХН. С. 11-30.

Залетаев В.С. 1989. Экологически дестабилизированная среда. М.: Наука. 189 с.

Залибеков З.Г. 2000. Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров // Затопление береговой полосы Каспийского моря и формирование морской «пустыни». М.: ДНЦ РАН. С. 66-89.

Зернов А.С. 2002. Определитель сосудистых растений севера Российского Причерноморья. М.: Товарищество научных изданий КМК. 283 с.

Краснова А.Н. 1973. Экологический и ареалогический анализ флоры Северного Приазовья // Украинский ботанический журнал. Т. 30. № 5. С. 578-583.

Краснова А.Н. 1974. Причерноморский эндемизм во флоре Северного Приазовья. Ч. 1. // Украинский. Ботанический журнал. Киев: Наукова думка. Т. 31. № 1. С. 472-476.

Краснова А.Н. 1974. Причерноморский эндемизм во флоре Северного Приазовья. Ч. 2. // Украинский ботанический журнал. Киев: Наукова думка. Т. 31. № 6. С. 695-701.

Кузьмичев А.И. 1992. Гигрофильная флора Юго-запада Русской равнины и ее генезис. СПб.: Гидрометеоиздат. 215 с.

Кузьмичев А.И., Краснова А.Н. 1974. Растительность и некоторые флористические особенности Бердянской косы // Украинский ботанический журн. Т. 31. № 3. С. 304-310.

Львов П.Л. 1977. Охрана природы в Дагестане. Махачкала. Махачкала: ДГУ. 86 с.

Можарова Н.В., Федоров К.Н. 1984. Эволюция структур почвенного покрова аккумулятивно-морских равнин Терско-Кумской низменности // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. № 3. С. 20-28.

Новикова Н.М. 2006. Достижения и задачи в изучении экотонных систем "вода-суша"// Аридные экосистемы. Т. 12. № 30-31. С. 12–19.

Рычагов Г.И. 1993. Уровенный режим Каспийского моря за последние 1000 лет // Вестник МГУ. Серия география. Вып. 2. С. 38-49.

Сафронова И.Н. 1999. Об общих закономерностях распространения растительного покрова на Прикаспийской низменности и влиянии антропогенного фактора // Биологические проблемы и перспективы их изучения в регионах Каспийского моря. Махачкала: ДНЦ РАН. С. 45-49.

Свиточ А.А., Кулешова Л.В. 1994. Геоэкологическая зональность на участках затопления Российского побережья Каспийского моря // Доклады Академии наук. Т. 39. № 1. С. 77-79.

Сулейманова М.И. 2001. Структура и динамика растительного покрова прибрежных ландшафтов Терско-Кумской низменности в условиях нестабильного уровня Каспийского моря. Автореф. дисс… канд. биол. наук. Махачкала. 25 с.

Сулейманова М.И. 2002. Динамика растительности приморской полосы Терско-Кумской низменности при различных циклах затопления // Аридные экосистемы. Т. 8. № 17. С. 25-30.

Clements F.E., Schelford V.E. 1939. Bio-ecology. Copyright. New York: J. Wiley & Sons. London: Chapman & Hall. 425 p.

Walter H., Box E. 1976. Global classification on natural terrestrial ecosystems // Vegetation. № 2. P. 1105-1106.

FEATURES LITTORAL ECOTONE OF THE MIDDLE CASPIAN SEA (WITHIN TEREK-KUMA LOWLAND)

© 2013. A.N. Krasnova*, A.I. Kuzmichev*, M.I. Dzhalalova**

**I.D. Papanin Institute for biology of inland waters Russian Academy of Sciences*
Russia, 152742 Borok. E-mail: krasa@ibiw.yaroslavl.ru
***Caspian Institute of Biological Resources of Dagestan Scientific Centre of Russian Academy of Sciences*
Russia, 367025 Makhachkala, Gadjieva str., 45. E-mail: d.marina.66@mail.ru

Three blocks of Caspian littoral ecotone within the limits of Terek-Kuma lowland – aquatic, amphibial, fluctuational – are allocated and characterized. Blocks differentiate in space and in time and represent complete formation. It is emphasized by specific saturation at a level of modern structure and previous area genetic connections. The aquatic block is considered in details.

Keywords: The Middle Caspian sea, the North Black sea Coast, the North Azov sea region, littoral, ecotone, the block, aquatic, amphibialic, fluctuatic, hydrophyte.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 58-68

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 633.2.03

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ДЕЛЬТЕ ВОЛГИ[1]

© 2013 г. В.Б. Голуб*, К.А. Старичкова*, А.Н. Бармин, М.М. Иолин**, А.Н. Сорокин*, Л.Ф. Николайчук***

**Институт экологии Волжского бассейна РАН*
Россия, 445003 г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10. E-mail: vbgolub2000@mail.ru
***Астраханский государственный университет*
Россия, 414000 г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Поступила 08.01.2013

На основании повторных наблюдений (1979-1981, 2011 гг.) на трансектах, заложенных в средней части дельты р. Волги (Астраханская область), оценена динамика растительности. В 2011 г. отмечены изменения растительного покрова, индицирующие новые особенности хозяйственного использования кормовых угодий, увеличение увлажненности и снижение засоления почвы.

Ключевые слова: дельта р. Волги, регулирование водного стока, рассоление почвы, кормовые угодья.

В результате гидростроительства к началу 70-х годов прошлого века в бассейне р. Волги сохранился лишь один крупный регион с естественной пойменной растительностью. Это Волго-Ахтубинская пойма и дельта р. Волги. Существование здесь в зоне пустыни азональных луговых, болотных и лесных фитоценозов обусловлено регулярными специальными попусками воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла. Двумя другими важнейшими факторами, определяющими характер растительного покрова долины Нижней Волги, являются хозяйственное использование надземной массы травостоя.

Интерес представляет периодическая оценка изменений растительности долины Нижней Волги под воздействием антропогенных и природных факторов. Ранее в северной части Волго-Ахтубинской поймы были выявлены процессы ксерофитизации и насыщение его однолетними рудеральными видами (Старичкова и др., 2009, Голуб и др., 2011 б, в; Иолин и др., 2011). В южной части поймы такие изменения оказались менее выражены (Голуб и др., 2011 а).

В данной статье приводятся результаты анализа динамики растительности в средней части дельты р. Волги. Внимание сосредоточено на рассмотрении изменений состава растительных группировок, так как оценка динамики флоры была сделана ранее (Старичкова и др., 2012).

Материал и методика

В 1979 г. в восточной части дельты р. Волги (рис. 1) на нескольких трансектах была заложена серия пробных геоботанических площадок. С точки зрения геоморфологического районирования – это средняя зона надводной области дельты (Белевич, 1963). Пробные площадки размером 2х2 м были расположены на расстоянии 15 м друг от друга только на экотопах, подверженных влиянию половодий: они либо затапливались, либо подтапливались во время его наступления. На вершинах и высоких участках склонов бэровских бугров, не подверженных воздействию половодий, пробные площадки не закладывали. Положение всех площадок и линии трансект были нанесены на топографическую карту масштаба 1:2000. Кроме того, на концах трансект, для того, чтобы их легче было найти, в 1979 г. были вкопаны металлические трубы.

Геоботанические описания площадок проводили в 1979, 1980, 1981 и 2011 гг. Во все годы описания осуществляли в августе. Полностью сопоставить описания в 2011 г. за все годы учетов оказалось возможным на 486 пробных площадках. Разумеется, абсолютно точно пробные площадки в

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 12-04-32202, 11-04-00015).

разные годы не совпадали по своему положению. Но для статистических оценок, которые мы проводим ниже, это не имеет значения.

Названия сосудистых растений мы даем по их списку в электронной базе “Flora Europaea”, помещенной в Интернете на сайте Королевского ботанического сада Эдинбурга (http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html). В случае их отсутствия в этой базе, названия растений приводим с их авторами. Мхи и лишайники, указанные в описаниях, перед обработкой были удалены из них, так как мы не уверены, что могли их всегда правильно определить.

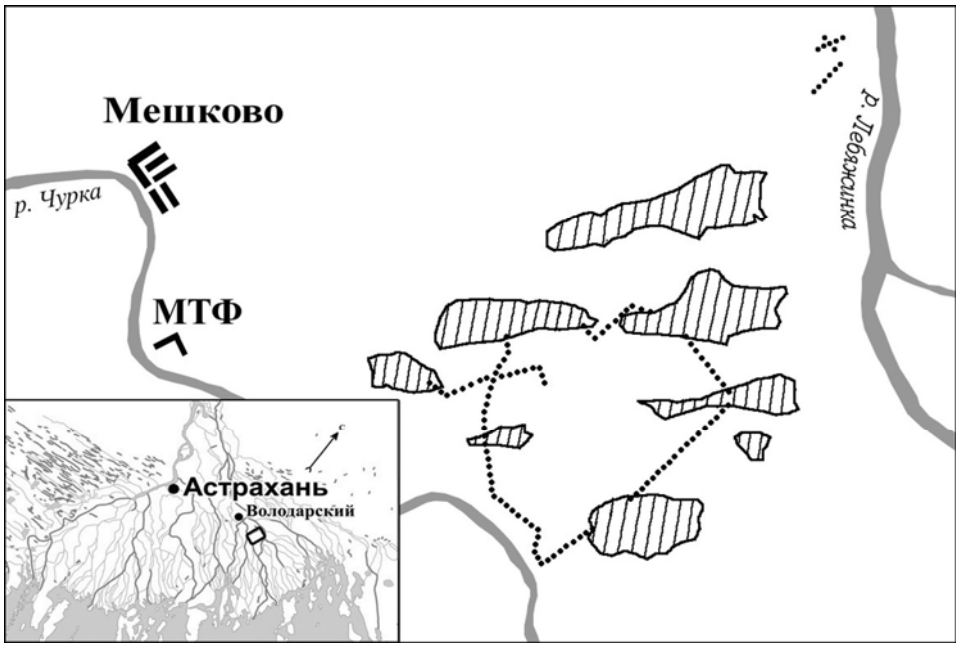


Рис. 1. Схематическая карта района проведения исследований. Условные обозначения: ▨ – бэровские бугры, •••• – расположение трансект на которых закладывались геоботанические площадки. **Fig. 1.** Schematic map of the area research. Symbols: ▨ – Baer mounds, •••• – relevés.

Для названий некоторых таксонов необходимо сделать пояснения. Мы не всегда различали между собой ряд видов растений, поэтому в таких случаях в качестве названий таксонов использовали агрегации видов (agr.), их понимание в широком смысле (s.l.) или как сумму.

Bidens tripartita+*B. frondosa*. Преимущественно во все годы учетов это был *B. frondosa*.

Cuscuta agr.=*Cuscuta approximata*+*C. campestris*+*C. europaea*.

Eleocharis palustris+*E. uniglumis*.

Glyceria arundinacea+*G. maxima*.

Phragmites australis agr.=*P. australis* s.str.+*P. altissimus* (Benth.) Mabille+*P. flavescens* (Custer) Hegetschw.+*P. stenophyllus* (Boiss.) Rouy.

Rorippa palustris+*R. brachycarpa*.

Scirpus lacustris agr.=*Scirpus lacustris* s.str.+*S. hippolyti*.

Suaeda confusa + *S. maritima* ssp. *salsa*.

Teutliopsis sect. (*Atriplex micrantha*+*A. prostrata*)+*A. aucheri*. Преимущественно это был *A. prostrata*.

Typha angustifolia s.l. (incl. *T. austro-orientalis* Mavrodiev). По данным учетов 2011 г. на учетных площадках произрастал только *T. austro-orientalis* – вид, описанный лишь в 2006 г. (Мавродиев, Сухоруков, 2006). Поэтому невозможно сейчас сказать, присутствовал ли этот же вид на учетных площадках при учетах 1979-1981 гг.

Xanthium strumarium s.l. включает *X. strumarium* и *X. strumarium* ssp. *strumarium* x *X. strumarium* ssp. *italicum*.

Выделение групп растительных сообществ осуществляли с помощью кластерного анализа на основе расчета относительного коэффициента Съеренсена, примененного к количественным данным,

и связывания кластеров методом «гибкой беты» (flexible beta), при β=–0.25 (McCune et al., 2002). Расчеты проведены с помощью программы PC-ORD 5.0 в среде JUICE 7.0 (Tichý, 2002; http://www.sci.muni.cz/botany/juice/). Уровень кластеризации выбран с помощью расчета значения максимальной «четкости классификации» (Botta-Dukát et al., 2005).

В каждой выделенной группе мы устанавливали верные виды (Braun-Blanquet, 1921). Верность измеряли 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). Всю процедуру расчетов phi-коэффициента и критерия Фишера реализовывали с помощью программы JUICE 6.5.32. Величину phi-коэффициента, выше которой таксон относили к верному, определяли субъективно, с расчетом, чтобы количество таких таксонов было не слишком маленьким и не слишком большим. Это число было одинаковым для всех групп и равнялось 0.3.

Для расчета экологических ступеней по шкалам Л.Г. Раменского (увлажнения, богатства и засоленности почвы, пастбищной дигрессии) применяли «метод пересечения большинства интервалов» (Раменский и др., 1956). Последний основан на определении моды в статистическом ряду распределения чисел, входящих в интервалы ограничительных ступеней экологических шкал растений (Голуб и др., 1978). Следует заметить, что шкалу богатства и засоленности почвы Л.Г. Раменского в контексте настоящей статьи целесообразно рассматривать лишь как шкалу засоления почвы. В дельте р. Волги засоление почвы гораздо более динамичный фактор, чем ее богатство. Оно, наряду с увлажнением почвы, является ведущим фактором среды, определяющим пространственное разнообразие растительного покрова (Голуб, 1986).

Для выявления направления изменений в растительности применили DCA ординацию геоботанических описаний с помощью встроенного в программу JUICE модуля «Ordijuice» из программного пакета R с параметрами, установленными по умолчанию и с понижением веса редких видов (Zelený, Tichý, 2009).

Оценку смещений координат описаний относительно друг друга вначале проводили с помощью теста Краскела-Уоллиса. Решался вопрос: относятся ли сопоставляемые группы к одной или к разным генеральным совокупностям? Когда нулевая гипотеза не подтверждалась (т.е., сопоставляемые выборки относились к разным генеральным совокупностям), сравнение выборок производили попарно с использованием теста Манна-Уитни.

При всех статистических оценках величины считали достоверными, если p-значение соответствующей статистики не превышало уровень значимости 0.05 (Боровиков, 2003; Глотов и др., 2005).

Данные о метеорологических и гидрологических факторах получены в Астраханской гидрометеообсерватории. За объем половодий мы условно принимаем сток воды в створе Волгоградской ГЭС в течение второго квартала, в период которого проводятся специальные попуски воды в нижний бьеф гидроузла (Грин, 1971).

Косвенно о пастбищной нагрузке мы судим по количеству поголовья скота в Астраханской области. Сведения о поголовье скота получены в органах статистики.

Результаты и обсуждение

Прежде всего, обратим внимание на изменения экологических условий в Астраханской области. Осадков в 2002-2011 гг. стало выпадать несколько больше, чем в десятилетие, включавшее учеты в 1979-1981 гг.; повысились среднегодовые температуры и среднегодовые суммы температур за вегетационный период; возрос объем водного стока за год и за второй квартал, повысился уровень подъема воды во время половодий. Можно сказать, что, в целом, за счет роста количества осадков и объема водного стока р. Волги в последнее десятилетние, увлажнение экотопов, на которых были заложены учетные площадки, увеличилось (табл. 1).

Резко сократилось поголовье скота, как в целом по Астраханской области, так и в регионе проведения исследований. Молочно-товарная ферма, отмеченная на карте (рис. 1), перестала

существовать. Изменились и особенности сенокосного использования угодий. Если раньше для заготовки сена в районе расположения трансект обязательно выкашивали всю площадь, то теперь траву убирают выборочно на небольшой территории, пересекаемой трансектами. Участки с преобладанием грубостебельных плохо поедаемых трав, таких как *Phragmites australis* agr., *Typha angustifolia* s.l., *Scirpus lacustris* agr., *Glycyrrhiza glabra*, перестали скашивать. Зимой и ранней весной нескошенную траву, как правило, сжигают. Так, по нашим наблюдениям в апреле 2011 г. нескошенный в предыдущий год травостой был полностью выжжен, одновременно с ним сгорела и значительная часть стерни на скошенных участках. Очаги пожаров в дельте р. Волги хорошо фиксируется с искусственных спутников Земли (http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=11117).

Таблица. 1. Среднемноголетние показатели экологических факторов. **Table 1.** Mean annual parameters of ecological factors.

Годы	Средняя сумма осадков, мм		Температура		Значение гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова	Объем водного стока в створе Волгоградской ГЭС, км^3		Максимальный уровень подъема воды по рейке водомерного поста в г. Астрахань, см	Поголовье скота в Астраханской области, тыс. условных голов крупного рогатого скота
	за год	за период с t°C более 10ºC	Среднегодовая tºC	Сумма за период более 10ºC		за год	за второй квартал		
1972-1981	157	118	10.0	3661	0.32	232	93	247	564
2002-2011	190	135	11.4	4127	0.33	245	112	266	381

Что касается метеорологических и гидрологических условий в годы учетов, то следует отметить, что половодье 2011 г. было самым маломощным в эти годы. Зато количество осадков, выпавших перед началом геоботанических описаний пробных площадок в 2011 г., было самым большим (табл. 2).

Таблица 2. Метеорологические и гидрологические показатели в годы проведения исследований на учетных площадках. **Table 2.** Meteorological and hydrological parameters in the years of research carried in plots.

Год	Объем водного стока в створе Волгоградской ГЭС, км^3		Максимальный уровень подъема воды по рейке водомерного поста в Астрахани, см	Сумма осадков за I-VII месяцы (Астрахань), мм
	за год	за второй квартал		
1979	320	146	355	106
1980	247	83	235	68
1981	293	128	288	113
2011	201	77	241	245

Опираясь на результаты расчета показателя максимальной четкости классификации, для экологической интерпретации происходящих изменений мы остановились на рассмотрении 8 групп сообществ (табл. 3).

Первая группа – это сообщества нижней части склонов бэровских бугров, наиболее подверженных влиянию выпаса. Это пустынные сообщества, испытывающие незначительное влияние половодий. Представленность этих сообществ во все годы учетов менялась незначительно.

Таблица 3. Синоптическая таблица сообществ, выделенных с помощью кластерного анализа.
Table 3. The synoptic table of the plant communities distinguished by cluster analysis.

Номер группы		3	1	2	4	5	6	7	8
Общее количество описаний в группе		163	223	221	156	372	450	91	268
Число описаний в группе:	1979 г.	40	61	38	59	149	93	26	20
	1980 г.	43	58	28	49	117	165	26	-
	1981 г.	38	73	17	45	104	192	17	-
	2011 г.	42	31	138	3	2	-	22	248
Среднее число видов на площадке		10	10	11	8	18	18	9	13
Eremopyrum triticeum		**74^{+-4}**	6	5	.	.	.	.	1
Atriplex tatarica		**48^{+-2}**	2	10	.	2	1	.	.
Descurainia sophia		**43^{+-4}**	1	4	.	.	.	.	1
Suaeda confusa + S. maritima ssp. *salsa*		**40^{+-4}**	15^{+-2}	8	38^{+-1}	1	1	.	.
Lepidium perfoliatum		**40^{+-4}**	15^{+-1}	2	.	.	.	.	1
Petrosimonia oppositifolia		**38^{+-4}**	.	1	.	.	.	.	.
Ceratocephala testiculata		**27^{+-1}**	1	.	.	.	.	.	1
Eremopyrum orientale		**23^{+-2}**	.	1	.	.	.	.	.
Bassia hyssopifolia		**21^{+-1}**	1	14^{1-2}	.	.	.	.	.
Artemisia lerchiana		**21^{+-2}**	1	2	.	.	.	.	1
Petrosimonia brachiata		**18^{+-1}**	.	.	.	.	.	.	.
Camphorosma monspeliaca ssp. *lessingii*		**18^{+-3}**	1	1	.	.	.	.	1
Heliotropium lasiocarpum		**17^{+-4}**	.	.	.	.	.	.	.
Amaranthus albus		**17^{+-2}**	1	.	.	1	.	.	.
Alyssum desertorum		**15^{+-1}**	.	.	.	.	.	.	1
Salsola crassa		**15^{+-2}**	.	.	.	.	.	.	.
Androsace maxima		**14^{+-1}**	.	1	.	.	.	.	.
Trigonella sp.		**13^{+-1}**	.	.	.	.	.	.	1
Aeluropus pungens		56^{+-5}	**80^{1-5}**	36^{+-5}	20^{1-5}	4	.	.	.
Elymus repens		9	25^{1-5}	**76^{+-5}**	8	28^{1-4}	2	.	7
Glycyrrhiza echinata		1	25^{1-2}	**38^{+-4}**	2	22^{1-3}	2	1	3
G. glabra		25^{+-3}	4	**34^{+-5}**	.	3	1	.	1
Cynodon dactylon		10	2	**21^{+-5}**	.	1	.	.	.
Crypsis schoenoides		12^{1-3}	39^{+-5}	8	**96^{1-5}**	36^{1-5}	16^{1-5}	1	1
Teutliopsis sect.+*A. aucheri*		4	61^{+-4}	12^{+-4}	**94^{+-4}**	74^{1-4}	23^{1-3}	20^{1-1}	2
Alisma gramineum		5	26^{+-1}	.	**57^{1-3}**	25^{1-3}	30^{1-2}	2	1
Aster tripolium ssp. *pannonicus*		.	4	1	**45^{+-1}**	1	1	.	.
Salicornia prostrata		.	.	.	**35^{1-4}**	.	.	.	.
Crypsis aculeata		.	4	2	**35^{1-3}**	1	.	.	.
Atriplex intracontinentalis		1	5	1	**31^{1}**	2	1	.	.
Eleocharis palustris+E. uniglumis		1	49^{+-4}	57^{+-5}	5	**89^{+-5}**	89^{1-5}	26^{+-5}	75^{+-5}
Bidens tripartita+B. frondosa		9	42^{1-2}	6	3	**82^{1-4}**	90^{1-4}	56^{+-4}	1
Rorippa palustris+R. brachycarpa		8	26^{+-1}	1	.	**59^{1-3}**	68^{1-4}	15^{1-3}	5
Rumex stenophyllus		4	8	2	1	**47^{1-3}**	56^{1-3}	8	2
Rubia tatarica		2	8	26^{+-4}	1	**83^{+-5}**	44^{1-5}	7	83^{+-5}
Echinochloa crus-galli		20^{1}	16^{1-3}	15^{+-3}	2	**80^{1-5}**	61^{1-5}	13^{1-5}	4
Althaea officinalis		7	53^{+-4}	54^{+-2}	15^{+-1}	**77^{1-4}**	31^{1-4}	9	53^{+-3}
Hierochloë repens		1	11^{1-3}	39^{+-4}	7	**49^{1-5}**	13^{1-3}	5	15^{+-4}
Plantago major		1	4	6	.	**28^{1-2}**	11^{1-2}	2	.
Phalaris arundinacea		1	1	12^{+-3}	2	69^{+-5}	**95^{1-5}**	**86^{+-5}**	73^{+-5}
Alisma lanceolatum		.	2	10	.	22^{+-2}	**82^{1-3}**	42^{+-2}	64^{+-3}
Oenanthe aquatica		6	13^{1}	4	1	63^{1-4}	**80^{1-5}**	65^{1-5}	3
Butomus umbellatus		1	2	1	.	20^{1}	**62^{1-4}**	26^{+-2}	13^{+-1}

Продолжение таблицы 3.

Номер группы	3	1	2	4	5	6	7	8
Polygonum amphibium	.	1	4	.	29^{1-3}	$\mathbf{60^{1-4}}$	29^{1-2}	30^{+-2}
P. minus	1	1	1	1	14^{1-2}	$\mathbf{55^{1-3}}$	24^{1-2}	17^{+-2}
Lysimachia vulgaris	.	.	1	.	17^{1-2}	$\mathbf{55^{1-3}}$	29^{+-3}	41^{+-2}
Eleocharis acicularis	.	1	.	1	4	$\mathbf{51^{1-5}}$	4	21^{+-5}
Polygonum hydropiper	.	.	.	.	9	$\mathbf{46^{1-4}}$	30^{+-4}	33^{+-3}
Glyceria arundinacea	.	.	5	.	23^{1-2}	$\mathbf{46^{1-2}}$	4	23^{+-2}
Mentha arvensis	.	1	1	.	10	$\mathbf{34^{1-3}}$	8	7
Sparganium erectum	.	.	.	.	6	19^{1-2}	$\mathbf{34^{+-4}}$	10
Carex acuta	.	.	1	.	2	10	$\mathbf{27^{+-5}}$	9
Cirsium arvense	4	1	23^{+-2}	.	23^{1-3}	33^{1-3}	2	$\mathbf{74^{+-5}}$
Typha angustifolia s.l.	2	27^{1-2}	7	33^{1-3}	16^{1}	23^{1-3}	40^{1-4}	$\mathbf{62^{+-5}}$
Stachys palustris	3	2	2	.	20^{1}	48^{1-3}	36^{+-4}	$\mathbf{60^{+-3}}$
Sonchus arvensis	1	5	12^{+-4}	.	41^{1-4}	26^{1-3}	9	$\mathbf{48^{+-5}}$
Scirpus lacustris agr.	.	.	8	1	3	11^{1-4}	5	$\mathbf{46^{+-5}}$
Calystegia sepium	.	.	1	.	3	10	16^{+-5}	$\mathbf{41^{+-5}}$
Achillea cartilaginea	.	.	2	.	2	21^{1-3}	.	$\mathbf{37^{+-4}}$
Marsilea quadrifolia	.	.	.	.	.	1	3	$\mathbf{28^{+-2}}$
Прочие виды								
Xanthium strumarium s.l.	23^{1}	55^{1-5}	19^{+-3}	42^{1-5}	67^{1-5}	38^{1-5}	27^{1-5}	6
Bolboschoenus glaucus	7	82^{+-4}	55^{+-2}	81^{+-4}	85^{+-3}	53^{1-4}	8	43^{+-4}
Argusia sibirica	5	20^{1-4}	29^{+-4}	27^{+-4}	16^{1-4}	1	.	1
Lepidium latifolium	6	39^{+-3}	28^{+-4}	28^{+-2}	7	.	.	2
Polygonum arenarium ssp. *pulchellum*	13^{+-1}	49^{+-2}	27^{+-4}	56^{+-2}	39^{+-2}	13^{1}	2	2
Euphorbia esula ssp. *esula*	.	1	21^{+-3}	.	38^{+-5}	12^{1-4}	.	32^{+-4}
Dodartia orientalis	19^{+-2}	8	28^{+-4}	.	8	.	.	.
Lythrum virgatum	1	8	33^{+-1}	.	55^{+-3}	66^{1-3}	16^{+-1}	66^{+-2}
Inula britannica	4	15^{+-1}	29^{+-3}	1	27^{+-2}	46^{1-5}	1	24^{+-4}
Convolvulus arvensis	6	2	24^{+-2}	.	3	1	1	10
Chenopodium rubrum	10	14^{1}	2	26^{1-3}	20^{1-2}	6	5	1
Cuscuta agr.	.	6	1	1	21^{1-3}	6	2	17^{+-1}
Agrostis stolonifera	.	1	.	1	12^{1-5}	28^{1-4}	31^{1-5}	2
Lythrum salicaria	.	.	1	.	9	26^{1-3}	30^{1-3}	18^{+-1}
Phragmites australis agr.	1	11^{+-5}	14^{+-5}	19^{1-3}	12^{1-4}	15^{1-4}	30^{1-5}	32^{+-5}

Примечания к таблице 3: 1) Встречаемость видов приводится в %; 2) в таблице приводятся только те виды, встречаемость которых хотя бы в одной из колонок равна или более 20%; 3) надстрочные числа – квартильные значения обилия растений по шкале В.Б. Голуба (Нешатаев, 2001) в ряду описаний, в которых данный вид встречается (указывается для видов, встречаемость которых превышает 10%); 4) полужирным шрифтом выделены верные виды; 5) вертикальными линиями указаны разделители кластеров 1-3 порядков: ▬▬▬ – первого порядка, ▬ ▬ ▬ – второго порядка, ▬ . ▬ . ▬ – третьего порядка. **Notes to table 3:** 1) frequency of species is given in percentage; 2) table shows only those species the occurrence of which at least one of the columns is equal in one of columns or more than 20%; 3) quartile values of the abundance of plants are shown by superior figures according to Golub scale (Нешатаев, 2001); 4) faithful species are shown by bold; 5) the vertical lines are separators of 1-3 order clusters.

Вторая группа – это сообщества склонов и шлейфов бэровских бугров с засоленными почвами, находящиеся ниже первой группы. Преобладает обычно *Aeluropus pungens*. В число доминантов могут входить *Elymus repens*, *Xanthium strumarium* s.l., *Crypsis schoenoides*, *Phragmites australis* agr. За период с 1979-1981 по 2011 г. представленность этих сообществ уменьшилась примерно в два раза, что может свидетельствовать о рассолении почв этих экотопов.

Третья группа – сообщества повышенных участков, на которых чаще других доминируют *Elymus repens*, *Glycyrrhiza glabra*, *Eleocharis palustris*+*E. uniglumis*, *Cynodon dactylon*. Изредка в число

доминантов входит *Phragmites australis* agr. Представленность этих фитоценозов возросла к 2011 г. в несколько раз в сравнении с 1979-1981 гг. Связано это, вероятно, не только с рассолением почвы, но и с оставлением нескошенных участков, особенно с доминированием *Glycyrrhiza glabra.* Это растение, попадая в сено, ухудшает его качество. Поэтому в настоящее время группировки растений, в которых оно обильно, не скашивают при заготовке сена. В результате, это сообщество стало распространяться на гривах, склонах и шлейфах бэровских бугров, на которых ранее были представлены сообщества группы 2, а также на невысоких участках, которые ранее занимали сообщества группы 4.

Четвертая группа – это луговой солончак. Часто доминирует *Crypsis schoenoides,* нередко – *Xanthium strumarium* s.l. Среди 7-и верных видов 6 однолетники. В 1978-1981 гг. это сообщество было отмечено на 45-59-и площадках; в 2011 г. – только на 3-х.

Пятая группа – это сообщества богатых во флористическом отношении сырых лугов. В число доминантов входят: *Eleocharis palustris+E. uniglumis, Rubia tatarica Echinochloa crus-galli, Hierochloë repens, Xanthium strumarium* s.l., *Euphorbia esula* ssp. *esula, Agrostis stolonifera.* Среди верных видов половина – в одно-двулетние растения. Представленная в 1979-1981 гг. на 104-149-и площадках, 2011 г. эта группа была встречена только на двух из них.

Шестая группа – сообщества болотно-лугового увлажнения с таким же флористическим богатством, что и предыдущая. Доминируют чаще всего *Phalaris arundinacea, Eleocharis palustris+E. uniglumis, E. acicularis, Rubia tatarica, Echinochloa crus-galli, Oenanthe aquatica, Xanthium strumarium* s.l., *Inula britannica.* Среди 11-и верных видов 4 однолетника. В 1979-1981 гг. группа была представлена на 93-192-х площадках, в 2011 г. – полностью отсутствовала.

Седьмая группа – бедные сообщества болотно-лугового увлажнения. В число доминантов чаще других входят: *Carex acuta, Phragmites australis* agr., *Oenanthe aquatica, Xanthium strumarium* s.l., *Calystegia sepium.* В годы учетов представленность этих сообществ лишь немного флуктуировала: в 1979-1981 гг. группа была представлена на 17-26-и площадках, в 2011 г. – на 22-х.

Восьмая группа – сообщества сыро-лугового увлажнения. Все верные виды - многолетние травы. В число доминатов чаще других входят *Eleocharis palustris+E. uniglumis, Rubia tatarica, Phalaris arundinacea, Eleocharis acicularis, Cirsium arvense, Typha angustifolia* s.l., *Sonchus arvensis, Scirpus lacustris* agr., *Calystegia sepium, Phragmites australis* agr. Группа была представлена на 20-и площадках в многоводном 1979 г., полностью отсутствовала в 1980 и 1981 гг. В 2011 г. она была отмечена на 248-и площадках, т.е. более чем на половине всех их. Это сообщество заняло экотопы, на которых ранее размещались 4, 5, 6-я группы и отчасти 2-я. Значительные площади этого сообщества там, где доминируют *Typha angustifolia* и *Phragmites australis* agr., перестали использоваться как сенокосные угодья, что, в свою очередь, способствовало увеличению территории, занятой этим фитоценозом.

Обращаясь к результатам DCA ординации (рис. 2), можно сказать, что флористический состав учетных площадок вдоль оси 1 имеет достоверную корреляцию с показателями увлажнения, пастбищной дигрессии и засоления почв шкал Л.Г. Раменского (табл. 4), т. е. – это комплексная ось. Увлажнение уменьшается по направлению роста числовых значений оси абсцисс, а пастбищная дигрессия и засоление почвы – увеличиваются. Ось 2 также комплексная. Но корреляция значений геоботанических описаний на эту ось со ступенями увлажнения и пастбищной дигрессии слабая во все годы учетов. Отрицательная корреляция координат геоботанических описаний на этой оси со ступенями засоления в 1979-1981 гг. средняя по силе и полностью отсутствует в 2011 г. Из этого можно сделать вывод, что роль фактора засоления почвы в размещении растений на трансектах в 2011 г. резко уменьшилась.

На диаграмме DCA ординации (рис. 2) виден сдвиг описаний 2011 г. по оси 1 влево и еще больший сдвиг «облака» описаний вдоль оси 2 вверх. Количественно это можно оценить, сравнивая средние значения координат описаний в разные годы (табл. 5).

Поскольку связь засоления почвы с координатами описаний вдоль оси 2 в 2011 г. перестала существовать, а смещение их «облака» вдоль этой оси значительное, можно думать, что эта ось отражает динамику флористического состава растительности, связанную не только с уменьшением засоления почвы, но и с изменением хозяйственного использования угодий: оставление больших массивов нескошенного травостоя, его выжигание в зимний и весенний периоды.

Следует заметить, что процесс направленных изменений в растительности начался еще в период учетов 1979-1981 гг. Уже в 1981 г. вдоль оси 1 «облако» описаний достоверно сдвинулось влево

относительно 1978-1980 гг. (табл. 6). Т.е., можно полагать, что уже в эти годы началось увеличение увлажненности и рассоление почвы на территории, где велись наблюдения. И действительно, 1978 г. принято считать тем годом, когда стал возрастать сток Волги, после предшествовавшему ему маловодного периода 1961-1977 гг. (Горелиц и др., 2010).

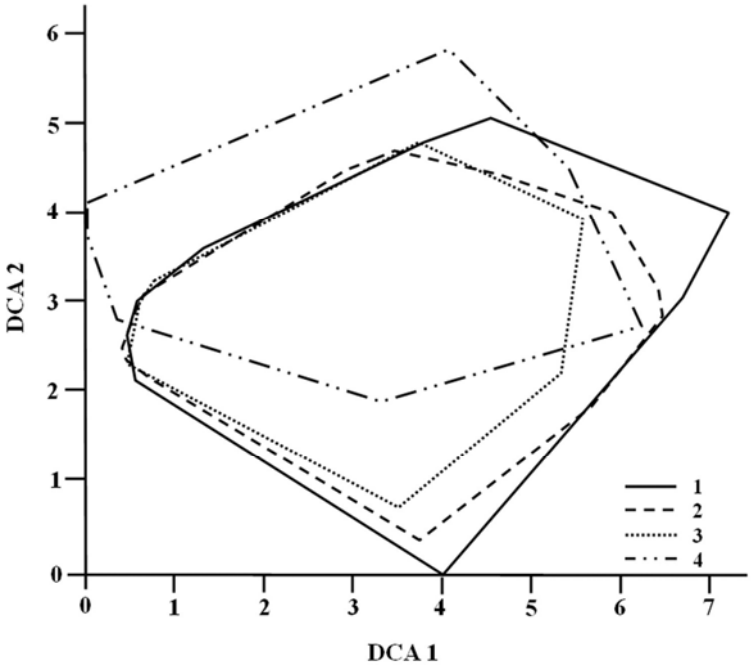


Рис. 2. Диаграмма DCA ординации геоботанических описаний: Линии обводят внешние границы «облаков» описаний: 1 – 1979 г., 2 – 1980 г., 3 – 1981 г., 4 – 2011 г. Собственное значение осей, характеризующих долю общей информации: для оси DCA 1 – 0.51, для оси DCA 2 – 0.32.

Fig. 2. DCA ordination diagram of relevés. Lines encircle external limits of «clouds» relevés: 1 – 1979, 2 – 1980, 3 – 1981, 4 – 2011. Eigenvalues are 0.51 and 0.32 for axis DCA 1 and axis DCA 2.

Таблица 4. Коэффициенты линейной корреляции, рассчитанные между значениями координат геоботанических описаний в поле осей DCA-ординации и показателями шкал Л.Г. Раменского. **Table 4**. Linear correlation coefficients were calculated between DCA relevé scores and L.G. Ramensky indicator values.

Шкалы Л.Г. Раменского	Год				Все годы учетов
	1979	1980	1981	2011	
Ось 1					
Шкала увлажнения	-0.79	-0.85	-0.76	-0.85	-0.80
Шкала засоления	0.73	0.76	0.79	0.54	0.70
Шкала пастбищной дигрессии	0.85	0.87	0.81	0.84	0.85
Ось 2					
Шкала увлажнения	-0.12	-0.17	-0.14	-0.01	-0.11
Шкала засоления	-0.50	-0.45	-0.56	<0.01*	-0.38
Шкала пастбищной дигрессии	-0.15	0.03	-0.07	0.09*	-0.15

Примечание к таблице 4: * – звездочкой помечены недостоверные коэффициенты корреляции.
Note to table 4: * – not significant correlation coefficients.

Статистические величины дисперсии значений координат геоботанических описаний (σ^2) вдоль первой оси DCA ординации резко увеличились в 2011 г. (табл. 5). Мы можем это объяснить нарастанием увеличения экологических амплитуд растений вдоль этой оси, что привело к большей однородности флористического состава растительности на трансектах.

Таблица 5. Средние значения проекций точек геоботанических описаний на оси DCA ординации ($x_{ср.}$) и величины дисперсии (σ^2). **Table 5**. The mean of points relevés projection of on the axes DCA ordination ($x_{ср.}$) and dispersion values (σ^2).

Годы	1979	1980	1981	2011
Ось 1				
$x_{ср.}$	2.4	2.4	2.2	2.0
σ^2	1.3	1.6	1.1	2.1
Ось 2				
$x_{ср.}$	2.9	2.9	2.9	3.9
σ^2	0.5	0.4	0.3	0.4

Таблица 6. Достоверные (+) и недостоверные (–) различия распределения координат геоботанических описаний относительно осей DCA ординации, оцененные тестом Манна-Уитни. **Table 6**. Significant (+) and not significant (–) differences of relevé coordinates distribution from a DCA ordination (Mann-Whitney test).

Ось 1				
Год	1979	1980	1981	2011
1979		–	+	+
1980			+	+
1981				+
Ось 2				
Год	1979	1980	1981	2011
1979		–	–	+
1980			–	+
1981				+

Выводы

В 2011 г. в сравнении с данными 1979-1981 гг. в растительном покрове трансект, заложенных в средней части дельты р. Волги, произошли значительные изменения, которые индицируют увеличение увлажненности этого региона, уменьшение засоления почв, снижение уровня хозяйственной эксплуатации территории, возрастание роли пирогенного фактора. Существенно уменьшилась площадь, занятая галофитными сообществами с преобладанием однолетних растений, увеличилась площадь фитоценозов, занятых грубостебельными высокорослыми многолетними травами. Их распространение, наряду с увеличением промывания почвы атмосферными осадками и водами половодий, вероятно, является дополнительной причиной уменьшения засоления почв. Густой высокий травяной покров защищает почву в летний период от прямого испарения влаги с ее поверхности, что ведет к снижению концентрации солей в верхних горизонтах. Дополнительной причиной уменьшения засоления почвы явилось снижение ее уплотнения сельскохозяйственными животными и техникой во время уборки сена, что уменьшило подтягивание грунтовых вод (нередко, высокоминерализованных) к дневной поверхности.

Одной из причин уменьшение представленности сообществ, состоящих из однолетних и малолетних растений, является гибель во время пожаров их семенных зачатков, находящихся на растениях или лежащих на поверхности почвы.

По нашему мнению, результаты проведенных исследований, репрезентативны для всей средней зоны восточной части дельты р. Волги. Вероятно, их можно также частично экстраполировать и на

нижнюю, приморскую часть надземной области дельты. Здесь прекратилась заготовка тростника для Астраханского целлюлозно-картонного комбината, нескошенный травостой также часто уничтожается во время пожаров.

Направленность выявленных изменений растительности в средней зоне дельты весьма отличается от тех, которые были установлены в Волго-Ахтубинской пойме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Боровиков В.А. 2003. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. 2-е изд. СПб.: Питер. 688 с.

Белевич Е.Ф. 1963. Районирование дельты р. Волги // Труды Астраханского заповедника. М. Вып. 8. С. 401-421.

Голуб В.Б. 1986. Эколого-фитоценотические основы мониторинга антропогенных изменений растительности (на примере низовий Волги). Автореферат дисс. …. докт. биол. наук. Тартуский гос. университет. 31 с.

Голуб В.Б., Бармин А.Н., Иолин М.М., Старичкова К.А., Сорокин А.Н., Шарова И.С., Николайчук Л.Ф. 2011 а. Оценка динамики растительности южной части Волго-Ахтубинской поймы на трансекте в районе села Хошеутово // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 13. № 5. С. 107-113.

Голуб В.Б., Бондарева В.В., Сорокин А.Н., Бармин А.Н., Иолин М.М, Николайчук Л.Ф. 2011 б. Динамика луговой растительности северной части Волго-Ахтубинской поймы (1928-2009 гг.) 1. Динамика флоры // Вестник Волжского ун-та им. В.Н. Татищева. Серия «Экология». Тольятти: ВУиТ. Вып. 12. С. 110-120.

Голуб В.Б., Бондарева В.В., Сорокин А.Н., Бармин А.Н., Иолин М.М., Николайчук Л.Ф. 2011 в. Динамика луговой растительности северной части Волго-Ахтубинской поймы (1928-2009 гг.) 2. Динамика растительных сообществ // Вестник Волжского ун-та им. В.Н. Татищева. Серия «Экология». Тольятти: ВУиТ. Вып. 12. С. 120-130.

Голуб В.Б., Добрачев Ю.П., Пастушенко Н.Ф., Яковлева Е.П. 1978. О способах оценки экологических условий местообитаний по шкалам Л.Г. Раменского // Научые доклады высшей школы. Биол. науки. № 7. С. 131-136.

Горелиц О.В., Землянов И.В., Сапожникова А.А. 2010. Многолетняя и сезонная изменчивость основных параметров гидрологического режима Нижней Волги в створе г. Волгограда // ООПТ Нижней Волги как важнейший механизм сохранения биоразнообразия: итоги, проблемы и перспективы. Волгоград: Изд-во ПринТерра-Дзайн. С. 186-197.

Глотов Н.В, Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. 2005. Биометрия. Учебное пособие. Москва-Ижевск. 381 с.

Грин Г.Б. 1971. Попуски в нижние бьефы. М.: Энергия. 95 с.

Иолин М.М., Сорокин А.Н., Старичкова К.А., Бармин А.Н., Николайчук Л.Ф., Голуб В.Б. 2011. Оценка динамики растительности Волго-Ахтубинской поймы на трансекте в районе с. Капустин Яр // Поволжский экологический. журнал. № 4. С. 431-442.

Мавродиев Е.В., Сухоруков А.П. 2006. Некоторые новые и критические таксоны флоры крайнего юго-востока Европы // Бюллетень. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. Т. 111. Вып. 1. С. 77-83.

Нешатаев Ю.Н. 2001. О некоторых задачах и методах классификации растительности // Растительность России. № 1. С. 17-35.

Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. 1956. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Гос. изд-во сельскохозяйственной. литературы. 471 с.

Старичкова К.А., Бармин А.Н., Иолин М.М., Шарова И.С., Сорокин А.Н., Николайчук Л.Ф., Голуб В.Б. 2009. Оценка динамики растительности на трансекте в северной части Волго-Ахтубинской поймы // Аридные экосистемы. Т. 15. № 4 (40). С. 36-48.

Старичкова К.А., Голуб В.Б., Бармин А.Н., Иолин М.М., Сорокин А.Н. 2012. Оценка изменений растительности в средней части восточной дельты р. Волги. Динамика флоры // Вестник Волжского ун-та им. В.Н. Татищева. Тольятти: ВУиТ. 2012. № 4 (10). С. 49-55.

Botta-Dukát Z., Chytrý M., Hájková P., Havlová M. 2005. Vegetation of lowland wet meadows along a climatic continentality gradient in Central Europe // Preslia. Vol. 77. P. 89-111.

Braun-Blanquet J. 1921. Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage // Jahrbuches der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft. Vol. 57 (2) P. 305–351.

Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z. 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures // Journal. Vegetation. Sciences. Vol. 13. P. 79-90.

McCune B., Grace J.B., Urban D.L. 2002. Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach: MjM Software. 304 p.

Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification // Journal. Vegetation. Sciences. Vol. 13. P. 451-453.

Tichý L., Chytrý M. 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal sixe // Journal. Vegetation. Sciences. Vol. 17. P. 809-818.

Zelený D., Tichý L. 2009. Linking JUICE and R: New developments in visualization of unconstrained ordination analysis // 18-th Workshop of European Vegetation Survey in Rome. Roma: La Sapienza Univerzita. P. 123.

ESTIMATES OF VEGETATION DYNAMICS IN THE VOLGA RIVER DELTA

© 2013. V.B. Golub*, K.A. Starichkova*, A.N. Barmin, M.M. Iolin**, A.N. Sorokin*, L.F. Nikolaychuk***

**Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 445003 Togliatti, Komzina str., 10. E-mail: vbgolub2000@mail.ru
***Astrakhan State University*
Russia, 414000 Astrakhan, Tatisheva str., 20a

The geobotanical transects was laid in 1979 in the eastern part of the Volga River delta. In order to study the vegetation dynamics these transects had been observed again in 1980, 1981, and 2011. In 2011, the vegetation changes were revealed. They indicate the new features of the economic using of forage lands, increase moisture and reduce soil salinity.
Keywords: Volga River delta, water stream regulation, soil desalination, forage lands.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 69-76

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.524.4 (571.54)

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОСТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ДОЛИНЕ Р. ДЖИДА (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

© 2013 г. С.А. Холбоева, Б.Б. Намзалов, М.Г. Цыренова

Бурятский государственный университет
Россия, 670000 г. Улан-Удэ, ул. Смолина, д. 24а. E-mail: namsalov@bsu.ru

Поступила 20.03.2012

Рассмотрены закономерности пространственного распределения растительности экспозиционной лесостепи. Составлена крупномасштабная карта растительности с выделением гомогенных и гетерогенных единиц.

Ключевые слова: лесостепь, растительность, пространственная структура, карта

Согласно схемы ботанико-географического районирования Евразиатской степной области Е.М. Лавренко (1991) район исследования расположен на западной границе Орхоно-Нижнеселенгинской горнолесостепной подпровинции Хангайско-Даурской провинции. В климатическом отношении территория расположена в полугумидном секторе гор Южной Сибири (Поликарпов и др., 1986). Средняя температура января – –26°С, июля – +18-20°С, среднегодовая сумма осадков составляет 250-300 мм (Атлас …, 1993). Исследуемая территория охватывает участок лесостепной растительности на левом берегу р. Джида на изолированном низкогорном массиве с высотами 700-1000 м н. у. м. между хребтами Джидинский и Малый Хамар-Дабан (рис. 1). Поясность растительности на данных хребтах относится к Тувино-Южнозабайкальской группе, Западнозабайкальскому типу, на контакте Кяхтинского (лесостепно-степного) подтипа и Джидинского варианта поясности (Карта «Зоны и типы поясности …, 1999). Хребты заняты горнотаежными лиственничными лесами. Днище обширной Джидинской котловины покрыто степной растительностью. Широкое распространение имеют засоленные местообитания.

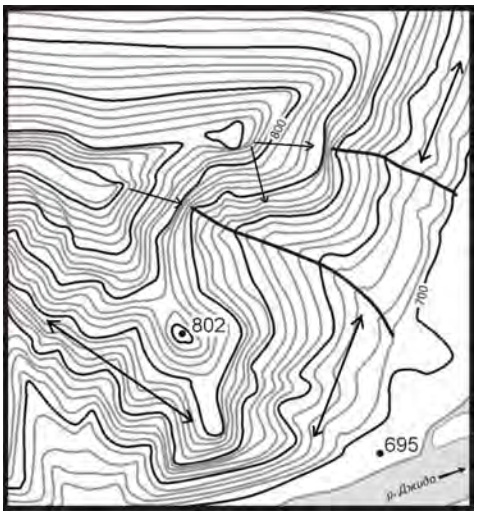


Рис. 1. Рельеф модельного участка. Условные обозначения. Комбинации растительности:
⟶ – Микрокомбинации (серии),
⟷ – мезокомбинации (сочетания).
Fig. 1. A relief of a modeling site. Symbols. Vegetation combinations:
⟶ – Microcombinations (series),
⟷ – mesocombinations (combination).

Целью данной работы было выявление закономерностей пространственного распределения лесостепной растительности в долине р. Джида. В изучаемом районе представлена характерная для гор Южной Сибири горная лесостепь, где распределение степного и лесного компонентов определяется экспозицией склонов (Куминова,1960, 1985; Карамышева, Банзрагч, 1976; Огуреева, 1980; Банникова, 1983, 2003). В Западном Забайкалье наиболее обычна лесостепь с сосной. Лесостепь с лиственницей(*Larix sibirica)* характерна для предгорий Восточного Саяна, Малого Хамар-Дабана;

горная лесостепь с Лиственницей Гмелина (*Larix gmelinii)* описана в Баргузинской котловине (Намзалов, 1996; Намзалов, Басхаева, 2002; Холбоева, Намзалов, 2000).

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: выполнить описание растительности модельного участка с учетом экологических характеристик фитоценозов, провести картографирование с выявлением гомогенных и гетерогенных единиц, и составлением крупномасштабной карты с подробной легендой.

Материалы и методы

Изучение растительности проведено летом 2009 г. (сделано более 100 описаний). Исследования сообществ растительности проводились на основе общепринятых методов геоботанических исследований с учетом пространственного распределения растительного покрова. Всего на ключевом участке зарегистрировано 325 видов высших сосудистых растений. Названия растений приведены согласно монографии «Флора Сибири» (1987-1997).

Крупномасштабное картографирование выполнено в масштабе 1:5000 на модельной территории участка на местности. Подобные карты актуальной растительности могут стать основой для мониторинга экосистем (Огуреева и др., 2009, 2011).

Легенда построена на основе классификации растительности с использованием доминантно-детерминантного принципа выделения основных единиц. При анализе учитывались рассчитанные в системе IBIS экологические статусы по влажности для сообществ и комбинаций (Королюк, 2007; Зверев, 2007), экспозиция и крутизна склона, положение местообитания на катене. При картографировании выделены гомогенные (фитоценомеры) и гетерогенные (фитоценохоры) выделы (Сочава, 1979). Минимальной гомогенной единицей приняты фитоценозы, минимальной гетерогенной единицей – микрокомбинации (серии и комплексы).

В легенде гомогенные и гетерогенные единицы представлены в самостоятельных разделах. При создании карты проведена поэтапная географическая и геометрическая генерализация выделов легенды. Для подразделов указаны типичные местообитания. Для каждого контура приведены доминирующие и характерные виды растений.

Результаты исследований

На территории района исследования выделяются архейские, нижнепротерозойские, средне- и верхнеюрские, нижнемеловые, третичные и четвертичные отложения (Очиров, 1978). В геоморфологическом отношении изучаемый массив представляет собой останец сложной формы, сложенный преимущественно изверженными глубинными, метаморфическими и вулканическими породами: гранитами, гранитогнейсами, метаморфизированными и дислоцированными сланцами и гнейсами докембрия. Подобные останцы являются денудационными выступами кристаллического дна впадин, ограниченными зонами новейшего тектонического опускания (Антощенко-Оленев, 1972). Массив расчленен на несколько отрогов с относительной высотой 100-150 м, южные склоны которых прорезаны эрозионными ложбинами, глубиной до 20 м. Верхняя часть склона представлена выходами скальных пород. Транзитная часть склона с щебнистыми осыпями, фрагментарно хорошо закреплена растительностью.

Аккумулятивная делювиально-пролювиальная часть склона сливается со слабонаклонной (2-4°) надпойменной террасой р. Джида. Центральную часть модельного участка занимает широкая эрозионная ложбина, в нижней части сужающаяся в лощину. Почвы повсеместно каменистые, хрящевато-щебнистые, маломощные, с низким содержанием гумуса (2-3%). На южном макросклоне характерны горные каштановые почвы, на северном – серые лесные неоподзоленные почвы.

Растительность массива представлена сочетанием сообществ лесного и степного типов растительности, четко приуроченных к склонам определенной экспозиции. Степи приурочены к склонам южной ориентации. Они представлены сообществами луговых и настоящих степей с широким участием кустарников, иногда деревьев (*Ulmus pumila*, реже *Larix sibirica*). В нижних частях склонов и на надпойменной террасе степи представлены дигрессионными вариантами.

Лесные сообщества на теневых экспозициях слагаются фрагментами коренных лиственничников кустарниково-разнотравных и большей частью сообществами вторичных березняков разного состава

с примесью осины, индицирующих различные стадии восстановительных, чаще пирогенных сукцессий (рис. 2, контуры 1-4). Обычно в этих фитоценозах хорошо развит травяной покров (число видов от 21 до 36).

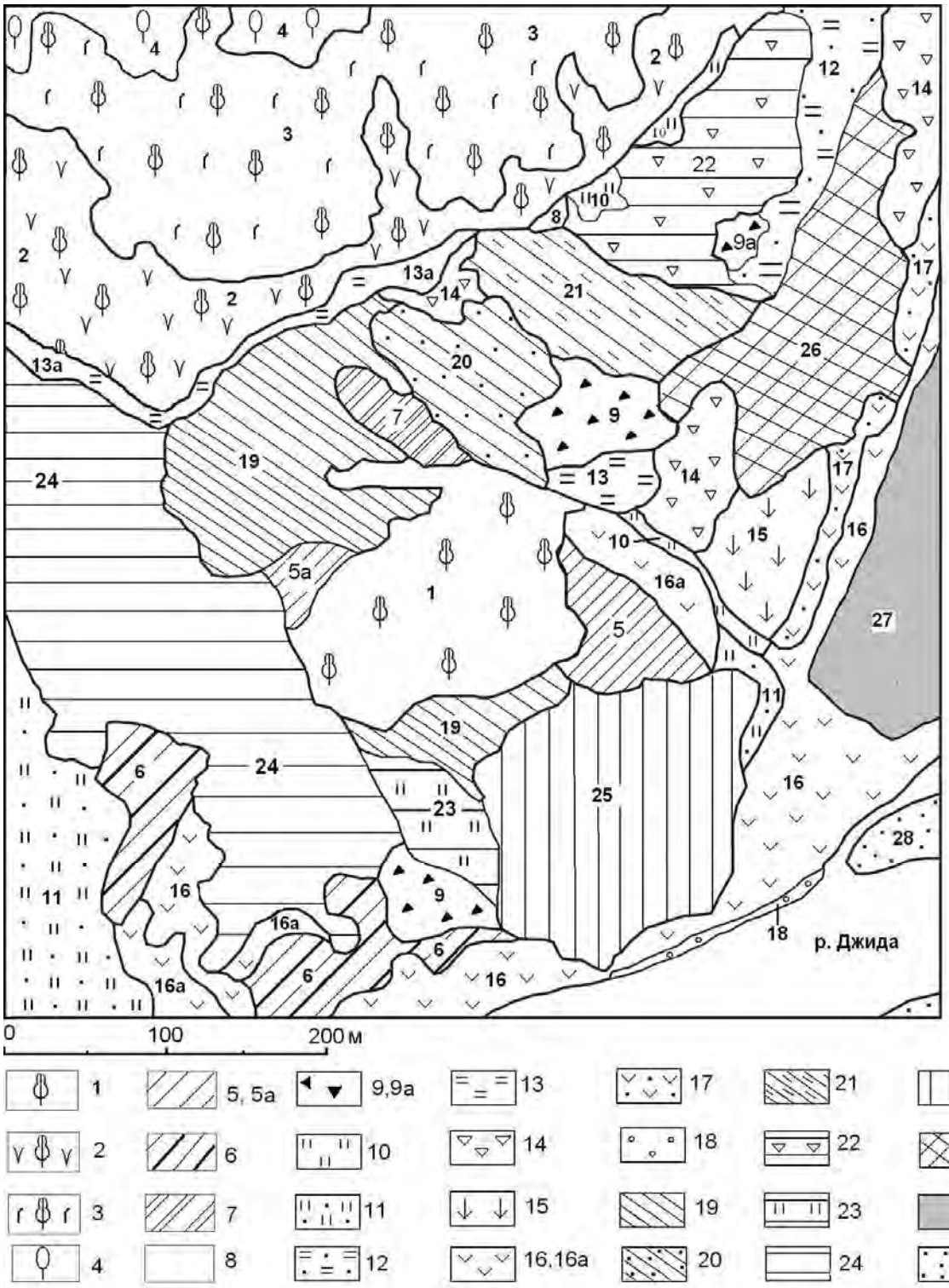


Рис. 2. Карта растительности экспозиционной лесостепи. Условные обозначения: легенда к карте. **Fig. 2.** A map of the forest-steppe vegetation zone. Symbols: Legeng of the Map.

Гомогенная растительность

I. Леса гемибореальные травяные

Мелколиственные травяные леса на теневых склонах (*Betula platyphylla, Populus tremula*)

1. Березняк кизильниково-разнотравный (*Cotoneaster melanocarpus, Spiraea media, Patrinia rupestris*).
2. Березняк вейниковый (*Calamagrostis epigeios, Elymus caninus, Rosa acicularis*).
3. Березняк сибирскокострецовый (*Bromopsis sibirica, Melica nutans, Elymus caninus*).
4. Осинник разнотравный (*Vicia amoena, Thalictrum simplex, Sanguisorba officinalis*).

Кустарниковая растительность

Разнотравно-кизильниковые (*Cotoneaster melanocarpus*) кустарниковые сообщества на крутых щебнисто-глыбистых участках склона

5. Разнотравно-кизильниковая (*Spiraea aquilegifolia, Artemisia gmelinii, Galium verum, Bupleurum scorzonerifolilum*).

5а. Стоповидноосоково-кизильниковая (*Carex pediformis, Koeleria cristata, Saussurea salicifolia, Stipa baicalensis*).

6. Караганово-кизильниковая с крушиной (*Caragana pygmaea, Artemisia gmelinii, Potentilla acaulis, Veronica incana, Rhamnus erythroxylon*).

Разнотравно-стоповидноосоково-карагановые сообщества на щебнистых склонах

7. Стоповидноосоково-карагановая (*Caragana pygmaea, Carex pediformis, Potentilla tanacetifolia, Spodiopogon sibiricus, Agropyron cristatum*).
8. Подмаренниково-кустарниковая (*Galium verum, Lupinaster pentaphylloides, Lathyrus humilis, Spiraea media, Cotoneaster melanocarpus*).

II. Степная растительность

А. – элювиальной части склонов

Петрофитные степи на скальных выступах

9. Гмелиновопырейно-рутополынно-плаунковая (*Selaginella sanguinolenta, Orostachys spinosa, Caragana pygmaea, Artemisia rutifolia, Gypsophila patrinii, Allium bidentatum*).

9а. Петрофитно-злаково-плаунковая (*Selaginella sanguinolenta, Caragana pygmaea, Cleystogenes squarrosa, Gypsophila patrinii*).

Б. – транзитных частей склонов

Петрофитноразнотравно-дерновиннозлаковые степи на щебнистых участках

10. Кустарниково-разнотравно-злаковая (*Koeleria cristata, Agropyron cristatum, Artemisia commutata, Ribes diacantha, Caragana pygmaea*).
11. Бесстебельнолапчатко-житняковая с ильмом низким (*Agropyron cristatum, Potentilla acaulis, Ulmus pumila, Amblynotus rupestris*).

Корневищнозлаковые степи на ровных пологих участках

12. Разнотравно-леспедецево-шеллоовсецовые (*Helictotrichon schellianum, Achnatherum sibiricum, Lespedeza juncea, Stellera chamaejasme*).
13. Стоповидноосоково-байкальскоковыльная (*Stipa baicalensis, Carex pediformis, Achnatherum sibiricum, Potentilla tanacetifolia*).

Петрофитные степи на каменистых участках

14. Тимьяново-житняково-пырейная (*Elytrigia gmelinii, Artemisia frigida, Potentilla acaulis, Thymus mongolicus, Caragana pygmaea, Pulsatilla turczaninovii*).

В. – Корневищнозлаковые степи в аккумулятивной (шлейфовой) части склона

15. Холоднополынно-леймусовая (*Leymus chinensis, Carex pediformis, Medicago falcata, Artemisia frigida*).

Дигрессионные варианты в нижней части склона

16. Холоднополынно-тимьяново-бесстебельнолапчатковый с участием ильма (*Potentilla acaulis, Artemisia frigida, Koeleria cristata, Thalictrum petalloideum, Cleistogenes squarrosa, Ulmus pumila*) .

16а. Холоднополынно-тимьяново-бесстебельнолапчатковый (*Potentilla acaulis, Artemisia frigida, Koeleria cristata, Thalictrum petalloideum, Cleistogenes squarrosa*).

17. Лапчатково-тонконоговая сбоевая (*Potentilla acaulis, Koeleria cristata*).

IV. Интразональная растительность

18. Ивняки приречные твердоватоосоковые дигрессионные (*Salix sp., Carex duriuscula*) на прирусловом вале р. Джида.

Гетерогенная растительность

***Микрокомбинации (серии)* на элювиальных позициях южного макросклона**

19. Серия петрофитная на выпуклом склоне юго-восточной экспозиции: разнотравно-стоповидноосоково-плаунковые (*Selaginella sanguinolenta, Gypsophila patrinii, Artemisia rutifolia, Sedum aisoon*) (а) → стеллерово-овсецово-сибирскоковыльные (*Stellera chamaejasme, Helictotrichon schellianum, Achnatherum sibiricum, Carex pediformis*) (б) → Разнотравно-стоповидноосоково-карагановое (*Caragana pygmaea, Artemisia gmelinii, Carex pediformis, Koeleria cristata, Saussurea salicifolia*)(в), а:б:с=6:2:2.
20. Серия петрофитная на вогнутом склоне южной экспозиции: стоповидноосоково-плаунковые (а)→ Гмелиновопырейно-тимьяновое (*Thymus mongolicus, Elytrigia gmelinii, Dontostemon integrifolius, Iris humilis*) (б) → Крушиново-карагановое (*Caragana pygmaea, Rhamnus erythroxylon, Spiraea aquilegifolia, Agropyron cristatum*) (в), а:б:в=3:2:5.
21. Серия петрофитная на вогнутом склоне восточной экспозиции: караганово-полынно-плаунковая (*Selaginella sanguinolenta, Artemisia rutifolia, Caragana pygmaea, Orostachys spinosa*) (а) → стеллерово-овсецово-сибирскоковыльная (*Achnatherum sibiricum, Helictotrichon schellianum, Stellera chamaejasme*) (б) → тимьяново-тонконоговые (*Koeleria cristata, Thymus mongolicus, Potentilla tanacetifoia, Oxytropis myriophylla*) (в), а:б:в=1:6:3.

Микрокомбинации на транзитной позиции макросклона

22. Комплекс сибирскоовсяницевых (*Festuca sibirica, Elytrigia gmelinii*) на ровных крутых склонах (а) в сочетании с тимьяново-житняково-пырейными на щебнистых участках (б), а:б=8:2.
23. Комплекс злаково-разнотравных (*Stipa baicalensis, Elytrigia gmelinii, Scabiosa comosa, Allium bidentatum, Saussurea salicifolia*) в привершинной части гребня (а) и разнотравно-кизильниковых (*Cotoneaster melanocarpus, Spiraea aquilegifolia, Galium verum, Bupleurum scorzonerifolium*) сообществ на гребне между ложбинами (б), а:б=6:4.

Мезокомбинации (сочетания) на аккумулятивной позиции макросклона

24. Сочетание ильмовников гмелиновополынных (*Ulmus pumila, Artemisia gmelinii, Artemisia rutifolia, Rubia cordifolia*) на северо-восточных (а) и разнотравно-караганово-гмелинополынных (*Artemisia gmelinii, Caragana pygmaea, Potentilla tanacetifolia*) на юго-восточных склонах ложбин (б) макросклона юго-западной экспозиции, а:б=50:50.
25. Сочетание разнотравно-тонконогово-бесстебельнолапчатково-тимьяновых (*Thymus mongolicus, Potentilla acaulis, Amblynothus rupestris, Koeleria cristata, Androsace incana, Carex pediformis, Cleystogenes squarrosa*) на шлейфовой части (крутизна склона 15°) и разнотравно-стоповидноосоково-тонконогово-кустарниковых сообществ (*Carex pediformis, Achnatherum sibiricum, Caragana pygmaea, Cotoneaster melanocarpus*) в ложбинах временного стока.
26. Сочетание стоповидноосоково-житняково-сибирскоковыльных (*Agropyron cristatum, Achnatherum sibiricum, Carex pediformis, Artemisia commutate*) на пологом шлейфе отрога (крутизна склона 5°) и кустарниково-разнотравно-злаковых сообществ в ложбинах стока (*Agropyron cristatum, Koeleria cristata Artemisia commutata, Artemisia gmelinii, Rhibes diacantha*).

Производные сообщества

27. Залежи пырейно-полынные (*Elytrigia repense, Artemisia sieversiana, A. glauca*)
28. Песчаная коса с единичными особями растений (*Festuca rubra, Cerastium arvensis, Potentilla multifida* и др.)

Показатель экологического оптимума сообществ по шкале влажности варьирует от 56 до 63. Основными содоминантами являются корневищные злаки *Calamagrostis epigeios, Elymus caninus, Bromopsis sibirica*. Из разнотравья обычны *Vicia amoena, Thalictrum simplex, Sanguisorba officinalis.* Кустарники представлены *Rosa acicularis, Spiraea media*. В наиболее затененных местообитаниях березняки обогащаются некоторыми типично таежными элементами (*Vaccinium vitis-idaea, Pyrola rotundifolia, Maianthemum bifolium*).

Наиболее сложная организация растительного покрова наблюдается на южном макросклоне массива, где характерна мелкоконтурность степных фитоценозов и их сочетаний, обусловленных высокой гетерогенностью экотопов. Для макросклона выявлены катенарные закономерности в организации растительности (Исаченко, 1991), при этом катена представлена как лито-топологический экологический ряд. Диапазон экологических оптимумов сообществ варьирует от 41

до 52 баллов по шкале влажности Раменского, что соответствует переходу от лугово-степной к остепненно-луговой серии местообитаний.

На верхней элювиально-денудационной части катены, со склонами крутизной до 30°, характерны выходы скальных пород. Здесь развиваются пионерные группировки и петрофитные сообщества с низким или ничтожным проективным покрытием. Наиболее характерны плаунковые (*Selaginella sanguinolenta*) сообщества, в которых между пятнами синузий плаунка содоминируют петрофиты (*Artemisia rutifolia, Elytrigia gmelinii, Caragana pygmaea)*; с высоким постоянством встречаются: *Gypsopylla patrinii, Orostachys spinosa, Artemisia gmelinii, Iris humilis, Chamaerhodos erecta, Sedum aizoon*. Здесь же под выступами скал распространен редкий вид *Aquilegia buriatica*. Средний показатель по шкале влажности – от 46 до 52, средняя видовая насыщенность сообществ – 27-29 видов.

Плаунковые группировки входят также в инициальные стадии петрофитных серий в верхней части макросклона. В экотопах начальных стадий сукцессий наиболее интенсивны процессы аккумуляции и денудации, обусловленные положением сообществ на катене.

Транзитная часть серий представлена корневищно-злаковыми стеллерово-овсецово-сибирскоковыльными степными фитоценозами с участием чия сибирского (*Achnatherum sibiricum*), овсеца Шелла (*Helictotrichon schellianum),* стеллеры карликовой (*Stellera chamaejasme*), на склонах с высокой щебнистостью – разнотравно-кустарничковыми гмелиновопырейно-тимьяновыми (*Thymus mongolicus, Elytrigia gmelinii, Iris humilis*) сообществами с участием *Dontostemon integrifolius*. На биотопах части серий растительности, где преобладает процесс аккумуляции, характерны кустарники *Caragana pygmaea, Rhamnus erythroxylon, Spiraea aquilegifolia,* а также *Artemisia gmelinii*.

Анализ серий, преимущественно распространенных на склонах юго-восточной ориентации, выявил их значительную экологическую амплитуду по влажности в сравнении с другими комбинациями.

На транзитных позициях макросклона с малой крутизной (до 10°) выявлено преобладание растительности с гомогенной структурой. Здесь распространены фитоценозы дерновиннозлаковых луговых степей, с богатым видовым составом (30-50 видов на 100 м.). Сообщества составлены преимущественно травянистыми стержнекорневыми многолетниками мезоксерофитной экологии, но доминируют лугово-степные рыхлодерновинные злаки: овсец Шелла, чий сибирский, ковыль байкальский (*Stipa baicalensis*). Ни один из названных ценозообразователей не образует самостоятельной формации, поскольку ценофлора их сообществ едина. В среднем, общее проективное покрытие этих сообществ не превышает 50%. Средние показатели по шкале влажности – 50-52 балла.

Особые позиции занимают сообщества с доминированием южносибирско-монгольского горностепного вида пырея Гмелина (*Elytrigia gmeliii)*. Они формируются на щебнистых участках в средней части макросклона. Видовой состав их беднее типичных дерновинно-злаковых степей, не более 20-25 видов. На пробных площадках. содоминируют полукустарнички – *Artemisia frigida, Thymus mongolicus.* Часто встречаются *Caragana pygmaea, Pulsatilla turczaninovii,* а также короткокорневищный травянистый поликарпик *Potentilla acaulis.*

К средней части макросклона приурочены микрокомбинации, представленные комплексами фитоценозов на повторяющихся экотопах. Ведущими факторами их формирования на данном участке становятся особенности микрорельефа. Выявлены экспозиционные литотопологические комплексы (рис. 2, контур 24) в ряду пологосклоновых ложбин на макросклоне юго-западной экспозиции (ильмовники гмелиновополынные (*Artemisia gmelinii с участием Artemisia rutifolia, Ulmus pumila, Rubia cordifolia*) на северо-восточных и разнотравно-караганово-гмелинополынные (*Artemisia gmelinii, Caragana pygmaea, Potentilla tanacetifolia*) на юго-восточных склонах ложбин. Они оригинальны не только по структуре, но и по составу. В качестве одного из компонентов комбинации выступают сообщества низкоильмовников с серией отмеченных выше типичных элементов восточноазиатского (дауро-маньчжурского) неморального комплекса (Камелин, 1994, 1995). Ниже по склону эти комбинации дополняются еще одним характерным представителем данного комплекса (рис. 2, контур 25), это *Spodiopogon sibiricus*. На больших высотах (900-1000 м. н. у. м.) в подобных ложбинах комплексы организованы уже с участием лиственничных ценозов (Холбоева и др., 2010). Также встречен комплекс злаково-разнотравных (*Scabiosa comosa, Allium bidentatum, Saussurea*

salicifolia, Stipa baicalensis, Elytrigia gmelinii) в привершинной части гребня и подмаренниково-володушково-кизильниковых (*Cotoneaster melanocarpus, Bupleurum scorzonerifolium,* с участием *Spiraea aquilegifolia, Galium verum,*) сообществ на гребне между ложбинами (рис. 2, контур 23).

На нижней части макросклона к крутым (до 15-20°) щебнистым участкам приурочены фитоценозы петрофитных кустарничковых степей с *Thymus mongolicus, Amblynotus rupestris, Potentilla acaulis,* формирующие сочетания с разнотравно-кустарниковыми сообществами (рис. 2, контур 5) в ложбинах временного стока. Своеобразным компонентом растительности ложбин является серобородник сибирский (*Spodiopogon sibiricus*), образующий ярко-зеленые пятна, заметно отличающиеся от основного серовато-бурого степного фона.

В аккумулятивной части макросклона выделены территориальные единицы растительного покрова в ранге мезокомбинаций и сочетания, объединяющие простые комплексы. Вместе с гомогенными участками растительности (Намзалов, 1994) они приурочены к формам мезорельефа на шлейфе макросклона, прорезанных узкими ложбинами стока, и занимают наибольшие площади (рис. 2, контуры 25, 26).

На поверхностях макросклона юго-западных ориентаций в ряду эрозионных ложбин формируются сочетания фитоценозов разнотравно-караганово-гмелинополынных (*Artemisia gmelinii, Caragana pygmaea, Potentilla tanacetifolia*) на солнечной экспозиции и ильмовников гмелиновополынных (*Ulmus pumila, Artemisia gmelinii, Artemisia rutifolia, Rubia cordifolia*) на биотопах теневой экспозиции (рис. 2, контур 24).

В нижней аккумулятивной части макросклона, сливающейся с невысокой надпойменной террасой р. Джида, сформированы сообщества корневищнозлаковых степей из *Leymus chinensis* с одиночными деревьями *Ulmus pumila*, с выраженной пастбищной дигрессией. Видовой состав этих сообществ не отличается разнообразием, средняя влажность 48-51 балл.

Заключение

В составе сообществ изученной территории характерны типичные для горных степей южной Сибири виды – *Koeleria cristata, Agropyron cristatum, Helictotrichon schellianum, Achnatherum sibiricum.* Своеобразие сообществам придают элементы дауро-манчжурского горно-степного флористического комплекса, такие как *Andropogon sibirica, Stellera hamaejasme, Rhamnus erythroxylon, Melica virgata*.

Для степной растительности изучаемого района характерны активные позиции мезоксерофитных и ксерофитных кустарников: *Cotoneaster melanocarpus, Caragana pygmaea, Ribes diacantha, Spiraea aquilegifolia* и полукустарничка *Artemisia gmelinii*. Эти виды встречаются с высоким постоянством, нередко доминируют.

Наиболее сложная пространственная структура характерна для склонов южной экспозиции макросклона, где наряду с преобладанием гомогенных выделов – фитоценомеров значительные позиции занимают гетерогенные единицы – преимущественно микрокомбинации в виде серий и комплексов 2-3–компонентных. Петрофитные серии наиболее ярко выражены на элювиально-делювиальных позициях макросклона. Простые сочетания ранга мезокомбинаций приурочены к шлейфовым частям склонов, прорезанных узкими ложбинами стока.

В целом, спецификой данного сектора лесостепного пояса Юго-Западного Забайкалья является строгая зависимость положения степных и лесных фитоценозов от экспозиции склона, где пограничная (экотонная) полоса почти не проявляется. Лесная растительность представлена гомогенными выделами, которые организуются в сукцессионные постпирогенные ряды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антощенко-Оленев И.В. 1972. Кайнозой Джиды (стратиграфия, палеогеография, неотектоника). Автореф. дисс. … канд. геолого-минералогических наук. Бабушкин. 24 с.

Атлас Байкала. 1993. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России. 160 с.

Банникова И.А. 1983. Растительный покров. Структура высотной поясности // Горная лесостепь Восточного Хангая. М.: Наука. С. 89-130.

Банникова И.А. 2003. Лесостепь Внутренней Азии: структура и функция. М.: Изд-во Россельхозакадемии. 287 с.

Зверев А.А. 2007. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск: ТМЛ-Пресс. 304 с.

Исаченко А.Г. 1991. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа. 366 с.

Камелин Р.В. 1995. Восточно-древнесредиземноморские мезоксерофильные и ксерофильные листопадные леса. Редколесья и кустарники (шибляк) // Листопадные ксерофильные леса, редколесья и кустарники / Труды Ботанического института РАН им. В.Л. Комарова. Вып. 17. Санкт-Петербург. С. 26-45.

Карамышева З.В., Банзрагч Д. 1976. Растительность хр. Хан-Хухийн-Ула и южной части Убсунурской впадины // Структура и динамика основных экосистем МНР. Т.8. БРПУ МНР. Л.: Наука. С. 99-124.

Карта «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий». 1999. М 1:8000000. М. / Отв. ред. Г.Н. Огуреева

Камелин Р.В. 1994. География и фитоценология *Armeniaca sibirica* (L.) Lam. // Растительные ресурсы. Т. 30. Вып. 1-2. С. 3-26.

Королюк А.Ю. 2007. Некоторые методы анализа структуры растительного покрова с использованием экологических шкал растений // Актуальные проблемы геоботаники. I часть. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 261-263.

Куминова А.В. 1960. Растительный покров Алтая. Новосибирск: РИО АН СССР. 450 с.

Куминова А.В. 1985. Основные черты и закономерности растительного покрова // Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР. Новосибирск: Наука. С. 16-45.

Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. 1991. Степи Евразии. Л.: Наука. 146 с.

Намзалов Б.Б. 1994. Степи Южной Сибири. Новосибирск – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 307 с.

Намзалов Б.Б. 1996. Горная лесостепь Южной Сибири – ландшафтный феномен Центральной Азии // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока (Чтения памяти Л.М. Черепнина). Красноярск: Изд-во КГПУ. С. 215-217.

Намзалов Б.Б., Басхаева Т.Г. 2002. Горная лесостепь Южной Сибири (на примере Баргузинской котловины) // Научные чтения памяти академика Виктора Борисовича Сочавы. Иркутск: Изд-во ин-та географии СО РАН. С. 68-83.

Огуреева Г.Н. 1980. Ботаническая география Алтая. М.: Наука. 190 с.

Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Бочарникова М.В., Дудов С.В., Тувшинтогтох И., Жаргалсайхан Л. 2011. Пространственная организация и разнообразие степей Восточной Монголии // Аридные экосистемы. Т. 17. № 1 (46). С. 14-25.

Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Бочарников М.В., Дудов С.В., Тувшинтогтох И. 2009. Крупномасштабное картографирование Дауро-Монгольских степей для целей мониторинга // Аридные экосистемы. Т. 15. № 2. С. 12-27.

Очиров Ц.О. 1976. Блоковая тектоника Забайкалья. Новосибирск: Наука.198 с.

Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. 1986. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние. 226 с.

Сочава В.Б. 1979. Растительный покров на тематических картах. Новосибирск. 189 с.

Холбоева С.А., Намзалов Б.Б. 2000. Степи Тункинской котловины. Улан-Удэ: Изд-во БГУ.119 с.

Холбоева С.А., Цыренова М.Г., Намзалов Б.Б. 2010. К характеристике комбинаций растительности лесостепного пояса в долине р. Джида (Западное Забайкалье) // Проблемы изучения растительного покрова Сибири. Материалы IV Международной. научной конференции, посвященной 125-летию Гербария им. П.Н. Крылова. Томск: Издательство Томского гос. университета. С. 102-104.

FEATURES OF THE SPATIAL ORGANIZATION OF FOREST-STEPPE VEGETATION IN A VALLEY OF THE RIVER DZHIDA (THE WESTERN TRANSBAIKALIA)

© 2013. S.A. Kholboeva, B.B. Namsalov, M.G. Cyrenova

Buryat State University
Russia, 670000 Ulan-Ude, Smolina str., 24a. E-mail: namsalov@bsu.ru

Laws of spatial distribution of vegetation of exposition forest-steppe are considered. The large-scale map of vegetation with allocation of homogeneous and heterogeneous units is made.

Keywords: forest-steppe, vegetation, spatial structure, a map.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 77-82

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК: 581.92(575.1)

ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИНУРАТИНСКИХ ОСТАНЦОВЫХ ХРЕБТОВ (ЮЖНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ)

© 2013 г. А.Р. Батошов, Н.Ю. Бешко

Институт генофонда растительного и животного мира Академии наук Республики Узбекистан
Узбекистан, 100125 г. Ташкент, ул. Дурмен-йули, д.32. E-mail: botany@uzsci.net, avazbek7677@mail.ru

Поступила 03.08.2012

Статья посвящена особенностям флористического состава и растительного покрова Принуратинских останцовых гор и сравнению с группой останцовых гор, расположенных в Центральном и Юго-Западном Кызылкуме. Выдвигается мнение о горном генезисе данной флоры и обосновывается конкретными примерами.

Ключевые слова: флора, растительность, останцовые хребты, фитоценоз, популяция, географический анализ.

Пустыня Кызылкум, расположенная в междуречье Амударьи и Сырьдарьи, является одной из крупнейших пустынь Азии. Огромная площадь пустыни (более 300 000 км^2) главным образом занята равнинными ландшафтами с закрепленными, полузакрепленными и подвижными песками, мощными солончаковыми участками. На территории Кызылкумов разбросано более 15 изолированных друг от друга островных возвышенностей (останцовых низкогорий), вытянутых в широтном направлении. Наиболее крупные останцы: Тамдытау (наивысшая точка 922 м н.у.м.), Кульджуктау (784 м н.у.м.), Букантау (764 м н.у.м.), Аристантау (698 м н.у.м.), Ауминзатау (639 м н.у.м.), Писталитау (557 м н.у.м.; Закиров, 1973). Названные горы представляют собой своеобразный род ландшафтов, который отличается от всех остальных ландшафтов Кызылкума (Закиров, 1971).

Принуратинские останцевые хребты (Писталитау, Ханбандытаг, Эгарбелистаг и Балыклитау) расположены в южной части Кызылкума и административно относятся к Фаришском району Джизакской области Республики Узбекистан. Все они простираются в направлении с юго-востока на северо-запад, параллельно Нуратинским горам. Наиболее крупным из них является Писталитау. Его протяженность около 40 км, ширина до 4 км, высота 557 м н.у.м. Северные склоны Писталитау спускаются к берегам озера Тузкан. Это солоноватое озеро естественного происхождения, которое в настоящее время слилось с антропогенным озером Айдаркуль в один крупный бессточный водоем протяженностью около 180 км и шириной до 40-45 км. Между хребтом Писталитау и Нуратинскими горами среди плоской глинистой предгорной равнины расположены короткие и невысокие гряды Ханбандытаг (474 м н.у.м.), Балыклитау (581 м н.у.м.), Эгарбелистаг (618 м н.у.м.), имеющие протяженность 10-15 км (рис. 1, 2). Для Принуратинских останцовых хребтов характерны довольно резкие неровные очертания водораздельного гребня, крутые каменистые северные склоны и более пологие южные.

Флора останцовых гор Средней Азии, в особенности, низкогорий Кызылкума, привлекала к себе внимание многих известных ботаников. Однако, в отличие от останцовых низкогорий Центрального и Юго-Западного Кызылкума, флора и растительность Принуратинских останцовых хребтов до настоящего времени очень мало изучены.

Первые ботанические исследования на этих хребтах в 1913 г. провел (М.В. Культиасов, 1923). Следует отметить, что около 90% гербарных образцов, собранных в данном районе за 200-летний период и хранящихся в фондах Центрального Гербария Института генофонда растительного и животного мира АН РУз (TASH), были сделаны М.В. Культиасовым. Имеющийся гербарный материал относится только к 120 видам растений. В 1956-1958 гг. в этом районе работал П.К. Закиров, который приводит для Принуратинских останцов список из 154 видов, относящихся к 92 родам и 27 семействам (Закиров, 1971, 1973). Таким образом, Принуратинские останцовые хребты до настоящего времени являются одним из мало изученных районов Узбекистана. Выявление состава флоры этой территории имеет научно-теоретическое значение в понимании родственных связей

флоры останцовых гор Кызылкума, при проведении границ ботанико-географических районов между Туранской и Горносреднеазиатской провинциями.

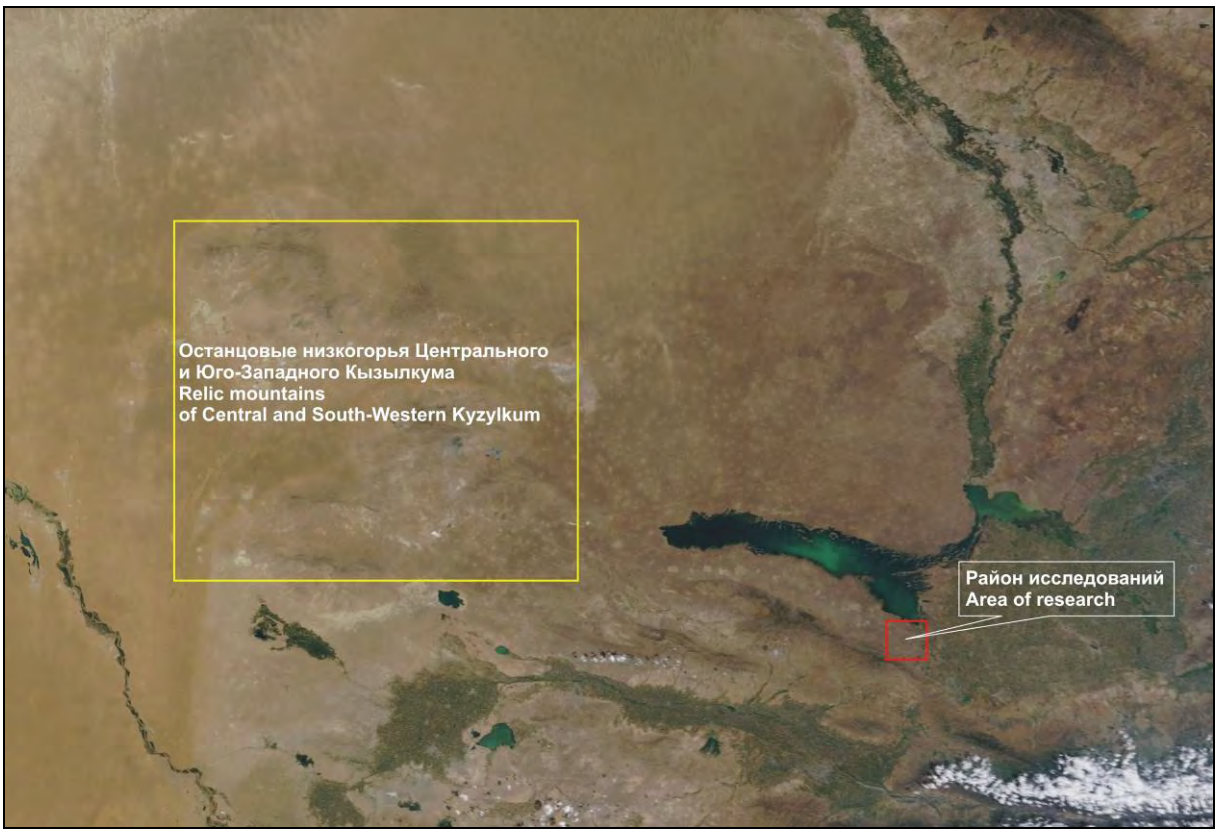


Рис. 1. Останцовые низкогорья Кызылкума на спутниковом снимке (2011).
Fig. 1. Relic mountains of Kyzylkum on satellite image (2011).

Объекты и методика исследований

Нами в рамках проекта «Ботанико-географическое районирование Узбекистана и создание единой базы данных растительного разнообразия» в 2011-2012 гг. детально изучался состав флоры Принуратинских останцовых хребтов. Использовались классический флористический, сравнительно-географический методы исследований и ГИС методы картографирования распространения видов. Были проанализированы родственные связи флоры изучаемой территории и выявлены характерные особенности флоры и растительности, отличающие Принуратинские останцы от остальных низкогорий Кызылкума.

Обсуждение результатов

Большинство ботаников, изучавших низкогорья Кызылкума (Коровин, 1961, 1962; Закиров, 1971, 1973 и др.), растительность всех останцов объединяют в одну группу и относят их к одному ботанико-географическому району. Согласно единому мнению исследователей, при преобладающем пустынном характере растительности, останцовые низкогорья Кызылкума все же тяготеют к горным областям Средней Азии. Около $^{2}/_{3}$ эндемиков Кызылкума (Закиров, 1973; Хасанов и др., 2011) сосредоточены на терриотрии останцовых возвышенностей. Эндемизм флоры останцов имеет молодой и прогрессивный характер на базе преимущественно западно-памироалайских и западно-тяньшанских флор Горной Средней Азии (Хасанов и др., 2011).

Результаты проведенных нами исследований позволяют сделать вывод, что с ботанико-географической точки зрения Принуратинские останцовые хребты занимают особое положение. Во флоре Принуратинских останцов было обнаружено более 770 видов, относящихся 245 родам и 68

семействам высших сосудистых растений. Географический анализ флоры и основные черты растительного покрова Принуратинских останцов показывают значительное отличие от низкогорий Центрального и Юго-Западного Кызылкума.

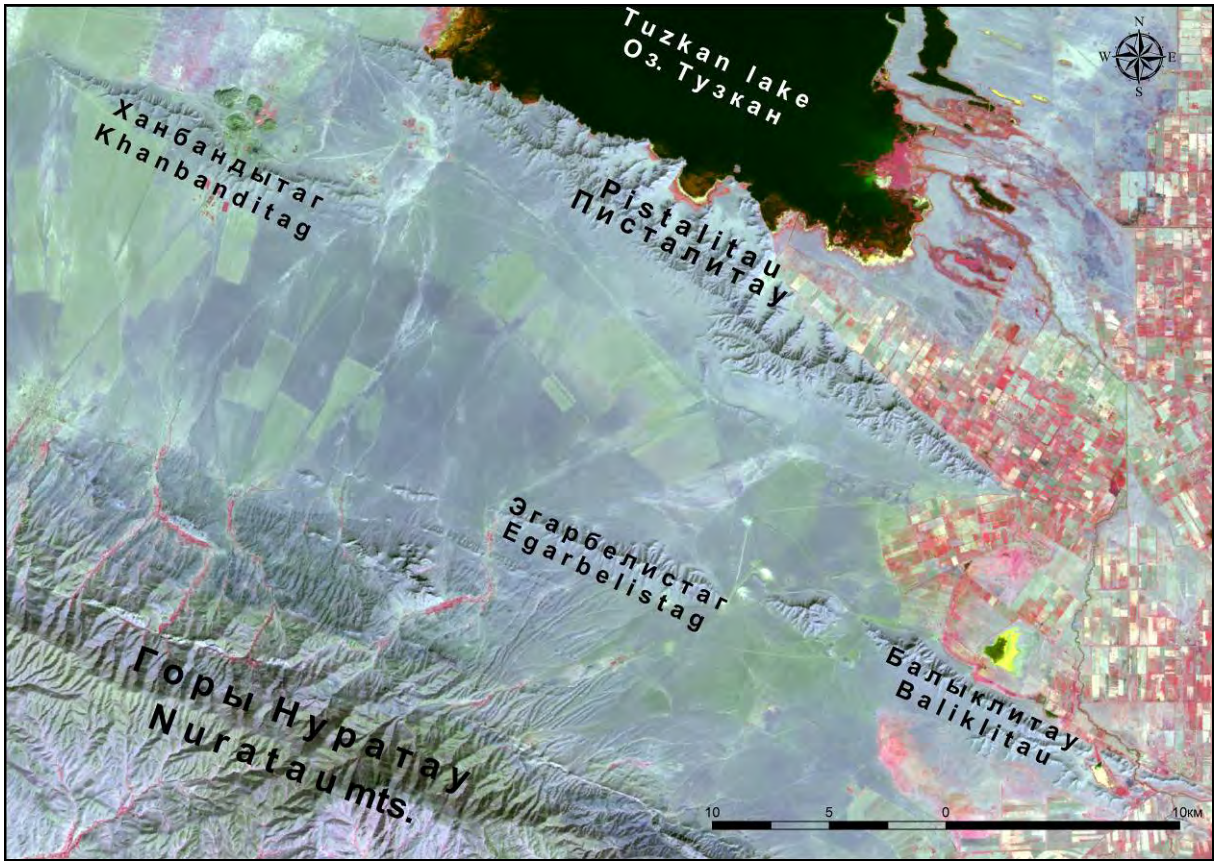


Рис. 2. Район исследований на спутниковом снимке Landsat 7 (2011).
Fig. 2. Area of research on Landsat 7 satellite image (2011).

Растительный покров Принуратинских останцев в основном образуют эфемерово-эфемероидно-полынные сообщества на мелкоземистых и скелетно-мелкоземистых светлых сероземах (*Artemisia diffusa* H. Krash., *A. sogdiana* Bunge, *Carex pachystilis* J. Gay., *Poa bulbosa* L., *Aegilops triuncialis* L., *Taeniatherum crinitum* (Schreb.) Nevski), обычно с участием ксерофильных многолетников (*Psoralea drupacea* Bunge, *Phlomis thapsoides* Bunge, различных видов рода *Phlomoides*). Крутые каменистые склоны покрыты зарослями миндаля колючейшего (*Amygdalus spinosissima* Bunge) с участием ячменя луковичного (*Hordeum bulbosum* L.), полыни (*Artemisia diffusa, A. sogdiana*), эфемеров и разнотравья в травяном ярусе. На подгорной равнине у подножия останцов обширные площади использовались в прошлом для выращивания зерновых на богаре. В настоящее время эти земли заброшены из-за истощения почвы и здесь развиты вторичные фитоценозы, представляющие разные стадии антропогенных сукцессий.

Во флоре Принуратинских останцов главенствующая роль принадлежит семействам *Asteraceae* (118 видов или 15.3% всей флоры) и *Poaceae* (101 вид, 13.1%), что характерно для древнесредиземноморских флор. Семейства *Fabaceae* (45 видов, 5.8%), *Brassicaceae* (44 вида, 5.7%), *Boraginaceae* (37 видов, 4.8%), *Caryophyllaceae* (27 видов, 3.5%), *Apiaceae* (25 видов, 3.2%), *Lamiaceae* (23 вида, 3.0%), основные центры разнообразия которых также находятся в Древнем Средиземье, занимают ведущее место в изучаемой флоре. Вследствие положения Принуратинских останцов на границе Горносреднеазиатской и Туранской провинций, значительную роль в составе флоры играют представители семейства *Chenopodiaceae* (29 видов, 3.8%). Ведущими родами являются *Astragalus*

(22 вида, 2.9%), *Cousinia* (19 видов, 2.5%) и *Allium* (18 видов, 2.4%), что типично для Горносреднеазиатских флор.

Одной из характерных особенностей Принуратинских останцов является малое количество видов *Eremurus* M.Bieb. и их низкое обилие в растительном покрове. Это отличает район наших исследований от аридных периферических горных хребтов Средней Азии, таких как Нуратинские горы, Кугитанг, Сырдарьинский Каратау, и от останцовых низкогорий Кызылкума, где широко распространены растительные сообщества с участием различных видов рода *Eremurus*. Так, у подножия останцов Кызылкума, в особенности Кульджуктау, большую площадь занимают популяции *Eremurus korolkowii* Regel. В окружающей Кульджуктау песчаной пустыне широко распространены популяции *E. inderiensis* (Stev.) Regel и *E. ammophylis* Vved.

По мнению Р.В. Камелина (1973), южная часть Горной Средней Азии является одним из центров происхождения рода *Eremurus*, в связи с чем многие региональные флоры отличаются большим разнообразием видов эремурусов (Бешко, 2000; Сулайманов, 2008; Тожибаев, 2010).

Из отмеченных на хребте Нуратау 8 видов эремурусов (Бешко, 2000), в районе наших исследований изредка встречаются единичные экземпляры только двух видов – *E. olgae* Regel и *E. sogdianus* (Regel) Franch. В то же время, в 20-25 км от останца Писталитау, в предгорьях Нуратинских гор популяции *E. olgae* занимают большую площадь. Хотя Принуратинские останцы по природным условиям и по степени антропогенной нагрузки практически не отличаются от предгорий Нуратау, таких популяций *E. olgae* здесь не отмечено.

Еще одна особенность флоры и растительности Принуратинских останцов связана с представителями рода *Astragalus* L. В целом, виды *Astragalus* не играют заметной роли в составе растительных сообществ изучаемой территории. Несмотря на сходство природных условий, во флоре Принуратинских останцов не встречаются многие виды астрагалов, распространенные на хребте Нуратау и в останцах Кызылкума (*A. ammotrophus* Bunge, *A. bucharicus* Regel, *A. falcigerus* Popov, *A. flexus* Fich., *A. macronyx* Bunge, *A. subbijugus* Ledeb.). Отсутствуют в данном регионе и широко распространенные на равнинах и в аридных низкогорьях Средней Азии *A. turczaninovii* Kar. et Kir. и *A. villosissimus* Bunge, а также характерные для останцов Кызылкума эндемичные виды *A. centralis* E.Sheld., *A. holargyreus* Popov, *A. remanens* Nabiev. В составе изучаемой флоры, в основном, представлены ирано-туранские и ирано-среднеазиатские виды астрагалов, такие как *A. camptoceras* Bunge, *A. campylorrhynchus* Fisch. et C.A. Mey., *A. campylotrichus* Bunge, *A. filicaulis* Fisch. et C.A. Mey.

Еще одно важное отличие Принуратинских останцов в растительном покрове. от низкогорий Кызылкума – ведущая роль принадлежит ячменю луковичному (*Hordeum bulbosum* L.) Фитоценозы с преобладанием *Hordeum bulbosum* занимают большую площадь на южном склоне хребта Писталитау. В этих сообществах присутствуют и другие виды рода *Hordeum* – *H. spontaneum* C.Koch и *H. leporinum* Link. В составе этих фитоценозов наиболее типичными и часто встречающимися видами являются *Allium protensum* Wendelbo, *A. taeniopetalum* Popov et Vved., *Juno maracandica* Vved., *Thalictrum isopyrioides* C.A. Mey., *Lamium amplexicaule* L., *Phleum pratense* L., *Gentiana olivierii* Griseb., *Phleconax conica* (L.) Sourkova, *Tragopogon malicus* Nikitin, *T. krascheninnikovii* Nikitin, *Leontice ewersmannii* Bunge. Растительный покров северных склонов Принуратинских останцов по общему облику и составу доминирующих видов близок к типу растительности туранской сухой разнотравной степи, характерному для высоких предгорий и нижнего пояса гор Западного Тянь-Шаня и Памиро-Алая (что совершенно отсутствует в останцах Кызылкума).

В отличие от останцов Кызылкума, здесь встречается несколько видов рода *Phlomoides* Moench.: *Phl. eriocalyx* (Regel) Adylov, Kamelin et Makhm., *Phl. labiosa* (Bunge) Adylov, Kamelin et Makhm., *Phl. napuligera* (Franch.) Adylov, Kamelin et Makhm., *Phl. uniflora* (Regel) Adylov, Kamelin et Makhm. *Phl. napuligera* образует растительные сообщества, покрывающие значительную часть изучаемой территории. Кроме того, для растительного покрова Принуратинских останцов характерно широкое распространение катрана (*Crambe kotschyana* Boiss.), который образует первый ярус травостоя. Популяции этого вида занимают в изучаемом регионе большую площадь.

В верхней части хребта Писталитау ведущую роль в фитоценозах играет еще один крупный травянистый многолетник – *Rheum maximowiczii* Losinsk. Этот факт показывает сходство флоры и растительности Принуратинских останцов с нижними высотными поясами хребта Нуратау и других регионов Горной Средней Азии. В отличие от низкогорий Кызылкума, на северных склонах и

водоразделе Писталитау часто встречаются популяции *Bieberstenia multifida* DC. и *Primula fedtschenkoi* Regel. Оба этих вида во флоре останцов Кызылкума не отмечены.

Большое сходство изучаемой флоры с горносреднеазиатскими флорами и ее близость к флоре хребта Нуратау подтверждает также присутствие ряда видов кустарников (*Atraphaxis pyrifolia* Bunge, *A. spinosa* L., *Cerasus erythrocarpa* Nevski, *Ephedra equisetina* Bunge, *E. kokanica* Regel), а также мезофитных трав, приуроченных к увлажненным мелкоземистым участкам (*Ranunculus linearilobus* Bunge, *R. pinnatisectus* Popov, *R. sceleratus* L., *Drepanocaryum sewerzowii* (Regel) Pojark., *Th. isopyrioides* C.A. Mey., *Th. sultanabadense* Stapf., *Corydalis sewerzowii* Regel, *Pleconax conoidea* L., *Barbarea vulgaris* R. Br.) и к выходам коренных пород (*Pseudosedum longidentatum* Boriss., *Macrosephalum tetramerum* (Trautv.) Palanov).

Сходство флоры Принуратинских останцов с горными флорами Памиро-Алая подчеркивается наличием таких видов геофитов, как *Tulipa micheliana* Th. Hoog. (Западный Памиро-Алай), *T. korolkowii* Regel (Северо-Западный, Западный и Южный Памиро-Алай), *Allium protensum* (низкогорный пояс Западного Памиро-Алая), *A. taeniopetalum* Popov et Vved. (Кухистан), *Juno maracandica* Vved. (Северо-Западный Памиро-Алай). Широкое распространение в изучаемом регионе имеют характерные для гор Памиро-Алая и Тянь-Шаня *Allium filidens* Regel, *A. jodanthum* Vved., *Andrachne rotundifolia* C.A. Mey., *Astragalus maverranagri* Popov, *Corydalis sewerzowii* Regel, *Dianthus tetralepis* Nevski ex Schischk., *Onosma dichroantha* Boiss., *Crambe kotschyana* Boiss., *Juno narbuti* (O. Fedtsch.) Vved., *Psoralea drupacea* Bunge, *Tulipa turkestanica* Regel, виды рода *Gagea* Salisb. Состав полиморфных (*Allium* L., *Astragalus* L., *Cousinia* Cass., *Ranunculus* L.), олиготропных (*Medicago* L., *Phlomoides* Moench., *Tragopogon* L., *Tulipa* L. и др.) родов и состав однолетних представителей семейств *Brassicaceae, Apiaceae, Boraginaceae, Scrophulariaceae, Ranunculaceae*, а также некоторые особенности растительного покрова (например, доминирование *Hordeum bulbosum*) также показывают сходство Принуратинских останцов с горными регионами Средней Азии. Еще одним доказательством родства изучаемой флоры с горносреднеазиатскими флорами является наличие фисташки (*Pistacia vera* L.), которая ранее была многочисленна на хребте Писталитау, но еще в первой половине прошлого века была почти полностью вырублена и сейчас встречается лишь единичными экземплярами.

Большое влияние на изучаемую флору также оказывает близость пустыни Кызылкум. В данном районе повсеместно встречаются кусты *Ephedra strobilacea* Bunge, большую площадь занимают популяции *Ferula foetida* (Bunge) Regel, которые распространены до самого водораздела Писталитау.

П.К. Закиров в своих работах (1971, 1973) также отмечал некоторые особенности флоры и растительности Принуратинских останцов. В частности, для останцов Центрального и Юго-Западного Кызылкума (Букантау, Тамдытау, Аристантау, Ауминзатау, Кульджуктау, Кокчатау и др.) он указал преобладание пустынных типов растительности и проявление отдельных фрагментов горных высотно-зональных типов, и отнес эти хребты к первой ступени вертикальной зональности по классификации К.З. Закирова (1955) – верхнему чулю. “Чуль” – широко применяемое в локальной научной литературе название пустынных равнин. Принуратинские останцы по общему облику ландшафта, характеру почвенного и растительного покрова и видовому составу флоры П.К. Закиров (1973) относит к поясу предгорий (адыр). Однако, отсутствие полноценного списка флоры не позволило ему провести географический анализ и сделать правильные выводы о ботанико-географическом положении данной территории.

Заключение

В заключение можно сказать, что расположенные на южной окраине Кызылкума Принуратинские останцы относятся к Нуратинскому флористическому округу Горносреднеазиатской провинции в понимании Р.В. Камелина (1973, 1990) и заметно отличаются от других останцовых низкогорий Кызылкума, которые относятся Кызылкумскому останцовому району Кызылкумского округа Туранской провинции (Хасанов и др., 2011; Тожибаев и др., 2012).

Это согласуется и со схемой ботанико-географического районирования Средней Азии, предложенной Е.И. Рачковской с соавторами (Ботаническая …, 2003). Согласно данному районированию, исследуемая территория относится к Горносреднеазиатской провинции Призападнотяньшанско-Памироалайской предгорной подпровинции, тогда как остальные

останцовые низкогорья Кызылкума входят в состав Восточно-Южнотуранской равнинной подпровинции Южнотуранской провинции.

Особое положение Принуратинских останцов по сравнению с другими низкогорьями Кызылкума выявил анализ флористического состава и характерных черт растительного покрова. В отличие от других останцовых хребтов, здесь достаточно явно выражена высотная поясность, характер которой аналогичен нижним поясам хребта Нуратау и других хребтов Северо-Западного Памиро-Алая. По составу и структуре растительные сообщества изучаемой территории типичны для горных регионов Средней Азии. Растительность Принуратинских останцов по флористическому составу является дериватом горных флороценотипов с заметным преобладанием рудеральных и аборигенных эврибионтных видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бешко Н.Ю. 2000. Флора планируемого биосферного заповедника «Нуратау-Кызылкум». // Сохранение биоразнообразия на особо охраняемых территориях Узбекистана. Ташкент: Chinor ENK. С. 21-43.

Ботаническая география Казахстана и Средней Азии и Казахстана (в пределах пустынной области). 2003. / Под ред. Е.И. Рачковской, Е.А. Волковой, В.Н. Храмцова. СПб. 425 с.

Закиров П.К. 1971. Ботаническая география низкогорий Кызылкума и хребта Нуратау. Ташкент: ФАН. 203 с.

Закиров П.К. 1973. Растительность аридных низкогорий // Растительный покров Узбекистана. Ташкент: Фан. Т. II. С. 192-210.

Камелин Р.В. 1973. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л.: Наука. 356 с.

Камелин Р.В. 1990. Флора Сырдарьинского Каратау: Материалы к флористическому районированию Средней Азии. Л.: Наука. 146 с.

Коровин Е.П. 1961. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. 2-е изд. Ташкент: Изд-во АН УзССР. Т. 1. 452 с.

*Коровин Е.*П. 1962. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. 2-е изд. Ташкент: Изд-во АН УзССР. Т. 2. 547 с.

Культиасов М. В. 1923. Очерк растительности гор Пистали-тау. Труды Туркменского научного общ-ва. С. 89-102.

Сулайманов Н.О. 2008. Флора бассейна реки Аксу (Туркестанский хребет): Автореф. дис. … канд. биол. наук. Ташкент. 21 с.

Тожибаев К.Ш. 2010. Флора Юго-Западного Тянь-Шаня (в пределах Республики Узбекистан): Автореф. дис. … докт. биол. наук. Ташкент. 36 с.

Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю., Попов В.А. 2012. О проекте ботанико-географического районирования Узбекистана // Биохилма-хилликни саклаш ва ривожлантириш муаммолари (Проблемы сохранения биоразнообразия). Материалы Республиканского научно-практического семинара. Гулистан. С. 6-10.

Хасанов Ф.О., Шомурадов Х.Ф., Кадыров Г. 2011. Краткий очерк и анализ эндемизма флоры пустыни Кызылкум // Ботанический журнал. Т. 96. № 2. С. 237-245.

CHARACTERISTICS OF THE FLORA AND PLANT COVER OF THE RELIC MOUNTAINS OF THE SOUTH KYZYLKUM

© 2013. A.R. Batoshov, N.Yu. Beshko

Institute of the genepool of plants and animals
Uzbekistan, 100125 Tashkent, Durmon-yuli str., 32. E-mail: botany@uzsci.net, avazbek7677@mail.ru

This article was devoted to specificities of the floristic composition and plant cover of the relic mountains of the South Kyzylkum compared to other group of the low mountains which are situated in central and south-western part of Kyzylkum desert. An idea about mountain genesis of that flora was put forward and this idea was based on concrete examples.

Keywords: flora, plant cover, relic mountains, phytocenosis, population, geographical analysis.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 83-90

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.67

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕВОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЕЛЬТОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ[1]

© 2013 г. Г.С. Куст

Институт экологического почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова
Россия, 119992 г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12. E-mail: gkust@yandex.ru

Поступила 12.11.2012

На примере Южного Приаралья рассматриваются проблемы выращивания сельскохозяйственных культур на слоистых почвах при резком сокращении норм полива, в связи с переходом на менее водоемкие культуры. Показано, что в условиях слоистых почв большое значение при этом имеет расположение дренажных и оросительных каналов, согласованное с направлением внутрипочвенного стока по «рельефу» верхнего водоупорного слоя, определяемого литологическим строением корнеобитаемой почвенно-грунтовой толщи.
Ключевые слова: почва, солевое состояние, слоистые почвы, водоупорный слой, изменение землепользования, ирригация.

Проблемы ирригационного опустынивания и связанных с ним экологических последствий в аридных экосистемах давно занимают исследователей (Залетаев, 1995; Бабаев, Залетаев, 1996).

Результаты исследований, положенных в основу данной статьи, были получены нами достаточно давно – еще в 1991 году, в рамках разработки научного обоснования переориентации структуры сельскохозяйственного использования крупных массивов хлопковых и рисовых полей в дельте Аму-Дарьи под менее водоемкие культуры. Несмотря на достаточно интересные для того времени результаты, из-за распада СССР они не были активно востребованы, не публиковались, и долгое время хранились в отчетных документах. Вместе с тем, в настоящее время эти материалы приобретают еще большую актуальность, поскольку в крупных земледельческих долинах Центральной Азии, расположенных в поймах и дельтах рек, в том числе древних, превращенных в крупные ирригационные системы[2], в условиях сокращения объемов поливных вод, перехода земель в эксплуатацию к мелким землепользователям, рыночной экономики многие хозяйства начали самостоятельно освобождать хлопковые и рисовые поля под традиционные для региона пшеницу, садовые культуры, виноградники, кормовые и овощные культуры, преследуя не только цель сокращения затрат воды на орошение, но и повышение рентабельности сельскохозяйственного производства, обеспечение людей сбалансированным рационом питания за счет местных ресурсов.

Как показывают наши исследования, не во всех случаях такая реструктуризация оказывается успешной, причем зачастую причины неудач остаются непонятными даже для опытных агрономов и специалистов по ирригации. Именно таким случаям и посвящена наша работа, ставящая целью обратить внимание на крайнюю необходимость учета особенностей строения и эволюции почв при проведении мероприятий по отводу земель в пределах относительно молодых ирригационных систем под менее водоемкие культуры, в особенности – многолетние с глубокой корневой системой.

---

[1] Статья подготовлена с использованием аналитических материалов, полученных в 1990-1994 гг. аспирантом факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова Чжаном Чуаньцинем (защитил кандидатскую диссертацию в 1994 г. под руководством Г.С.Куста).

[2] Хорезмский, Бухарский оазисы, Каракалпакстан, Кашкадарьинский, Сурхандарьинский и Голодностепский массивы орошения – в Узбекистане; Мургабский и Тедженский оазисы, а также северная часть Дашогузского велаята – в Туркменистане; Хатлонская область и долина Зеравшана – в Таджикистане; дельта Сырдарьи – в Казахстане; массивы орошения Ферганской долины, расположенные на территории Киргизстана, Узбекистана и Таджикистана одновременно; и другие.

Объекты исследования

Исследования проводились на территории совхоза "Хорезм" Кунградского района Республики Каракалпакстан. Совхоз был ориентирован на производство риса. Земли совхоза расположены на территории современной левобережной дельты Амударьи. Почвы – аллювиально-луговые орошаемые и аллювиально-болотные орошаемые, сформированные на слоистых аллювиальных отложениях. Отмечается переслаивание отложений разного гранулометрического состава (от песков до глин), имеющих разную мощность (от 1 до нескольких десятков сантиметров). Залегание пород разного гранулометрического состава по площади отличается высокой пестротой, связанной с прошлыми периодами пойменно-аллювиального литоморфопедогенеза. Ирригационный нанос в силу сравнительно недавно организованного орошения практически не выражен, и регулярно включается в пахотный горизонт в результате ежегодной механической обработки поверхностного слоя. Уровень грунтовых вод (УГВ) на большей части орошаемой территории залегает на глубине 1-3 м. Такой УГВ при орошении высокими нормами (фактическая годовая водоподача для риса составляла до 20-25 тыс. куб.м/га, для хлопка – 10-15 тыс. куб. м/га) создавал условия для промывного режима корнеобитаемой толщи почв. Вместе с тем, грунтовые воды в дельте Амударьи слабоотточные, то есть естественный дренаж не обеспечивает нормального оттока промывных и дренажных вод. Это ведет к застаиванию последних, повышению их минерализации и участию в восходящих токах с транспирацией и испарением[3], что обусловливает сильное засоление корнеобитаемых слоев почв даже в случае невысокой минерализации грунтовых вод.

Комплексный анализ почвенно-мелиоративного состояния включал подробное изучение почв участков, отведенных под садовые культуры (4-5-летние саженцы семечковых и косточковых культур 2-го года посадки на залежи 3-5 летнего возраста), почв рисовых чеков и почв залежи. На небольшой территории ключевых участков (общей площадью около 300 га) заложено 54 почвенных разреза и 56 скважин ручного бурения. Дана детальная морфологическая характеристика почв. В образцах почв, отобранных по основным почвенным горизонтам/литологическим прослоям/глубинам проведены определения объемной массы почв; анализ pH, активности ионов натрия и хлора, электропроводности (EC) почвенных паст (с соотношением почва:вода=1:1); анализ солевого состава почв по данным водной вытяжки; анализ гранулометрического состава почв; анализ структурного состояния почв. Также сделаны анализы солевого состава грунтовых, оросительных и коллекторно-дренажных вод; в водах определены pH, активности ионов натрия и хлора, электропроводность.

Результаты и обсуждение

Основные результаты проведенных исследований сводятся к следующему.

Недостаточный учет особенностей строения и эволюции орошаемых почв при снижении норм орошения и общей водоподачи приводит к угнетению и гибели саженцев садовых культур. Выпадение саженцев на исследованных ключах составляет в среднем 30-50%, а на отдельных участках до 100%. Саженцы, продолжающие вегетировать, находятся в угнетенном и сильно угнетенном состоянии. Корневая система слаборазвита.

Совокупный анализ состояния саженцев, почв, оросительных, грунтовых и дренажных вод показывает, что причины угнетения имеют комплексный характер.

Первая группа причин связана со специфическими требованиями садовых культур к уровню залегания грунтовых вод (УГВ). Согласно В.Ф. Валькову (1992), В.П. Иванову (1982), при залегании ГВ глубже 3-4 м они не оказывают влияния на плодовые культуры, а при залегании грунтовых вод ближе 0.5-1.0 м от поверхности их влияние – отрицательное. При зеркале грунтовых вод от 1.0 до 4.0 м их влияние зависит от степени минерализации и может характеризоваться как оптимальное или отрицательное.

В первом приближении эта схема вполне согласуется с условиями, наблюдавшимися на исследованных участках. Однако, на наш взгляд, использовать показатель уровня залегания грунтовых вод в условиях аллювиальных орошаемых почв дельты Амударьи можно только в первом приближении. Это связано, во-первых, с пестрой литологией почвообразующих пород, имеющих

[3] Испаряемость здесь в 13-15 раз превышает годовую сумму осадков, составляющую около 100 мм в год.

разную водоподъемную способность, а во-вторых, с сезонными колебаниями УГВ, которые достигают 0.5-1.5 м и более в вегетационный период наблюдений. Поэтому постоянное или временное избыточное увлажнение корнеобитаемой толщи, вызывающее угнетение и гибель растений, в условиях слоистых аллювиальных почв мы рекомендуем диагностировать по прямым признакам оглеения, сохраняющимся в почвенном профиле даже в период его временного иссушения.

Так, если в период наблюдений уровень грунтовых вод на исследованных ключевых участках залегал от 1.0 до 2.2 м, то новообразования железа (потеки, примазки, мелкие стяжения и конкреции) позволяют диагностировать временное избыточное переувлажнение исследованных почв на значительно меньшей глубине. При этом наблюдаемые признаки оглеения слабо связаны с текущим уровнем грунтовых вод, и во многом обусловлены литологией почв: так, при наблюдаемом УГВ в 125 см верхняя граница признаков оглеения в песчаных почвах отмечена на глубине 103 см, а в суглинистых резкослоистых почвах – на глубине около 70 см. В среднесуглинистых и слабослоистых почвах даже при более глубоком наблюдаемом УГВ (140-150 см) признаки временного переувлажнения отмечались с глубины 40-45 см, а иногда – с глубины 5-10 см.

Как правило, для группы почв со сходной, относительно невысокой степенью засоления[4] (ЕС менее 6-7 мСм/см), сохранившиеся саженцы приурочены к участкам с более глубоко располагающимися верхними границами признаков временного переувлажнения.

Вторая группа причин, вызывающих плохую приживаемость саженцев садовых культур, связана с засолением почв и грунтовых вод.

Минерализация грунтовых вод высокая и в среднем по орошаемой территории имела значения 14-18 мСм/см при сульфатно-натриевом и хлоридно-сульфатно-натриевом типах засоления, достигая в отдельных случаях 30 mS/cm (более 10 г/л по данным прямых измерений). Причины такой пестроты в засолении грунтовых вод на относительно небольших площадях также связаны с литологией почвообразующих пород и будут рассмотрены несколько ниже.

Очевидно, что высоко минерализованные близко залегающие к поверхности грунтовые воды обусловливают и высокое засоление почв. Степень засоления корнеобитаемых, и в особенности, пахотных горизонтов почв, различна и сильно варьирует по площади исследуемых ключевых участков. В целом наименьшим засолением отличаются верхние горизонты почв под рисом[5], где электропроводность (в почвенных пастах с соотношением почва:вода=1:1) колеблется в основном от 4.5 до 5.5-7.5 мСм/см, и почти не зависит от гранулометрического состава (в диапазоне от супесей до средних суглинков), хотя в отдельных случаях (как правило, в тяжелосуглинистых образцах) достигает и больших величин (15-24 мСм/см). При этом максимум солесодержания в почвах под рисом обычно расположен на некоторой глубине (около 30-50 см) и имеет средние значения от 10 до 14 мСм/см. Такое распределение солей в почвенном профиле отвечает агротехнологии производства риса на засоленных землях, при которой искусственными промывками в течение всего вегетационного периода поддерживается опресненная линза в пределах корнеобитаемого слоя, а сброс воды с чеков производится незадолго до уборки урожая.

В условиях снижения норм регулярного орошения солевой профиль и содержание солей в почвах изменяются. Так, в почвах молодой залежи и участков, отведенных под сады, солевой максимум отмечается, как правило, в самых верхних горизонтах почв, и, в зависимости от условий микрорельефа и литологии пород, имеет значения от 6-8 до 10-13 мСм/см, достигая иногда и более высоких показателей (до 25-40 мСм/см). И, хотя общие запасы солей (в слое 1 м) в почвах под рисом и почвах бывших рисовников, в том числе отведенных под садовые культуры, в целом практически не различаются, (в почвах под садами относительно менее засоленными оказываются нижние горизонты; табл. 1), тем не менее, перераспределение солей в верхние горизонты, по всей видимости, и обусловливает слабую приживаемость саженцев и быстрое угнетение их слаборазвитой корневой системы.

---

[4] Степень засоления почв и грунтовых вод оценивалась в соответствии с Salinity measures, units and classes. Department of Agriculture and Food. Australia. November 2006. http://www.agric.wa.gov.au/PC_92358.html?s=0.

[5] Отбор образцов почв на участках под рисом проводился на третий день после уборки урожая.

Таблица 1. Запасы легкорастворимых солей в почвах разных ключевых участков, среднее по участку (т/га). **Table 1.** Soluble salts average content in the soils of test plots (tons/ha).

Глубина (см)	Рисовник	Участки под молодыми садами	
		Участок 1	Участок 2
0-10	4.4	18.7	28.4
10-20	8.1	14.3	7.4
20-30	6.5	11.1	6.5
30-50	13.7	18.2	11.8
50-100	48.4	21.4	25.7
Всего в слое 0-100	81.1	83.7	79.8

Важно отметить, что помимо перераспределения солей по профилю, нами также отмечена тенденция увеличения общего солесодержания в почвах (в 1 м толще) в зависимости от времени, в течение которого почвы находятся в режиме меньших норм орошения и промывок. Больше солей содержат те почвы, которые орошаются относительно меньшими нормами и были выведены из-под риса относительно раньше. Подтверждением этой тенденции являются результаты анализа почв залежных участков, которые не орошались с момента их выведения из-под риса (5-7 лет). Эти почвы представляют собой полнопрофильные корково-пухлые солончаки с максимумом солей в верхней части профиля, достигающим значений 45-70 мСм/см и постепенным снижением уровня засоления вниз по профилю до 17-20 мСм/см, т.е. степени засоления, соответствующей горизонтам с вскрывающимися грунтовыми водами на глубине 120-150 см.

Очевидно это связано с тем, что в условиях слабой отточности близкорасположенных грунтовых вод территории, находящиеся в режиме относительно меньшего обводнения и орошения, и участки, расположенные на периферии орошаемых массивов, превращаются в очаги локального соленакопления в результате относительно большего прогревания и, следовательно, относительно большей испаряющей способности почв этих участков (так называемое периферийное засоление орошаемых участков). Поэтому в тех случаях, когда среди крупных слабоотточных массивов, занятых водоемкими культурами, планируется отвод небольших земельных участков под культуры, требующие меньших норм орошения, данное обстоятельство необходимо учитывать в первую очередь.

Третья группа причин, вызывающая снижение плодородия почв, которая требует обязательного учета при пересмотре структуры сельскохозяйственного использования, связана, как мы уже отмечали выше, с литологией почвообразующих пород.

Если в режиме эксплуатации почв под рис и хлопок промывками и большими нормами орошения искусственно создается относительно опресненный деятельный агрослой почв в 20-50 см (своеобразная опресненная линза, слабо перемешивающаяся с нижележащими минерализованными грунтовыми водами), а процессы, происходящие в более глубоких слоях почв, не имеют существенного влияния на этот слой и корневую систему размещаемых культур, то для садовых культур необходимо учитывать все сложение почвенно-грунтовой толщи вплоть до зеркала грунтовых вод. На эту особенность аллювиальных почв дельт неоднократно обращали внимание разные исследователи (Добровольский и др., 2011).

Корневые системы садовых культур требуют хорошей аэрации и не выдерживают высокого засоления почв. Так, если хлопок выдерживает засоление почвенных растворов до 12-13 мСм/см, а рис удовлетворительно вегетирует и плодоносит при засолении почвенных растворов до 5-6 мСм/см, то молодые деревья яблони, персика, молодые лозы винограда требуют уровня засоления почвенных растворов, не превышающего, согласно нашим исследованиям и данным других авторов (Иванов, 1982), 1-3 мСм/см или 0.07-0.25% солей при существующем сульфатно-натриевом и хлоридно-сульфатно-натриевом типе засоления.

Литология же аллювиальных почв такова, что почвообразующие породы представляют собой причудливое разнообразие сочетания слоев разной мощности и разного гранулометрического состава, обязанного своим происхождением формированию их в ранние периоды образования тех

или иных участков дельты, происходившего в условиях естественного литопедогенеза. Так, в озерно-болотных условиях формируются, в основном, отложения тяжелого гранулометрического состава. Смена направления русел и их ответвлений приводит к частой и порой резкой смене режима осадконакопления, поэтому на сравнительно небольших площадях в дельте часто можно отметить различные по мощности и характеру залегания слои разного гранулометрического состава. В пределах ирригационных систем, созданных на таких территориях, естественный дельтовый (пойменный) рельеф маскируется планировочными работами и искусственно созданным рельефом, включающим ровные поверхности полей, ирригационные и дренажные каналы разной глубины и ширины, дорожную сеть, как правило, организованную на искусственных дамбах.

В своих исследованиях мы столкнулись с двумя наиболее типичными случаями, когда специфика слоистых почвообразующих пород оказывает значительное влияние на солевой и водный режим почв, а следовательно, на выращивание садовых культур.

Первый случай описывает ситуации, когда залегание плотного суглинистого слоя, перекрываемого сверху более легкими наносами, носит волнистый характер (рис. 1).

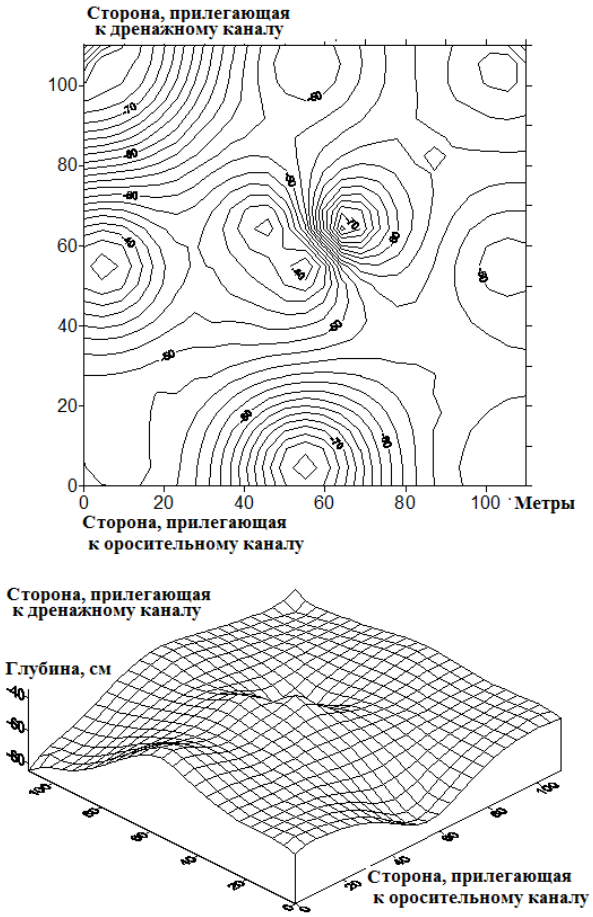


Рис. 1. Рельеф верхнего водоупорного слоя на участке 1 (глубина залегания, см). **Fig. 2.** The surface of upper water bed layer at the plot 1.

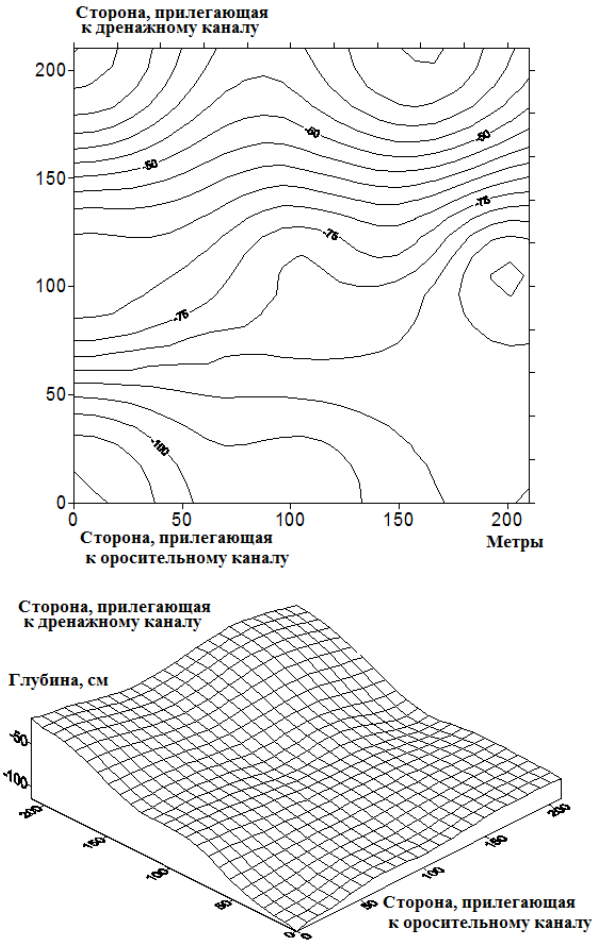


Рис. 2. Рельеф верхнего водоупорного слоя на участке 2 (глубина залегания, см). **Fig. 2.** The surface of upper waterbed layer at the plot 2.

Рельеф этого слоя, служащего первым водоупором для фильтрующихся вод, обусловливает существование своеобразных "понижений", в которых застаивается фильтрующаяся вода. Кроме того, в этих "понижениях" рельефа верхнего водоупорного слоя накапливаются также и фильтраты, стекающие по склону водоупора с других, более "повышенных" участков. В период высыхания именно здесь локализуется максимальное количество легкорастворимых солей, которые, подтягиваясь к поверхности, образуют пятна выпадений сельскохозяйственных культур. К этим

"пониженияям" рельефа водоупорного слоя, в основном, и приурочены участки почв, в которых отмечается наиболее высокая граница проявления признаков временного переувлажнения, а также участки наиболее засоленных почв. Это и вызывает повышенную степень угнетения и выпадение саженцев, растущих на этих "пятнах".

Второй типичный случай, когда недоучет литологии ведет к перерасходу природных ресурсов, наблюдается в ситуациях, когда рельеф верхнего водоупорного слоя образует довольно равномерный склон от одного края поля к другому (рис. 2). Очевидно, что это будет обусловливать перераспределение фильтрационных вод по склону. Однако, даже такой в целом благоприятный рельеф водоупорного слоя не всегда определяет позитивные результаты. В наших исследованиях наблюдались ситуации, представленные на рисунке 3, когда расположение оросителя и коллектора таково, что внутрипочвенный дренажный сток направлен в сторону оросителя, в результате чего допускается огромный непроизводительный перерасход оросительных вод, дренажная система оказывается практически не работающей, а максимально переувлажненными и засоленными оказываются почвы, примыкающие к оросителю.

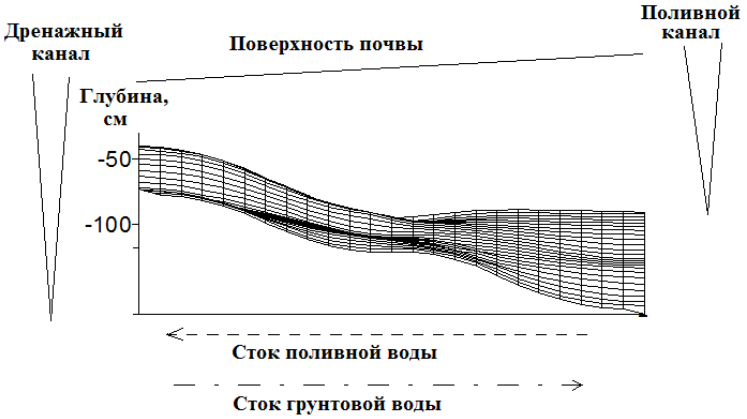


Рис. 3. Схема перераспределения вод на участке 2 (показаны разнонаправленные стоки поливной воды по поверхности и дренажной воды по внутрипочвенному водоупору).
Fig. 3. Water flow on the plot 2 (irrigating surface water and ground water flow by the upper waterbed).

Сделанные предположения о причинах угнетения саженцев на таких участках полностью подтверждаются и данными лабораторных исследований состава оросительных и дренажных вод этого участка. Так, при минерализации грунтовых вод в 15-20 мСм/см и минерализации оросительных вод в 3.7 мСм/см, коллекторная вода имеет соленость, равную 4.0 мСм/см, в то время как на участке, где расположение оросителей и коллекторов лучше согласуется с условиями рельефа верхнего водоупорного слоя, минерализация воды в коллекторе достигает уже 7.7 мСм/см, что свидетельствует о ее лучшей работоспособности.

Таким образом, несмотря на проводимые планировки сельскохозяйственных полей, в дельтовых областях во многом сохраняется влияние особенностей дельтового литоморфопедогенеза на пути эволюции и изменения солевого состояния почв в условиях сокращения норм орошения. Поэтому помимо прямого учета показателей увлажнения и засоления, при изменении сельскохозяйственного использования аллювиальных почв под менее водоемкие культуры, необходимо учитывать литологию почвообразующих пород, и в особенности, рельеф первого водоупорного слоя.

Кроме косвенного влияния на условия засоления и увлажнения, строение почвенно-грунтовой толщи оказывает и прямое влияние на возможность выращивания садовых культур. Для большинства культурных растений оптимальной является плотность почв 1.0-1.2 г/куб.см. Для садовых культур плотность 1.43-1.47 г/куб.см является крайне неблагоприятной, поскольку не позволяет развиваться корневой системе. В исследованных почвах в большинстве случаев уже с глубины 10-20 и 20-30 см отмечаются значения плотности, превышающие эти критические величины. Высокая плотность связана не только с исходной литологией почвообразующих пород, но и, главным образом, с характером сельскохозяйственного использования этих почв. Технология возделывания риса ведет к потере водопрочности почвенных агрегатов. Доля водопрочных агрегатов в почвах современных и бывших рисовников не превышает 5%, хотя в почвах старых садов, никогда не использовавшихся под рис, она составляет около 15-20% (табл. 2).

Введение таких почв без специальной подготовки под садовые культуры приводит к угнетению саженцев. Как правило, не помогает даже предварительное плантажирование и вспашка, поскольку созданная вспашкой структура распадается сразу после нескольких поливов. Сильно снижается водопрочность агрегатов также и в результате высокого засоления верхних почвенных горизонтов, а также контрастного режима их увлажнения-иссушения. Снижение водопрочности верхних горизонтов создает предпосылки для коркообразования, а связанное с этим переуплотнение ведет, в свою очередь, к созданию условий для временного поверхностного переувлажнения почв во время поливов, что также является неблагоприятным при выращивании садовых культур. Кроме того, почвы со слабой водопрочностью агрегатов и высокой плотностью обладают плохими водоудерживающими свойствами.

Таблица 2. Результаты агрегатного анализа исследованных почв по методу Саввинова (верхняя строка – сухое просеивание, нижняя строка – мокрое просеивание). **Table 2.** Soil particle size analysis by Savvinov method (upper line – dry particles, bottom – after water maceration), percentage of particles of different size (in mm).

Горизонт, см	**Содержание агрегатов, %**								
	>10 мм	**10-7**	**7-5**	**5-3**	**3-2**	**2-1**	**1-0.5**	**0.5-0.25**	**<0.25**
Разрез 23 – луговая орошаемая почва под молодым садом									
0-10	30.0	6.3	6.7	8.4	7.5	10.4	6.3	5.7	16.6
	-	-	-	0.14	0.22	0.30	0.80	1.40	97.1
10-20	36.2	6.1	5.3	8.0	6.9	10.7	6.3	5.1	15.0
	-	-	-	0.17	0.28	0.38	1.01	1.60	96.6
Разрез 38 – луговая орошаемая почва под рисом									
0-10	25.6	9.9	8.3	9.0	6.3	6.9	3.5	3.1	26.4
	-	-	-	0.24	0.31	0.24	0.58	0.67	97.3
10-20	16.4	10.7	10.4	11.4	8.2	8.0	3.1	3.3	22.2
	-	-	-	0.24	0.31	0.24	0.58	0.67	97.3
Разрез 42 – луговая орошаемая почва под старым садом									
0-10	30.0	6.0	5.4	9.9	8.2	12.5	6.0	6.9	14.0
	-	-	0.50	1.77	1.45	1.64	3.44	4.20	86.8
10-20	24.0	7.4	10.2	11.8	9.4	13.3	6.1	6.4	10.7
	-	-	0.82	2.12	2.98	3.56	4.04	6.30	80.2

Заключение

При проведении мероприятий по пересмотру структуры сельскохозяйственного производства в направлении замены сельскохозяйственных культур на менее водоемкие, в условиях аллювиальных почв, формирующихся при близком залегании минерализованных слабоотточных грунтовых вод на слоистых отложениях дельтового и пойменного генезиса, необходимо особое внимание обращать на следующие аспекты.

Условия временного избыточного переувлажнения корнеобитаемой толщи, диагностируемые по морфологическим признакам почв (железистые примазки, конкреции и др.).

Засоление почв и распределение солей по почвенному профилю. Особо следует учитывать возможность перераспределения солей в верхние горизонты почв и вероятность увеличения солесодержания, если на сопредельных орошаемых территориях используются более высокие нормы орошения и промывок.

Литология почвообразующих пород и "рельеф" водоупорных слоев, обусловливающих специфику водного и солевого режима почв и характер миграции фильтратов в почвенной толще. Как правило, необходимо пересматривать планировку полей под орошение и расположение оросительных и коллекторных каналов в соответствии с направлением склона водоупорных слоев.

Водопрочность структуры почв и плотность корнеобитаемого слоя почв. Необходимы специальные мероприятия, направленные на создание водопрочной структуры почвенных агрегатов и на ликвидацию предпосылок к самоуплотнению почв.

Указанные особенности почв в комплексе являются первоочередными факторами, ограничивающими урожайность менее водоемких сельскохозяйственных культур, в частности, садов и виноградников, при их внедрении без проведения специальной предварительной подготовки на земли, освобождающиеся после риса и хлопка.

С учетом того, что указанные ограничивающие факторы действуют в комплексе, можно рекомендовать следующий комплекс мелиоративных приемов, снижающих их неблагоприятные воздействия:

– перепланировка полей орошения с учетом литологического строения корнеобитаемой (2.0-2.5 м) почвенно-грунтовой толщи;
– строительство глубокого и частого дренажа, обеспечивающего отведение уровня грунтовых вод до глубины ниже критической (для садовых культур и виноградников – ниже 2.5-3.0 м) и одновременно – создание системы контроля почв по засолению и увлажнению;
– создание однородного и оптимального по плотности и сложению корнеобитаемого слоя с высокой водопрочностью почвенных агрегатов. В качестве мелиоранта можно рекомендовать выращивание многолетних кормовых трав с глубокой корневой системой (например, люцерна, эспарцет) в течение 3-5 лет после освобождения почв из-под риса и хлопка и последующим сохранением травяного клина в севооборотах или, в случае посадки саженцев, сохранением трав в междурядьях на весь период эксплуатации сада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаев А.Г., Залетаев В.С. 1996. К проблеме экологической оценки воздействия орошаемого земледелия на природную среду аридных зон в Центральной Азии (страны СНГ) // Аридные экосистемы. Т. 2. Вып. 4. С. 62-72.

Вальков В.Ф. 1992. Почвы и сельскохозяйственные растения. Ростов-на Дону: Изд-во РГУ. 215 с.

Добровольский Г.В. , Балабко П.Н. , Стасюк Н.В., Быкова Е.П. 2011. Аллювиальные почвы речных пойм и дельт и их зональные отличия. // Аридные экосистемы. Т. 7. Вып. 48. С. 5-13.

Залетаев В.С. 1995. Ирригационное опустынивание и дестабилизация среды как элементы экологического влияния орошения в аридных зонах// Аридные экосистемы. Т. 1. Вып. 1. С. 41-49.

Иванов В.П. 1982. Солеустойчивость плодовых культур // Проблемы почвоведения. М.: Наука. С. 212-216.

PECULIARITIES IN CHANGES OF SOIL SALINITY CONDITIONS IN RESTRUCTURING OF IRRIGATING LANDS OF DELTAIC REGIONS

© 2013. G.S. Kust

Institute of Ecological Soil Science, Moscow M.V. Lomonosov State University
Russia, 119992 Moscow, Lenin hills, 1, bld. 12. E-mail: gkust@yandex.ru

The issue of growing of less water retaining plants on the soils with stratified texture in conditions of sharp decrease of irrigation norms is examined on the test plot in Southern Pre-Aral Sea region. For layered soils the location of drainage and irrigating canals is of big importance, with taking into account the direction of the ground water flow by the upper waterbed, which is determined by the lithologic matrix of root inhabited stratum.

Keywords: soil, salinity conditions, stratified soils, waterbed, land restructuring, irrigation.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 91-98

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 528:634.958

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОЧАГОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2013 г. К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферев

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН
Россия, 400062 г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 97. E-mail: vyuferev1@rambler.ru

Поступила 05.04.2012

Изучена структура очагов опустынивания ландшафтов Астраханской области. Дана оценка деградации на основе аэрокосмической информации и оценки распределения очагов по классам площади. Проведен анализ изменения площади очагов опустынивания по трем временным периодам. Разработана модель прогноза опустынивания при сохранении существующего тренда.

Ключевые слова: опустынивание, деградация, моделирование, космические снимки, геоинформационные системы, очаги, площадь, корреляция, регрессия, анализ.

В настоящее время математическое моделирование в сочетании с картографическими исследованиями становится одним из основных подходов в количественном описании процессов деградации в агроландшафтах. Среди существующих методов оценки деградации и опустынивания наибольший интерес представляют такие, которые обеспечивают прогноз изменений, происходящих в ландшафтах при реальной вариации внешних и внутренних факторов, определяющих такие изменения. Фактически прогнозирование динамичных процессов деградации носит вероятностный характер, а сам прогноз является результатом математического описания развития ситуации в зависимости от изменения наиболее значимых факторов (Виноградов и др., 2000). Основываясь на разработанных ранее критериях экологического состояния (норма, риск, кризис и бедствие) (Виноградов, 1993), для различных видов агроландшафтов определяются динамические критерии. Особенно ярки и быстротечны процессы деградации в переходных зонах, в частности, в ландшафтных экотонах между степью и полупустыней. Например, Черные земли Калмыкии в 1970-х гг. по относительной площади разбитых песков (до 15%) квалифицировались как зона экологического кризиса, однако по скорости прироста площади разбитых песков в год (более 3%) – как зона экологического бедствия (Виноградов, 1998). Б.В. Виноградовым выделено четыре класса динамики экосистем: стабильные (или слабо динамичные) экосистемы со скоростью изменений менее 0,5% площади в год; умеренно динамичные экосистемы со скоростью изменений до 1-2% площади в год; средне динамичные экосистемы со скоростью изменений до 2-3% площади в год; сильно динамичные экосистемы со скоростью изменений 3-4% и более площади в год.

Геоинформационный анализ ландшафтов может быть использован в качестве инструмента выявления динамики опустынивания, определения изменения их характеристик, что позволяет обеспечить рациональное использование ресурсов для ликвидации очагов опустынивания или введения особого режима их использования.

Объекты и методы

Основная задача исследований – выявление состояния и определение основных тенденций изменения ландшафтов на территории Астраханской области, подверженных деградации и опустыниванию, определение динамики этих процессов.

Астраханская область расположена на Прикаспийской низменности. Почвенный покров характеризуется большим разнообразием и пестротой. Он представлен малопродуктивными засоленными, солонцеватыми и заболоченными почвами (80% территории) и плодородными массивами аллювиальных почв поймы и дельты Волги.

Выбор объекта исследований осуществлялся в соответствии с поставленной задачей – выявления

закономерностей деградации и опустынивания земель северо-восточной части Прикаспийской низменности. При анализе изображений, участки с солончаками были выделены в отдельную группу.

Ретроспективный ландшафтный анализ исследуемой территории показывает, что относительно молодая морская равнина имеет маломощные почвы (30-40 см.), что позволяет отнести имеющиеся здесь ландшафты в кластер неустойчивых. То есть, любое негативное воздействие на почвенный покров, несомненно, является толчком к развитию процессов деградации, и, в конечном итоге, ведет к опустыниванию территорий с увеличением открытых поверхностей.

Оценка деградации ландшафтов основывается на математическом и пространственном описании процессов изменения экологического состояния с составлением тематических карт по существующим видам и уровням деградации ландшафтов, а также прогнозных карт экологического состояния ландшафтов.

Источниками аэрокосмической информации являлись космоснимки, получаемые со спутников «GeoEye», «Ikonos», «QuickBird», «OrbView», «SPOT», «Worldview», «IRS», «Landsat-7», «Ресурс ДК», «Метеор 1М» и архивные аэрофотоснимки ВНИАЛМИ.

На начальном этапе с использованием специализированных программных комплексов «Талка 3.2», «Mapinfo», «Global Mapper», «SAS planet» и ряда других была создана многослойная локальная геоинформационная система, объединяющая растровые, векторные, атрибутивные данные на регион, которая позволила оперировать геокодированной информацией для создания новых, аналитических слоев.

Этап анализа разновременных картографических слоев заключался в создании картографических контуров деградированных участков и последующем вычислении их площадей.

При математико-картографической обработке ряды полученных данных о площадях деградации земель сопоставлялись с временными рядами. В результате с использованием статистических программных комплексов Statistica 6.0 и Graphical Analysis 3.1 были выявлены корреляционные связи, уточнена вариабельность и проведен регрессионный анализ с определением зависимостей, описывающих изменения площади деградированных участков поверхности по годам исследований.

Подробно методика геоинформационных исследований ландшафтов изложена в более ранних работах (Юферев и др., 2010, Кулик и др., 2009., Рулев и др., 2011).

Геоинформационные исследования ландшафтов обеспечили создание цифровых картографических слоев деградации за 2002, 2007, 2010 гг., на основе космоснимков со спутников Landsat 7 (2002 г.), IRS-5 (2007 г.) и GeoEye (2010 г.) с нормированным размером пикселя (для всех снимков 100 м), яркости, контрастности и цветового баланса. Нормирование величин тона изображения и пикселя обеспечивало сравнимость результатов расчетов площадей объектов и осуществлялось с использованием процедур программного комплекса по обработке космоснимков ENVI.

Результаты исследований и их обсуждение

Картографирование территории, подверженной процессам опустынивания проводилось на территории области без учета пойменно-дельтовых ландшафтов реки Волга. С использованием геоинформационных технологий и космоснимков были созданы цифровые картографические растровые слои – ландшафтная карта и космокарта деградации ландшафтов (рис. 1, 2). Предварительный комплексный анализ этих слоев позволил инструментальными методами на космокарте выделить полигоны (в нашем случае под полигоном понимается конечное упорядоченное множество точек земной поверхности, ограниченной ребрами, точки пересечения которых, являются его вершинами, а общая совокупность ребер является его границей), близкие по геоморфологическим, морфометрическим, оптическим и другим формальным признакам. Такое выделение является условным, особенно при существующей мозаичности почв и растительности. Однако их использование является важным для последующего определения деградированных ландшафтов и их границ, а также выявления тенденций их деградации, а также определения направления изменений, происходящих в отдельных частях целого с точной, координатной привязкой объектов.

Картографический слой – «Обзорная карта» использовался для выявления географических координат очагов деградации и создания векторных геоинформационных слоев "Полигоны", "Очаги деградации" с привязкой к координатам атрибутивной информации (периметры, площади и т.д.).

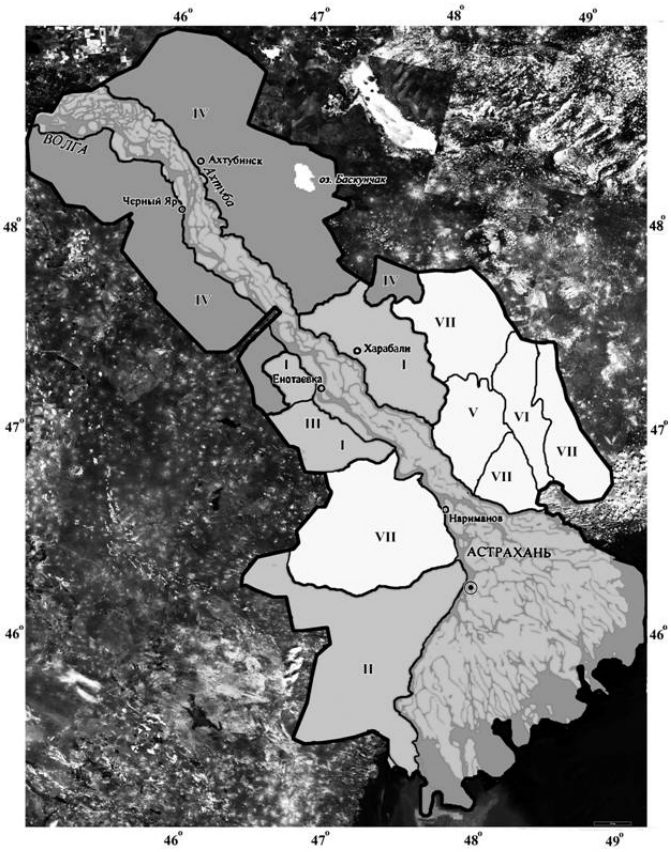


Рис. 1. Картографический слой – ландшафты. Условные обозначения – ***ЛЕГЕНДА к ЛАНДШАФТНОЙ КАРТЕ. Ландшафтные комплексы морских перевеянных равнин:*** I – бугристо-грядовые ландшафты "бэровских" бугров с белополынно-прутняковыми (*Kochia prostrata-Artemisia lerchiana*) сообществами на бурых солонцеватых и солончаковатых супесчаных почвах; II – Ильменно-бугровые ландшафты с сорно-полынной растительностью на бурых супесчаных почвах "бэровских" бугров, злаково-разнотравными лугами и тростником на ильменных почвах по берегам ильменей; III – пологоволнистые ландшафты с бурыми супесчаными почвами в комплексе с солонцами, редко солончаками, единичными язвами, дефляции. ***Ландшафтные комплексы морских равнин:*** IV – плоские и волнисто-равнинные ландшафты с полынно-злаково-ромашниковыми (*Tanacetum achilleifolium-Gramíneae-Artemisia lerchiana*) сообществами на светло-каштановых и бурых суглинистых и глинистых почвах в комплексе с солонцами, ложбинами, западинами и микропонижениями. ***Ландшафтные комплексы эолово-аккумулятивных равнин:*** V – бугристые разбитые и слабозаросшие пески с барханными комплексами, джузгуном (*Calligonum* spp.) по вершинам и склонам песчаных бугров, полынно-злаково-ромашниковой (*Tanacetum achilleifolium-Gramíneae-Artemisia lerchiana*) изреженной растительностью по понижениям, почвенный покров слаборазвит; VI – бугристые слабозаросшие пески с барханными комплексами, озерно-соровыми понижениями и котловинами, псаммофитами и солянками по понижениям; VII – бугристые слабо- и среднезаросшие пески с барханными комплексами, белополынно-однолетниковыми сообществами, джузгуном и овсом щетинистым (*Avena srigosa*) по разбитым участкам. **Fig. 1**. The Map's layer – the landscapes. ***LEGEND to THE LANDSCAPE MAP. The landscape complexes of the deflated marine plains:*** I – hillocks-ridge landscapes of the "Baire" hillocks with white-sagebrush - kochia (*Kochia prostrata-Artemisia lerchiana*) communities on the brown saline and saliniferous sandy loam soils; II – the ilmen- hillock landscapes with weed-sagebrush vegetation on the brown sandy loam soils of "Baire" hillocks, with grass-forb meadows and reed on the ilmen's soils along the bank of ilmen; III – the gentle-wavy landscapes with the brown sandy loam soils in a combination with solonetz, rarely saline soils, single plagues of deflation. ***The marine plains landscape complexes:*** IV – the flat and wavy plain landscapes with sagebrush-grass-chamomile (*Tanacetum achilleifolium–Gramíneae–Artemisia lerchiana*) plant communities on the light-chestnut and brown loamy and the clay soils in a combination with the solonetz, hollows, trough, and microdepressions. ***The eolian-accumulative plains landscape complexes:*** V – the broken hillock and poorly covered sands with barkhan complexes, calligonum (*Calligonum* spp.) along the peaks and slopes of sand hillock, sagebrush-grass-chamomile (*Tanacetum achilleifolium–Gramíneae–Artemisia lerchiana)* thinned plant communities in depressions. The soil cover is undeveloped; VI – the poorly covered hillock sands with barkhan complexes, lake-sors depressions and hollows, psammophytes and saltworts in the depressions; VII – the slightly and medium overgrown hillock sands with the barkhan complexes, sagebrush, calligonum and giant ryegrass (*Avena strigosa*) on the broken areas.

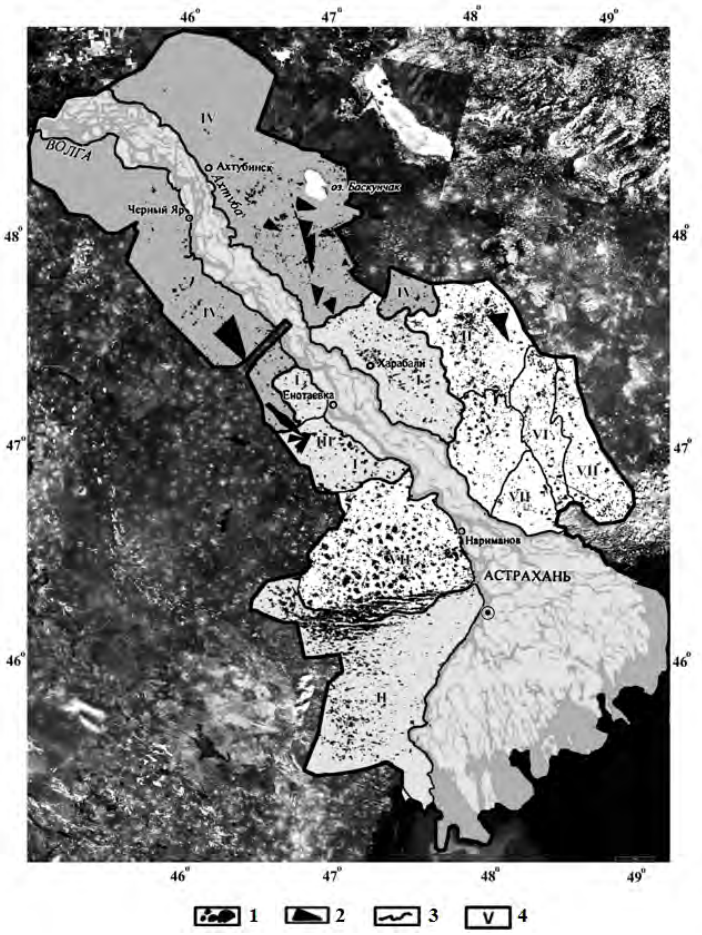


Рис. 2. Картографический слой деградации ландшафтов (2010 г.). Условные обозначения: 1 – очаги деградации "бедствие", 2 – территории пройденные пожарами, 3 – границы ландшафтов, 4 – номера ландшафтных комплексов.
Fig. 2. The Map's layer of the landscape degradation (2010). Symbols: 1 – the degradation hotspots with level "disaster", 2 – the area affected by fires, 3 – the borders of the landscapes, 4 – the number of the landscapes complexes.

На следующем этапе были разработаны слои крупномасштабных тематических космокарт региона исследований. При этом были отобраны цифровые и оцифрованы архивные аналоговые разновременные снимки, содержащие полное изображение региона исследований с минимальными, по возможности, искажениями и потерями, и обеспечивающие возможность выявления необходимой информации.

Для обеспечения сравнимости результатов дешифрирования и повышения качества изображения осуществлялась компьютерная коррекция космоснимков (яркости, контрастности, цветовых параметров) с использованием гистограмм распределения цветов в системе RGB, путем выравнивания значений тонов совпадающих по уровню деградации эталонных участков (например, не покрытых растительностью). На основе скорректированных снимков были созданы геоинформационные слои – космокарты опустынивания территории по периодам исследований.

Ландшафты Астраханской области расположены на Прикаспийской низменности, характеризующейся незначительными перепадами высот, поэтому дешифрирование их состояния с достаточной точностью проводилось по одиночным снимкам с распознаванием тона и рисунка изображения.

В связи с тем, что видовой состав фитоценоза не может быть достоверно установлен только по космоснимкам, а проективное покрытие в определенной мере отражает деградацию (Виноградов, 1984), то оно было использовано как основной дешифровочный признак.

Исследования показали (Кулик и др., 2009) взаимосвязь проективного покрытия и фототона цифрового космоснимка. Важно отметить, что наибольшая точность в определении величины проективного покрытия достигается при его значениях от 20 до 60% (Виноградов, 1984). При этом средняя ошибка определения проективного покрытия составляет не более 5%. При величине проективного покрытия меньше 20%, средняя ошибка возрастает незначительно, а все значения более 45% относятся к уровню критерия "норма". Вследствие этого, проективное покрытие можно считать актуальным критерием, а использование дополнительных дешифровочных признаков, например,

рисунок, упорядоченность элементов изображения значительно повышают точность определения уровня деградации, хотя и требуют определенного уровня подготовки дешифровщика.

Определение значений диапазона фототона для дешифрирования состояния проективного покрытия деградированных ландшафтов осуществлялось в соответствии с эталонными значениями, установленными полевыми исследованиями (Кулик и др., 2009). В таблице 1 даны примерные значения диапазонов фототона для различных уровней деградации аридных ландшафтов.

Таблица 1. Соответствие диапазонов значений фототона уровням деградации ландшафтов.
Table 1. Levels of landscape degradation according to the ranges of the photo-tone values.

Уровни деградации	Проективное покрытие растительности, %	Диапазон фототона, ед.
Бедствие	0-15	140…210
Кризис	15-25	110…139
Риск	25-35	80…109
Норма	35-45	50…90
Солончаки	0-15	105…245

Общая площадь исследованной территории составила 3.98 млн. га. В результате исследований получены данные по динамике площади очагов деградации (табл. 2), которые свидетельствуют о нарастании самой опасного вида деградации – опустынивания в связи с чем, можно отметить, что деградация ландшафтов Астраханской области к настоящему времени приобретает характер экологического бедствия, из-за скорости изменений.

Таблица 2. Изменение суммарной площади очагов по уровням деградации в Астраханской области с 2002 по 2010 гг. **Table 2.** Change of the total area of degradation hotspots in the Astrakhan region by the levels of degradation beginning from 2002 to 2010 years.

Год	Площадь участков с разной степенью деградации, га			
	БЕДСТВИЕ	КРИЗИС	РИСК	НОРМА
2002	415882	3291903	205628	73109
2007	451733	3144643	240967	149180
2010	764628	2866716	336903	18276

Площадь открытых поверхностей в 2010 году возросла в 1.9 раза по сравнению с 2002 годом и достигла 0.765 млн. га, что составляет 19% от общей площади исследования (в 2002 было 0.416 млн. га или около 10%).

Общая площадь недеградированных участков сократилась с 1% (2002 г.) до 0.4% (2010 г.).

Пожарами были охвачены в 2002 году 0.166 млн. га, в 2007 г. – 0.073 млн. га и в 2010 г. – 0.067 млн. га (рис. 2). В 2010 г. пожарами вновь были пройдены некоторые территории, горевшие в 2002 г.

Ландшафты, пройденные пожарами отнесены в особую группу ареалов деградации, поверхность которых обнажается и на космоснимках фиксируется как открытая, без растительного покрова.

В Астраханской области наиболее часто подвергаются воздействию степных пожаров полынно-злаковые, ковылково-полынно-разнотравные, полынно-эфемеровые, ковылково-эфемеровые, разнотравно-злаковые, разнотравно-полынные, полынные, ковылковые, эфемерово-полынные растительные сообщества. Наиболее часто горят участки вблизи чабанских точек, населенных пунктов, дорожной сети (Воронина, 2012).

После пожара почва оголяется и покрывается золой, поэтому она быстрее и сильнее нагревается, иссушается, способствуя деградации. Выпавший зимой снег сносится, что приводит к снижению

общего запаса влаги в почве.

Степные пожары снижают экологическую устойчивость пастбищных экосистем. Пастбищные участки, пострадавшие от пожаров, можно эксплуатировать в щадящем режиме лишь на 2-3-й год после пожара, до восстановления дерновинных злаков, в противном случае пастбище легко подвергается дигрессии и превращается в "сбой". Такие участки были выделены на картографических слоях отдельными контурами.

На основании анализа распределения пикселей на изображении с учетом результатов дешифрирования и фотоэталонирования ландшафтов при помощи программного комплекса ENVI были созданы новые геоинформационные слои – уровней деградации, где все ландшафты представлены в 4-х цветном виде по диапазонам тонов пикселей, соответствующим уровням деградации.

Потенциально опасными, обеспечивающими прирост опустынивания к 2010 г., являлись ареалы с уровнем деградации «Кризис». В общей сумме площади деградированных ландшафтов с уровнями «Бедствие» и «Кризис» в Астраханской области составляют 3.631 млн. га или 93%.

Предложена логарифмическая шкала классов площади очагов деградации, включающая следующие классы: 0-10 га; 10-100 га; 100-1000 га; свыше 1000 га. Распределение очагов опустынивания, участков территории с уровнем деградации «Бедствие» было проведено по классам площади для трех временных срезов (табл. 3).

Таблица 3. Изменение количества, средней и суммарной площади очагов деградации по классам площади и годам исследований. **Table 3.** Changes of the number, average and total area of the degradation hotspots by the classes of area and the years of research.

Классы площади очагов деградации, га	1-10	10-100	100-1000	более 1000
Год космосъемки	2002			
Количество очагов по классам площади (Бедствие), шт	73	575	515	52
Средняя площадь очага в классе (Бедствие), га	7.4	45.6	286.2	4649.3
Сумма площадей очагов по классам (Бедствие), га	536.2	26208.0	147373.9	241763.9
Год космосъемки	2007			
Количество очагов по классам площади (Бедствие), шт	37	650	475	70
Средняя площадь очага в классе (Бедствие), га	8.6	42.5	322.2	3868.3
Сумма площадей очагов по классам (Бедствие), га	320	27599	153035	270778
Год космосъемки	2010			
Количество очагов по классам площади (Бедствие), шт	385	1526	653	115
Средняя площадь очага в классе (Бедствие), га	6.6	35.9	312.2	4377.3
Сумма площадей очагов по классам (Бедствие), га	2524.54	54836.67	203879.93	503386.38

Отмечено увеличение количества очагов опустынивания к 2010 г. для всех классов площадей. Наибольшее абсолютное увеличение их количества приходится на класс до 100 га 1526 шт. (2010 г.) и всего 575 шт. (2002 г.). По относительному увеличению можно отметить класс до 10 га, где количества участков увеличилось в 5.27 раза. То есть произошло значительное увеличение количества очагов опустынивания во всех классах площадей.

Анализ изменения суммарной площади участков по классам площадей показывает экспоненциальное нарастание площади опустынивания практически по всем классам площадей, что подтверждает катастрофический характер деградационных процессов.

Для моделирования динамики деградационных процессов наиболее адекватна логистическая функция, которая аппроксимируется с высокой точностью (не менее 5%). В ландшафтной экологии (Федоров, 1980; Виноградов, 1995) используется логистическая кривая для определения мощности

показателей допустимых, предельно допустимых, критических и катастрофических нарушений (норма, риск, кризис, бедствие) антропогенной нагрузки на экосистемы.

Для аналитического описания деградационных процессов была выбрана логистическая функция, так как она соответствует априорным представлениям о процессах, происходящих на разных пространственных уровнях (топо-, мезо-, макро-) и во временном аспекте. Кроме того, она и адекватно аппроксимирует процессы и явления, что дает возможность использовать ее для осуществления прогноза.

В результате для прогнозирования развития деградационных процессов в ландшафтах Астраханской области было эмпирически получено логистическое уравнение:

$$Sб=(316000/(0.531+285*EXP((-0.807)*x)))+415882,$$

где *Sб* – площадь деградированных участков (Бедствие), *x* – время от начала исследований, год. Стандартная ошибка (RMSE)=1441, R^2=0.992.

Это уравнение позволяет осуществлять прогноз изменения площади опустынивания ландшафтов, без учета возможных мероприятий по их мелиорации.

На рисунке 3 показано увеличение общей площади очагов опустынивания за 8 лет и линия тренда соответствующая разработанному логистическому уравнению с экстраполяционным прогнозом до 2017 г. при сохранении существующих условий использования земель.

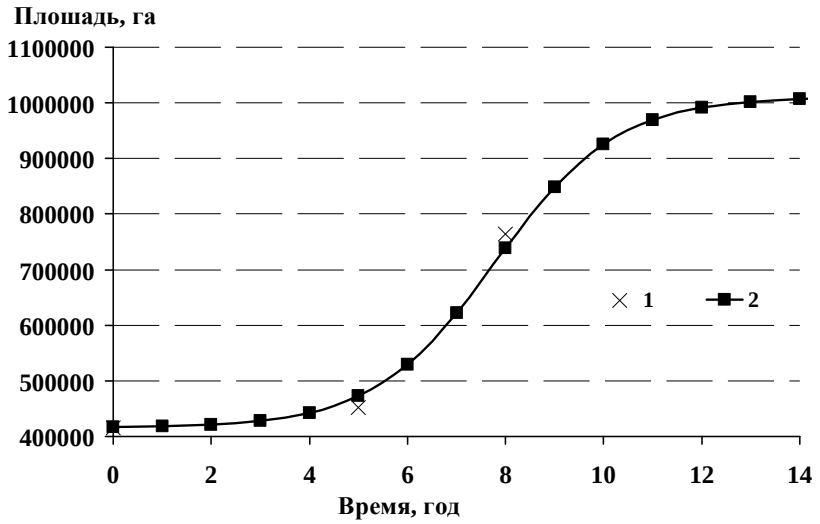


Рис. 3. Динамика площади очагов деградации с уровнем «Бедствие» по годам исследований и прогноз до 2017 г.: 1 – данные исследований; 2 – кривая аппроксимации. **Fig. 3**. The dynamics of the area of degradation hotspots to the level of "disaster" by years of research and forecast up to 2017: 1 – research data, 2 – the curve of approximation.

Заключение

Применение геоинформационных технологий для осуществления прогнозно-динамического картографирования и моделирования деградации пастбищных ландшафтов Астраханской области показали его высокую эффективность и результативность. Общая исследованная площадь превысила 3.9 млн. га. В результате разработана локальная ГИС с разновременными слоями деградации растительного травянистого покрова, на которой выделены участки ландшафтов с различным уровнем деградации, позволяющая проанализировать происходящие изменения. Общая площадь недеградированных земель к 2010 г. снизилась до 18.3 тыс. га. К сильно деградированным – опустыненным участкам отнесены угодья, занимаемые в настоящее время подвижными (открытыми) песками, что к 2010 г. составило 764.63 тыс. га. Кризисные участки ландшафта занимают площадь 2866.7 тыс. га и являются "резервом" дальнейшего опустынивания. Умеренно деградированные ландшафты имеют площадь 336.9 тыс. га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Виноградов Б.В. 1984. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука. 320 с.

Виноградов Б.В. 1993. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия РФ // Известия РАН. Серия 5. География. С. 77-89.

Виноградов Б.В. 1998. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС. 418 с.

Виноградов Б.В. Кошель С.М., Кулик К.Н. 2000. Прогнозирование пространственно-временной динамики экосистем методом универсального кригинга // Экология. № 5. С. 323-332.

Виноградов Б.В., Шакин В.В. 1995. Логистический подход к нормированию показателей экологического состояния // Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование. М.: ИГ РАН. С. 73-74.

Воронина В.П. Власенко М.В., Вдовенко А.В. 2012. Восстановление растительности аридных пастбищ астраханской области, подвергшихся пирогенному воздействию // Научное обозрение. № 3. С. 10-17.

Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. 2012. Спутниковый индекс климатических экстремумов засушливых земель // Аридные экосистемы. Т. 18. № 4 (53). С. 5-12.

Кулик К.Н. 2004. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: ВНИАЛМИ. 248 с.

Кулик К.Н., Рулев А.С. Юферев В.Г., Бакурова К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. 2009. Методические указания по дистанционному эколого-экономическому мониторингу аридных пастбищ на основе ГИС-технологий. М.: РАСХН. 38 с.

Панкова Е.И., Герасимова М.И. 2012. Пустынные почвы: свойства, почвообразовательные процессы, классификация // Аридные экосистемы. Т. 18. № 2 (51). С. 5-16.

Рулев А.С., Юферев В.Г., Юферев М.В. 2011. Методология геоинформационного моделирования // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. № 5. С. 5-6.

Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. 1980. Экология. М.: Изд-во. Московского. университета. 464 с.

Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С. Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. 2010. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ. 102 с.

GEOINFORMATION ANALYSIS OF DESERTIFICATION HOTSPOTS IN THE ASTRAKHAN REGION

© 2013. K.N. Kulik, A.S. Rulev, V.G. Yuferev

All-Russian Scientific-Research Institute of Agroforestry
of the Russian Academy of Agricultural Sciences
Russia, 400062 Volgograd, Universitetskiy Avenue, 97. E-mail: vyuferev1@rambler.ru

The structure of the desertification hotspots of the Astrakhan region landscapes has been studied. The estimation of degradation scale on the basis of the remote sensing information and estimation of the distribution of the hotspots by the area categories is given. The analysis of changes in the area of the desertification hotspots by three time slices is made for three time slices. The prediction model of desertification development under the existing trend has been developed.

Keywords: desertification, degradation, modeling, satellite imagery, geographic information systems, hotspots, area, correlation, regression, analysis.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 99-106

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 551.217.24 (470.67)

ПРОЯВЛЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЕПЛОВ В ДОЛИНЕ РЕКИ ИСТИСУВ В АРИДНОЙ ЗОНЕ ДАГЕСТАНА (ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ)[1]

© 2013 г. С.И. Исаков*, В.У. Мацапулин*, Е.В. Тулышева, А.Р. Юсупов***

**Институт геологии Дагестанского научного центра РАН*
Россия, 367032 г. Махачкала, ул. Ярагского, д. 75. E-mail: isakov_156@mail.ru
***Дагестанский государственный университет*
Россия, 367000 г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 21. E-mail: tulysheva1966@mail.ru

Поступила 12.03.2013

Изучены геолого-геоморфологические особенности долины реки Истисув и проявлений пеплов различных генетических образований в ней. Рассмотрен минералогический состав коренных проявлений пеплов, гидротермально-измененных пород связанных с ними и рыхлых пород террас долины. Представлены генетические выводы по формированию рыхлых отложений террас и их значение для изучения региональных вулканогенных процессов, происходящих в аридных регионах мира.

Ключевые слова: долина реки, терраса, вулканическое проявление пеплов, гидротермально-измененные породы, минералы, легкая, тяжелая фракции, кварц, полевой шпат, серицит, цеолит, вулканическое стекло.

В Дагестане, занимающем большую часть Восточного Кавказа, известен магматизм, представленный двумя магматическими диабазовыми поясами – Кахетинским и Казбековским. Они расположены в пределах Главного Кавказского и частично Бокового хребтов, сопутствуют Главному Кавказскому разлому. Здесь же с ними ассоциирует Южный металлогенический пояс с двумя металлогеническими формациями – медно-пирротиновой (колчеданной) и жильной кварц-сульфидной с проявлениями свинца, цинка, меди, кобальта.

К северу от описываемых структур магматических образований практически не было известно до настоящего времени. Были только установлены пласты вулканических пеплов в Южном Дагестане. Такие исследователи как В.Д. Голубятников, В.П. Ренгартен, Л.И. Горбунова установленные пеплы относили к перенесенным из смежных с Дагестаном территорий – северного Азербайджана и южного склона Главного Кавказского хребта. В последнее 10-летие (с 2006 года) нами установлены порядка 30 проявлений вулканических пеплов в южном, центральном и признаки наличия пеплов в западном Дагестане (Мацапулин и др., 2007, 2008).

Установленные пеплы по химическому составу относятся к образованиям связанным с андезитами и более кислыми разностями до кварцевых кератофиров с несколько повышенной щелочностью (Петрографический кодекс, 2009). Что же представляют собой установленные проявления вулканических пеплов – перенесенные пеплы или пеплы образованные на месте, т.е. местными вулканическими процессами? Это имеет огромное значение для геологии региона, ранее считавшимся амагматическим. По таким признакам как тектонические полости, из которых происходило извержение пеплов (Мацапулин и др., 2009; эпигенетическое соотношение пластов пеплов с вмещающими породами, тесная ассоциация эпигенетических пластов с травертином, волокнистым гипсом; наличие пеплов внутри карбонатных толщ, различие пеплов по минеральному и химическому составу с пластами пеплов Азербайджана) последние отнесены к местным образованиям, связанным с позднекайнозойским проявлением вулканогенных процессов. Мы считаем, что образование пеплов происходило за счет газо-паро-пепловых флюидов, которые при движении к земной поверхности производили гидротермальные преобразования вмещающих пород и привнос некоторых веществ. Это также является признаком местных вулканических процессов. В некоторой части пепловых образований нет характеристик местного их происхождения, поэтому они

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-96502 р-юг-а.

на данной стадии изученности считаются более перенесенным, чем образованными на месте (Дербентские, Кара-Тюбе, Шор-Дере, Ортостал и др.).

Результаты предшествующих работ

При изучении вулканических пеплов в Дагестане мы отмечали возможность их установления в пределах и других площадей, помимо установленных в Буйнакском, Левашинском, Каякентском и Табасаранском районах. Так в пределах хребта Нарат-Тюбе, сложенного чокрак-караганскими кварцевыми песчаниками, установлены несколько новых проявлений вулканических пеплов. Одно из них обнаружено в долине р. Истисув примерно в одном километре от выхода долины на приморскую низменность, во второй гряде песчаников, составляющих хребет (рис. 1).

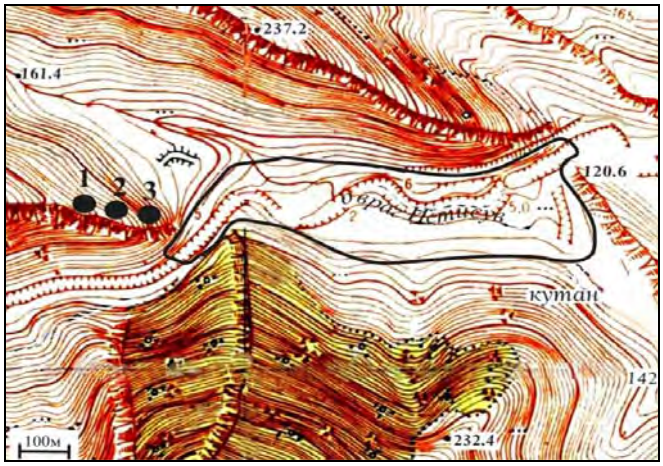


Рис. 1. Долина оврага Истисув. Условные обозначения: 1, 2, 3 – проявления вулканических пеплов в караган-чокракских песчаниках; – контур террас, сложенных вулканогенным рыхлым материалом.
Fig. 1. The Istisuv valley ravine. Symbols: 1, 2, 3 – manifestation of volcanic ash in the Karagan-Chokrak sandstones; – contour of the terraces composed of loose volcanic material.

Долина реки Истисув второго порядка берет начало и протекает перпендикулярно простиранию передового хребта Нарат-Тюбе, составляющего фронтальную часть Восточно-Кавказского орогена, при переходе его в Терско-Сулакский передовой прогиб. Она образована эрозионными процессами вспять, что характерно для всех водотоков берущих начало на отмеченном хребте (Тулышева, 2002). В системе хребтов Восточного Кавказа Нарат-Тюбе является самым молодым, следовательно, и его водотоки будут наиболее молодыми. Он сложен среднемиоценовыми песчанистыми породами, перемежающимися с глинистыми аргиллитами. Вдоль хребта Нарат-Тюбе северо-восточного простирания прослеживается зона Нарат-Тюбинских разломов, к которым приурочены проявления вулканических пеплов, сопровождающихся изменениями вмещающих пород – окварцеванием, ожелезнением (гематитизацией), примесями самородной серы, алунита, волокнистого гипса (гипса-бассонита), проработкой кварцевых песчаников до образования белых рыхлых кварцевых песков и монолитных вторичных кварцитов по кварцевым песчаникам. К таким вулканогенным проявлениям отнесены образования в долинах рек Шура-Озень, Истисув и на Буйнакском перевале. К подобным образованиям отнесены и проявления белых рыхлых кварцевых песков старого и нового песчаных карьеров Буглена, тектонической зоны Нижнее Казанище. Но они расположены уже к югу от Нарат-Тюбинской зоны разломов в пределах Буйнакской впадины и в них доминируют кварцевые пески, а вулканический пепел пока не установлен. Те и другие образования несомненно обязаны своим происхождением вулканогенным процессам, связанным с паро-газо-пепловыми флюидами, отмечающимися и при активизации современных вулканов Камчатки – Корякский и другие (Иванов, 2009; Максимов и др., 2011; Селиверстов, 2009).

На проявлениях песчаных карьеров Н. Казанище и Бугленских, а также рек Истисув, Шура-Озень и Буйнакского перевала, локализующихся в слабосцементированных кварцевых песчаниках, проявлены структуры взрывных процессов при образовании рыхлых, белых кварцевых песков, что также является признаком местного формирования рассматриваемых вулканогенных образований.

Результаты исследований

В долине реки Истисув установлены три типа вулканических проявлений (рис. 1). Одно из них (более южное, 1) представлено выходами кварц-пепловых образований, секущих песчаники почти

перпендикулярно простиранию. Вертикальная проекция первого проявления (рис. 2), соответствует проявлению первой зоны (рис. 1). Здесь выделяются кварц-пепловые породы, кварц-гематитовые ожелезненные, глины, кремнистые прослои. Вторая зона (рис. 1) менее мощная (0.2-0.3 м) чем первая, прослежена в 40 м севернее от нее. Здесь на поверхности видны только белые кварц-пепловые породы. Северо-восточнее от отмеченных проявлений, на окончании упомянутой выше гряды песчаников, отмечается третья зона проявлений вулканических пеплов и сопровождающих ее гидротермальных процессов, которая отличается субсогласными элементами залегания с песчаной толщей. Мощность зоны порядка 30-40 м, в ней выделяется пять эпигенетических (по отношению к песчаникам), наложенных прослоев N–0.5-1.5 м, представленных вулканическими пеплами, измененными (окремнение, ожелезнение) породами. В самой (стратиграфически) верхней песчаной зоне устанавливаются в виде обособленных сгустков – самородная сера и образования оранжевого цвета – вероятно алунита.

Отмеченные проявления расположены на близком расстоянии друг от друга и, видимо, имеют единый вулканогенный источник на глубине (Мацапулин и др., 2010, 2013).

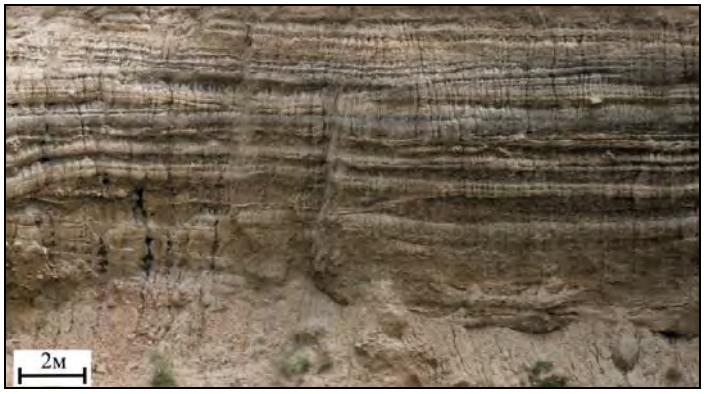


Рис. 2. Рыхлые стратифицированные отложения голоценовой правобережной террасы р. Истисув.
Fig. 2. Stratified unconsolidated sediments of the holocene terrace of the Istisuv river right bank.

Сама долина р. Истисув, выше по течению от проявления вулканогенных процессов, представлена V – образным врезом (оврагом) в коренных кварцевых песчаниках чокрак-караганского возраста. От проявления вулканических пеплов (до выхода на приморскую низменность) долина заполнена рыхлым материалом мощностью до 10 м, который пропилен до коренных пород (плотика) водой и водно-вулканогенным материалом. Мощность террас с правой и левой стороны достигает 10 м. Рыхлые отложения стратифицированы в виде отдельных прослоев мощностью до 5-10 см, залегающих строго горизонтально (рис. 3). Рыхлые отложения сверху и в разрезе покрыты плотной, твердой корочкой (видимо гипс-карбонатного состава), предохраняющей отложения от дальнейшего размывания. Материал плохо сортирован. Среди мелкозернистых разностей отмечаются единичные крупные неокатанные обломки песчаников, ожелезненных, окремненных пород, обломки посуды из необожженной глины, костные остатки животных, кострищ. Последние три разновидности позволяют определить возраст довольно мощной террасы (10 м) как верхнеплейстоцен-голоценовый. Под микроскопом устанавливаются среди рыхлого, мелкозернистого песчанистого материала частицы пепла. Подобные террасы по составу рыхлого материала, мощности голоценовых террас, очень мелкозернистой составляющей рыхлого материала, морфологии нами в Дагестане отмечены впервые. Обычно в горных территориях голоценовые террасы – пойменные, надпойменные имеют небольшую мощность (до 1-3 м), на приморской низменности – до 5-7 м, а здесь мощность террас незначительного водотока достигает 10 м. Это может быть при кратковременном, аномальном (обильном) поступлении рыхлого обломочного материала в долину, обусловлено с вулканическими процессами. На поверхности террас выделяются своеобразные промоины в виде конусовидных воронок до 2-х метров в диаметре в верхней части. Они пересекают рыхлые отложения до коренных пород. Промоины сформировались, видимо, под воздействием термальных вод в условиях засушливого климатического режима (Залибеков, 1996). Этому способствовал мелкозернистый состав рыхлых отложений, отсутствие в них глины обусловило слабую связанность частиц материала.

Вулканогенное проявление (3 – на рисунке 1) в долине р. Истисув имеет направленное

простирание под углом 30-40° к югу, совпадающее с простиранием самой долины. А это обуславливает возможность отложения вулканогенного материала в долине – формирование отмеченных террас.

На прилегающей к устью водотока Истисув поверхности морской террасы хазарского возраста отмечаются скопления обломочного материала ожелезненных и без ожелезнения песчаников с размерами до 20-30 см, обломки совершенно не окатаны, т.е. они слабо подверглись обработки водной средой. Единственное объяснение наличия этих обломков мы видим в том, что они возникли при вулканических процессах.

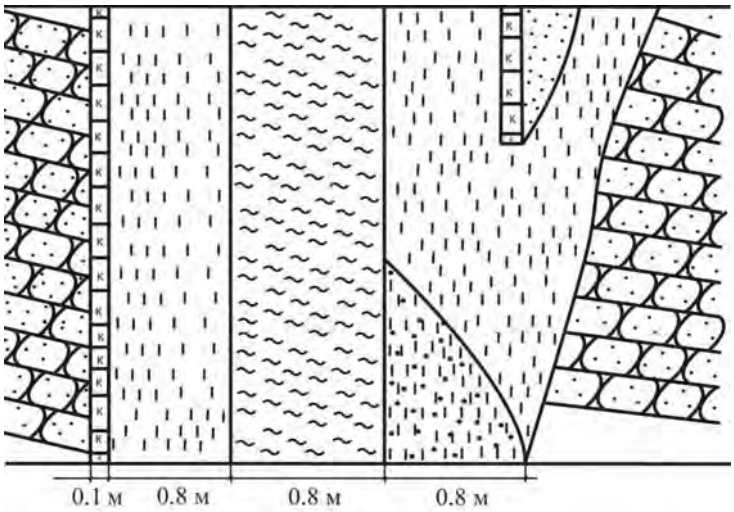


Рис. 3. Вертикальная проекция проявления (1) вулканических пеплов в долине р. Истисув. Условные обозначения: *1* – – песчаники, *2* – –кварцево-пепловый материал, *3* – – кремень, *4* – – глины, *5* – – ожелезненный участок. **Fig. 3.** Vertical projection of manifestation (1) of volcanic ash in the Istisuv valley. Symbols: *1* – Sandstone, *2* – quartz-ash material, *3* – flintstone, *4* – clay, *5* – ironed plot.

Минеральный состав рыхлых отложений долины р. Истисув (табл. 1) характеризуется наличием тяжелой фракции (0.09-0.16%) и легкой (99.84-99.91%). Тяжелая фракция (по данным 4 проб) представлена 16 минералами, из которых ильменит, рутил, лейкоксен, анатаз, сфен, циркон, гранат, дистен, ставролит, турмалин, являются примесными минералами из вмещающих отложений. Из сопоставления с минералогией чокракских кварцевых песчаников (проба 10-26) видно, что минералы тяжелой фракции идентичны. Но в рыхлых отложениях, в отличии от вмещающих пород, установлены хромит, цоизит, обломки пород, незначительное содержание тяжелой фракции. Хромит довольно редкий минерал, отмечается только в пепловых образованиях (Буглен, Буйнакский перевал). Следовательно, мы правомерно связываем его с вулканическими процессами. Но хромит характерен для ультраосновных пород, изучаемый же нами магматизм относится к среднему и кислому типам. Здесь могло иметь место гомодромное развитие магматического процесса – вначале магмы могли быть ультраосновными, а затем сменились на магмы кислого состава. При образовании пеплов газо-паро-пепловый флюид мог выносить незначительную примесь хромита. Цоизит совместно с эпидотом часто встречается в проявлениях пепла как в виде сростков, так и в виде единичных образований. Их мы относим к образованиям связанным с пеплами. Тяжелая фракция в песчаниках содержится в большем количестве по сравнению с пеплами.

В легкой фракции отмечены: кварц (17.69-28.76%), полевой шпат (4.07-7.06%), серицитизированные обломки (12.27-18.30%), гипс-бассанит (0.10-0.11%), перлит (2.08-3.11%), вулканическое стекло (5.29-6.32%), окремненные обломки (10.79-16.78%), ожелезенные обломки (2.11-6.35%), цеолиты (17.80-29.42%), глауконит (2.92-5.91%). Из них кварц, полевой шпат, окремненные и ожелезненные обломки определенной части могут быть примесными.

Серицитизированные обломки отмечаются в рыхлых отложениях стабильно. Процессы серицитизации чрезвычайно широко развиты в гидротермальных рудных месторождениях и гидротермально измененных породах. При образовании вулканогенных проявлений происходило обильное образование серицита – скрытокристаллической, обогащенной водой калиевой слюды, как продукта разложения тех или иных минералов. Серицит обычно образует псевдоморфозы, главным образом по минералам, содержащим Al_2O_3. Серицитизации очень легко подвергаются плагиоклазы и ряд других минералов.

Гипс-бассанит, это моноклинная более высокотемпературная модификация ($CaSO_4$*0.5H_2O), установлен как продукт обезвоживания гипса в выбросах вулкана Везувий (Бетехтин, 1950). Перлит (2.08-3.11%) – вулканическое стекло содержащее воду. Вулканическое стекло (5.29-6.32%), совместно с перлитом составляет – 7.34-9.43%, окремненные и ожелезненные обломки образовались при вулканогенных процессах в период функционирования системы с газо-паро-пепловыми флюидами, так как мы видим окремнение и ожелезнение среди гидротермально-измененных пород.

Таблица 1. Минералогический состав рыхлых отложений террас долины р. Истисув (в %).
Table 1. Mineralogical composition of the loose deposits of the terraces of the Istisuv valley (in %).

Минералы	**Номера проб**				
	12-1*	**12-3***	**12-4***	**12-10***	**10-26****
Ильменит	0.483	0.0363	0.0108	0.0125	0.1485
Рутил	0.0071	0.0059	0.0017	0.0014	0.0332
Лейкоксен	0.0030	0.0022	0.0022	0.0023	0.0036
Анатаз	0.0005	0.0003	0.0003	0.0006	0.0018
Сфен	0.0013	0.0008	0.0008	0.0020	0.0033
Хромит	0.0004	0.0013	0.0013	0.0012	-
Циркон	0.0380	0.0315	0.0315	0.0272	0.1107
Гранат	0.0096	0.0108	0.0108	0.0093	0.4499
Дистен	0.0101	0.0031	0.0031	0.0032	0.0308
Ставролит	0.0011	0.0031	0.0031	0.0078	0.0668
Турмалин	0.0022	0.0061	0.0061	0.0039	0.113
Лимонит	0.0178	0.0153	0.0153	0.0048	1.4021
Цоизит	0.0028	0.0026	0.0026	0.0012	-
Эпидот	0.0122	0.0082	0.0082	0.0068	0.0002
Апатит	0.0018	0.0015	0.0015	0.0018	0.0113
Обломочные породы	0.0069	0.0061	0.0061	0.0107	-
Сумма тяжелой фракции	*0.5978*	*0.1351*	*0.1054*	*0.0967*	*2.3752*
Кварц	28.455	17.688	17.688	23.806	73.79
Полевой шпат	7.063	4.089	4.089	4.068	16.492
Серицитизированные обломки	16.143	12.266	12.266	18.304	-
Гипс-бассанит	0.104	0.011	0.011	0.011	-
Перлит	3.081	2.081	2.081	3.105	-
Вулканическое стекло	6.270	5.293	5.293	6.319	-
Окремненные обломки	13.381	16.647	16.757	10.786	2.5113
Ожелезненные обломки	4.180	6.352	6.352	2.136	4.8308
Цеолиты	17.801	29.424	29.424	25.495	-
Глауконит	2.919	5.930	5.934	5.883	-
Сумма легкой фракции	*99.397*	*99.8649*	*99.895*	*99.9033*	*97.6248*

Примечания к таблице 1: * – рыхлые отложения долины р. Истисув; ** – чокракский песчаник долины р. Шура-Озень. **Note to Table 1:** * – loose deposits the Istisuv valley; ** – chokraksky sandstone valley Shura-Ozen.

Преобладающее положение в легкой фракции занимают цеолиты (17.80-29.42%), несколько больше кварца. Эти минералы для вмещающих кварцевых песчаников не характерны, их мы относим к вулканогенным образованиям. Связь цеолитов с позднемеловым вулканизмом отмечается, например, на Малом Кавказе (Ширинов, 1973). Глауконит встречается главным образом в терригенных образованиях. Он отмечен как терригенный минерал даже в эоловых песках дюны Сары-Кум (Майоров, 1977) в качестве параметра аридного климатического режима. Мы считаем его в рассматриваемых рыхлых отложениях вулканогенным минералом. Возможность его образования в гидротермальных условиях отмечается (Бетехтин, 1950).

По минеральному составу, особенно легкой фракции, можно считать рыхлые образования долины р. Истисув – вулканогенными.

Из минералогии вулканических пеплов долины Истисув (табл. 2) видно, что тяжелая фракция в них отсутствует. Легкая фракция представлена кварцем (3.89-7.72%), полевым шпатом (6.71-11.58%), лимотизированными обломками (0.96-4.93%), серицитизированным полевым шпатом (1.92-3.86%), окремненными породами (2.87-3.86%), пеплом вулканическим (54.21-68.76%), вулканическим стеклом (10.81-12.88%), мусковитом (2.07-3.13%). Кварц, полевой шпат частично могут быть примесными, основная же их масса и остальные минералы фракции имеют глубинное происхождение.

Таблица 2. Минералогический состав вулканических пеплов долины р. Истисув (в %).
Table 2. Mineralogical composition of volcanic ash of the Istisuv valley (in %).

Минералы	**Номера проб**			
	5-9*	**6-9***	**4-9****	**2-9****
Ильменит	0.24	–	–	–
Циркон	0.14	–	–	–
Рутил	0.21	–	–	–
Лейкоксен	0.78	–	–	–
Кианит	0.19	–	–	–
Силлиманит	0.07	–	–	–
Ставролит	0.11	–	–	–
Эпидот + цоизит	0.07	–	–	–
Турмалин	0.75	–	–	–
Лимонит	1.15	–	–	–
Гранат	0.18	–	–	–
Лимонитизированные обломки пепла	0.06	–	–	–
Сумма тяжелой фракции	*3.95*			
Кварц	56.29	18.78	7.72	3.83
Полевой шпат	9.54	46.58	11.58	9.71
Лимонитизированные обломки	-	–	4.83	0.96
Серицитизированный полевой шпат	4.63	33.44	3.86	1.92
Окремненные породы	9.10	1.17	3.86	2.87
Пепел вулканический	13.81	-	54.21	65.76
Вулканическое стекло	0.81	0.03	10.81	12.88
Мусковит	1.87	-	3.13	2.07
Сумма легкой фракции	*96.05*	*100.00*	*100.00*	*100.00*

Примечание к таблице 2: * – пробы окварцованных песчаников; ** – пробы вулканических пеплов.
Note to table 2: * – silicified sandstone sample; ** – samples of volcanic ash.

Мусковит относится к группе слюд, подгруппе мусковита (алюминиевых слюд) – $KAl_2[AlSiO_3O_{10}][OH]_2$; вода в нем составляет 4.5%, она начинает выделяться только при 850°C. В качестве породообразующего минерала мусковит входит в состав некоторых интрузивных пород – гранитов, грейзенов, пегматитов.

В минеральном составе гидротермально-измененных пород (пробы 5-9, 6-9 в таблице 2) установлены тяжелая и легкая фракции; во второй – только легкая фракция. Тяжелая фракция представлена минералами: ильменит, циркон, рутил, лейкоксен, кианит, силлиманит, ставролит, эпидот+цоизит, турмалин, лимонит, гранат, лимонитизированные обломки пепла – идентичными тяжелой фракции рыхлых отложений террасы долины Истисув. Минералы все примесные, характерные для среднемиоценовых кварцевых песчаников.

Легкая фракция имеет минеральный состав идентичный пеплам, но отмечаются особенности: содержание полевого шпата достигает 46.48%, серицита 33.44%, вулканического стекла 0.13-0.81% и мусковита – 1.81% минералов, несомненно, вулканогенного происхождения.

Обсуждение результатов

Поскольку рассматриваемые рыхлые отложения отмечены в долине р. Истисув в виде террасы, их можно отнести к элементам аридных экосистем аллювиального происхождения. Но долина с рыхлыми отложениями имеет ряд своих характерных черт, особенно, что касается минерального состава рыхлых отложений, на основании которых эти отложения отнесены к вулканогенным образованиям.

Рыхлый материал, в основном, мелкозернистый (меньше 0.5 мм); такие составные части как галька, гравий, крупнозернистый песок, характерные для аллювиальных отложений – отсутствуют. Встречаются крупные обломки кварцевых песчаников и их гидротермально-измененные разности – окварцованные и ожелезненные.

Сопоставление минерального состава рыхлых отложений террас долины р. Истисув, коренных проявлений пеплов и гидротермально-измененных пород позволяет определить вулканогенный характер рыхлых отложений. Тяжелая фракция их идентична коренным проявлениям.

Легкая фракция представлена кварцем, полевым шпатом, не исключается их некоторая примесь из вмещающих отложений, но основная масса имеет глубинное происхождение. Серицитированные обломки весьма характерны для рыхлого материала и для коренных проявлений. Видимо, при прохождении флюидов на глубине формировалась серицитизация вмещающих отложений, которая впоследствии подверглась эрозии и выносилась на поверхность вместе с флюидами. Интенсивная серицитизация весьма характерна для Истисувского проявления пеплов и соответствует кислому составу вулканогенного проявления (SiO_2 – 57.60-61.00%), (Na_2O+K_2O – 3.92-7.69%). На других участках она не проявляется.

Гипс-бассанит, ангидрит, образующийся при повышенных температурах, отмечен только в рыхлых отложениях, в коренных проявлениях он не установлен. Но в проявлении пеплов Кара-Тюбе, расположенном к югу от р. Истисув, гипс-бассанит составляет 80%.

Вулканическое стекло в гидротермалитах составляет 0.13-0.81%, в коренных пеплах 10.81-12.88%, в рыхлых отложениях 5.23-6.32% и перлит 2.08-3.11%. Последний установлен также на Рубасчайском проявлении до 8-10%. Эти образования основной неоспоримый показатель эндогенного образования – из магмы.

Окремненные обломки содержатся во всех генетических разновидностях рассматриваемых образований. Формирование их происходило за счет окварцевания вмещающих пород, так и, видимо, в самой тектонической полости. То же самое характерно и для ожелезненных обломков.

Характерным для рыхлых отложений является наличие цеолитов (25% среднее по 4 анализам), которые в коренных пеплах не установлены. Такое высокое содержание (являющееся промышленным для цеолитовых месторождений) в рыхлых отложениях региона установлено впервые. На других проявлениях пеплов цеолиты в незначительном количестве отмечены на Урминском плато Среднегорий и в долине р. Рубасчай южном Дагестане. Цеолиты отмечаются в рыхлых отложениях, что связано с эволюцией магматического очага в период его функционирования.

Интересным фактом является наличие в отложениях глауконита. Рассматриваемое проявление является единственным в изучаемом регионе, где отмечен глауконит. Этот минерал характерен для осадочно-диагенетических процессов. В данном случае глауконит, вероятнее всего, образован при эндогенных процессах.

Заключение

Анализ минералогического состава коренных пеплов, гидротермально-измененных пород и минералов, составляющих рыхлые отложения долины реки Истисув, показал, что все эти образования произошли за счет вулканических процессов. Скопление тефры вулканогенных образований должны продолжаться за пределами долины р. Истисув, на рыхлых отложениях морской хазарской террасы прикаспийской низменности, где отмечены корочки карбонатной цементации, отнесенные к эндогенным образованиям.

Высокое содержание цеолитов в рыхлых отложениях долины реки дает основание прогнозировать промышленные месторождения нового генетического типа – рыхлые, поверхностные вулканогенные образования.

Обоснование вулканогенного происхождения рыхлых отложений за счет местных коренных проявлений пеплов еще одно доказательство наличия процесса регионального вулканизма, выдвигаемого нами в качестве новой провинции вулканизма на Северном Кавказе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бетехтин А.Г. 1950. Минералогия. М.: Госиздательство геологической литературы. 956 с.

Залибеков З.Г. 1996. Новые аспекты проблемы борьбы с опустыниванием // Аридные экосистемы. Т. 3. № 2. С. 8-15.

Иванов В.В. 2010. Активизация вулкана Корякский (Камчатка) в конце 2008-начале 2009 гг.: оценки выноса тепла и водного флюида, концептуальная модель подъема магмы и прогноз развития активизации // Материалы конференции, посвященной дню вулканолога, 30-31 марта, 2009 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. С. 24-38.

Майоров А.А. 1927. Эоловая пустыня у подножья Дагестана. Махачкала. 116 с.

Максимов А.П., Аникин Л.П., Вергасова Л.П., Овсянникова А.А., Чубаров В.М. 2011. Пеплы извержения Корякского вулкана (Камчатка) в 2009 г.: особенности состава и генезис // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. № 2. Вып. 18. С. 73-85

Мацапулин В.У., Юсупов А.Р. 2007. Вулканические пеплы в Дагестане – экологические предвестники в области геодинамики, геоморфологии и поиска полезных ископаемых. // Юг России, экология развития. Махачкала. № 2. С. 98-103.

Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Черкашин В.И. 2008. Позднекайнозойский вулканизм северной окраины орогена Восточного Кавказа (Дагестан) // Вестник Дагестанского научного центра РАН. Махачкала. №32. С. 12-20.

Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Тулышева Е.В., Исаков С.И. 2009. Формы залегания вулканических пеплов в верхнекайнозойских отложениях Восточного Кавказа (Дагестан) // Юбилейный сборник научных трудов. Институт геологии ДНЦ РАН. Вып. 55. Махачкала. С. 253-256.

Мацапулин В.У., Исаков С.И., Юсупов А.Р. 2010. Нарат-Тюбинское проявление вулканических пеплов //Сборник научных трудов. Институт геологии ДНЦ РАН. Вып. 56. Махачкала. С. 46-49.

Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Хлопкова М.В. 2013. Геологические условия формирования песчаной горы Сары-Кум и геохимические особенности карбонатных корочек в ней (Дагестан) // Аридные экосистемы. Т. 19. № 1 (54). С. 19-27.

Петрографический кодекс России. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2009, 198с.

Селиверстов Н.И. 2009. Активизация вулкана Корякский на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. № 1. Вып. 13. С. 7-9.

Тулышева Е.В. 2002. Речные долины Дагестана и их неотектоническая обусловленность. Автореферат дис. … канд. геогр. наук. М. 26 с.

Ширинов Ю.Р. 1973. Позднемеловый вулканизм Сарыбабинского синклинория (Малый Кавказ). Автореферат дис. …канд. геол.-мин. наук. Баку. 35 с.

VOLCANIC ASH MANIFESTATION IN THE ISTISUV RIVER VALLEY IN THE ARID ZONE OF DAGESTAN (EASTERN CAUCASUS)

© 2013. S.I. Isakov*, V.U. Matsapulin*, E.V. Tulysheva, A.R. Yusupov***

**Geology Institute of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 367032 Makhachkala, ul. Yaragskogo, 75. E-mail: isakov_156@mail.ru
***Dagestan State University*
Russia, 367000 Makhachkala, ul. Dahadaeva, 21. E-mail: tulysheva1966@mail.ru

Geological and geomorphological characteristics of the Istisuv river valley and manifestations of ash of different genetic entities in it are studied. Mineralogical composition of indigenous ash manifestations, of hydrothermally altered rocks associated with them, and of the loose rock terraces of the valley are considered. Genetic conclusion on the formation of loose deposits of the terraces and their importance for the study of the regional volcanogenic processes are given.

Keywords: river valley terrace; manifestation of volcanic ash; hydrothermally altered rocks; minerals; light and heavy fractions; quartz; feldspar; sericite; zeolite; volcanic glass.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 19, № 3 (56), с. 107-108

ПОТЕРИ НАУКИ

УШЛА ИЗ ЖИЗНИ

АЛЕКСАНДРА ФЕДОРОВНА НОВИКОВА

(08.05.1936-02.08.2013)

**Соболезнование родным и близким
от членов редколлегии журнала «Аридные экосистемы»,
от коллег Почвенного института им. В.В. Докучаева РАСХН, Московского городского отделения Географического общества, Географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Института водных проблем РАН**

2 августа 2013 года не стало Александры Федоровны Новиковой – удивительно светлого, энергичного и талантливого человека, крупного специалиста по солонцовым почвам.

Александра Федоровна родилась в 1936 году. В 1958 году она окончила биолого-почвенный факультет Ростовского государственного университета. В начале 1960-х годов поступила на работу в Почвенный институт им. В.В. Докучаева в отдел генезиса и мелиорации солонцов. В этот период Александра Федоровна приняла участие в работах Аршань-Зельменского стационара, расположенного в Калмыкии. В 1960-х годах в рамках освоения целинных земель Казахстана был создан Кустанайский стационар Почвенного института. Александра Федоровна была одним из главных исполнителей работ на этом стационаре. Она проводила опыты по разработке методов освоения почв солонцовых комплексов. Эти работы легли в основу ее кандидатской диссертации и определили ее дальнейшие научные интересы. В Казахстане у нее остались друзья, которые помнят молодую, энергичную, красивую казачку – Александру Федоровну Новикову.

Многие годы Александра Федоровна была председателем месткома Почвенного института. В 1979 году она переходит на работу в Союзводпроект Минводхоза СССР, где возглавила работы по созданию серии почвенных и почвенно-мелиоративных карт масштаба 1:500 000 на территорию СССР. Эти работы проводились во всех республиках Советского Союза по единой программе. Александра Федоровна участвовала в разработке этой программы и была одним из ответственных исполнителей этих работ. В этот период наиболее ярко проявился организационный талант А.Ф. Новиковой.

В 1989-1991 гг. Александра Федоровна работает в Сирии, в 1991 г. она возвращается на работу в Почвенный институт им. В.В. Докучаева, в отдел генезиса и мелиорации засоленных почв, где проработала до последних дней своей жизни. Александра Федоровна является основным автором и редактором «Карты засоления почв России» (1:2 500 000), а также одним из основных авторов монографии «Засоленные почвы России» (2006).

В 2000-х годах Александра Федоровна возвращается к своей любимой теме – исследует солонцы и их изменение в результате антропогенной деятельности и процессов опустынивания. Волею судеб она вернулась работать на Аршань-Зельменский стационар, где началась ее научная жизнь. С тем же

молодым задором, энергией и интересом она каждый год участвовала и возглавляла экспедиционные работы в Волгоградской, Астраханской областях и любимой ею Калмыкии. У нее появились новые молодые друзья и соратники. Она работала увлеченно, забывая о возрасте и болезнях. Даже в этом году в августе А.Ф. Новикова планировала поездку в Калмыкию. За годы научной деятельности А.Ф. Новиковой опубликовано более 100 научных статей.

Мы все потрясены ее неожиданной смертью. А.Ф. Новикова навсегда останется в нашей памяти молодой, энергичной, зажигательной женщиной, прекрасным исследователем и очень талантливым человеком. Она излучала энергию, умела дружить и ценить дружбу, умела расположить к себе людей. Она была очень разносторонним человеком, знала и любила искусство, прекрасно знала поэзию, обладала удивительной памятью и жаждой знаний, писала стихи и прекрасно пела.

Светлая память об этом замечательном человеке навсегда останется в наших сердцах.

ALEXANDRA FEDOROVNA NOVIKOVA

IS GONE

(08.05.1936-02.08.2013)

**Condolences to the family and friends
from members of the editorial board of «Arid Ecosystems»,
colleagues from the V.V. Dokochaev Soils Science Institute of the Russian Academy of Agricultural sciences, Moscow city branch of the Geographical Society, Geographical faculty of Moscow State M.V. Lomonosov University, Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences**

Aleksandra Fedorovna Novikova passed away on 2 August 2013. She was born in 1936. In 1958, she graduated from the Rostov State University, department of soil science and biology. In the beginning of 1960s, she came to V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, department of genesis and amelioration of solonetzes. The area of her research and the candidate thesis was the reclamation of solonetzes in the frame of the Virgin Lands Campaign in Kazakhstan, at Kostanai experimental station of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute.

In 1979 she began to work in Soyuzvodproekt of the Ministry of Amelioration and Water Management, where she participated as one of the leading experts in the compilation of soil maps at a scale of 1:500 000 for the whole USSR.

In 1991, A.F. Novikova returned to V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, department of genesis and amelioration of salt-affected soils, where she worked till the end of her life. She was the main author of “The map of salt-affected soils of Russia” (1:2 500 000) and the monograph “Salt-affected soils of Russia” (2006). In 2000s, she returned to her favorite theme of research – the change of solonetzes under the impact of human activity and desertification. She conducted the expeditions in Volgograd and Astrakhan oblasts and her favorite Kalmykia.

A.F. Novikova had more than 100 scientific publications.

Уважаемые коллеги,
вы можете подписаться на журнал ”Аридные экосистемы” в почтовых отделениях. Подписной индекс 39775, информация размещается на стр. 185 в 1 томе каталога «Пресса России». Подписка оформляется на каждое полугодие отдельно. В полугодие выходят 2 номера журнала, за год – 4. Стоимость подписки на полугодие зависит от ее характера: на дом/организация – 633 руб. 94 коп.; до востребования – 630 руб. 72 коп.; до квартиры – 646 руб. 78 коп.; льготная – 627 руб. 14 коп.,

Образец заполнения бланка на первое полугодие 2014 г.:

Почта России

АБОНЕМЕНТ на ~~газету~~ журнал 39775 индекс

Наименование издания Аридные экосистемы количество комплектов

на 2014 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		X			X						

Куда

Кому

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

ПВ | место | Литер

на ~~газету~~ журнал 39775 индекс

Наименование издания Аридные экосистемы

Стоимость | подписки переадресовки | количество комплектов

на 2014 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		X			X						

Куда

Кому

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2013. Т. 19. № 3 (56)

JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2013. Vol. 19. № 3 (56)

Учредители: Учреждение Российской академии наук Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН (ПИБР ДНЦ РАН), Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН (ИВП РАН).
Свидетельство о регистрации в Роскомнадзоре – ПИ № ФС77-36951 (Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций).

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»)