ISSN 1993-3916

Том *Volume* **20** **Номер** **Number** **4 (61)** **Декабрь** **December** **2014**

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

2014

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

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

ARID ECOSYSTEMS

Vol. 20, No. 4 (61), 2014, DECEMBER
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. Glantz (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), 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*

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

2014

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ПРИКАСПИЙСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 20, № 4 (61), 2014, декабрь

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), 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*

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

2014

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

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

Журнал включен в систему Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ) eLIBRARY.RU, в список Реферируемых
журналов и Базы данных ВИНИТИ, входит в Перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ, с 2011 г. переводится на английский
и распространяется издательством Springer за пределами России.
Сведения о журнале ежегодно 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 system of the Russian science index
citation (RINC) eLIBRARY.RU, in the list of reviewed journals,
database of VINITI and in the list editions, recommended
by Higher Attestation Commission of Russian Federation.
It is translated from Russian to English and distributed by Springer
Publisher House outside of Russia.
Information about the journal is annually 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 20, номер 4 (61), 2014 декабрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Новая концепция устойчивости эколого-экономического развития горных экосистем (на примере Республики Дагестан)
В.И. Черкашин, Ш-С.О. Абдулаев 5-10

Устойчивость гидроэкосистем: обзор проблемы
Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко 11-23

Функционирование экотонных систем побережья Цимлянского водохранилища
Н.М. Новикова, Н.А. Волкова, О.Г. Назаренко 24- 35

О микроклимате природных оазисов крайнеаридной пустыни Заалтайской Гоби
В.П. Дедков, П.Д. Гунин 36-43

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Опыт тестирования и адаптации метода LADA в России для оценки и картографирования деградации земель в засушливых регионах на локальном уровне
В.Д. Славко, Г.С. Куст, С.Ю. Розов, О.В. Андреева, М.Г. Кегиян 44-56

Интегрированное управление ограниченными водными ресурсами в целях устойчивого водообеспечения аридных регионов (опыт государства Израиль)
Ю. Озиранский, Е.Г. Кольмакова, И.Л. Марголина 57-65

Динамика естественной растительности пустынь Туниса в условиях разной пастбищной нагрузки
Мулди Гамун 66-75

Влияние пожара на почвенный и растительный покров лесов Центрального Черноземья России
Ю.С. Горбунова, Т.А. Девятова, А.Я. Григорьевская 76-85

Долгосрочное прогнозирование урожайности в степной зоне Урала на основе современных методов оценки солнечно-земных связей
В.Е. Тихонов, А.А. Неверов 86-92

Гидротермические условия формирования видового состава и продуктивности фитоценозов Терско - Кумской низменности
Г.Н. Гасанов, Т.А. Асварова, К.М. Гаджиев, З.Н. Ахмедова, А.С. Абдулаева, Р.Р. Баширов, М.С. Султанахмедов, С.А. Салихов 93-98

Влияние защитных лесных насаждений и микрорельефа на продуктивность кормовых угодий Сарпинской низменности
М.В. Власенко 99-104

Фиторазнообразие сопок Каркаралинского национального парка (Республика Казахстан)
Т.В. Дикарева, Н.Б. Леонова 105-114

ХРОНИКА

Первое информационное письмо. Международная конференция «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития» 115-118

Седьмой международный симпозиум «Степи Северной Евразии». Первое информационное письмо 119-123

CONTENTS

Volume 20, Number 4 (61), 2014 DECEMBER

Systematic study of arid territories. A new concept of sustainable ecologo-economic development of mountain ecosystems (on the example of the Republic of Dagestan)

V.I. Cherkashin, S-S.O. Abdulaev 5-10

The sustainability of aquatic ecosystems: an overview of the problem

G.S. Rozenberg, T.D. Zinchenko 11-23

Functioning of ecotone systems at the Tsimlyansk reservoir shores

N. M. Novikova, N. A. Volkova, O. G. Nazarenko 24-35

About microclimate of the natural desert oasis of the Transaltay Gobi

V.P. Dedkov, P.D. Gunin 36-43

BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

Testing and adaptation of the LADA methodology for assessment and mapping land degradation in arid regions at local level

V.D. Slavko, G.S. Kust, S.Yu. Rozov, O.V.Andreeva, M.G. Kegiyan 44-56

Integrated scarce water resources management for sustainable water supply of arid regions (Israel experience)

Y. Oziransky, A.G. Kalmakova, I. L. Margolina *57-65*

Natural vegetation cover dynamic under grazing-rotation managements in desert rangelands of Tunisia

Mouldi Gamoun 66-75

Influence fire on the soil and vegetable cover of the woods of the Central Chernozem region of Russia

J.S. Gorbunova, T.A. Devyatova, A.Y. Grigorjevskaya *76*-85

Long-term forecasting of the crop in steppe zone of Urals on the basis of modern methods of estimation of sun-earth relations

V.E. Tikhonov, A. A. Neverov 86-92

Hydrothermal conditions of species composition and productivity phytocenoses of the South-Western Precaspian (on the example of the Terek - Kuma lowland)

G.N. Hasanov, T.A., Asvarova, K.M. Hajiyev, Z.N. Akhmedova, A.S. Abdulaeva, R.R. Bashirov, M.S. Sultanakhmedov, S.A. Salihov 93-98

Influence of protective forest plantations and micro-relief on the productivity of the Sarpinskaya lowland grassland

M.V. Vlasenko 99-104

Phytocoenotic diversion in the piedmont regions of Southern Kazakhstan

N.B. Leonova, T.V. Dikareva 105-114

CHRONICLE

First announcement. International conference "Ecosystems of Central Asia under current conditions of socio-economic development" 115-118

The Seventh International Symposium 'Steppes of Northern Eurasia' 119-123

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 5-10

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 332.1

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН)

© 2014 г. В.И. Черкашин*, Ш-С.О. Абдулаев**

** Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук*
Россия, 367030 Махачкала, ул. М. Ярагского, д. 75. E-mail: dangeo@mail.ru
*** Дагестанский Государственный университет*
Россия, 367001 Махачкала, ул. Дахадаева д. 21

Поступила 01.04.2014

Обосновывается необходимость и технология обеспечения устойчивости эколого-экономического развития геоторий отдельно взятого субъекта РФ путём разработки концепции и методологии исследования эколого-экономических систем, принятой в регионалистике. Предлагаются направления работ по повышению эффективности использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Приведены условия и факторы, определяющие устойчивое и стабильное функционирование эколого-экономических систем субъекта РФ.
Ключевые слова: геотория, регионолистика, устойчивое развитие, эффективность, естественный капитализм, биосфера, минерально-сырьевые ресурсы, экология.

Мировая экономика планеты Земля переживает кризисные явления, связанные с отсутствием понимания необходимости перехода к естественному капитализму, который определил человечество и его деятельность как компоненты единой эколого-экономической системы. Это непонимание привело к неравномерности развития территорий, появились центры кристаллизации «богатства» и «бедности», к отсутствию работ по повышению эффективности использования природных ресурсов, которые, в свою очередь, определяют необходимость сохранения биосферного равновесия на планете Земля. Сохранение этого равновесия диктуется безальтернативностью той формы жизни на нашей планете, в основе которой кислородно-углеводородный обмен веществ.

О сложности биосферного равновесия свидетельствует тот эксперимент, который провели американские исследователи по обеспечению кислородом 8 человек при физическом моделировании биосферы нашей планеты в замкнутом пространстве. Решить эту проблему для 8 человек не удалось, следовательно человечество не до конца понимает процессы функционирования биосферы планеты Земля, которая ежечасно, ежедневно обеспечивает жизнь для более 7 млрд. человек (Абдулаев, 2004; Осика и др., 2013).

Поэтому главной и глобальной целью развития человеческого социума является обеспечение ему условий комфортной жизнедеятельности и сохранение этих условий для будущих поколений. Этой мировой проблемой озаботились выдающиеся умы человечества, объединившиеся под эгидой ООН и сформулировавшие цели и задачи человеческого социума на текущий момент. Для придания конструктивности в достижении этих целей предполагается решение задачи декомпозиции проблемы, при которой учитываются все корреляционные связи. Указанная декомпозиция реализуется путем определения признака или классификации окружающей нас среды. Исходя из этих предпосылок, рассмотрим проблему устойчивого и равномерного развития различных территорий, в частности, территорию одного субъекта, а не всего региона. Обосновывается такой подход тем, что нормативно-правовая база, геополитическая, географическая, экономическая и другие особенности учитывают наиболее полно на уровне субъектов.

Объект и методы исследования

Для однозначного понимания вопросов, поднимаемых в этой статье, необходимо определиться с принимаемой терминологией. Известно, что в системе экономических наук, сформировалась региональная экономика, которая является частью науки о регионах − «регионоведение». На стыке

экономических наук, наук о регионах и учета факторов естественного капитализма формируется научное направление об охране окружающей нас среды, о процессах системного характера, включая экологические, экономические, политические, социальные, духовные процессы, а также процессы, происходящие в самом человеческом социуме, на определенной территории.

В дальнейшем из известных определений примем следующие:

1. «Геотория» ─ понятие, объединяющее понятия «территория», «акватория» и «аэротория».
2. «Регионалистика» ─ наука о развитии регионов, которая предполагает синтез различных подходов из других наук, в частности, «региональной экономики», «теории систем» и т.д.

Это направление науки формирует целостное (системное) представление об изучающемся предмете и процессах, а наличие слова «наука» предполагает использование критериев точных исследований. Поэтому регионалистикой может заниматься математик, физик, архитектор, инженер, политолог, социолог, юрист, психолог и т.д. Всех их объединяют многоплановые исследования, связанные с регионом.

Исходя из глобальной проблемы сохранения равновесия и устойчивости биосферы Земли и принимая, что эколого-экономическую систему нашей планеты изучает единая и целостная наука, сформулируем задачу сохранения устойчивости социально- экономического развития геоторий на примере Республики Дагестан (РД). Анализ устойчивости развития субъекта следует начать с геолого-географических, а также экологических и биологических характеристик геоторий РД.

Дагестан является самой крупной республикой Северного Кавказа, ее площадь составляет 50.3 тыс. км^2, расположена на берегу Каспийского моря, на северо-восточном склоне Большого Кавказского хребта и юго-западе Прикаспийской низменности. Геотория РД состоит из равнин, предгорий и горных территорий, акватория имеет по береговой линии протяженность, 530 км., общая длина сухопутной части границы составляет 1181 км. Горная часть Дагестана составляет – 48% от всей территории (Экономическая энциклопедия, 2009).

Одним из направлений научных исследований являются проблемы экологии, которые до последних десятилетий игнорировали. Недоучет этих проблем привел к неравномерности развития геоторий, а в конечном итоге, к нестабильности и неустойчивости социально-экономического развития.

В большей степени это касается горных территорий, являющихся источником биоразнообразия, чистого воздуха, чистой воды, а также гидроэнергетического потенциала, и более чувствительных к техногенному воздействию. О недоучете факторов естественного капитализма, отсутствии эффективной системы охраны окружающей среды говорят следующие факты. Мониторинг почвенного покрова РД показал, что происходит опустынивание и деградация почв аридных систем. Так в 1980 г. сильной стадии опустынивания были подтверждены 0.3 млн. га аридных земель РД, а в 2004 г. этот показатель составил 0.6 млн. га. О деградации говорит тот факт, что в настоящее время 40-50% почвенного покрова Терско-Кумской низменности превратились в солончаки (Залибеков, 2010). Эти факты свидетельствуют о том, что нет учета и стратегии землепользования. В настоящее время владение и контроль за почвенными ресурсами распределены по различным организациям и ведомствам, нет единой политики использования сельскохозяйственных земель. Аналогичная ситуация сложилась и с минерально-сырьевыми ресурсами РД.

Эффективное использование этих природных ресурсов является одним из основных направлений в решении многих экономических задач, в том числе и в удвоении ВВП, о чём говорил Президент нашей страны, обозначив это как «....основные стратегические задачи на ближайшее будущее». Однако немаловажное значение имеет и воспроизводство минерально-сырьевой базы, которое практически приостановлено. Одной из причин, по всей вероятности, является несовершенство законодательной базы, а также нерациональное распределение бюджетных средств на поисково-оценочные и геологоразведочные работы, сокращенные до минимума. Но даже выделенные бюджетные средства не всегда рационально используются. Вот один из примеров.

По твёрдым полезным ископаемым сложилась странная и не совсем понятная ситуация. На территории Дагестана труднодоступные регионы высокогорной части республики, в частности, Главный Кавказский, Боковой хребты изучены лучше, чем легкодоступные предгорные части третичного Дагестана. Такое положение, вернее перекос, в изучении региона, обусловлен тем, что в 60-70 годы прошлого века ставку делали на рудное сырьё, а металлогенические зоны с колчеданно-

полиметаллическим и жильным кварц-сульфидным оруденением расположены именно в пределах высокогорья, куда и вкладывали основные финансовые ресурсы.

В то же время в меловом и третичном Предгорном Дагестане и на легкодоступных территориях приморской низменности расположены основные запасы нерудного сырья: глины, пески, карбонатное сырьё, сырьё для производства цемента, гипса, изготовления облицовочных плиток (мраморизованные известняки) и др. Это сырьё и продукция из него весьма востребованы не только в республике, но и на всем юге России. Необходимо всемерно способствовать вовлечению его в хозяйственный оборот.

Кроме этого, в последнее время работами Института геологии установлена перспективность разработки миоценовых отложений на получение титана, циркона, а также благородных металлов – золота, платины. По сути караган-чокракские мелкозернистые кварцевые песчаники, простирающиеся на площади более 500 км^2, при мощности десятки метров являются поликомпонентным сырьём на титан+циркон (0.5-1%), золото (1-2 г/т), платина (1-2 г/т), а обогащённый кварцевый песок может служить сырьём для микроэлектронной и стекольной промышленности (Черкашин и др., 2008).

К сожалению, отмечается несогласованность действий организаций МПР РФ с подразделениями РАН и другими геологическими организациями республики. МПР РФ выступает в роли монополиста в освоении недр. Хотя внедряемые проекты не всегда вписываются в общепринятую схему последовательности проведения работ. Порой поисково-оценочные работы опережают поисково-съёмочные. Такое положение вряд ли обеспечивает необходимую надёжность и качество прогнозов. В настоящее время назрела необходимость проведения поисково-съёмочных работ масштаба 1:200000, а там где не проведена съёмка 1:50000, проведение и этих работ.

Другой немаловажный вопрос – работы по извлечению ценных компонентов из гидроминеральных термальных рассолов.

Как отмечал в своё время министр геологии СССР академик А.В. Сидоренко: «В будущем, вероятно, многие минеральные рассолы станут месторождениями ценнейших химических элементов, вплоть до золота и урана. Способы извлечения их будут настолько рентабельны, что рассолы станут такими же источниками полезных ископаемых, как и твердые минеральные концентрации».

Прогнозы Александра Васильевича не были беспочвенными, и сегодня в ряде развитых стран свыше 30 ценнейших элементов (йод, бром, бор, литий, рубидий, цезий, калий, магний, кальций, вольфрам, стронций, уран и др.) добывают из гидроминеральных вод в промышленных масштабах. США свыше 85% литиевого сырья добывают из гидроминеральных вод (Сулин, 1948). В Израиле из рассолов Мёртвого моря добывают не только ценные элементы, но на базе их утилизации созданы конкурентоспособные в международном масштабе фармацевтическая и парфюмерная отрасли промышленности.

К сожалению, Государственные целевые программы по комплексному освоению геотермальных и гидроминеральных ресурсов, принятые в СССР на 1980-1985 и 1986-1990 гг., не были реализованы.

В то же время в России геологоразведочными работами на нефть, газ, подземные воды выявлены и оконтурены сотни перспективных площадей и месторождений гидроминерального сырья и металлоносных рассолов. Среди последних видное место занимает дагестанская провинция редкометальных подземных вод, в составе которой 56 потенциальных месторождения гидроминерального сырья, открытая совместными исследованиями Института геологии ДНЦ РАН, объединения «Дагнефть» и ВСЕГИНГЕО Мингео СССР в 1970-1980 гг. (Курбанов, 2001). Среди последних наиболее перспективными являются Берикейское, Сухокумское и Тарумовское месторождения. Самым подготовленным к промышленному освоению для добычи вышеперечисленных редких элементов и гидроминеральных солей является Берикейское месторождение йодо-бромных редкометальных подземных вод, расположенное в 100 км на юге от Махачкалы, в густонаселённом Дербентском районе, в 3 км от берега Каспийского моря. Оно представляет собой разработанное к середине 1960-х годов газонефтяное месторождение, где сосредоточено более 150 неуправляемых газофлюидных грифонов геотермальных рассолов, содержащих Li, Rb, Cs, J, Br, B, Mg, Sr и ряд других минеральных солей в промышленных кондициях. Рассолы имеют минерализацию до 100 г/л, температуру 55-60°С. Дебит фонтана первоначально составлял 20-70 тыс. м^3/сутки и в течение 50-ти лет уменьшился до 1650 м^3/сутки, который стабильно держится последние 10 лет. Изливающаяся скважина продолжает

катастрофически загрязнять курортную зону, создает экологические проблемы в шельфе Каспийского моря нефтепродуктами, тяжёлыми металлами, минеральными солями, а посёлок Сегеляр ─ углекисло-углеводородными газами.

Эксплуатационные запасы, подсчитанные по категории Сг, составляют 1650 м^3/сутки, а прогнозные эксплуатационные запасы Берикей-Дузлакского месторождения составляют 2400 м^3/сутки или 8.7 млн м^3/год. Следовательно, после детальных разведочных работ запасы могут быть увеличены более чем в 20 раз (Курбанов, 2001).

Обсуждение

Согласно составленному Институтом геологии ДНЦ РАН бизнес-плану, из Берикейских вод в промышленных масштабах в настоящее время можно добывать карбонат лития, магнезию жжёную, пищевую соль (в том числе йодированную), и в брикетах для скота, йод технический, бром технический, гипохлорид кальция, а также углекислый газ и тяжёлые углеводороды.

Строительство опытно-промышленного завода, вернее одного модуля производительностью 1500 м^3/сутки, и получение перечисленных солей, ценных металлов и минеральных солей позволят получить товарную продукцию на 161 млн. рублей в год. А на строительство опытно-промышленного завода производительностью переработки 1500 м/сутки (без объектов соцбыткульта) требуется примерно 90 млн. рублей. Запасы месторождения позволяют построить 10 подобных модулей и довести объём товарной продукции стоимостью до 1 млрд. рублей в год (Курбанов, 2003).

Учитывая достаточно высокую температуру, данное месторождение можно использовать в народно-хозяйственном комплексе – парниковом хозяйстве, а после извлечения ценных компонентов и, при уменьшении минерализации, использовать воду для разведения рыб ценных пород.

Таким образом, ресурсы гидроминеральных промышленных вод дагестанской провинции представляют собой крупнейшую минерально-сырьевую базу для развития редкометальной литий-рубидий-цезиевой, йодо-бромной отрасли промышленности, а также использования гидроресурсов в народно-хозяйственном комплексе.

Однако для осуществления поставленных задач необходимо волевое решение правительства республики, изменение законодательной базы по недропользованию, а также привлечение профессионалов при разработке проектов для проведения поисково-оценочных и геолого-разведочных работ. В противном случае мы рискуем в ближайшее время оказаться в глубоком экономическом кризисе, поскольку, если даже сегодня будут предприняты экстренные меры по проведению крупномасштабных геологических изысканий, то лишь через несколько лет полученные результаты можно будет использовать при добыче полезных ископаемых. Учитывая вышесказанное, а также образование Министерства природных ресурсов и экологии в республике необходимо, по-нашему мнению, передать им функцию координации деятельности всех организаций геологического профиля, что позволит рационально использовать бюджетные средства в различных геологических изысканиях. На сегодняшний день практически на всей территории нашей республики проведены поверхностные исследования и, частично, глубинные. Назрела необходимость в проведении крупных геохимических, минералогических и др. исследований всей территории, что позволит выйти на более высокий уровень в области поисково-оценочных и дальнейших геологоразведочных работ. Приведенные выше примеры, только маленькая толика предложений по использованию минерально-сырьевой базы республики в развитии экономики.

Исходя из вышеизложенного, следует, что для Республики Дагестан принципиально важна стратегия повышения эффективности использования природных ресурсов и организация охраны геоторий. Для этого необходимы новые подходы и методы управления природными ресурсами, основанные на современных информационных технологиях, достижениях вычислительной техники, математики и программных средств.

В природе наблюдается определение соотношения и последовательность в проявлении биологических эффектов, вызываемых избытком, недостатком, дисбалансом активных элементов в окружающей среде. На сбалансированность и оптимальное содержание биологически активных элементов в окружающей среде живые организмы отвечают значительным напряжением адаптационных механизмов регуляции обменных реакций между компонентами живой и неживой природы. Эти закономерности биологических реакций, происходящие в организме растений и животных в определенных биохимических условиях выдвигают задачу изучения процессов

происходящих при взаимодействии природы и общества. Изменения, происходящие в состоянии почвенного покрова растительного и животного мира, особенно в таких изменяющихся регионах как Прикаспийская низменность формируются сдвиги положительного и отрицательного направления.

Основное направление их современная динамика биогеологических процессов, связанных процессами соленакопления и интенсивное (не запланированное) отчуждение в виде кормовых, пищевых и сырьевых ресурсов. Для учета изменений, происходящих в биогеологической системе в масштабе отдельных регионов необходимы новые подходы и концепции, суть которых сводится к проведению глубинных исследований земли, представляющих значительный интерес в биогеохимическом круговороте веществ (Залибеков, 2014; Осика и др., 2013). Содержание этой концепции заключается в естественной капитализации условий рыночной экономики, которая учитывает все известные процессы в биосфере, включая и процессы, происходящие в человеческом социуме (Абдулаев, 2011).

Переход к естественному капитализму для отдельно взятого субъекта, используя капиталистические рыночные отношения с учетом биологических систем и процессов, сопровождающих их жизнедеятельность может быть адаптирован, основываясь на понимании того, что:

1. Система жизнеобеспечения на планете Земля, основанная на кислородно-углеводородном обмене, не имеет замены и не обладает рыночной стоимостью.

2. Окружающая среда (природные ресурсы) поддерживает политику, питает экономику и является самым значимым фактором функционирования производственной сферы жизнедеятельности человека.

3. Наличие плохо продуманных или неправильно понимаемых хозяйственных механизмов и систем, связанных с низким уровнем компетенции управляющих структур.

4. Эти три положения являются основным, но недостаточным условием для обеспечения эколого-экономической устойчивости развития геотории.

Выводы

Для стабильного и устойчивого социального, эколого-экономического развития геотории необходимо выполнение большого объема работ, но решающими факторами являются:

- следование принципам «экономики знаний»;
- радикальное увеличение эффективности и производительности всех видов ресурсов;
- переход на новую парадигму улучшения благосостояния человеческого социума, состоящий в создании качественного потока услуг, а не простое увеличение потока денег;
- формирование сервисной экономики, при которой потребитель получает услуги, арендуя товары длительного пользования (бытовая техника, мебель, недвижимость), а не покупая их;
- подражание природе, которая позволит существенно улучшить отношение массы бесполезных отходов к массе изделия длительного пользования (в настоящее время это отношение составляет ≈ 100:1);
- повышение энергетической эффективности всей экономики, которая в настоящее время составляет ориентировочно 3-5%;
- восстановление глобальной справедливости (вернее представление таковой, ибо каждое общество имеет свое понимание на этот счет), при котором будет соответствующее распределение доходов и материального благосостояния.

Принятие названных выше аксиом и реализация перечисленных факторов возможно при экономическом росте, который может лучше всего происходить в демократическом обществе и в рыночных системах производства и распределения. При этих условиях решается целый ряд социальных проблем, в частности, увеличение занятости, выработка и соблюдение духовных и нравственных норм в соответствии с национальными обычаями и традициями, а также принятие на их основе здорового образа жизни человеческого социума субъекта.

Функционирование демократических отношений и рыночных систем производства, а также справедливое распределение возможно только при сильном гражданском обществе (Абдулаев, 2004) являющемся основой создания высокоэффективных технологий и равновесной системы обмена веществ между природой и обществом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдулаев Ш-С.О. 2004. К стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан. // Вестник ДНЦ РАН. № 4. С. 44-50.

Абдулаев Ш-С.О. 2011. Новая парадигма регионального, политического, социально-экономического, инновационного и культурного развития регионов (на примере РД) // Труды 7 Международной научно-практической конференции. М.: Изд. ИНИОН. С. 9-13.

Залибеков З.Г. 2010. Почвы Дагестана. М.: Наука. 256 с.

Залибеков З.Г. 2014. Концепция биологического разнообразия почв и основные черты современного этапа развития // Аридные экосистемы. Т. 20. № 1. С. 5-17.

Курбанов М.К. 2001. Гидротермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М.: Наука. 260 с.

Курбанов М.К. 2003. Бизнес-план «Берикейский редкометальный завод по комплексному освоению термальных рассолов» // Махачкала: Институт геологии ДНЦ РАН. 40 с.

Осика Д.Г., Отинова А.Ю., Пономарева Н.Л. 2013. О природе глобального потепления и естественных причинах формирования и климатических аномалий и катастроф // Аридные экосистемы. Т. 19. № 4. С. 104-112.

Сулин В.А. 1948. Условия образования, основы классификации и состав природных вод // Ч. 1. М.-Л.: Наука. С. 85-98.

Черкашин В.И., Мацапулин В.У., Юсупов А.Р. 2008. Первые находки терригенного золота, платины в миоценовых отложениях Восточного Кавказа // Доклады академии наук. Т. 42. № 6. С. 792-795.

Республика Дагестан //Экономическая энциклопедия регионов России. 2009. Москва: Изд. «Экономика». 280 с.

A NEW CONCEPT OF SUSTAINABLE ECOLOGO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF MOUNTAIN ECOSYSTEMS (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN)

© 2014. V.I. Cherkashin*, S-S.O. Abdulaev**

**Institute of geology Dagestan Scientific Centre of the Russian Academy of Science*
Russia, 367032 Makhachkala, M. Yaragskogo str. 75. E-mail: dangeo@mail.ru
***Dagestan State University Russia, 367001 Makhachkala, Dakhadaeva str. 21.*

Necessity and technology for sustainable socio-economic development of geotories of an individual subject of the Russian Federation by the concept and methodology of studying the ecological and economic systems adopted by rationalistic is being proved. Directions of work to improve the use of natural resources and environmental protection are offered. The conditions and factors that determine sustainable and stable functioning of ecological and economic systems of the subject of the Russian Federation are given.

Keywords: geotory, regionolistic, sustainability, efficiency, natural capitalism, biosphere, mineral resources, ecology.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 11-23

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 574. 502.17 (282.247.41)

УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОЭКОСИСТЕМ: ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ

© 2014 г. Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко

Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук
Россия, 445003 Тольятти, ул. Комзина, д.10. E-mail: genarozenberg@yandex.ru, tdz@mail333.com

Поступила 15.01.2014

Устойчивость является важнейшим качеством систем. Обсуждаются математические формализации и гидробиологические примеры различных определений устойчивости: устойчивость по Ляпунову, Лагранжу (стабильность), Пуассону (периодическая устойчивость), Свирежеву (иерархическая), Холлингу (упругость), Флейшману (живучесть), Гнеденко (надежность).

Ключевые слова: устойчивость, стабильность, надежность, живучесть, упругость.

Устойчивость (вместе со сложностью и целостностью) представляет собой одну из важнейших характеристик любой сложной системы и характеризует способность системы противостоять возмущающим факторам среды в целях своего сохранения и поддерживать свою структуру более или менее стабильной на протяжении некоторого отрезка времени. Способность самостоятельно достигнуть устойчивого состояния, свойственна только живым системам (May, 1973).

Устойчивость для экосистем (гидроэкосистем) – это сохранение числа видов (неизменность флористического и фаунистического составов), их количественных соотношений в данном сообществе и взаимосвязей в течение некоторого интервала времени; для популяций – отсутствие резких колебаний численности, способных привести популяцию к гибели. «Под *устойчивостью водного объекта* к изменению параметров режимов понимается его *способность* сохранять свои свойства и параметры режимов в условиях действующих на него внешних и внутренних нагрузок. Тогда *уязвимыми* к изменению параметров режимов будут объекты, *не способные* сохранять указанные свойства на определенном временном интервале функционирования (*выделено автором. – Г.Р., Т.З.*)» (Примак, 2009, с. 6).

Концепция устойчивости связана со вторым началом термодинамики, согласно которому любая естественная система (а популяция и экосистема являются естественными системами) с проходящим через нее потоком энергии развивается в сторону устойчивого состояния при помощи саморегулирующих механизмов (Р. Уиттекер (Whittaker, 1974) называет их *буферными*). В случае кратковременного дестабилизирующего воздействия факторов среды на систему (прежде всего, популяцию) буферные механизмы обеспечивают возврат к устойчивому состоянию. Относительно стабильные популяции контролируются, в основном, зависимыми от плотности пределами увеличения популяции сверх допустимой численности – на этом основан подход, который Г.А. Викторов (1965) назвал *регуляционизмом*. Принципиально иной подход – *стохастизм*; он базируется на другой гипотезе, считающей, что «равновесный уровень численности» – это артефакт усреднения за длительный срок. Популяции, не являющиеся относительно стабильными, могут достигать устойчивого состояния лишь благодаря факторам, которые определяют нижние границы их флуктуаций. Более того, по мнению сторонников стохастизма, размещение популяций в пространстве и их динамика во времени ограничены одними и теми же факторами; сторонники регуляционизма считают, что размещение популяций обусловлено абиотическими факторами (не зависящими от плотности), а динамика – биотическими (как правило, зависящими от плотности (Гиляров, 1990, с. 96-97).

Однако, несмотря на кажущуюся очевидность понятия «устойчивость», дать ему четкое и однозначное определение оказывается трудной (может, и не разрешимой) задачей. «Она (*устойчивость. – Г.Р., Т.З.*) активно обсуждается, и к настоящему времени в литературе накопилось достаточно большое количество различных, часто противоречивых представлений о стабильности и

устойчивости экосистем» (Алимов, 2000, с. 100). Например, В.Д. Фёдоров (1974, с. 403) так определяет «устойчивость» – это «способность биосистем противостоять внешним возмущающим воздействиям при сохранении "лица" системы, зависящего от её предыстории». Более того, авторам представляется, что вообще не имеет смысла пытаться дать какое-то исчерпывающее определение достаточно богатому по содержанию понятию[1] (точное определение ограничивает рамки его применимости, и это может оказаться вредным). В этом случае можно использовать ряд фрагментарных определений (Holling, 1969; May, 1973; Фёдоров, 1974, 1977; Левич, 1976; Куприянова, 1983; Розенберг, 1986, 1990; Краснощеков, Розенберг, 1992; Драбкова, 1994; Лотош, 2001; Самакова, 2003), касающихся лишь некоторых отдельных сторон этого понятия.

Признак устойчивости экосистем был, пожалуй, единственным из сложных параметров сложных систем (Розенберг, 2013), который достаточно широко обсуждался в экологии. Например, в фитоценологии – это представления об экосистеме как о квазиорганизме, связываемые с именем американского эколога Ф. Клементса (Clements, 1904, 1905, 1916); в агроэкологии – стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства А.А. Жученко (1988, 2000); в гидроэкологии – «одна из *важнейших задач* гидроэкологии – оценка устойчивости и уязвимости водной экосистемы (*выделено авторами. – Г.Р., Т.З.*)» (Ковалева, Рассашко, 2012, с. 11). С другой стороны, формальное определение «устойчивости» имеет большое значение в методологии математического моделирования (Свирежев, Логофет, 1978). Каждое из фрагментарных определений устойчивости можно соотнести со своей математической моделью, наиболее близко соответствующей экологическому содержанию, которое вкладывается исследователем в тот или иной «фрагмент».

Устойчивость по Ляпунову (устойчивость). Это понимание наиболее близко соответствует экологическим представлениям об устойчивости как отсутствии резких колебаний численности. В этом случае устойчивость сообщества ассоциируется с устойчивостью некоторого положительного стационарного решения системы модельных уравнений – точка равновесия или предельный цикл. Из устойчивости в таком понимании следует сохранение числа видов в сообществе (обратное, вообще говоря, не обязательно). Различают устойчивость «в малом» (достаточно малое отклонение режима работы от исходного, независимо от того, какими причинами оно вызвано, с течением времени уменьшается и система возвращается в исходное состояние) и устойчивость «в большом» (система, получив достаточно большое начальное отклонение, возвращается в исходное состояние после прекращения действия возмущения). В большинстве практических задач производят исследование устойчивости «в малом». Исследование устойчивости «в большом» изучают путем анализа хода интегральных кривых на фазовой плоскости или путем использования второго метода Ляпунова (исследования с помощью специальных функций Ляпунова (Понтрягин, 1974; Колмановский, 1995). Основы теории устойчивости (в этом контексте) были разработаны крупнейшим русским математиком А.М. Ляпуновым в 1892 г. и изложены в его книге "Общая задача об устойчивости движения".

Проиллюстрируем этот наиболее часто используемый в экологии способ исследования устойчивости детерминированных моделей на двух примерах.

Рассмотрим аналитическую модель сезонного развития сообщества фитопланктона - *эффект «цветения воды»* (Крестин, Розенберг, 1996, Rozenberg, Krestin, 1997). Модель вольтерровского типа предполагает конкурентные взаимоотношения «обычных» (x_1) и сине-зеленых водорослей (x_2), причем, последние находятся под воздействием зоопланктона (z). Предполагается, что:

- коэффициенты экспоненциального роста обычных и сине-зеленых водорослей прямо пропорциональны концентрации фосфора (P);
- количество погибшего зоопланктона, за исключением естественной смертности, прямо пропорционально концентрации зоопланктона и концентрации тяжелых металлов в воде (M);
- количество сбрасываемого в воду фосфора за единицу времени постоянно и равно ξ_P;
- количество фосфора, потребляемого обоими видами водорослей прямо пропорционально их концентрациям и плотности фосфора;
- относительно тяжелых металлов делаются аналогичные допущения (количество сбрасываемых тяжелых металлов в единицу времени постоянно – ξ_M);

[1] Невозможность дать понятию однозначное определение может выступать свидетельством сложности той системы, которую это понятие характеризует (например, «жизнь», «вид» или «политика»).

- коэффициент ε_2 зависит от температуры (T) следующим образом:

$$\varepsilon_2 = \begin{cases} 0, & \text{если } T < T_0 , \\ \varepsilon_0, & \text{если } T \le T_0 ; \end{cases}$$

- выполняется «гипотеза эквивалентов» [Вольтерра, 1976] – биомасса жертвы полностью перерабатывается в биомассу хищника.

Эти предположения позволяют записать следующую систему пяти дифференциальных уравнений для анализа феномена «цветения воды»:

$$\begin{aligned} dx_1 / dt &= \varepsilon_1 x_1 P - r_{12} x_1 x_2 \\ dx_2 / dt &= \varepsilon_2 x_2 P - r_{21} x_1 x_2 - \gamma x_2 z \\ dz / dt &= \gamma x_2 z - \alpha_3 z - \sigma_1 z M \\ dP / dt &= \xi_P - \beta_1 x_1 P - \beta_2 x_2 P \\ dM / dt &= \xi_M - \sigma_2 z M . \end{aligned} \tag{1}$$

Эта система (1) имеет два стационарных решения, устойчивость по Ляпунову которых является решением системы (2) и зависит от соотношения её коэффициентов.

$$\begin{aligned} &\varepsilon_1 x_1 P - r_{12} x_1 x_2 = 0 \\ &\varepsilon_2 x_2 P - r_{21} x_1 x_2 - \gamma x_2 z = 0 \\ &\gamma x_2 z - \alpha_3 z - \sigma_1 z M = 0 \\ &\xi_P - \beta_1 x_1 P - \beta_2 x_2 P = 0 \\ &\xi_M - \sigma_2 z M = 0 . \end{aligned} \tag{2}$$

Для получения качественных оценок динамики той или иной реальной экосистемы весьма полезным оказывается разумное упрощение модели до, так называемой, *минимальной*. Для построения такой модели потока биогенных веществ в пресноводной (в частности, озерной) экосистеме, А.А. Войнов и Ю.М. Свирежев (1981) предложили заменить процесс прохождения биогенов по всей трофической и детритной цепи некоторым запаздыванием по времени. Тогда реализуется следующая схема: биогенные элементы (концентрация R), доступные для фитопланктона (концентрация x), → фитопланктон → задержка (прохождение по трофической цепи, чисто механический транспорт биогенов к фитопланктону и пр.) → вновь биогенные элементы, доступные для фитопланктона. Эта схема описывается всего двумя балансовыми уравнениями:

$$\frac{dx}{dt} = V(R, x)x - mx \tag{3}$$

$$\frac{dR}{dt} = Q - V(R, x)x + kmx(t - \tau) , \tag{4}$$

где $V(R, x)$ – удельная скорость потребления биогенов фитопланктоном; m – обобщенный коэффициент смертности (естественная смертность и потребление другими звеньями трофической цепи); k – коэффициент неизбежных потерь биогенных элементов в цикле ($k < 1$); Q – скорость поступления биогенов извне («эффект обогащения»; $Q > 0$, т. к. любая экосистема незамкнута по веществу), τ – характерное время запаздывания в замыкании цикла биогенных элементов.

Данная система уравнений имеет нетривиальную точку равновесия, которая находится из соотношений:

$$V(R^*, x^*) = m, \qquad x^* = \frac{Q}{(1-k)m} . \tag{5}$$

В предположении, что уравнение $V(R^*, x^*) = m$ имеет единственное решение $R^* > 0$, при $Q > 0$, система имеет единственную нетривиальную точку равновесия $\{x^*, R^*\}$. Авторы доказали

устойчивость этого равновесия (по Ляпунову), показали ограниченность фазовых траекторий и с помощью машинных экспериментов получили ряд качественных содержательных выводов (например, было показано, что увеличение запаздывания τ в модели влечет за собой более медленное движение к точке равновесия, увеличение коэффициента k мало влияет на скорость движения, увеличение поступления биогенных элементов Q сдвигает точку равновесия, но практически не меняет фазовых траекторий).

Все это позволило сделать вывод о том что «проведенный анализ лишний раз свидетельствует о возможности достаточно адекватного качественного описания сложных экологических систем при помощи простых минимальных моделей» (Войнов, Свирежев, 1981, с. 940).

Устойчивость по Свирежеву (иерархическая) – сохранение структуры популяции за счет стабилизирующего действия всего сообщества или экосистемы. Суть представлений Ю.М. Свирежева (1974) сводится к следующему. Любая экосистема состоит из «блоков», каждый из которых на своем отрезке времени, может быть либо устойчивым, либо нет. Однако, неустойчивость отдельного блока стабилизируется другим блоком, расположенным иерархически выше. Так, например, «блок» фитопланктона в гидроэкосистеме существенно зависит от абиотической составляющей («абиотического блока»: температуры, освещенности, наличия биогенных элементов и пр.); в свою очередь, «блок фитопланктона» в существенной степени определяет устойчивость «блока зоопланктона», тот – «блока ихтиофауны» и пр. В этом контексте симптоматично высказывание Ю.М. Свирежева [http://www.ifaran.ru/old/lme/Laboratory/RuLabSvirezhev.htm]: «Очень интересна идея о внутренних бифуркациях, которые определяют виртуальное богатство поведения системы, но которые проявляются лишь в условиях иерархии её временных или пространственных масштабов». Примером могут служить достаточно распространенные консорции макрозообентоса с детерминантным центром Dreissena+Unionidae и консортивной совокупностью гидробионтов в водоемах разного типа (Харченко, Протасов, 1981; Морозовская и др., 2012).

Устойчивость по Пуассону (периодическая устойчивость) предполагает, что соответствующая фазовая траектория (результат описания дифференциальными уравнениями динамики некоторой гидроэкосистемы) сколь угодно долго не покидает ограниченной области фазового пространства (Афанасьев, Дзюба, 2007). Иными словами, находясь в этой области бесконечно долго, она неизбежно будет возвращаться в сколь угодно малую окрестность начальной точки. Времена возврата могут быть периодическими, квазипериодическими или представлять собой случайную последовательность (последнее, если решение отвечает режиму динамического хаоса для странного аттрактора[2]). Именно для последней ситуации можно предложить следующую иллюстрацию.

Рассмотрим динамику трехвидового сообщества (Розенберг, 2013), где $x(t)$, $y(t)$ и $z(t)$ – численности видов в момент времени t. Будем различать виды по типу их эколого-ценотических стратегий (ЭЦС; см.: Миркин, 1983; Миркин, Наумова, 2012): виды x и y – это С-стратеги (конкуренты), z – R-стратег (рудерал); первые характеризуются мощным конкурентным подавлением соперников и способностью доминировать в сообществе, второй – не отличается устойчивостью к стрессовым ситуациям, обладает низкой конкурентной мощностью, но способен при отсутствии конкуренции быстро захватывать пространство (высокая скорость размножения). Эти представления позволяют записать следующую модель динамики такого сообщества:

$$\begin{aligned} dx/dt &= a_1x - b_1y\cdot\ln z \\ dy/dt &= a_2y - b_2x\cdot\ln z \\ dz/dt &= a3z - b3xyz\ , \end{aligned} \qquad (6)$$

где a_i – коэффициенты естественного прироста видов, b_i – коэффициенты межвидовых взаимоотношений, ограничивающих рост.

Выбор логарифмической зависимости при описании взаимодействия видов-конкурентов с видом-рудералом продиктован значительно меньшей конкурентной мощностью последнего (кроме того, подобный прием уже использовался в одной из модификаций модели конкуренции, Gomatam, 1974).

[2] *Аттрактор* (англ. *attract* – привлекать, притягивать) – множество точек в фазовом пространстве динамической системы, к которым стремятся траектории системы. Если траектория прошла достаточно близко к аттрактору, то со временем она уже не покинет окрестность аттрактора и даже будет подходить к нему всё ближе и ближе, то есть будет наблюдаться *эффект притяжения к аттрактору*. *Странный аттрактор* – это аттрактор, не являющийся регулярным.

Отсутствие ограничивающих воздействий самих видов на свой рост (внутривидовой конкуренции) связан с тем, что моделируется ранняя стадия сукцессии, когда эти взаимодействия слабы и ими можно пренебречь. Легко показать, что эта модель имеет неустойчивую точку равновесия:

$$x_0 = \left(\frac{b_1 a_2 a_3^2}{a_1 b_2 b_3^2}\right)^{1/4}, \quad y_0 = \left(\frac{a_1 b_2 a_3^2}{b_1 a_2 b_3^2}\right)^{1/4}, \quad \ln z_0 = \left(\frac{a_1 a_2}{b_1 b_2}\right)^{1/2} \tag{7}$$

и путем простого преобразования ($\ln z = a_3 w$) с точностью до коэффициентов сводится к модели со странным аттрактором (Монин, 1978). Таким образом, строго детерминированная модель будет иметь «стохастическое» поведение, что позволяет объяснить случайный характер доминирования того или иного вида на разных стадиях сукцессии, а точка $\{x_0, y_0, z_0\}$ будет устойчивой по Пуассону.

Можно констатировать, что существование странных аттракторов в фазовом пространстве феноменологических моделей экосистем заставляет по-иному взглянуть и на саму природу стохастичности изменения характеристик экосистем во времени. При этом возникает интересная задача нахождения статистики поведения системы по известной структуре странного аттрактора (своего рода, аналог закона распределения для случайной величины).

Устойчивость по Лагранжу (стабильность). Если сообщество сохраняет все свои виды, но не имеет равновесных состояний (т. е. решения модельных уравнений типа системы (2) ограничены сверху и снизу некоторыми положительными константами), то говорят об относительной стабильности системы и оценивают устойчивость по Лагранжу. Именно такой тип устойчивости (стабильности) предлагает А.Ф. Алимов (2000, с. 102-103): «Под устойчивостью сообщества или экосистемы предлагается понимать отклонение их характеристик от некого среднего уровня, свойственного конкретной системе как исторически сложившейся при определенных условиях». Очевидно, что требование стабильности является более «слабым», чем устойчивость по Ляпунову. Хорошо это или плохо?

Всем условиям стабильности удовлетворяет экосистема со структурой сообщества, демонстрирующей перенос энергии, заключенный в пище, от одного вида к другому (трофическая цепь), когда скорость поступления ресурса (или его суммарная величина) ограничены. Уравнения вольтеровского типа для незамкнутой трофической цепи длина n имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dN_0}{dt} &= Q - \alpha_0 N_0 N_1 \\ \frac{dN_i}{dt} &= N_i(-m_i + k_i \alpha_{i-1} N_{i-1} - \alpha_i N_{i+1}), \quad i = \overline{1,n}, \end{aligned} \tag{8}$$

где N_0 – количество ресурса (Q – его начальное значение), N_i – численность вида i в трофической цепи, m_i, k_i, α_i – коэффициенты в уравнении конкуренции. В незамкнутой трофической цепи в качестве ресурса Q можно рассматривать, например, энергию солнечного света или некий биоген, «протекающий» через всю гидроэкосистему; функцию автотрофов «несет» фитопланктон, консументы первого порядка – зоопланктон, второго порядка – рыбы-планктонофаги, третьего порядка – хищные рыбы и т. д. Математический анализ устойчивости по Лагранжу такой системы задает ограничения на начальную величину ресурса (Свирежев, Логофет, 1978, с. 176-183):

$$Q^*(q) < Q < Q^*(q+1), \tag{9}$$

где q – число видов в трофической цепи, Q^* – ограничительная функция, зависящая от вида трофических функций взаимодействующих видов, КПД использования ресурса, коэффициентов естественной смертности видов и пр.

Устойчивость по Холлингу (упругость). В экосистеме, особенно находящейся под антропогенным воздействием, может происходить исчезновение (вымирание) одного или нескольких видов и, соответственно, сокращение трофических связей. К. Холлинг (Holling, 1973, p. 21) замечает, что «исчезновение вида не есть чисто случайное событие, а является результатом взаимодействия случайных событий с теми детерминированными силами, которые определяют форму, размеры и характеристики области устойчивости». Поэтому он предложил наряду с устойчивостью сообщества

рассматривать еще и «упругость» – способность системы сохранять свои внутренние взаимосвязи при возмущении её состояния.

Взаимосвязи гидроэкосистемы формализуются корреляционной матрицей, которая, в свою очередь, сводится к обыкновенному знаковому графу; анализ последнего как целостного объекта может предоставить исследователю интересную информацию об упругости изучаемой системы. Так, например, Г.Е. Михайловский (1983) предлагает рассматривать следующие показатели:

- конкордность системы (φ) – средняя сила достоверных корреляционных связей, которая может быть измерена как средний модуль достоверных коэффициентов связи;
- организованность системы (R) – нормированная суммарная сила корреляционных связей;
- сложность системы (σ) – коэффициент, связывающий конкордность с организованностью:

$$\mathrm{R} = \sigma\varphi\,, \quad \sigma = \mathrm{R}/\varphi = \frac{2N}{n^2}\,, \tag{10}$$

где N – наблюдаемое число достоверных связей, n – общее число видов в гидроэкосистеме (к сожалению, для этих показателей не определена величина ошибки, что, естественно, затрудняет процедуру сравнения). *Конкордность системы (φ) интерпретируется Г.Е. Михайловским как упругость в понимании Холлинга*.

В качестве примера рассмотрим данные гидробиологической съемки, представленные численностями особей отдельных таксонов макрозообентоса, обнаруженных в пробах из различных биотопов речной системы Байтуган (правый приток р. Сок, длина 20 км) – Сок (левобережный приток Саратовского водохранилища р. Волга, длина 364 км; Самарская область. (Особенности пресноводных.., 2011, с. 204-205; Шитиков и др., 2011, с. 174-175). При этом в рамках классификационного подхода Браун-Бланке (Шитиков и др., 2005, 2011) в распределении ценозов было выделено три группы видов макрозообентоса. Первая относится исключительно к таксоценозу реофильных и чистоводных видов (например, *Nemoura cinerea*, *Pristina* (*Pristinella*) *rosea*, *Elmis aenea*, *Tvetenia* sp., *Eukiefferiella claripennis* gr., *Centroptilum luteolum*, *Euglesa casertana*) ретрали рек. Для более загрязненной потамали, преимущественно эвтрофной части системы (нижнее течение р. Сок) характерны такие виды, как моллюски *Henslowiana henslowana*, *Pisidium amnicum*, *Euglesa acuminata*, хирономиды *Paralauterborniella nigrohalteralis*, *Ablabesmyia monilis* и *Zavrelia pentatoma*. В то же время комплекс видов, характерных для типологически сходных участков рек и относительно равномерно распределенных по всему продольному течению системы водотоков (рео- и эвриоксибионтные хирономиды *Monodiamesa bathyphila*, *Prodiamesa olivacea*, поденки *Ephemera vulgata*, *Baetis* gr. *rhodani*, *Cloeon dipterum*, жуки *Haliplus ruficollis*, мошки *Boophthora erythrocephala* и моллюски рода *Pisidium*), оказался приуроченным к верхнему и среднему течению равнинной реки Сок.

Матрицы парных коэффициентов корреляции Пирсона были рассчитаны между 85 видами бентоса на 13 станциях наблюдений и объединены в три группы (р. Байтуган, верховья и нижнее течение р. Сок). Были получены оценки, приведенные в таблице.

Таблица. Параметры конкордности, сложности и организованности экосистем рек. **Table.** Parameters of concord, complexity and organization of river ecosystems.

Река	Показатели		
	конкордность (φ)	сложность системы (σ)	организованность системы (R)
р. Байтуган	φ = 0.969	σ = 0.055	R = 0.053
р. Сок (верховья)	φ = 0.933	σ = 0.040	R = 0.037
р. Сок (устье)	φ = 0.994	σ = 0.056	R = 0.056

Можно сказать (с известной долей осторожности, так как материал не собирался для оценки упругости гидроэкосистем), что упругость по Холлингу для «чистой» р. Байтуган и «загрязненного» нижнего течения р. Сок, при существенном различии видового состава, примерно одинакова (гидроэкосистемы достигли климаксового состояния); упругость верхнего и среднего течения р. Сок ниже, что свидетельствует о том, что экосистемы этих участков реки находятся под постоянным

гидролого-гидрофизическим многофакторным воздействием, в условиях «циклического распределения питательных веществ», динамики речной сети (Зинченко, Шитиков, 2011, с. 243; Benda et al., 2004), что не позволяет им стабилизироваться («вечная сукцессия» – идет перестройка видовой структуры; организованность системы R заметно ниже) и повысить свою упругость.

Устойчивость по Флейшману (живучесть). Живучесть – это сохранение структуры и функционирования системы с помощью активного подавления «вредных» факторов (Флейшман, 1966, 1971, 1982; Крапивин, 1978). Н.Ф. Реймерс (1990) различает «живучесть» и «устойчивость» по способности популяции и экосистемы реагировать на воздействия факторов среды, соответственно, резко или пропорционально силе воздействия. Самым тривиальным примером живучести может служить образование рыбных стай, что позволяет активно противостоять хищникам и осуществлять поиск контагиозно-распределенной в водной толще пищи (в последнем случае, возникает специфическая задача оптимизации размера рыбной стаи).

Еще один пример оценки живучести был построен Р. Меем (May, 1972) и подробно прокомментирован (Свирежев, Логофет, 1978). Рассмотрим сообщество из n видов, матрица связей которого конструируется следующим образом:

$r_{ij} = 0$ с вероятностью $1 - p$ для $i \neq j$,

$r_{ij} \neq 0$ с вероятностью p для $i \neq j$ и выбирается случайно в соответствии с нормальным законом распределения с нулевым средним и дисперсией σ^2,

$r_{ii} = -1$ для $i = j$ (т. е. все виды обладают самолимитированием и в отсутствии взаимодействия их численность не может расти безгранично).

При этом оказывается, что вероятность устойчивости такой структуры

$$\mathrm{P}(n, p, \sigma) \to 1, \quad \text{если} \quad \sigma\sqrt{np} < 1 \quad \text{и}$$

$$\mathrm{P}(n, p, \sigma) \to 0, \quad \text{если} \quad \sigma\sqrt{np} > 1. \qquad (11)$$

Иными словами, расчет по формуле 11 дает оценку потенциальной эффективности такой структуры по параметру «живучести».

В качестве примеров живучести можно привести гидробионтов разных таксономических групп. В условиях вселения чужеродных рыб, например, ротана (*Perccottus glenii*, Dybowski, 1877), некоторые виды лягушек продолжают нереститься в водоемах, колонизированных ротаном. Более того, жабы *Bufo bufo* L. успешно размножаются в водоемах, заселенных ротаном и в массе достигают стадии метаморфоза. Возможно, что условия развития личинок этого вида даже улучшаются после заселения вселенцем ротаном малых водоемов в окрестностях оз. Глубокого (Решетников, 2001). Среди одноклеточных в соленых водоемах, аборигенные галофильные гетеротрофные жгутиконосцы *Macropharyngomonas* aff *halophila* и галофильные инфузории *Diophrys* sp. поедают чужеродных *Escherichia coli*, увеличивая свою численность за счет снижения плотности кишечной палочки *E. coli* и дальнейшего её «выдавливания» из системы (Селиванова, Немцева, 2012).

Устойчивость по Гнеденко (надежность). Одним из фрагментарных определений устойчивости можно считать «надежность» (англ. *reliability, dependability*; чаще используется применительно к техническим системам (Рябинин, 2007) – «свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования» (ГОСТ 27.002-89); сохранение системы, несмотря на гибель отдельных её элементов, с помощью их замены, дублирования и. т. д.; скорость подобного восстановления называют «авторегенеративностью системы» (Портнов, Уёмов, 1972). Интуитивно, надёжность систем связывают с недопустимостью отказов в работе (безотказность, долговечность и сохраняемость). Это подтверждает вывод Б.С. Флейшмана (1982, с. 31) о том, что «надежность является более пассивной формой структурной устойчивости, чем живучесть». Одним из первых математическую теорию надежности стал развивать В.Б. Гнеденко (Гнеденко и др., 1965).

Надежность гидроэкосистем достигается за счет разнообразия видового состава при обратимых (суточных, сезонных и разногодичных) изменениях. При этом, «надежная система может быть сложена из ненадежных элементов или подсистем, не способных к самостоятельному существованию. По отношению к экосистемам это правило может быть уточнено следующим образом: устойчивая экологическая система может состоять из менее устойчивых компонентов или подсистем; или – устойчивость экологической системы, как единого целого всегда выше

устойчивости каждого отдельного ее компонента или подсистемы. Классическим примером тому могут служить лишайники, коралловые рифы, сообщества "социально организованных" насекомых» (Логинова, Лопух, 2011, с. 42).

Из теории потенциальной эффективности сложных систем известен предельный закон надежности (Флейшман, 1971, с. 26), который задает оценку вероятности того, что система с изменяющимся числом элементов просуществует определенное время:

$$\mathrm{P_R}(t) = \begin{cases} \geq 1-(1-t^{-\alpha})/\alpha\,, & при \quad n(\tau) \geq f_1(\theta, p, \ln\tau)\,, \\ \leq \dfrac{2\cdot o(\ln t)}{1+t}\,, & при \quad n(\tau) \leq f_2(\theta, \overline{p}, \ln\tau)\,, \\ = \exp(-\lambda t)\,, & при \quad n = const\,, \end{cases} \tag{12}$$

где $\mathrm{P_R}(t)$ – надежность системы, t – время, которое система должна просуществовать, $o(\ln t)$ – величина, существенно меньшая по сравнению с $\ln t$, f_1 и f_2 – это функции, которые монотонно зависят от $\ln\tau$, θ – коэффициент смерти системы, p – средняя вероятность жизни отдельного вида, $\overline{p} < 0{,}5$ – верхняя оценка для p.

Таким образом, из оценки $\mathrm{P_R}(t)$ следует, если виды появляются быстрее, чем логарифм времени (первое неравенство), при достаточно длительном существовании надежность системы будет близка к единице:

$$\mathrm{P_R}(t) > 1-\alpha^{-1}\,, \tag{13}$$

где α – некоторая константа. Этим неравенством может характеризоваться надежность экосистемы, например, водохранилищ в период их формирования, когда виды донных сообществ, осваивая новые биотопы демонстрируют взрыв разнообразия (эуклимакс и суперклимакс (Брусиловский, Розенберг, 1979; Уиттекер, 1980). Когда рост числа видов со временем не превосходит логарифм времени (среднее неравенство), то надежность такой системы на достаточно длительном отрезке времени будет стремиться к 0. Примером такой ситуации могут служить сообщества фито- и зоопланктона, флуктуации которых беспрестанны, и устойчивые сообщества которых неотличимы от серийных (аклимакс и циклоклимакс, Брусиловский, Розенберг, 1979; Уиттекер, 1980). Наконец, если число видов со временем не меняется, то надежность системы (сообщества) характеризуется известным экспоненциальным законом (третье неравенство), где параметр λ имеет смысл величины, обратной среднему времени между «стрессами» системы. Примером такой ситуации может служить простое онтогенетическое старение популяций, составляющих сообщество малых городских озер или водохранилищ (например, в фазу «цветения» мезо- или эвтрофных водоемов).

Статистические приёмы оценки устойчивости гидроэкосистем. Это, пожалуй, самый большой класс методов оценки и измерения устойчивости экосистем. В качестве оценки колебания разброса единичных значений функции вокруг среднего можно использовать, например, линейные преобразования коэффициента вариации (Фёдоров, Соколова, 1972; Фёдоров, 1974; Сярки, 2010) или просто отношения минимальной за год биомассы сообществ к максимальной (Алимов, 1989). Почти 60 лет тому назад, исходя из предположения о прямой зависимости устойчивости и биоразнообразия экосистем, для оценки устойчивости был предложен индекс Шеннона (MacArthur, 1955; Margalef, 1958), который до сих пор активно используется в экологии и гидробиологии, несмотря на его вполне объективную критику (Свирежев, Логофет, 1978, с. 12-13; Драбкова, 1994, с. 71; Розенберг, 2010, с. 17-19). Мы не будем задерживаться на этих приёмах оценки устойчивости гидроэкосистем и приводить примеры, так как число таких индексов и примеров их вычисления и интерпретации – огромно. Но не будем забывать, что «как больцмановская энтропия в статистической физике, так и информационная энтропия в теории информации имеют смысл лишь для ансамблей из слабо взаимодействующих частиц или каких-либо других объектов. Введение энтропийной меры для таких множеств вполне обосновано. Но как только мы имеем дело с системами, элементы которых сильно взаимодействуют между собой, энтропийная мера уже неудовлетворительна. А биологические сообщества, где конкурентные взаимоотношения наиболее сильно проявляются вблизи положения

равновесия и вся структура которых в основном определяется не характеристиками присущими собственно виду, а характеристиками межвидовых взаимоотношений, представляют собой именно системы с сильными взаимодействиями. С этой точки зрения понятны удачи в применении энтропийных мер на ранних стадиях эволюции сообществ. Все дело в том, что на этих стадиях, вдали от положения равновесия, конкуренция еще слаба, конкурентные давления малы, и сообщество вполне может рассматриваться как система со слабыми взаимодействиями» (Свирежев, Логофет, 1978, с. 13-14). «Прозрачность» этого высказывания также не требует комментариев.

Заключение

Начиная с классических работ А. Лотки (Alfred Lotka), В. Вольтерра (Vito Volterra), А.Н. Колмогорова, В.А. Костицына (см.: Абросов, Боголюбов, 1988) и др., *в математической экологии сформировалось направление (вольтерровская математическая теория конкуренции [ВМТК]),* в основе которого лежат представления о примате характера взаимодействия между популяциями и уравнения вольтерровского вида.

Современное состояние изученности моделей ВМТК и их приложение к задачам экологии и, прежде всего, гидробиологии было основным предметом рассмотрения этой статьи. При этом следует подчеркнуть (Абросов, Боголюбов, 1988) положительные стороны этой теории:

- изученность условий устойчивости, определяемой только характером взаимодействий конкурирующих популяций;
- пределы перекрывания экологических ниш;
- известную абстрактность всех этих построений;
- полезность ВМТК для развития самой математической экологии.

Среди недостатков ВМТК называют:

- наиболее часто используемый линейный вид функции $V(\ldots)$ (см. выше формулу 3);
- слабую экологическую обусловленность вводимых в модели нелинейных эффектов;
- отсутствие гарантий, что при изменении внешних условий вид функции $V(\ldots)$ не изменится (более того, было показано, что в результате совместной динамики сообщества и среды может меняться не только интенсивность, но и знак взаимодействий одних и тех же видов (Дегерменджи, Терсков, 1984);
- наконец, основная причина разного рода несоответствий в ВМТК связана с отрывом рассматриваемых сообществ от динамических процессов внешней среды (иными словами, ВМТК описывает феномены абстрактных биоценозов).

Новый теоретический подход (математическая теория трофической конкуренции [МТТК]) стал развиваться с конца 60-х – начала 70-х годов в работах Р. Мак-Артура (Robert MacArthur) и И.А. Полетаева (Абросов, Боголюбов, 1988; Боголюбов, 1989). В основу МТТК положен *принцип Либиха* и, следовательно, предполагается, что скорость роста популяции лимитируется концентрацией некоторого элемента питания в среде. При этом подчеркивается, что «лимитирование некоторым ресурсом скорости роста и возобновления популяции не исключает потребления остальных ресурсов, необходимых для жизнедеятельности особей» (Боголюбов, 1989, с. 7). Пространственное перераспределение особей и популяций приводит к потере устойчивости точечных моделей, однако при этом *возможно возникновение устойчивости особого рода – пространственно равновесных структур*.

Особенностью МТТК, выгодно отличающей ее от ВМТК, является возможность постановки параллельных экспериментов для проверки теоретических выводов (путем изменения внешних условий). Анализ подобных моделей, число которых в настоящее время начинает резко возрастать, – это предмет обсуждения в специальной работе.

Большинство из рассмотренных в настоящей статье гидроэкосистем считались равномерно распределенными по пространству и поэтому для их описания было достаточно построения точечных моделей. Естественно, что это большая идеализация; можно предложить, как минимум, еще один механизм, оказывающий в ряде случаев существенное влияние на динамику гидроэкосистем и связанный с их пространственным распределением – например, механизм диффузии вещества по пространству водохранилища. Пространственное перераспределение особей и популяций приводит к потере устойчивости точечных моделей, однако при этом возможно возникновение устойчивости особого рода – пространственно равновесных структур (см., например, Крестин, Розенберг, 2002). В

результате нестационарных возмущений в некоторых экосистемах не успевает сформироваться типичный экоклин, к чему резиденты не могут приспособиться. Это может быть вызвано абиотической флуктуацией, быстрыми локальными биологическими модификациями или обеими причинами вместе. Так, при частых возмущениях возможна потеря экосистемной устойчивости, сопровождающаяся коренной перестройкой видовой структуры с доминированием видов, для которых характерна высокая адаптационная способность. Можно привести пример наблюдаемых временных (климатические изменения) и сезонных (связанных с изменением водности, уровня минерализации) сукцессий в выскоминерализованных реках аридной зоны Приэльтонья (Зинченко, Головатюк, 2010). Организмы донных сообществ соленых рек проявляют свои адаптационные характеристики уже на стадии изучения биологии видов (единовременный массовый вылет хирономид, селективность питания, короткий жизненный цикл, галобность видов и т. д.).

Анализ подобных моделей, число которых в настоящее время резко растет, – это также специальный предмет обсуждения.

Любые модели, как некоторые абстрактные и упрощенные отражения моделируемых объектов (в нашем случае – гидроэкосистем и популяций гидробионтов), характеризуются реалистичностью, точностью и общностью (см.: Розенберг, 1984). *Реалистичность* рассмотренных моделей подтверждается существующими гидробиологическими представлениями и качественным соответствием модельных траекторий реальной динамике популяций гидробионтов и гидроэкосистем. Что касается *точности* и *общности* моделей, то эти два критерия в рамках системологии (теории сложных систем) связаны обратной зависимостью – *принцип несовместимости простоты и точности описания сложных систем* (Флейшман, 1982; Розенберг, 2013). Аналитические модели, как правило, строятся по незначительному числу обобщенных переменных и потому трудно ожидать, что все количественные черты модели будут соответствовать динамике моделируемой экосистемы. Выбор тех или иных переменных для построения модели должен определяться, в первую очередь, целями моделирования. Неизбежные и многочисленные упрощения при построении объяснительных аналитических моделей крайне неутешительно наблюдать практическим гидробиологам и экологам. Однако, при анализе таких моделей следует четко отдавать себе отчет в том, для каких целей эти модели построены. Э. Пилу (Pielou, 1977) сформулировала три главных мотива построения аналитических моделей в экологии:

- исследование более или менее правдоподобных предположений и гипотез о характере роста отдельных популяций и сообществ видов,
- исследование совместимости этих гипотез с наблюдаемым поведением реальных систем в природе и
- качественное прогнозирование изменений естественных сообществ при различных режимах воздействия на них.

Для решения всех этих задач большая часть допускаемых упрощений выглядит оправданной, и аналитические модели по праву претендуют на роль объяснительной математической теории в экологии и гидробиологии.

Устойчивость, как уже отмечалось, является важнейшим качеством систем. При этом простые системы имеют *пассивные формы устойчивости* – прочность, сбалансированность и пр.; для сложных систем (к которым, естественно, относятся и гидроэкосистемы) определяющим являются в разной степени *активные формы устойчивости*. Рассмотренные выше активные формы устойчивости носят, в основном, структурный характер и потому их математическое моделирование и количественный анализ (Шуйский и др., 2004; Шитиков и др., 2005; Дмитриев, 2009 и др.) должны быть направлены на учет, как уязвимости отдельных компонент сложных систем, так и связей между этими компонентами и, в конечном итоге, − на целостное исследование и элементов, и связей между ними (Флейшман, 1982; Розенберг, 1986; Заика, 2007).

Благодарности. Авторы благодарны к.б.н. Н.В. Костиной за расчеты упругости по Холлингу; мл. науч. сотруднику Э.В. Абросимовой за помощь в оформлении статьи; мы также признательны РФФИ (гранты 14-04-01548, 13-04-00740 и 14-06-97019 р_поволжье_а) и программам фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» и Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России:

динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» за финансовую поддержку данного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абросов Н.С., Боголюбов А.Г. 1988. Экологические и генетические закономерности сосуществования и коэволюции видов. Новосибирск: Наука. 333 с.

Алимов А.Ф. 1989. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Наука. 150 с.

Алимов А.Ф. 2000. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука. 147 с.

Афанасьев А.П., Дзюба С.М. 2007. Устойчивость по Пуассону в динамических и непрерывных периодических системах. М.: Изд-во ЛКИ. 240 с.

Боголюбов А.Г. 1989. О принципе конкурентного исключения и механизмах поддержания видового разнообразия сообществ // Биологические науки. № 11. С. 5-18.

Брусиловский П.М., Розенберг Г.С. 1979. Вероятностные модели предотвращения катаклизмов. Препринт Ин-та биол. БФАН СССР. Уфа. 28 с.

Викторов Г.А. 1965. Колебания численности насекомых как регулируемый процесс // Журн. общей биологии. Т. 26, вып. 1. С. 43–55.

Войнов А.А., Свирежев Ю.М. 1981. Устойчивость простейшей модели водной экосистемы // Журнал общей биологии. Т. 42, № 6. С. 936-940.

Вольтерра В. 1976. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука. 286 с.

Гиляров А.М. 1990. Популяционная экология: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ. 191 с.

Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. 1965. Математические методы в теории надежности. М.: Наука. 524 с.

ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Госстандарт СССР, 1989 (утратил силу в РФ).

Дегерменджи А.Г., Терсков И.А. 1984. Новый способ классификации взаимодействий в смешанных культурах микроорганизмов // ДАН СССР. Т. 276. № 4. С. 746-749.

Дмитриев В.В. 2009. Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы // Общество. Среда. Развитие. (Terra Humana). № 4. С. 146-165.

Драбкова В.Г. 1994. Понятия и критерии устойчивости // Восстановление экосистем малых озер / Под ред. В.Г. Драбковой и др. СПб.: Наука. С. 69-74.

Жученко А.А. 1988. Адаптивный потенциал культурных растений: Эколого-генетические основы. Кишинев: Штиинца. 766 с.

Жученко А.А. 2000. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке. Саратов: ООО «Новая газета». 270 с.

Заика В.Е. 2007. Устойчивость экосистем // Морський екологічний журн. Т. VI. № 3. С. 27-32.

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

Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. 2011. Сукцессии в реках (обзор) // Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / Под ред. Г.С. Розенберга и Т.Д. Зинченко. Тольятти: Кассандра. С. 236-249.

Ковалева О.В., Рассашко И.Ф. 2012. Гидроэкология: учебно-методический комплекс. Гомель: Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. 293 с.

Колмановский В.Б. 1995. О применении второго метода Ляпунова к разностным уравнениям Вольтерра // Автоматика и телемеханика. № 11. С. 50-64.

Крапивин В.Ф. 1978. О теории живучести сложных систем. М.: Наука. 248 с.

Краснощеков Г.П., Розенберг Г.С. 1992. Принципы усложнения механизмов устойчивости экологических систем // Проблемы устойчивости биологических систем. М.: Наука. С. 40-51.

Крестин С.В., Розенберг Г.С. 1996. Об одном механизме «цветения воды» в водохранилищах равнинного типа // Биофизика. Т. 41. Вып. 3. С. 650-654.

Крестин С.В., Розенберг Г.С. 2002. Двухмерная модель «цветения воды» в водохранилище равнинного типа // Известия Самарского НЦ РАН. Т. 4. № 2. С. 276-279.

Куприянова Т.П. 1983. Обзор представлений об устойчивости физико-географических систем // Устойчивость геосистем. М.: Наука. С. 7-13.

Левич А.П. 1976. Понятие устойчивости в биологии. Математические аспекты // Человек и биосфера. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та. Вып. 1. С. 138-174.

Логинова Е.В., Лопух П.С. 2011. Гидроэкология: курс лекций. Минск: Белорус. гос. ун-т. 300 с.

Лотош В.Е. 2001. Принцип Ле Шателье и устойчивость континентальных водоемов // Экологические системы и приборы. № 9. С. 22-25.

Миркин Б.М. 1983. О типах эколого-ценотических стратегий у растений // Журнал общей биологии. Т. 44. № 5. С. 603-613.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г. 2012. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем. 488 с.

Монин А.С. 1978. О природе турбулентности // Успехи физических наук. Т. 125. № 1. С. 97-122.

Морозовская И.А., Протасов А.А., Протасова А.А. 2012. О структуре консорции донных двустворчатых моллюсков // Наукові зап. Тернопільского націон. педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Сер. біологія. № 2 (51). С. 193-197.

Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / Под ред. Г.С. Розенберга, Т.Д. Зинченко. 2011. Тольятти: Кассандра. 322 с.

Понтрягин Л.С. 1974. Обыкновенные дифференциальные уравнения / 4-е изд. М.: Наука. 331 с.

Портнов Г.Я., Уёмов А.И. 1972. Исследование зависимостей между системами параметров с помощью ЭВМ // Системные исследования. Ежегодник, 1971. М.: Наука. С. 103-127.

Примак Е.А. 2009. Интегральная оценка устойчивости и экологического благополучия водных объектов: Автореф. дис. … канд. географ. наук. СПб.:24 с.

Реймерс Н.Ф. 1990. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль. 637 с.

Решетников А.Н. 2001. Влияние интродуцированной рыбы ротана *Perccottus glenii* (Odontobutidae, Pisces) на земноводные в малых водоемах Подмосковья // Журнал общей биологии. Т. 62. № 4. С. 352-361.

Розенберг Г.С. 1984. Модели в фитоценологии. М.: Наука. 240 с.

Розенберг Г.С. 1986. Устойчивость экосистем и ее математическое описание // Экологические аспекты гомеостаза в биогеоценозе. Уфа: БФАН СССР. С. 120-130.

Розенберг Г.С. 1990. К вопросу о типах устойчивости экосистем // Проблемы устойчивости биологических систем: Тез. докл. Всесоюзной школы. Харьков: АН СССР. С. 45-47.

Розенберг Г.С. 2010. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер… // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюл. Т. 19. № 2. С. 4-25.

Розенберг Г.С. 2013. Введение в теоретическую экологию . В 2-х т.; Изд. 2-е, исправленное и дополненное. Тольятти: Кассандра. Т. 1. 565 с. Т. 2. 445 с.

Рябинин И.А. 2007. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Изд-во СПб. ун-та. 278 с.

Самакова А.Б. 2003. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш. Алматы: Каганат. 583 с.

Свирежев Ю.М. 1974. Об иерархической устойчивости биологических сообществ // Математические модели морских экологических систем. Киев: Наукова думка. С. 44-46.

Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. 1978. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука. 352 с.

Селиванова Е.А., Немцева Н.В. 2012. Персистентные свойства микроорганизмов, обитающих в высокоминерализованных водоемах // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. № 4. С. 62-66.

Сярки М.Т. 2010. Оценка устойчивости сезонного цикла планктонных систем // Современные проблемы гидроэкологии. Тез. докл. 4-й Международной научной конференции, посвященной памяти профессора Г.Г. Винберга, 11-15 октября 2010 г. СПб.: Изд-во ЗИН РАН. С. 177.

Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс. 328 с.

Фёдоров В.Д. 1974. Устойчивость экологических систем и её измерение // Изв. АН СССР. Сер. биол. № 3. С. 402-415.

Фёдоров В.Д. 1977. Заметки о парадигме вообще и экологической парадигме в частности // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 16. Биология. № 3. С. 8-22.

Фёдоров В.Д., Соколова С.А. 1972. Об устойчивости планктонного сообщества и некоторых характеристиках внешней среды // Океанология. Т. 12. Вып. 6. С. 1057-1065.

Флейшман Б.С. 1966. О живучести сложных систем // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. № 5. С. 14-23.

Флейшман Б.С. 1971. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. М.: Советское радио. 224 с.

Флейшман Б.С. 1982. Основы системологии. М.: Радио и связь. 368 с.

Харченко А.А., Протасов А.А. 1981. О консорциях в водных экосистемах // Гидробиологический журнал Т. 17. № 4. С. 15-20.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. 2011. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти: Кассандра. 255 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2005. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. М.: Наука. Кн. 1. 281 с. Кн. 2. 337 с.

Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. 2004. Изоболический метод оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса. СПб.: МАНЭБ. 304 с.

Benda L., Poff N.L., Miller D. 2004. The network dynamics hypothesis: how channel networks structure riverine habitats // BioScience. Vol. 54. P. 413-427.
Clements F.E. 1904. Development and Structure of Vegetation. Lincoln (NE): Botanical seminar, 175 p.
Clements F.E. 1905. Research Methods in Ecology. Lincoln (NE): Univ. Publ. Co. 334 p.
Clements F.E. 1916. Plant Succession. Washington (DC): Carnegie Inst. 512 p.
Gomatam J. 1974. A new model for interacting populations two species systems // Bulletin Mathematical Biology. V. 36. P. 347-353.
Holling C.S. 1969. Stability in ecological and social systems // Diversity and Stability in Ecological systems: Report of a Brookhaven Symposium in Biology Held May 26-28, 1969. Upton; N. Y.: Brookhaven Nat. Lab. No. 22. P. 128-141.
Holling C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems // Annual Review Ecoljgy & Systems. V. 4. P. 1-23.
MacArthur R.H. 1955. Fluctuation of animal populations and measure of community stability // Ecology. V. 36, № 3. P. 533-536.
Margalef R. 1958. Information theory in ecology // General Systems. V. 3. P. 36-71.
May R.M. 1973. Stability and Complexity in Model Ecosystems. Princeton: Univ. Press. 233 p.
Pielou E.C. 1977. Mathematical Ecology. N. Y.: Wiley. 383 p.
Rozenberg G.S., Krestin S.V. 1997. System of analytical models of processes of eutrophication in the reservoir (block approach) // Programme and Abstracts. 3rd Internat. Conf. on Reservoir Limnology and Water Quality. Ceske Budejovice (Czech Republic): Hydrobiological Institute ASCR. P. 151.
Whittaker R.H. 1974. Climax concept and recognition // Handbook of Vegetation Science. Part 8. Vegetation Dynamics. Hague (Netherlands): Dr. W. Junk B.V. Publ. P. 137-154.

THE SUSTAINABILITY OF AQUATIC ECOSYSTEMS: AN OVERVIEW OF THE PROBLEM

© 2014. G.S. Rozenberg, T.D. Zinchenko

Institute of Ecology of the Volga River Basin, Rassian Academy of Sciences
Russia, 445003 Togliatti, Komzina str.10. E-mail: genarozenberg@yandex.ru, tdz@mail333.com

Sustainability is a major quality of systems. Discusses the mathematical formalization and hydrobiological examples of various definitions of sustainability: the sustainability of Lyapunov, Lagrange (steadiness), Poisson (periodic stability), Svirezhev (hierarchical), Holling (elasticity), Fleishman (vitality), Gnedenko (reliability).
Key words: stability, steadiness, reliability, vitality, elasticity.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 24-35

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 574.9+574.472

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОТОННЫХ СИСТЕМ ПОБЕРЕЖЬЯ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА [1]

© 2014 г. Н.М. Новикова*, Н.А. Волкова*, О.Г. Назаренко**

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

Поступила 18.12.2013

Рассмотрено изменение факторов среды экотонной системы «вода-суша» (уровень воды водохранилища, глубина залегания грунтовых вод и их минерализация) и компонентов экосистем (почвы, растительность) в годы с разным атмосферным увлажнением на разных типах побережья Цимлянского водохранилища на основе натурных наблюдений, выполненных в режиме мониторинга в период 2004-2013 гг. Показано, что максимальные значения уровня водохранилища имеют тенденцию к снижению, а минимальные и средние – к повышению, амплитуда его колебания в году – к уменьшению, и в последние годы редко превышает 2 м. Это способствует продолжению развивающихся абразионных процессов, сокращению протяженности кратковременно заливаемой территории за бровкой берега, и в настоящее время угрожает существованию лесополосы, сформировавшейся на побережье на высотной отметке 35.5 м н. у. м. Статистически значимой зависимости положения уровня грунтовых вод от осадков не установлено, но в последние годы с осадками ниже среднемноголетних значений, уровень водохранилища не выходит за береговую линию. Разногодичные и сезонные колебания глубины залегания грунтовых вод связаны с уровнем водохранилища. Подтоплению подвержена территория на расстоянии не более 200 м от береговой линии. На побережье водохранилища встречено 157 видов сосудистых растений. Из них 11 – деревья и кустарники. Максимальное видовое богатство растительности (110 видов) приходится на кратковременно заливаемые участки побережья (динамический блок). Максимальная первичная продуктивность (3.4 кг/м^2) зарегистрирована в амфибиальном блоке, в поясе тростниковых плавней.

Ключевые слова: водохранилище, уровень, побережье, экотонная система «вода-суша», функциональные блоки, флуктуация, направленные изменения, абразия, грунтовые воды, оглеение, засоление почв, экологические группы растительности, гидроморфизация, галофитизация.

Водохранилища – важный элемент природной среды современных ландшафтов засушливых районов на территории европейской части России. Современные исследования (Балюк, Кутузов, 2006; Новикова, Уланова, 2012) показывают, что они стали важным фактором, поддерживающим экологический каркас и биологическое разнообразие регионального уровня. Важную роль в его формировании играют побережья. 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, их развитие во времени отсутствуют. Поэтому проблема развития и функционирования их природных комплексов, безусловно, актуальна, в связи с чем на примере Цимлянского водохранилища рассматриваются тенденции изменения во времени ведущего «трансформирующего фактора» − уровневого режима водохранилища и связанного с ним сезонного изменения уровня грунтовых вод, минерализации и

[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».

химизма вод водохранилища и грунтовых вод, а изменение запасов надземной фитомассы и видового состава растительности на разных типах побережья – как функционирование экосистем в годы с разными погодными условиями.

Район работ

Цимлянское водохранилище создано в средней части долины реки Дон на территории Волгоградской и Ростовской областей России в пределах 47°33′-49°10′ с.ш. и 42°07′-44°03′в.д. Оно имеет многолетнее регулирование. Заполнение завершилось в 1953 г., когда была достигнута проектная отметка нормального подпорного уровня (НПУ), равная 36.0 м н.у.м. Его водами затоплены пойма и террасы долины Дона, а также устьевые участки его притоков. Подпор распространяется вплоть до устья р. Иловли – крупного левого притока р. Дон.

Цимлянское водохранилище имеет многоцелевое назначение, но основной водопользователь - гидроэнергетика (81%). В числе крупных водопотребителей сельское хозяйство - орошение, подпитка Манычских водохранилищ, опреснение вод р. Сал (16%), водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий (0.4%), водный транспорт (0.3%), атомная электростанция (0.2%) и рыбное хозяйством (0.14%) (Отчет …, 2007). В последние годы водный транспорт выходит на ведущее место среди водопользователей. Уровневый режим определяется естественным притоком р. Дон и потреблением воды на промышленные и сельскохозяйственные нужды. В связи с этим максимальное наполнение и самый высокий уровень водохранилища, приближающийся к нормальному подпорному уровню отмечается в конце мая - начале июня, а минимальный уровень приходится на декабрь. Минимальный уровень водохранилища - уровень мёртвого объема (31 м н.у.м.) установлен в интересах судоходства. Как видим, для водоема характерно колебание уровня воды в процессе наполнения–сработки до 5 м.

Бассейн водохранилища расположен в зоне географического макрорегионального экотона степных и пустынно-степных ландшафтов, отличающихся высокими показателями теплообеспеченности и низкими – увлажнения (ГТК 0.5-0.6), невысокой устойчивостью к антропогенному воздействию. В сочетании с низкой лесистостью территории (<3%), широким распространением лессовидных пород и аллювиально-флювиогляциальных песков, а также широким распространением экологически неадаптивных форм природопользования вышеуказанные факторы способствуют активизации экзогенных процессов (абразионных, оползневых, твердого стока, заиления и пр.).

Береговая линия очень изрезана, изобилует заливами и мелкими бухточками. Её протяженность, без учёта берегов заливов, образовавшихся в затопленных устьях рек, составляет 641 км. Из них только в южной части водохранилища абразионные берега имеют протяжённость свыше 200 км, а аккумулятивные – всего 25 км, но в центральной части соотношение прямо противоположное и преобладают низкие ровные берега (*Цимлянское*…, 1977). Побережье водохранилища при его создании объявлено водоохранной зоной с ограниченным режимом природопользования. Таким образом, можно считать, что развивающиеся здесь процессы обусловлены прямым и косвенным воздействием этого искусственного водоема. Ведущие факторы современной динамики природных комплексов наземных ландшафтов побережий – ежегодные колебание уровня водохранилища и направленные изменения (тренды) максимальных, средних и минимальных значений, обусловливающие абразию и аккумуляцию, изменения уровня грунтовых вод и преобразующая деятельность человека.

Материалы и методы

В основу данной работы положены материалы исследований авторов на побережье Цимлянского, водохранилища, выполненные в 2004-2013 гг., данные из фондов Управления водными ресурсами Цимлянского водохранилища за ряд лет (начиная с 1985), и а также обширные материалы научных публикаций.

Исследования базируются на ландшафтно-экологическом подходе: рассмотрение природных комплексов современных побережий и выполняются на локальном уровне, с учетом их принадлежности к определенному типу и виду ландшафтов (рис. 1), что позволяет соотнести конкретные характеристики природных комплексов территорий, испытывающих воздействие

водохранилищ с вмещающими ландшафтами и использовать полученную информацию при прогнозирования в качестве аналоговой.

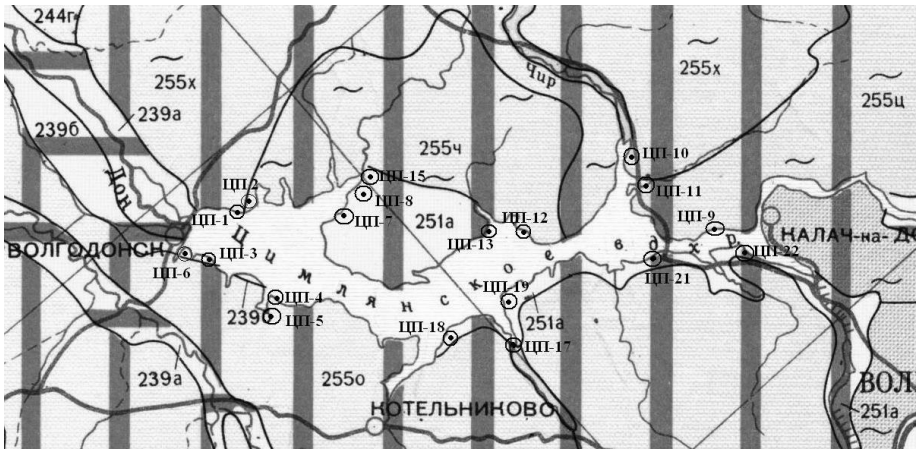


Рис. 1. Фрагмент Ландшафтной карты (Ландшафтная …, 1987) на территорию водохранилища и расположение точек обследования. ЦП-1 − ЦП-21 на карте − места заложения топо-экологических профилей:. **Fig. 1.** Fragment of the landscape map (Landscape…, 1987) of the reservoir territory and positions of study sites. ЦП-1 − ЦП-21 фе at the map − Locations topo-ecological profile.

Условные обозначения: *Типы ландшафтов*. **Степные**

Настоящие степи.

Аллювиальные аккумулятивные. 239 б. Надпойменные террасы крупных рек, плоские и волнистые, местами с балками, с сельскохозяйственными землями, участками широколиственно-сосновых и широколиственных лесов. **239 в.** Равнины плоские, волнистые (комплекс высоких террас), в придолинных частях с многочисленными оврагами и балками, сельскохозяйственными землями, участками придолинных байрачных широколиственно-сосновых лесов и травяных болот.

Сухостепные

Аллювиальные аккумулятивные. **251 а.** Поймы и низкие террасы, плоские, местами гривисто-западинные, с руслами, протоками, озерами-старицами, с лугами, широколиственными лесами, тростниковыми болотами.

Лессовые аккумулятивные 255 о. Равнины плоские и пологоволнистые, с широкими балками, в придолинных частях с оврагами, эрозионными бороздами, с западинным микрорельефом, с сельскохозяйственными землями, участками злаковых и полынно-злаковых степей.

Лессовые аккумулятивно-денудационные. **255 х.** Равнины пологоволнистые с балками в придолинных частях; **255 ц**. Равнины пологоувалистые, в придолинных частях с глубокими балками, оврагами, с западинным микрорельефом, с сельскохозяйственными землями, участками злаковых степей. **255 ч.** Равнины преимущественно плоские, с глубокими балками и короткой сетью оврагов, с сельскохозяйственными землями, участками злаковых и полынно-злаковых степей.

Смешанного происхождения аккумулятивно-денудационные. 256 б. Равнины холмисто-грядовые, с балками в придолинных частях, с оврагами, западинным микрорельефом, оползнями с сельскохозяйственными землями, участками злаковых степей.

Legend: *Types of landscapes*. **Steppes**

Real steppes

Alluvial accumulative. **239 b.** The above-floodplain terraces of large rivers, flat and wavy, in some places with gullies, with agricul- tural lands, areas of deciduous-pine and flat-leaved forests. **239 c.** Flat plains, wavy (the complex of high terraces), with numerous ravines and gullies near the valleys, agricultural lands, areas of near-valley ravine deciduous-pine forests and grassy bogs.

Dry steppes

Alluvial accumulative. 251 a. Floodplains and low terraces, flat, in some places mane-depressive, with riverbeds, channels, former riverbed lakes, with meadows, deciduous forests, reed bogs.

Loess-accumulative. 255 n. Flat and gently waved plains, with wide gullies, ravines near the valleys, erosion furrows, depressive micro-relief, with agricultural lands, areas of gramineous and wormwood-gramineous steppes.

Loess-accumulative-denudation. 255 u. Gently wavy plains with gullies near the valleys. **255 v.** Gently ridged plains, with deep gullies and ravines near valleys, with depression micro-relief, with agricultural lands, areas of gramineous steppes. **255 v**. Plains predominantly flat, with deep gullies and short network of ravines, with agricultural lands, areas of gramineous and wormwood- gramineous steppes.

Mixed-origin accumulative-denudation. 256 b Plains hilly ridged, with gullies near the valleys, with ravines, depression micro- relief, landslides with agricultural lands, areas of gramineous steppes.

Цимлянское водохранилище располагается в пределах степной зоны. Примыкающие к нему 8 типов ландшафтов (рис. 1) в разной степени преобразованы под его прямым и косвенным воздействием. К прямому воздействию относятся все процессы и явления, связанные с волноприбойной деятельностью водных масс, периодическим затоплением или осушением прибрежной полосы при сработке вод водохранилища. К косвенному – процессы и явления, связанные с подтоплением земель, подпором водоносных горизонтов подземных вод, а также изменения климатических параметров и характера использования земель (Цимлянское…, 1977).

Сбор экспериментальных данных проводился на основе заложения топо-экологических профилей в каждом из ландшафтов побережий, позволяющих связать данные о разных компонентах природных комплексов в точках наблюдений. В общей сложности в 2004 и 2006 гг. инструментально отснято 18 профилей, на каждом из них заложено от 1 до 8 скважин, на основании которых получены данные, характеризующие уровень и химизм грунтовых вод, морфологические свойства почв, особенности растительности. В 2008, 2009, 2011, 2012 и 2013 гг. были проведены повторные наблюдения на тех же точках в режиме мониторинга. В данной статье внимание обращено на три основных функциональных типа ландшафта – аккумулятивный (профиль **ЦП 2**), абразионно-аккумулятивный (профили **ЦП 4, ЦП 5, ЦП 12**), и абразионный (профили **ЦП 3**, **ЦП 6**). Эти регулярно обследуемые участки побережья расположены в ландшафтах, указанных на рисунке 1: **ЦП 2 - 255ч, ЦП 3- 239б; ЦП 4 – 255о, ЦП 5 – 255о , ЦП 6 – 239б, ЦП 12 – 255ч.**

При рассмотрении ландшафтов побережья в их пространственной структуре выделялись три типа участков, испытывающих различное воздействие водохранилища и соответствующих трем блокам экотонной системы в понимании В.С. Залетаева (1997): 1 – длительно заливаемое дно, обнажающееся при сработке уровня, где на открытом побережье ведущую роль играет волноприбойная деятельность водных масс, а в лагунах – аккумуляция наносов (амфибиальный блок); 2 – кратковременно заливаемая часть побережья (динамический блок); 3 – незаливаемая подтопленная территория побережья. Границы участков связывались с положением уровня водохранилища (дистантный блок). Границей между незаливаемой и заливаемой территориями на Цимлянском водохранилище является высотная отметка 36.0 м н.у.м., т.к. выше неё уровень водохранилища не должен подниматься. Граница между дном водохранилища и заливаемой территорией берега на местности маркируется образовавшейся за время существования водохранилища лесополосой, которая располагается на высотных отметках 35.4-36.0 м н.у.м. Отметка 35.4 м н.у.м. соответствует значению 50% обеспеченности заливания, рассчитанной на основании данных по максимальному за год значению положения уровня водохранилища за все годы его существования. Теоретически граница основной акватории, с никогда не обнажающимся дном и амфибиального блока должна проходить по отметке УМО, но практически за нее можно принять отметку 32.6 м. н.у.м., которая была достигнута в 2011 г. когда уровень водохранилища достиг минимального уровня за 27-лений период. Внешняя граница воздействия водохранилища определялась эмпирически, на основании глубины залегания грунтовых вод ниже 3 м от поверхности в весенний период.

Для оценки глубины трансформации природных комплексов исходных ландшафтов под влиянием водохранилища была использована система показателей и критериев: изменение водного режима оценивалось по глубине залегания грунтовых вод (300 см – граница гидроморфных и автоморфных комплексов); изменение почв оценивалось на основании рассмотрения почвенного профиля (увеличение мощности гумусового горизонта при дополнительном увлажнении – свидетельство олуговения; механическое разрушение – размыв верхних горизонтов или аккумуляция – наличие на поверхности гумусового горизонта новых отложений); изменение морфологических признаков почв: при подъёме уровня почвенно-грунтовых вод или их капиллярной каймы появляются сизоватость, гипс, карбонатная плесень или размытые палевые пятна белоглазки ($CaCO_3$ плес.); наличие железистых и марганцевых новообразований и их форма (Fe+Mn). Гидроокисные пленки железа (охристые пятна) – признаки современных процессов смены окислительно-восстановительных условий; б) бобовинки Fe и Mn – могут быть унаследованы от прежних условий формирования почвенно-грунтовой толщи (Новикова, Назаренко, 2007).

Показатели изменения растительности под влиянием увеличения воздействия водного фактора: экология доминирующих и сопутствующих видов в сообществах – преобладание гигро-, гидро- и мезофитов, а также видов, свидетельствующих о нарушении растительного покрова.

Ведущие факторы современной динамики природных комплексов наземных ландшафтов побережий – ежегодные колебание уровня водохранилища и направленные изменения (тренды) максимальных, средних и минимальных значений; абразионно-аккумулятивные процессы, направленные изменения уровня грунтовых вод и преобразующая деятельность человека.

Положение уровня водохранилища оказывает особенно сильное влияние на прибрежные комплексы в вегетационный сезон (апрель – октябрь). В это время уровень колеблется в диапазоне 32.50 – 36.01 м (по данным за 10 лет). Проведённые полевые работы в 2004-2013 гг. приходятся на летние месяцы (табл. 1). В 2008 году наблюдения были проведены в раннелетний период, в остальные годы – в позднелетний. В 2012 г. наблюдения были проведены в оба периода.

Во время натурных наблюдений наиболее высокие значения уровня приходятся на первые годы, 2006, 2004 и июнь 2012 гг. По датам они приходятся на первую половину лета. В 2008-2013 гг. наблюдения проводились примерно в одни и те же даты во второй половине августа. Уровень водохранилища в это время был ниже по отношению к уровню наблюдений 2004 г. (табл. 1), а самые низкие его значения оказались в августе 2011 г. В 2009 и 2013 гг. уровень водохранилища был ниже бровки берега и территория динамического блока не заливалась несколько лет подряд.

Проведенный анализ связи годовых сумм осадков с максимальным и средним значениями уровня водохранилища не выявили статистически значимой связи, однако рассмотрение таблицы 1 показывает, что в годы с наиболее высокой годовой суммой осадков уровень водохранилища на дату наблюдений был более высоким. Так, при среднемноголетнем значении годовой суммы осадков (за период с 1953 по 2013 гг.) 443 мм, осадки в 2006 – 2008 и 2011 – 2013 годы отличались пониженным атмосферным увлажнением.

Таблица 1. Положение уровня водохранилища на дату наблюдений в разные годы. **Table 1.** The position of the reservoir water level on the observation dates in various years.

Характеристики	Год наблюдения							
	2004	2006*	2008	2009	2011	2012		2013
Годовая сумма осадков за год, мм	702	408	418	449	398	323		251
Дата наблюдений, д-д.м.	15-25.7	18-22.6	18-22.8	14-26.8	13-24.8	09-12.6	20-24.8	24-26.8
Уровень водохранилища, м	35.3	35.6	34.7	33.5	32.6	34.83	33.93	34.07
по отношению к 2004 г	0	+0.3	-0.6	-1.8	-2.7	-0,6	-1.4	-1.2
по отношению к НПУ	-0.7	-0.4	-1.3	-2.5	-3.4	-1.17	-2.07	-1.93

Примечание: * - Были обследованы не все профили. **Note:** * - Not all profiles were studied.

Для характеристики природных комплексов побережий выбраны данные по годам с наиболее контрастным ходом уровня водохранилища (рис. 2): 2004 г. – с максимально высоким положением уровня за годы наблюдений, с выходом воды за бровку и заливанием побережья; 2011 г. – с одним из наиболее низких положений уровня за ряд лет, вода не достигла бровки берега. Кроме того, этот год следует за двумя другими, кода побережье не заливалось, а уровень упал в вегетационный период на 2.8 м ниже бровки берега; и 2012 г. – как год со средним положением уровня, но не превысившим бровки. Рассмотрение функционирования экотонной системы ведется по блокам, отражающим разное воздействие водохранилища на акваторию и территорию побережья: амфибиальный – периодически обнажающееся дно; динамический – кратковременное заливание; дистантный – незаливаемая территория, с уровнем грунтовых вод около 3 м.

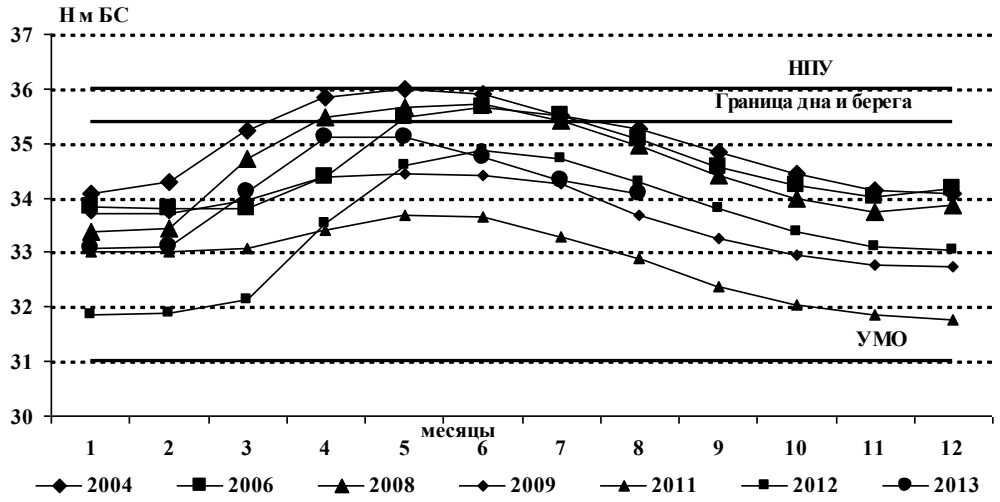


Рис. 2. Изменение уровня водохранилища в годы наблюдений. **Fig. 2.** Changes in the reservoir water level in observation years.

Результаты и обсуждение

Многолетние наблюдения позволили получить представление о протяженности и функционировании основных блоков экотонной системы «вода-суша» на побережье Цимлянского водохранилища. Наибольшую протяженность (рис. 3) в сравнении с другими блоками имеет амфибиальный (40-540 м), но частота его полного освобождения невелика. Следующим по протяженности идет динамический блок (15-189 м) – с кратковременным заливанием. В годы с осадками ниже нормы, как правило, заливание отсутствует. Такая ситуация может наблюдаться несколько лет подряд. Дистантный блок, в силу хорошо выраженной крутизны побережья, выражен слабо. Его протяженность в разных ландшафтах изменяется от 20 до 60 м. Из-за сохраняющейся абразии побережий тенденция переформирования рельефа такова, что территория динамического блока на побережье сокращается и его роль начинает выполнять узкая полоска дна водохранилища перед береговым уступом. Подобная ситуация сложилась на побережье в ландшафте 239б (рис. 1) и наблюдается на профиле ЦП 3 и ЦП 6. За 10 лет наблюдений (2004-2014 гг.) по данным инструментально отснятого топо-экологического профиля протяженность обрушения составила 3 м.

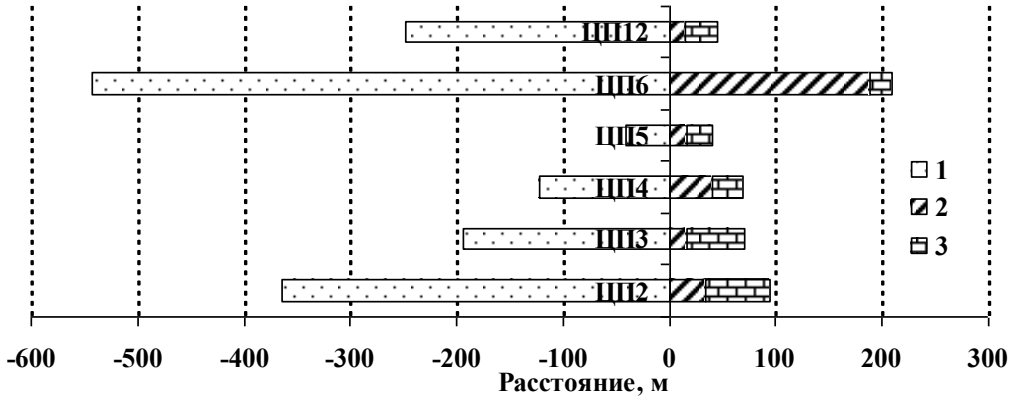


Рис. 3. Протяженность блоков экотонной системы «вода-суша» на Цимлянском водохранилище. **Fig. 3.** The extensions of the “water-land” ecotone system blocks at the Tsimlyansk Reservoir:

Условные обозначения: 1 - обнажающееся дно (амфибиальный блок), 2 – территория кратковременного заливания (динамический блок); 3 – незаливаемая территория с близко залегающими грунтовыми водами (дистантный блок). **Note: 1.** Exposed bottom (amphibial block); 2. Short-term flooded territory (dynamic block); 3. Nonflooded territory with shallow-level groundwater (distant block).

Обнажающееся дно (амфибиальный блок экотона) в зоне сработки водохранилища каждый год отличается по протяжённости в зависимости от положения уровня. За время наших наблюдений максимальная протяжённость обнажившегося дна отмечалась в августе 2011 г. при положении уровня воды водохранилища равном 32.6 м н.у.м. и изменялась в разных ландшафтах от 40 до 530 м. Наибольшие значения отмечены на побережье в приплотинной части (на профиле ЦП 6). На открытом побережье абразионного и абразионно-аккумулятивного типа почвы и растительность исходного ландшафта разрушены, также смыта и часть материнской породы, переход от дна к берегу часто отмечен уступом разной высоты. На обнажившемся дне вскрывается глинистая сцементированная поверхность. Грунтовые воды располагаются на глубине от 50 до 150 см. Их минерализация различается в разных ландшафтах и колеблется от 2 до 7 г/л, и не всегда ниже, чем минерализация грунтовых вод на побережье в том же ландшафте. Зарастание идёт от берега, где территория раньше освобождается от воды. От уреза воды проростки в августе отмечены на расстоянии от 30 до 280 м в зависимости от крутизны поверхности. Видовое разнообразие невысокое – всего за время наблюдений встречено 52 вида. На каждом участке побережья их количество колеблется от 5 до 20. Наиболее часто встречаются проростки древесных видов, произрастающих на берегу: тополя чёрного (*Populus nigra*[2]), ивы белой (*Salix alba*), лоха длиннолистного (*Elaeagnus angustifolia*), также виды мари: красная, городская, сизая (*Chenopodium rubrum, C. urbicum, C. glaucum*). В годы, когда максимальный подъём уровня не превышает 35.4 м, вдоль границы с берегом формируются береговые валы высотой 50 см и шириной до 1-1.5 м. На северном побережье они сформированы из песка, а на южном, в приплотинной части – из ракуши.

В лагунах, на побережье аккумулятивного типа, обнажающаяся от воды территория занята моноценозами высокотравья, в которых доминируют рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и тростник (*Phragmites australis*). На невысоких старых береговых валах встречаются старые экземпляры ивы белой. Ближе к берегу в тростнике появляются кустарниковые виды ив (*Salix viminalis, S. triandra*). Здесь формируется самая высокая на побережье первичная продуктивность. Вес надземной фитомассы в абсолютно сухом весе достигает 3.4 кг/м^2, в то время как наиболее пышно развитая бурьянистая растительность на береговых валах открытого побережья – около 1 кг/м^2, а на прочей территории дна, ближе к урезу – не превышает 20 г/м^2. Переход от дна к берегу на открытом побережье чаще всего обозначен уступом разной высоты, в лагуне он обозначается в растительности достаточно заметно – по резкому окончанию стояния тростниковой крепи высотой около 3 м.

Заливаемый участок берега (динамический блок экотона) располагается на высотных отметках 35.4-36.0 м над у.м. Протяжённость его очень невелика и на большей части побережья ограничивается несколькими десятками метров. Наибольшую протяжённость – 189 м – он имеет в исходно гидроморфном аллювиальном ландшафте высокой надпойменной террасы Дона (рис.1, контур 239б, профиль ЦП 6) в приплотинной части, и в верхнем плёсе, в восточной части водохранилища на южном побережье в преобразованном водохранилищем аллювиальном аккумулятивном ландшафте пойм и низких террас (рис. 1, контур 251а, профиль ЦП 21). Грунтовые воды весной располагаются на глубине от 70 до 100 см, а к осени снижаются до 3 м. Наши исследования показывают, что их уровень следует за уровнем водохранилища (Новикова и др., 2011), т.к. они здесь, как и в других ландшафтах побережья, находятся в подпоре со стороны водохранилища. На этой территории сохраняются тёмнокаштановые и каштановые почвы исходных ландшафтов. Они часто не засолены или имеют невысокое засоление (от слабого до среднего, табл. 2). Несмотря на заливание и близкое залегание грунтовых вод, они претерпели слабую трансформацию. В аккумулятивных типах побережья обычно отмечается размыв верхних горизонтов и перекрывание их маломощными песчано-ракушечными наносами. В почвенном профиле признаки современного гидроморфизма, там, где застаиваются поверхностные воды, отмечаются в виде охристости и сизоватости верхних горизонтов. Эта территория побережья отличается наиболее высоким видовым богатством растительности. Здесь встречено 110 видов растений, в том числе 11 видов деревьев и кустарников. В сообществах на геоботанической площадке 10х10 м отмечается до 30 видов. Растительность представлена сообществами лугового типа с доминированием злаков: вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*), пырея ползучего (*Elytrigia repens*), мятлика длиннолистного (*Poa*

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

angustifolia), с участием разнотравья солодки шиповатой (*Glycyrrhiza echinata*), зубровки душистой (*Hierochloe odorata*), мяты луговой (*Mentha arvense*) и др. По экологии преобладают виды мезофиты и ксеро-мезофиты. Отличительной чертой растительности этой территории является лесополосы, сформировавшиеся естественным путём вдоль кромки заливания в весенний период. Господство принадлежит тополю чёрному и иве белой. На отдельных участках побережья присутствуют тамарикс многоветвистый (*Tamarix ramosissima*) и лох длиннолистный (*Elaeagnus angustifolia*). Формирование новых древесных сообществ отмечается вдоль уже существующих лесополос в годы с низким стоянием уровня воды. Переход от заливаемой к незаливаемой территории происходит постепенно, но в ряде участков также маркирован невысоким уступом.

Таблица 2. Засоление почв в динамическом блоке в разных ландшафтных условиях. **Table 2.** Salinity of soils in the dynamic block in various landscape conditions.

Ландшафт*	Степень засоления по сухому остатку, % (почвы хлоридно-сульфатного типа засоления)			
	нет засоления (0-0.25)	слабое (0.25-0.5)	среднее (0.5-1)	высокое (>1.1)
(239 б)		0.08-0.34		
(251 а)			0.04-0.72	
(255 о)			0.05-1.12	
(255 ц)			0.02-0.67	
(255 ч)	0.06-0.12			

Примечание: * – Характеристика ландшафтов приведена на рисунке 1. **Note:** Landscape features are shown in the table 1. Extent of salinity by dry residue, % (the soils of chloride-sulfate type of salinity).

Подтопленная территория (дистантный блок экотона) – незаливаемая территория с близко залегающими к поверхности грунтовыми водами. Протяжённость этой территории небольшая и колеблется в разных ландшафтных условиях в пределах нескольких десятков метров (рис. 3). Грунтовые воды в весенний период при средней водности года залегают на глубине 180-200 см и опускаются к осени вслед за падением уровня водохранилища до 300-400 см. В маловодные годы – такие, каким был 2011 г. – они снижаются более чем на 5 м. Минерализация грунтовых вод близка минерализации грунтовых вод заливаемой территории. Почвы сохраняют тип исходного ландшафта, но в их профиле, на глубине 3 и более метров встречен гипс, образование которого может быть связано с каймой грунтовых вод. В растительности ещё присутствуют следы луговости, господство имеют ксеромезофиты и виды исходного ландшафта – мезоксерофиты.

Разногодичные изменения компонентов природных комплексов обусловлены переменой характера влагообеспеченности, и, в первую очередь, связаны с колебаниями уровня водоёма и глубины залегания грунтовых вод. Данные показывают, что в период 2004-2011 гг. (рис. 4) вслед за снижением уровня в даты наблюдений с 35.3 м до 32.6 м, (почти на 3 м, табл. 1), уровень грунтовых вод за годы наблюдений существенно снизился во всех скважинах побережья в сравнении с 2004 г.

При этом уровень был относительно стабильным в первые годы в скважинах у уреза воды, т.к. еще поддерживался водами водохранилища, но резко упал в 2011 г. В других скважинах заглубление грунтовых вод вслед за падением уровня водохранилища происходило постепенно. Т.е. в заливаемом (динамическом) блоке, как и следовало ожидать, связь грунтовых вод с водами водохранилища более тесная.

Гидрогенная трансформация почв происходит очень медленными темпами, поэтому ни в одной из скважин на всех типах побережий не отмечалось разногодичных изменений признаков современного гидроморфизма. 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, что засоление практически отсутствует во всех ландшафтах подзоны настоящих степей (рис.1, ландшафт 239 б, в, е), достигает средней степени в ландшафтах сухих степей. В то же время в подзоне сухих степей (рис.1, табл.2,

ландшафт 255 ч) в условиях влияния пресных вод Цимлянского водохранилища почвы также не засолены, что можно отнести к проявлению региональных особенностей.

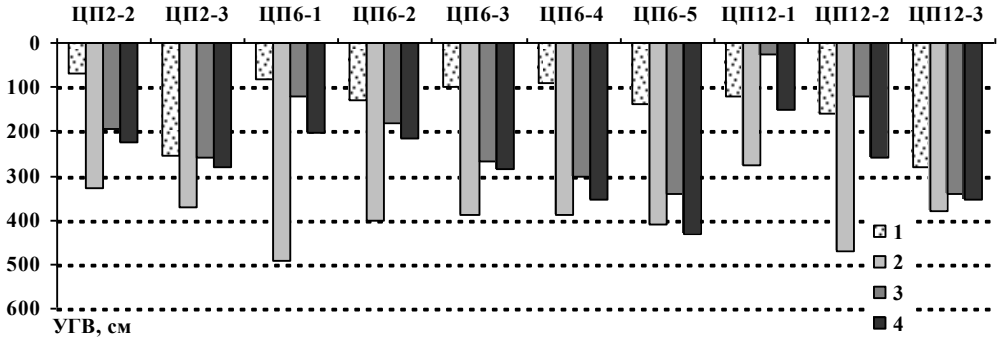


Рис. 4. Изменение уровня грунтовых вод в скважинах на топо-экологических профилях в разные годы при разном стоянии уровня во время наблюдений. **Fig. 4.** Changes in the level of groundwater in wells at the topo-ecological profiles in various years at various levels during the observation period.
Условные обозначения: 1 - 2004 г. (самый высокий), 2 – 2011 г. (самый низкий), 3 – 2012 (средний уровень, без заливания побережья)июнь), 4 – 2012 г. август. **Legend:** 1 - 2004 (the highest); 2 - 2011 (the lowest); 3 - 2012 (medium level, sans flooding of the coasts), June; 4 - 2012, August.

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 (Карта…, 1980).

В процессе работы на топо-экологических профилях был составлен список встреченных видов растений. Он включает в себя 157 видов высших сосудистых растений из 29 семейств. Ведущими являются характерные для степной зоны семейства: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Labiatae, Polygonaceae.

Растительность в разных блоках экотонной территории отвечала на общую тенденцию сокращения влагообеспеченности снижением общего проективного покрытия в сообществах со 100% до 90 и 80%, уменьшением обилия гидрофильных видов, исчезновением из состава сообщества ряда видов, характерных для условий средней поёмности (*Hierochloe odorata, Bolboshoenus maritimus* и др.) и появлении инвазийных видов (*Melilotus album, Xanthium strumarium* и др.). В динамическом блоке в сообществах доминирование от *Bromopsis inermis* (2004 г.) перешло к *Calamagrostis epigeios* (2008-2011 гг.). Количество видов на стандартных площадках 10х10 м сократилось с 16-12 до 10-8. На незаливаемой территории (в дистантном блоке) изменения в растительности менее заметны, но также проявились в сокращении проективного покрытия. Таким образом, наши наблюдения позволяют сделать вывод о том, что при направленных и разногодичных колебаниях уровня водохранилища наибольшие изменения происходят в положении УГВ и растительности динамического блока, и в направлении от уреза воды они постепенно затухают.

В растительном покрове влияние водохранилища прослеживается очень чётко: амфибиальный блок лишён и почвенного покрова, и постоянной растительности, при его освобождении от воды происходит бурное появление проростков, которые в отсутствии заливания в течение 2-3-х лет формируют бурьянистые сообщества на временных формах рельефа – прирусловых валах. В динамическом блоке, в условиях весеннее-летнего заливания и активной аккумуляции песка, сформировалось ивово-осокоревое сообщество с сомкнутым пологом. В составе постоянно нарушаемой растительности этого блока присутствуют заносные виды: древесные – маклюра (*Morus nigra*) и тамарикс многоветвистый (*Tamarix ramosissima*), кустарник смородина золотистая (*Ribes aureum*). В дистантном блоке деревья и кустарники отсутствуют, травяный покров представлен бурьянистой растительностью из-за постоянных нарушений при использовании пашни, располагающейся в маргинально блоке, не подверженной гидрогенному влиянию водохранилища.

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. 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*) и др.

Основным внешним фактором, обусловливающим динамику природных комплексов побережья, испытывающей прямое и косвенное воздействие, является уровень водохранилища созданного водоёма и особенности его регулирования.

Минерализация вод Цимлянского водохранилища колеблется в пределах 0.28-0.86 г/л и относится к категории пресных. Тип засоления вод $Cl\text{-}SO_4$.

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. Для ландшафтов прибрежной зоны Цимлянского водохранилища характерна, в основном, средняя степень минерализации грунтовых вод, химизм засоления меняется с хлоридно-сульфатного на сульфатно-хлоридный.

Изменение уровня водохранилища в наибольшей степени отражает особенности его функционирования и позволяет рассмотреть разные виды воздействия на территорию побережья. С экологических позиций важны абсолютные за год его максимальные и минимальные значения, т.к. они определяют территорию, подвергающуюся заливанию. Помимо этого, изменение уровня водохранилища за ряд лет определяет, с какой частотой и длительностью происходит заливание той или иной высотной отметки. Изменение указанных характеристик уровня водохранилища во времени позволяет оценить тенденцию изменения пространственной структуры побережья (протяжённости блоков) и экологических условий не только на территории амфибиального и динамического блоков, но и дистантного, поскольку, как показывают наши исследования на Цимлянском водохранилище, с колебаниями уровня связано изменение положения уровня грунтовых вод и их химизм.

Однако уровень водохранилища в разные годы изменяется в очень широких пределах, и устойчивые изменения могут привести к перестройке границ блоков и структуры экотонной системы. Рассмотрение данных многолетнего ряда наблюдений позволило выявить статистически незначимые тенденции снижения максимальных и роста средних его значений (рис. 5). В то же время минимальные значения уровня выросли с 31.5 до 33.2 м н.у.м.

Особенности изменения уровня можно объяснить тем, что в настоящее время в условиях заполнения чаши водоёма наносами и всё увеличивающейся транспортной нагрузки для обеспечения судоходства необходимо поддержание высокого уровня при небольшой годовой амплитуде. Выявленная тенденция направленного повышения заливаемых высотных отметок и снижения амплитуды колебания уровня водохранилища важна для понимания того, что граница амфибиального и динамического блоков продолжит перемещение вглубь суши, т.е. абразия берегов и разрушение фиксирующих их лесополос продолжатся. Таким образом, протяжённость заливаемой части (динамического блока) на открытом побережье сокращается, и со временем, когда высотные отметки бровки берега превысят НПУ, этот блок переместится на дно водохранилища. В настоящее время мы подобное явление наблюдаем на профиле ЦП 3, где каждый сезон после весенней сработки уровня происходит хорошее зарастание обнажённого дна путем семенного возобновления древесных видов, травянистых многолетников и однолетников, но при новом сезонном подъёме уровня волновая

деятельность разрушает все проростки, не успевшее закрепиться. В условиях маловодных лет здесь сможет сформироваться подрост из древесных видов, который со временем вновь образует кайму из лесополос на побережье.

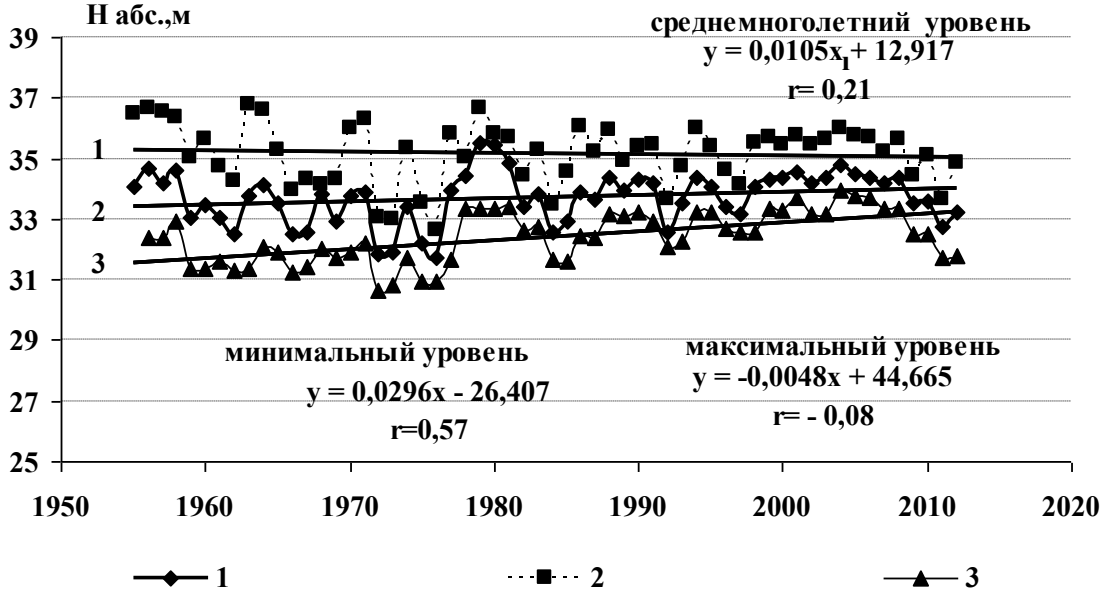


Рис. 5. Изменение уровня Цимлянского водохранилища с 1953 по 2013 гг. **Fig. 5.** Changes in the Tsimlyansk reservoir water level from 1953 to 2013.
Условные обозначения: 1 – среднегодовое значение, 2 – абсолютный годовой максимум, 3 – абсолютный годовой минимум и их линейные тренды. **Legend:** 1 – mean annual values; 2 – absolute annual maximum; 3 – absolute annual minimum and their linear trends.

Выводы

Природные комплексы на побережье Цимлянского водохранилища, спустя почти 60 лет после его создания, всё ещё находится в развитии. Разногодичные изменения, обусловленные колебанием уровня, приводят к переформированию рельефа, изменению уровня грунтовых вод, поддерживают саморазвитие биологических компонентов экосистем. На всех участках с разным характером воздействия водохранилища развиваются короткоживущие процессы, способствующие флуктуационным изменениям компонентов природных комплексов – растительности и почв.

Многолетние наблюдения позволили выявить протяженность функциональных блоков экотонной системы «вода суша» от уреза воды вглубь суши. Оказалось, что в годы, когда в вегетационный период уровень снижается на 3.4 м ниже НПУ до отметки 32.6 (2011 г.), вода от берега уходит на 200-500 м, причем максимальные значения характерны для приплотинной части побережья. При отступлении воды на обсыхающем дне на всех типах ландшафтов побережья помимо проростков травянистых видов в значительном количестве присутствуют проростки древесных – тополя черного и ивы белой.

Максимальные значения уровня водохранилища имеют тенденцию к снижению, а минимальные и средние – к повышению, амплитуда его колебания в году – к уменьшению, и в последние годы редко превышает 2 м. Все эти существующие тенденции способствуют развитию абразионных процессов, сокращению протяженности кратковременно заливаемой территории за бровкой берега, что в настоящее время угрожает существованию лесополосы, сформировавшейся на побережье на высотной отметке 35.5 м н.у.м. Статистически значимой зависимости положения уровня грунтовых вод от осадков не установлено, но в последние 10 лет в годы с осадками ниже среднемноголетних значений уровень вохранилища не выходит за береговую линию.

Разногодичные и сезонные колебания глубины залегания грунтовых вод связаны с уровнем водохранилища, и затухают в направлении от уреза воды. Подтоплению подвержена территория на расстоянии 200 м от береговой линии.

На побережье водохранилища встречено 157 видов сосудистых растений. Из них 11 – деревья и кустарники. Максимальное видовое богатство растительности (110 видов) приходится на кратковременно заливаемые участки побережья (динамический блок). Максимальная первичная продуктивность (3.4 кг/м^2) зарегистрирована в амфибиальном блоке, в поясе тростниковых плавней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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.

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.

Отчёт Управления Цимлянского водохранилища. Цимлянск. 2007. 128 С.

Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища. 1977./ Ред. В.А. Знаменский и В. М. Гейтенко. Л.: Гидрометеоиздат. 203 с.

Ландшафтная карта СССР. 1987. Масштаб 1:2 500 000. М.: Мин-во геологии.

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., Назаренко О.Г., Кутузов А.В. 2011. Динамика экотонной системы побережий под влиянием колебания уровня водохранилища // Экотонные системы «вода-суша»: методика исследований, структурно-функциональная организация и динамика. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 219-236.

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.

FUNCTIONING OF ECOTONE SYSTEMS AT THE TSIMLYANSK RESERVOIR SHORES

© 2014. N.M. Novikova*, N.A. Volkova*, O.G. Nazarenko**

** Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences*
Russia, 119333 Moscow, Gubkina Str. 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com
*** Rostov State Center of Agrochemical Service*
Russia, 346493 Rostov region, Aksayskii raion, Rassvet poselok. E-mail: nazarenkoo@mail.ru

The paper describes changes in environmental factors (reservoir water level, depths of groundwaters and their mineralization) of the “water-land” ecotone system and the ecosystem components (soils and vegetation) at various types of Tsimlyansk Reservoir coastal areas. The study is based on field monitoring surveys conducted from 2004–2013. It was revealed that maximal levels of the reservoir water exhibit trended toward a decrease, while the minimal and medium trended toward an increase. The amplitude of the water level fluctuations over the last few years seldom exceeded 2 m and showed a tendency to decrease. The aforementioned dynamics facilitate continuation of the abrasion processes and a decrease in the areas of short- term flooded territories outside the coastline. This endangers the belt forest formed at the shores at the height of 35.5 m above the sea level. No statistically significant dependence of the groundwater level on atmospheric precipitation was revealed, but the reservoir level did not expand past the coastline over the last few years, with below-average annual precipitation values. Multiannual and seasonal fluctuations in the depths of groundwaters relate to the reservoir water level. Areas situated at a distance of not more than 200 m from the coastline are subject to flooding. In total, 157 species of vascular plants (11 species are trees and shrubs) were recorded at the reservoir shore area. Maximal species richness (110 species) was found at shore areas subject to short-term flooding (the dynamic block). Maximal values of primary production were registered in the amphibial block, within the belt of reed-overgrown overflow lands.

Keywords: reservoir, level, coast, “land-water” ecotone system, functional blocks, fluctuation, directed changes, abrasion, groundwaters, gleization, soil salinization, ecological groups of vegetation, hydromorphization, halophytization.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 36-43

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 581.5+581.135 /575.4

О МИКРОКЛИМАТЕ ПРИРОДНЫХ ОАЗИСОВ КРАЙНЕ АРИДНОЙ ПУСТЫНИ ЗААЛТАЙСКОЙ ГОБИ[1]

© 2014 г. В.П. Дедков*, П.Д. Гунин**

** Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта*
Россия, 236041 Калининград, ул. А. Невского 14. E-mail: VDedkov@kantiana.ru
*** Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова Российской академии наук*
Россия, 119071 Москва, Ленинский проспект 33. E-mail: pdgunin@mail.ru

Поступила 17.03.2014

В статье дается характеристика микроклимата оазисов крайне аридной пустыни Монголии. Показано, что микроклимат в оазисе в суточной динамике более контрастный по основным показателям (температура почвы, температура и влажность воздуха), что свидетельствует о большем биотопическом разнообразии, чем в окружающей его пустыне.
Ключевые слова: пустыня, оазис, микроклимат, температура, влажность воздуха и почв.

Одно из уникальных природных образований пустынной зоны Монголии – оазисы, приуроченные к тектоническим разломам, по которым происходит разгрузка подземных вод, или к древним речным системам в зоне выклинивания грунтовых вод, с постоянным или временным переувлажнением почвы. В Заалтайской Гоби насчитывается около 40 оазисов, но территориально они распределены неравномерно и представлены небольшими по площади (от 1 до 20 км^2) участками. Основная их часть сосредоточена в среднегорьях и мелкосопочниках системы Гобийского Тянь-Шаня, где примерно на 40 тыс. га приходится один оазис. Довольно редко оазисы встречаются в пределах низкогорий, мелкосопочников и подгорных равнин в центральной части Большого Гобийского заповедника (Гунин и др.,1984; Чимэдрэгзэн, 1998).

Несмотря на незначительную по площади территорию, оазисы обладают уникальными особенностями. Примечательная черта оазисов – наличие разреженных рощ из тополя разнолистного (*Populus diversifolia*) (Лавренко, Юнатов, 1960), разнообразных растительных группировок с преобладанием кустарников, полукустарничков, многолетних злаков (Федорова, 1980; Панкова и др., 1996; Казанцева, 2009) и различных, по набору видов, зооценозов (Куликов, Роговин, 1980). Кроме того, оазисы обладают почвами, пригодными для сельскохозяйственного производства, поэтому, при наличии воды на этих землях возможно выращивание овощных культур (помидоры, огурцы, лук, дыни, арбузы), что и осуществляется в оазисе Эхийн-Гол с 1968 г. (Панкова и др., 1980). Несмотря на то, что оазисы занимают ничтожную долю (менее 0.5-1%) всей пустынной зоны, они являются чрезвычайно важными экосистемами с точки зрения сохранения флористико-фаунистического разнообразия Гоби. С функциональной стороны оазисы зачастую служат единственным источником водных ресурсов в пустынных ландшафтах и, следовательно, являются концентраторами жизни и рефугиумами большинства редких, эндемичных и реликтовых видов. Достаточно сказать, что из 305 видов флоры в оазисах Заалтайской Гоби сосредоточено более 60%, из них 32% (около 100 видов редких представителей луговой и тугайной флор) встречается только в оазисах (Рачковская, Санчир, 1983). Однако, несмотря на уникальность природных комплексов оазисов, их экологические особенности до настоящего времени исследованы недостаточно. До сих пор остается слабо изученным микроклимат приземного слоя воздуха и почв, знание которого необходимо как для сельскохозяйственного использования территорий оазисов, так и для выявления экотопического разнообразия для биоты и понимания сложных механизмов адаптации у растений и животных к экстремальным условиям пустыни.

[1] Работа выполнена с рамках программы Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ и при поддержке гранта РГО-РФФИ 13-05-41266 РГО-а.

Материалы и методы

Работы по изучению микроклимата проведены в оазисе Эхийн-Гол (координаты спутниковой навигации GPS: N 43°14´ с.ш.; E 99°31´ в.д.; высота над уровнем моря 965 м), наиболее крупном оазисе в крайне аридной пустыне Заалтайская Гоби. Они включали: измерение температуры на поверхности почвы по срочному, максимальному и минимальному термометрам; температуры и относительной влажности приземного слоя воздуха с использованием аспирационных психрометров на высоте от 0.05 до 2.0 м; скорости и направления ветра. Круглосуточные микроклиматические наблюдения проводились с интервалом в 3 часа на двух тестовых площадях. Первая – на открытом участке среди зарослей тамарикса (*Tamarix ramosissima*) с разреженным покровом из *Lycium ruthenicum* и *Sophora alopecuroides* (условно названная нами «оазис»); вторая, получившая название «родник», располагалась на лугу в непосредственной близости от родника с быстро текущей по небольшому руслу водой и насыщенной влагой почвой, покрытой сплошным ковром из вегетирующих низкорослых травянистых растений (*Carex* sp., *Hordeum* sp.). Контролем служили данные метеорологической станции в Эхийн-Голе, расположенной вне оазиса на удалении нескольких сотен метров от границы оазиса на межсайровом водоразделе (с условным обозначением «контроль»), покрытом щебнисто-каменистым панцирем (гамада). Дополнительно к круглосуточным микроклиматическим наблюдениям, в дневные часы, одновременно на двух первых тестовых площадях проводилось сканирование температуры поверхности почвы на профилях длиной около 30 метров с использованием двух пирометров – «Фотон»-С-300 («ТЕХНОАС», Россия), с встроенным запоминающим устройством и лазерным целеуказателем, предназначенным для бесконтактного измерения температуры по их собственному тепловому (инфракрасному) излучению. Поверхность температуры воды, растений и для сравнения с ними почвы на открытом пространстве и под кронами растений сканировали мини инфракрасным термометром (Mini IR Thermometer «EXTECH» USA). Влажность почвогрунтов измеряли на глубине 0.2 м с помощью почвенного влагомера (Soil Moisture Meter MO 750 «EXTECH» USA). Общее количество измерений температуры воды, почвы, растений, воздуха, а также влажности воздуха и почвы достигало 500. Все работы проводились в августе-сентябре 2013 г. в составе пустынно-степного отряда Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции АН РФ и АН МНР. Полученные данные в оазисе Эхийн-Гол репрезентативны и для других оазисов пустынной зоны Монголии.

Результаты и обсуждение

Проведенные работы показали, что температура поверхности почвы на территории оазиса и вне его имеет существенные различия (рис. 1). Так, например, в дневные часы температура почвы на межкроновых пространствах в оазисе выше, а ночью наоборот ниже, чем на окружающей территории. Наибольшие различия были отмечены в 14 часов дня, и в это время температура на поверхности почвы в оазисе была почти на 4°С больше, чем на контроле. Еще более показательными, в этом плане, являются абсолютные максимальные величины температуры, которые на поверхности почвы в оазисе достигали 50°С, и наблюдались в период с 14 до 15 часов местного времени, в то время как в контроле они не превышали 45°С, что на 5°С ниже. В вечерние, ночные и утренние часы в распределении температур на поверхности почвы наблюдалась обратная картина, а именно на межкроновых пространствах в оазисе она почти на 5°С ниже, чем на окружающей оазис территории. Выравнивание температуры на поверхности почвы между тестовыми площадями наблюдалось в 9-10 часов утра и с 18 до 20 часов вечера. Это явление типично для пустынь Центральной Азии (Дедков, 1989).

По иному суточный ход температуры выглядел на поверхности почвы вблизи родника. Здесь температура была ниже, чем в оазисе и контроле. Наиболее значимые различия 21°С были зафиксированы в 14 часов дня с оазисом, несколько ниже они (19°С) с контролем. Абсолютный максимум температуры вблизи родника не превышали 29.8°С и это соответственно на 20.2°С и 14.8°С ниже абсолютных максимальных значений температуры в оазисе и контроле. Вечером, ночью и утром, как это следует из данных, представленных на рис. 1, наиболее низкие значения температуры на поверхности почвы также наблюдались вблизи родника, где в срочные часы наблюдений она опускалась до 12°С. При этом наибольшая разница в температурах фиксировалась

между родником и контролем (от 5 до 12°С). Различия в температурах между оазисом и родником были меньше (0.3-9°С).

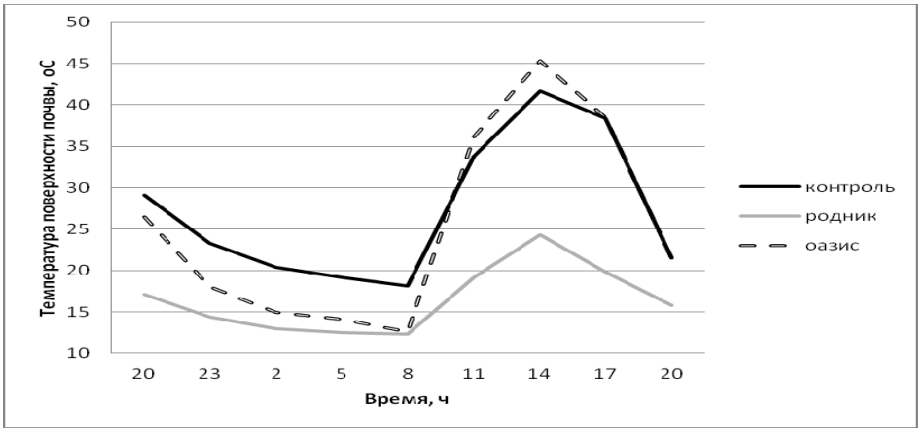


Рис. 1. Суточный ход температуры (°С) на поверхности почвы в межкроновых пространствах в оазисе Эхийн-Гол (30-31.08.2013 г.). **Fig. 1.** Day's motion temperature (ºC) on the surface of soil in intercron spaces in an oasis Ehijn-Gol (30-31.08.2013).

Абсолютный минимум температуры на поверхности почвы вблизи родника составлял 9.9°С, и эта температура оказалась равна температуре поверхности воды, вытекающей из родника (10°С). Для сравнения абсолютный минимум температуры в контроле на поверхности почвы в это время достигал 16.8°С, в оазисе 11.5°С.

Если оценивать температуру на поверхности почвы в межкроновых пространствах не по срочным, максимальным или минимальным значениям температуры, а по среднесуточным величинам, то оказывается, что она наиболее высока в контроле (27.3°С). Среднесуточные температуры на поверхности почвы в оазисе на 2°С ниже, чем в контроле (25.3°С). Различия среднесуточной температуры между контролем и родником (16.5°С) были наиболее велики и достигали 11°С. Разница среднесуточной температуры между оазисом и родником 9°С.

Температура подстилающей поверхности в пустыне очень сильно зависит от альбедо (отношение отраженной радиации к приходящей). В нашем случае, пространственные вариации температуры подстилающей поверхности, сканированные у родника в дополуденные часы (рис. 2), изменялись от 11.5°С вблизи русла ручья, вытекающего из родника, до 35.2°С на освещенном солнечными лучами склоне бугра, покрытого песчаным наносом желтовато палевого цвета. Депрессии на профиле «родник» связаны с температурой воды на поверхности почвы (11-14°С), а также поверхности кустарниковых и полукустарничковых растений (*Lycium ruthenicum*, *Sophora alopecuroides*, *Reaumuria songorica*).

Рис. 2. Профиль температуры (°С) в зависимости от характера подстилающей поверхности в оазисе Эхийн-Гол (31.08.2013, время измерения 11-00 – 11-05 час.). **Fig. 2.** Profile of temperature (ºC) depending of character of laying surface in an oasis Ehijn-Gol (31.08.2013, measuring time 11-00-11-05 hour).

У растений, в зависимости от высоты солнца, времени измерения и характера погодных условий (ясно-пасмурно; тихо-ветер) температура поверхности может быть на 12-27°С ниже температуры поверхности почвы.

В тоже время вариации температуры поверхности почвы на тестовом участке «оазис», как это следует их графика на рис. 2, имеют более выровненный характер и здесь, разброс температуры значительно меньше – от 26°С до 37.2°С, что обусловлено наличием меньшего количества кустарниковых и кустарничковых растений и более однородным характером подстилающей поверхности, прикрытой сверху солевым налетом. Средние величины температуры на профиле вблизи родника 20.2±5.4°С, в оазисе на 10°С выше 30.8±2.8°С.

Разброс температуры на поверхности почвы в районе родника по измерениям 01.09.2013 г. при слабом ветре и ярком солнечном освещении в 16 часов местного времени был значительно выше, чем утром и варьировал от 26 до 45°С. Температурные депрессии и в этом случае были связаны с поверхностью растений (26-28°С), пики температуры (40-45°С) с открытыми участками, хорошо освещенными солнечными лучами.

Заметно высоким был разброс температуры на дне высохшего искусственно созданного озера, покрытого травянистой растительностью и с наличием отакыренных поверхностей. Измерения, проведенные в 10 часов утра 01.09.2013 г. при низком стоянии солнца над горизонтом, дали следующий результат: поверхность воды 8.4°С, зеленая трава 13.0°С, засоленная увлажненная поверхность 11.2°С, отакыренная поверхность с наличием высохшей пожелтевшей травянистой растительности 21.2°С. Измерения с интервалом в пять минут на другом участке дна озера дали следующий результат: песчаная поверхность на береговом валу 29°С; песчаная поверхность на береговом валу с наличием мелкого щебня 31.6°С; отмерший отпад побегов тамарикса в тени 17.7°С; поверхность коры крупной ветви тамарикса в тени 17.7°С, вегетирующих побегов тамарикса в тени 12.9°С.

Характер распределения суточной температуры в двухметровом приземном слое воздуха имел отличия от распределения температуры на поверхности почвы. В дневные часы температура приземного слоя воздуха в оазисе на всех тестовых площадях была выше, а ночью наоборот ниже, чем в контроле (табл. 1). Максимальные превышения температуры в оазисе над контролем на высоте 2 м зафиксированы в 14 часов и достигали 3.1°С; в вечерние, ночные и утренние часы температура воздуха в оазисе была на 2.8°С ниже. Разница в температуре воздуха на высоте 2 м между оазисом и родником не превышала 1°С. Среднесуточные значения температуры воздуха на всех тестовых площадях были в пределах 24-25°С.

Таблица 1. Температура воздуха (°С) в межкроновых пространствах в оазисе Эхийн-Гол на высоте 2 м (30-31.08.2013 г.). **Table 1.** Temperature (°C) in intercron spaces in the oasis Ehijn-Gol at a height of 2 m (30-31.08.2013).

Тестовый участок	Температура, °С		Средняя
	Максимальная	Минимальная	
Контроль	25.7	20.0	24.6 ± 3.0
Родник	28.5	18.8	24.0 ± 3.8
Оазис	28.8	19.1	24.3 ± 3.8

Температура приземного слоя воздуха на высоте 0.05 м закономерно выше, чем на высоте 2 метра. Примечательно, что разница температуры между родником и остальной территорией оазиса достаточно высока. Вечером, ночью и утром температура вблизи родника на 3-4°С ниже, по сравнению с остальной территорией оазиса; днем разница возрастает до 7-8°С. В среднем за сутки температура на тестовой площади «оазис» 24°С, «родник» 19°С.

Информативным микроклиматическим показателем является относительная влажность приземного слоя воздуха. Из графиков, представленных на рисунке 3, отчетливо видно, что величина относительной влажности воздуха в оазисе в вечерние, ночные и утренние часы выше, чем в

окружающей оазис пустыне. Обращает на себя внимание и то, что суточные вариации относительной влажности воздуха в пустыне имеют выровненный характер с разбросом значений величин в течение суток от 16 до 27%.

Относительная влажность воздуха, почти на всей территории оазиса, начиная с 20 ч вечера до 10 часов утра, выше, чем в крайне аридной пустыне. Максимальные различия, равные 48%, – в 2 часа ночи. Днем влажность воздуха между оазисом и контролем выравнивается и в период с 11 до 17 часов она даже несколько ниже в оазисе, по сравнению с контролем. Самые высокие величины относительной влажности воздуха были отмечены в районе родника, где она с 8 до 11 часов достигала 86%, не опускаясь в дневное время ниже 50%. Если оценивать различия относительной влажности воздуха по среднесуточным величинам, то этот ряд выглядит следующим образом: родник – 52%, оазис – 29%, контроль, которым является метеорологическая станция в крайне аридной пустыне – 20% (рис. 3). Данные, полученные в осенний период (август-сентябрь) интересно сравнить с результатами летних измерений (июнь-июль). Летом 1978 года нами проводились измерения температуры и влажности воздуха с помощью недельных термографов и гигрографов, установленных в жалюзийных метеорологических будках на высоте 0.5 метра в оазисе, в среде с хорошо развитой растительностью из тамарикса развесистого (*Tamarix ramosissima*) и чия блестящего (*Achnatherum splendens*), и на прилегающей к оазису территории с низкоствольным саксаульниками.

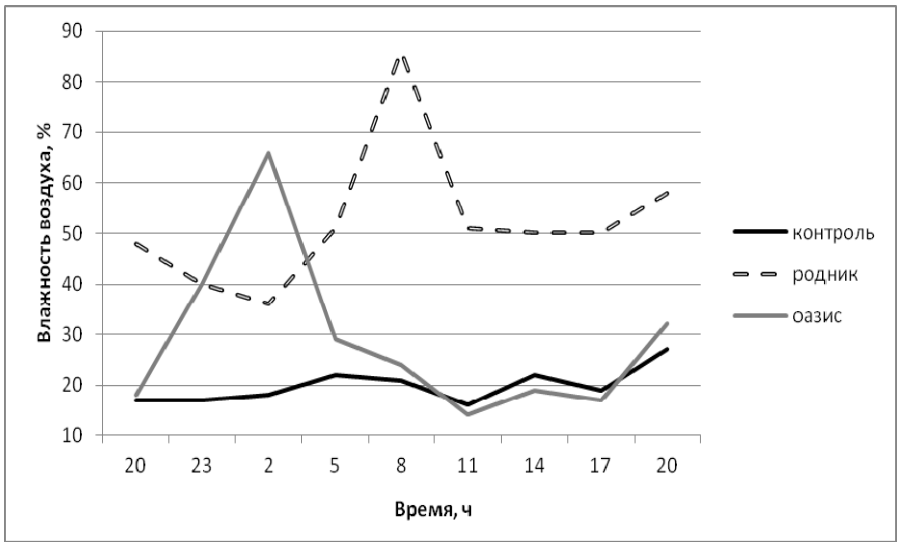


Рис. 3. Суточный ход относительной влажности (%) в межкроновых пространствах в оазисе Эхийн-Гол в 2 метровом приземном слое воздуха (30-31.08. 2013 г.). **Fig. 3.** Day's motion of relative humidity (%) in intercron spaces in an oasis Ehijn-Gol in 2 meter ground layers of air (30-31.08.2013).

Так же как и осенью, в летнее время температура приземного слоя воздуха в оазисе на 8-10°С выше, а ночью на 6-7°С ниже, чем в пустыне. Относительная влажность воздуха в оазисе в ночные часы была на 5-16% выше, а в дневные часы на 2-3% ниже, чем на окружающей территории (Гунин, Дедков, Дедкова, 1980).

Более высокие значения влажности воздуха хорошо соотносятся с влажностью почв в оазисе и пустыне. Измерения влажности почвы с помощью почвенного влагомера показали, что ее значения в различных биотопах вблизи родника 48±1.7%, среди зарослей тамарикса 21±2.7%, а непосредственно в пустыне она были ниже погрешности измерения влагомера (близка к нулю). Вероятно, высокая влажность почв в сочетании с высоким уровнем транспирации и физического испарения с открытой водной поверхности (родник, родниковое озеро) и обуславливают высокую влажность воздуха в оазисе, по сравнению с окружающим пустым пространством.

Как уже выше отмечалось в оазисе растительный покров довольно разнообразный и представлен как рощами из тополя разнолистного (*Populus diversifolia*), так и сообществами с доминированием тамарикса развесистого (*Tamarix ramosissima*). Причем эти древесные и кустарниковые виды на отдельных участках в оазисе Эхийн-Гол образуют сплошной покров с проективным покрытием, достигающим 100%. В связи с этим нам представлялось интересным оценить интегральное влияние

крон этих растений на температуру поверхности внутри сообществ. Для сравнения контролем служили пространства вне влияния крон древесно-кустарниковых растений, освещенных прямыми солнечными лучами. Дополнительно к этим измерениям мы учитывали температуру внутри сообществ с доминированием саксаула (*Haloxylon ammodendron*).

Из данных, представленных в таблице 2, следует, что температура на поверхности почвы под кронами растений внутри растительных сообществ на 20-24°С ниже, чем на почве, находящейся под влиянием прямых солнечных лучей. Следовательно, несмотря на ажурную архитектонику кроны в начале сентября в полуденные часы древесные и кустарниковые фитоценозы в оазисе очень сильно трансформируют солнечную радиацию при прохождении ее сквозь кроны растений, тем самым создавая комфортные температурные условия, в первую очередь для животного населения. Соответственно этому и внутрипочвенная температура в оазисе ниже, чем в крайне аридной пустыне. По измерениям в июне-июле 1978 года на участке между кронами тамарикса температура почвы на глубине от 0.4 до 1.6 м варьировала от 13.6°С на глубине 1.6 м до 20.1°С на глубине 0.4 м. В крайне аридной пустыне на гаммаде с разреженной ильинией (*Iljinia regelii*) эти же значения на 8-10°С выше (Гунин, Дедков, Дедкова, 1980). Это связано с несколькими причинами: высоким проективным покрытием поверхности почвы кронами растений, близостью грунтовых вод и высокой влажностью почвогрунтов. Последний фактор имеет решающую роль, поскольку как показали наши исследования, почвы подпитываются из родников и близко расположенной к поверхности капиллярной каймы грунтовых вод, температура которой, как было выше показано, в летне-осенний период, не превышала 10°С.

Таблица 2. Температура (°С) поверхности почвы в различных фитоценозах в оазисе Эхийн-Гол (30-31.08.2013 г). **Table 2.** Temperature (°C) soil surface in various plant communities in the oasis Ehijn-Goal (30-31.08.2013).

Название фитоценоза	Температура, °С		Разница температуры, °С
	Под кронами растений	На открытом пространстве	
Тополевый	13.0	37.1	24.1
Тамариксовый	23.1	43.2	20.1
Саксауловый	29.2	49.0	19.8

Исключительно контрастной температура оказывается и внутри самих растительных сообществ. Так, например 01.09.2013 г. в 10.30-11.00 час. при измерении температуры в куртине из тополя разнолистного оказалось, что поверхность почвы под кронами тополя вблизи ствола – 13°С; поверхность почвы на освещенном солнцем участке 37.5°С. Поверхность ствола вегетирующего тополя на высоте 1.3 м с освещенной стороны 25.1°С; тоже в тени 11.7°С. Для сравнения поверхность ствола отмершего тополя на высоте 1.3 м – 17.3°С; то же в тени – 12.9°С, а поверхность почвы, открытой для освещения солнцем, 30.7°С. Не менее контрастной оказалась температура и в зарослях тамарикса развесистого. По измерениям в тоже время, что и в куртине тополя поверхность почвы, освещенной солнцем, вблизи тамарикса составляла 29.8°С. Поверхность почвы под кронами тамарикса – в тени 14.4°С, поверхность коры ветвей – 13.6°С; поверхность коры крупного ствола 14.4°С; отпад отмерших побегов в развилке среди ветвей 15.4°С. Температура поверхности побегов в 16 часов дня при ярком солнечном освещении – 26.4°С, а почвы 44.5°С, что на 18°С ниже.

Интересно отметить, что за более чем 35-летний период наблюдений (1978-2013 гг.) Эхийн-Гольский оазис заметно изменился, и эти изменения касаются как появления большей площади засоления, так и исчезновения больших куртин из тростника (*Phragmites australis*), чия блестящего (*Achnatherum splendens*) и солодки голой (*Glycyrrhiza glabra*). Кроме того, отмеченные нами изменения в растительном покрове – результат не только засоления почв, но и перевыпаса домашних животных (козы, овцы, верблюды) (Голованов, 2006). В результате на месте некогда существовавших зарослей тростника и чия образовались открытые пространства с большим количеством бугров отмерших растений и разросшихся различных кустарничков. Непосредственные измерения температуры были проведены на прикустовом бугре отмершего чия блестящего, имеющего высоту

0.8 м, длину 1.0 м, ширину 0.5 м и опесчаненного с поверхности. На поверхности почвы вокруг бугра – соленая корочка. Измерения проводили 01.09.2013 г. при безветренной погоде и ясном солнце в 11 часов дня. Они дали следующий результат: поверхность песка среди щетки отмерших побегов в тени прикустового бугра – 16.4-16.6°С; отмершие побеги в тени – 16.6-16.9°С. Температура на поверхности бугра, освещенной прямыми солнечными лучами, достигала 50-54°С, что на 34-37°С выше, чем в тени.

Заключение

Проведенное исследование микроклимата в оазисе Эхийн-Гол позволяет говорить о том, что он является более вариабельным и контрастным, по сравнению с экосистемами крайне аридной пустыни. Суточные температуры на поверхности почвы и в 2 метровом приземном слое воздуха на открытых межкроновых пространствах на тестовой площади «оазис» имели более высокие значения в дневные часы и низкие в ночные. Эта особенность, как показали ранее проведенные исследования, является специфической чертой пустынно-степной зоны Центральной Азии и обязана своим проявлением влиянию растительного покрова. Высокие дневные и низкие ночные температуры в межкроновых пространствах в оазисе определяются низкими скоростями ветра, высоким уровнем поглощения коротковолновой солнечной радиации и более слабым турбулентным теплообменом днем и сильным эффективным излучением ночью. В результате этого приземные слои воздуха и поверхностные слои почв быстрее и сильнее прогреваются днем и значительнее охлаждаются ночью. В пределах сферы, занятой деревьями и кустарниками, колебания температур меньше, чем в межкроновых пространствах. Ранее нами было показано, что в пустыне формирование теплового, водного баланса и микроклимата осуществляется при коррекции биологического фактора – растительного покрова. Чем выше проективное покрытие и больше биомасса растений, тем контрастность экологических режимов проявляется сильнее. Отличной от описанной выше, была картина с распределением температуры на поверхности почвы в биотопах вблизи родников. Здесь температура всегда ниже по сравнению с остальной частью оазиса и окружающей его пустыней.

Сходным образом с температурой выглядело и распределение относительной влажности воздуха. На межкроновых пространствах в оазисе она более контрастна по сравнению с пустыней: выше ночью и в отдельные дневные часы ниже, чем на окружающей оазис пустыне. В районе родников она круглосуточно намного выше.

В отличие от межкроновых участков под кронами растений, в дневное время, температура почв и воздуха ниже, чем там, где их влияние отсутствует. Еще больше контрасты температуры между различными частями крон растений.

Учитывая то, что в оазисе проективное покрытие растений достигает значительных величин, можно сделать вывод о том, что на большей части оазиса температура почвы и приземного слоя воздуха ниже, а влажность воздуха и почвы выше, чем в экосистемах крайне аридной пустыни. В целом микроклимат в оазисе более контрастный, что создает значительное биотопическое разнообразие для развития растений и животных, чем в окружающей его пустыне, что в итоге и определяет значение природных оазисов для сохранения биоразнообразия в жестких условиях природной среды пустынь Центральной Азии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Голованов Д.Л. 2006. Оазисное почвообразование в крайнеаридных пустынях Монголии (на примере оазиса Эхийн-Гол). Автореферат дис. … канд. геогр. наук. Москва. 25 с.

Гунин П.Д., Дедков В.П., Дедкова Н.А. 1980. Радиационно-тепловой баланс и основные черты микроклимата // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 30-46.

Гунин П.Д., Евстифеев Ю.Г., Рачковская Е.И., Федорова И.Т. 1984. Оазисы Большого Гобийского заповедника. Характеристика, значение и проблемы сохранения. // Проблемы генофонда и управления экосистемами в заповедниках степной и пустынной зон: тез. докл. всесоюзн. совещ. (21-25 мая 1984 г. Аскания-Нова). М.: Изд-во АН СССР. С. 226-230.

Дедков В.П. 1989. Экологическая ниша и водный баланс доминантов пустынных фитоценозов. Л.: Изд-во ЛГУ. 264 с.

Казанцева Т.И. 2009. Продуктивность зональных растительных сообществ степей и пустынь Гобийской части Монголии. М.: Наука. 336 с.

Куликов В.Ф., Роговин К.А. 1980. Видовой состав, распределение и численность мелких млекопитающих // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 58-70.

Лавренко Е.М., Юнатов А.А. 1960. Природные оазисы в пустыне Заалтайской Гоби (Монгольская Народная Республика) // Вопросы эволюции, биогеографии, генетики и селекции. М.-Л.: Наука. С. 125-136.

Панкова Е.И., Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 1996. Состояние тугайной растительности в оазисах южной Монголии и перспективы восстановления // Аридные экосистемы. Т. 2. № 2-3. С. 131-144.

Панкова Е.И., Якунин Г.Н., Мандахбаяр Ж., Биндарья Ж. 1980. Опыт и перспективы освоения земель Эхийн-Гольского оазиса // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 88-95.

Рачковская Е.И., Санчир Ч. 1983. Флористический состав БГЗ // Комплексная характеристика экосистем Заалтайской Гоби. Пущино. С. 92-104.

Федорова И.Т. 1980. Растительность восточной части Заалтайской Гоби // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 46-57.

Чимэдрэгзэн Л. 1998. Эколого-биологические особенности экосистем оазисов Гоби и проблемы их охраны и рационального использования: автореферат дис. … канд. биол. наук. Улаанбаатар. 21 с.

ON THE MICROCLIMATE OF NATURAL OASES EXTREMELY ARID DESERT TRANSALTAY GOBI

© 2014 г. V.P. Dedkov*, P.D. Gunin**

** Immanuel Kant Baltic Federal University*
Russia, 236041 Kaliningrad, A. Nevsky str. 14. E-mail: VDedkov@kantiana.ru
*** A.N. Severtsov's Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences*
Russia, 119071 Moskow, Leninskiy prospect 33. E-mail: pdgunin@mail.ru

The article gives characteristics of the microclimate oases deserts of Mongolia. It is shown that the climate in the oasis a softer and more comfortable for the development of plants and animals than in the surrounding desert.

Keywords: desert oasis, microclimate, temperature, air humidity and soil.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 44-56

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 911.8:57.045:631.48

ОПЫТ ТЕСТИРОВАНИЯ И АДАПТАЦИИ МЕТОДА LADA В РОССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ

© 2014 г. В.Д. Славко*, Г.С. Куст*, С.Ю. Розов*, О.В. Андреева, М.Г. Кегиян***

**Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова,*
***Институт экологического почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова*
Россия, 119992 Москва, Ленинские горы. E-mail: slavko@soil.msu.ru, gkust@yandex.ru; watcher008005@yandex.ru; andreevala@yandex.ru

Поступила 25.11.2013

Методика LADA (Land degradation assessment in drylands) впервые применена для оценки деградации земель на локальном уровне для тестовых участков в России. В целом положительные результаты тестирования методики, вместе с тем, указывают на необходимость ее адаптации в части оценки эрозионных процессов, повышения дробности категорий картографических выделов, использования показателя степени солонцеватости. Предложены соответствующие рекомендации. Кроме того, показано, что при отсутствии тематических карт в качестве контурной основы могут применяться результаты дешифрирования космических снимков по формальным признакам формы, цвета, тона, структуры и текстуры изображения.
Ключевые слова: деградация земель, LADA, тестирование, аридные территории.

Данная работа посвящена первому опыту применения методики LADA для оценки деградации земель на примере тестовых участков в России. Методика LADA (Land degradation assessment in drylands – Оценка деградации земель в засушливых регионах) была разработана в рамках одноименного проекта ФАО-ГЭФ, который выполнялся в 2002-2010 годах с целью разработки и последующего применения методологии оценки и количественного определения характера, распространенности, силы воздействия и первопричин деградации земель в засушливых районах. По итогам тестовых исследований, проведенных в 6 странах мира (Аргентина, Китай, Куба, Сенегал, ЮАР, Тунис), проект LADA выпустил руководство для оценки опустынивания на локальном уровне (McDonagh, Bunning, 2009), в числе преимуществ которого назывались простота использования индикаторов опустынивания с акцентом на полевые данные, и возможность представления результатов оценки в виде картографических материалов. В настоящее время методы оценки опустынивания LADA претендуют на признание их в качестве международного стандарта для оценки опустынивания, в связи с чем требуется их апробация и адаптация в многообразных природных условиях.

Поскольку в России подходы LADA ранее активно не тестировались, а они предусматривают и допускают внесение дополнений и изменений в соответствии с локальными особенностями территорий, то целью нашей работы было оценить возможность и эффективность использования комплекса индикаторов методики LADA для оценки деградации земель на локальном уровне на тестовых участках в луговых и сухих степях Заволжья.

Материалы и методы

В целом методология LADA предполагает комплексную оценку земельных участков на различных уровнях: национальном, региональном и локальном. Точность и достоверность данных обеспечивается путем экстраполяции полевых локальных исследований на региональный и национальный масштабы (McDonagh J., Bunning S., Part 2, 2009).

Полная оценка степени деградации земель на локальном уровне по системе LADA предусматривает описание тестовых участков по 6 блокам индикаторов: наличие эрозионных

процессов, визуальная характеристика почвенного профиля, свойства почв, степень деградации растительного покрова и водных объектов, продуктивность сельскохозяйственных культур.

Методика LADA предполагает и допускает описание каждого из блоков по соответствующим индикаторам и последующую балльную оценку независимо (общая интегральная оценка проводится впоследствии по сумме баллов, полученных по каждому блоку), поэтому в рамках данной работы мы сосредоточили наше внимание на процедурах оценки качества почв; оценка состояния растительности и водных ресурсов на данном этапе тестирования не проводилась.

Так, например, для оценки качества почв оценка проводится поэтапно: сначала определяются визуальные индикаторы качества почв (характер и мощность почвенного профиля; текстура почвы; структура почвы (образование плужных подошв и слитых горизонтов, распределение агрегатов в профиле по размерам); наличие коркового слоя; цвет почвы; обилие почвенной биоты; обилие корней), а затем - физические и химические свойства (водопрочность агрегатов; pH; водопроницаемость почв; содержание лабильного углерода; электропроводность почвенного раствора). Для большинства индикаторов предложена соответствующая трехбалльная или четырехбалльная (только для водопрочности) оценочная шкала, где минимальному «0» соответствуют неблагоприятные условия, а максимальным значениям (соответственно «3» или «4») – наиболее оптимальные. При этом разные индикаторы могут иметь различный математический вес при расчете интегрального балла. Некоторые индикаторы не участвуют в расчетах интегральных баллов и носят лишь описательный характер (характер и мощность почвенного профиля, текстура и цвет почвы, pH). Для интегральной оценки используется следующая таблица баллов (табл.1) .

Таблица 1. Оценка качества почв земельных участков. **Table 1.** Soil quality assessment.

Категории качества	Оценка почв по морфологическим признакам	Оценка почв по данным полевых лабораторных измерений	Суммарная оценка почв
плохие	Менее 7	Менее 7	Менее 14
удовлетворительные	7-14	7-14	14-28
хорошие	15-26	15-22	30-48

Согласно методике LADA результаты оценки представляются в картографической форме. При этом в качестве контурной основы могут выступать любые доступные тематические карты, например, карты почв, растительности, землепользования, ландшафтов, и пр. При этом рекомендуется по возможности использовать те материалы, которые служат источником данных для показателей, применяемых в балльной оценке по методике LADA. В отношении почвенного блока индикаторов такими материалами в первую очередь являются почвенные карты.

В данной работе тестирование методов LADA для оценки качества почв проводилось на примере решения следующих задач:

- тестирование возможностей применения методов LADA для оценки деградации почв без изменения методики, «как есть», для установления их заявленных преимуществ и возможных недостатков;
- разработка рекомендаций по адаптации базовой методики и внесение дополнений и усовершенствований методов LADA при использовании в «нестандартных» условиях России
- тестирование возможностей методов LADA для решения сопряженных задач оценки качества земель, в том числе в пределах отдельного производственного поля.

Объекты исследования

Первый тестовый полигон (участок «Степной») площадью около 2300 га находится в Марксовском районе Саратовской области (координаты центра 51°4′37″ с.ш, 47°11′09″ в.д.), и практически полностью занят сельскохозяйственными полями, включая пастбища и сенокосы по неудобям.

Почвенный покров в основном представлен вариациями черноземов южных различной мощности, степени солонцеватости и эродированности, комплексами лугово-черноземных солонцеватых почв с солонцами гидроморфными (Куст, Розов, 2011).

Второй тестовый полигон (участок «Сухостепной») с тремя ключевыми участками общей площадью около 8000 га расположен в районе поселка Ромашки Палласовского района Волгоградской области (координаты центра 50°11′06″ с.ш., 46°45′01″ в.д.;).

Растительность представлена сухими бедноразнотравными типчаково-ковыльными в комплексе с белополынными и белополынно-ромашковыми сообществами на залежах не менее 10-летнего возраста. Участками встречаются полынно-типчаковые сообщества в комплексе с полукустарничковыми сообществами. Не распаханные участки в значительной степени испытывают пастбищную дигрессию в результате перевыпаса скота и скотобойной эрозии. Почвенный покров в основном представлен комплексами каштановых и светло-каштановых средне- и маломощных почв различной степени осолонцевания с солонцами каштановыми и каштаново-луговыми. Для более влажных дренированных понижений характерны каштаново-луговые почвы.

Третий тестовый полигон (участок «Степной орошаемый») площадью около 400 га находится в Энгельсском районе Саратовской области (координаты центра 51°23′09″ с.ш., 46°03′34″ в.д.) и практически полностью занят орошаемыми сельскохозяйственными полями ОПХ ВолжНИИГиМ, за исключением богарной пашни за пределами цирков орошения (Стома, Розов, 2012).

Почвенный покров в основном представлен вариациями черноземов южных различной мощности и карбонатности, комплексами черноземов южных и луговато-черноземных почв, а также вариациями темно-каштановых глубоковскипающих и солонцеватых мощных средне- и легкосуглинистых почв.

Результаты и обсуждение

Тестирование методов LADA для оценки эрозионных процессов (без адаптации). Эти исследования проводили на примере тестового полигона «Степной». Для оценки эродированности почв в методике LADA предлагается следующий набор полевых индикаторов (McDonagh J., Bunning S. Part 2, 2009): 1 - выход корней деревьев на поверхность; 2 - образование приствольных повышений; 3 - выход плотного щебнистого панциря на поверхность; 4 - образование наносов перед барьерами; 5 - различия в содержании тонкой фракции между смытыми и намытыми почвами; 6 - изменение мощности почвенного профиля.

Попытка применения этих индикаторов для исследуемого участка показала, что, несмотря на широкое распространение здесь эродированных почв, первые четыре индикатора неприменимы из-за отсутствия соответствующих проявлений, применение пятого индикатора проблематично из-за широкого распространения смыто-намытых почв, а прямое применение шестого индикатора требует или длительных мониторинговых наблюдений, или серьезного обоснования сравнимости мощности почв, что в условиях высокой пестроты почвенного покрова исследуемой территории (наличие солонцов, солонцеватых и засоленных почв, различия в почвообразующих породах) весьма проблематично, и может вызвать значительные ошибки в диагностике. Таким образом, методы LADA потребовали существенной адаптации, поскольку прямое применение предложенных индикаторов в конкретном случае оказалось невозможным.

Рекомендации по адаптации методов LADA для оценки эрозионных процессов. В отечественной школе почвоведения накоплен богатый опыт по оценке эрозии почв на основании актуальных признаков (Классификация и диагностика почв СССР, 1977), использование которого делает возможным предложить дополнительные индикаторы для уточнения полевой диагностики степени эрозии по системе LADA: строение почвенного профиля (состав почвенных горизонтов в зависимости от типа/подтипа почв), разница в мощности гумусовых горизонтов (A+AB) на участках с разной интенсивностью антропогенного воздействия). За контурную основу была принята почвенная карта в масштабе 1:25000, скорректированная по цифровой модели рельефа местности, построенной с помощью программы Global Mapper 13 на основании данных SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), определение ложбин стока производилось по многозональным снимкам спутника LANDSAT 7 2008 года (пространственное разрешение 30 м) в синтезе 4,5,2 и спутника SPOT 5 2006 года (пространственное разрешение 10 м) в синтезе SWIR-XS3-XS2. Полевые данные по выбранным индикаторам собирались в единую базу данных. Количество полевых точек опробывания – не менее 3 точек на один картографический контур. Фрагмент базы полевых данных представлен в таблице 2.

Таблица 2. Степень эродированности почв (фрагмент полевой базы данных). **Table 2.** Degree of soil erosion (fragment from the field data base).

№ точки	Положение в рельефе	Мощность горизонтов A+AB	Дополнительные особенности	Тип хозяйственной деятельности	Степень эродированности почв
F_1	пойма	48	-	пастбище	не эродированная
F_15	склон водораздела	29	Апах лежит на Вса	пашня	сильносмытая
F_16-2	склон водораздела	49	-	пашня	слабосмытая
F_7	ложбина стока	58	днище ложбины стока	пашня	намытая
F_8	ложбина стока	63	днище ложбины	пашня	намытая

На основании данных, полученных для этих индикаторов, была построена карта-схема эрозии почв (рис. 1). Анализ полученной карты показал, что большая часть почв исследуемой территории, находящиеся в с/х обороте в той или иной степени подвержены эрозии. Сильносмытые почвы занимают 22% (525 га) от площади исследуемой территории, среднесмытые – 21% (503 га), слабосмытые – 12% (285 га). Всего эрозии подвержено около 70% участка. При этом сильносмытые почвы располагаются на склонах крутизной более 1 градуса, занятых пашней, среднесмытые и слабосмытые – на склонах менее 1 градуса. Почвы участков, находящихся под пастбищами, не имели признаков эрозии вне зависимости от крутизны склонов. Это говорит о том, что для исследуемой территории сельскохозяйственное возделывание земель является одним из основных факторов, приводящих к интенсификации эрозионных процессов (рис. 1)

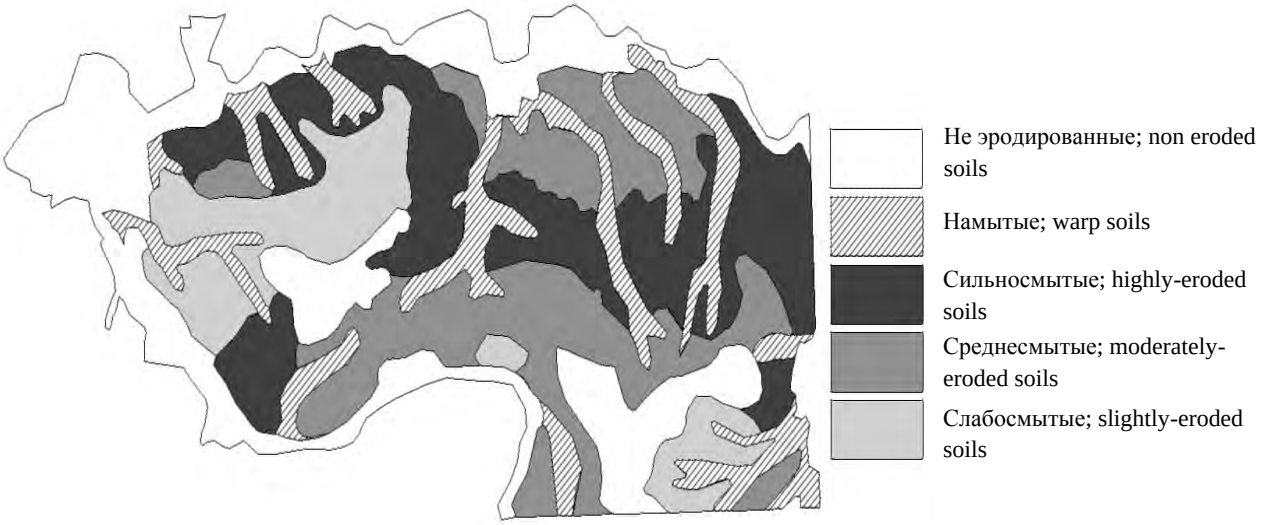


Рис. 1. Карта эрозии почв. Исходный масштаб 1:25000. **Fig.1.** Soil erosion map. Initial scale 1:25000.

Таким образом, тестирование методов LADA для оценки эродированности исследуемого участка показало, что (а) прямое применение индикаторов, предложенных LADA, невозможно, (б) традиционно используемые в российском почвоведении индикаторы мощности гумусовых горизонтов почв, отнесенные к соответствующему типу почв, а также уклоны местности, могут успешно дополнить методы LADA и быть использованы для построения локальных карт эрозии почв, (в) в качестве контурной основы и источника дополнительных данных для данных целей могут успешно выступать почвенные карты, скорректированные по цифровым моделям рельефа и космическим снимкам.

Тестирование методов LADA для оценки качества почв без их адаптации. Прямое применение методов LADA для оценки качества почв проводилось для тестовых полигонов

«Степной», «Сухостепной» и «Степной орошаемый». Пример получаемых при таком использовании методов LADA, представлен в виде карто-схем на рисунке 2.

Рис. 2. Карта-схема качества почв, полученная по методике LADA «без адаптации». Исходный масштаб 1:25000 (контурная основа – почвенная карта). **Fig.2.** Soil quality map by LADA “before adaptation”. Initial scale 1:25000 (soil map used for contour base).

В целом удовлетворительные качественные результаты были получены только для участков, не имеющих солонцеватых и солонцовых почв. Экспертная оценка качества почв, полученная методом LADA, проведенная нами с участием местных фермеров, показала, что фактически LADA существенно завышает качество почв на участках с солонцовыми и солонцеватыми почвами. Действительно, среди индикаторов, предложенных LADA, нет ни одного показателя, который бы прямо учитывал развитие признаков осолонцевания в почвенном профиле, хотя данное явление широко распространено в степной зоне, и особенно в сухостепной подзоне. Так, например, в пределах исследуемого участка «Степной» признаки осолонцевания наблюдаются в 70% почв территории, в пределах участка «Сухостепной» - в более чем 90%.

Кроме того, при экспертной оценке было отмечено, что выделенные по методике LADA категории земель недостаточно подробно отражают качество почв локальных участков. Для практического использования требуется более детальное ранжирование качества почв, чем полученное по данной методике (всего 2 категории («удовлетворительные» и «хорошие» из трех возможных).

Для поиска возможных путей детализации рангов качества почв нами в сравнении с методом LADA на тех же объектах были протестированы близкие по задачам отечественные методы: расчет почвенно-экологического индекса (ПЭи) по Карманову (2000) и составление агроэкологической группировки почв по В.И. Кирюшину (2005).

Подобное более детальное ранжирование качества почв было получено для тестовых полигонов «Степной» и «Степной орошаемый» на основе исследования соответственно 39 и 35 точек опробывания. Для них была выполнена оценка агропроизводственного потенциала почв на основе расчета показателя ПЭИ – почвенно-экологического индекса (Карманов, 2000).

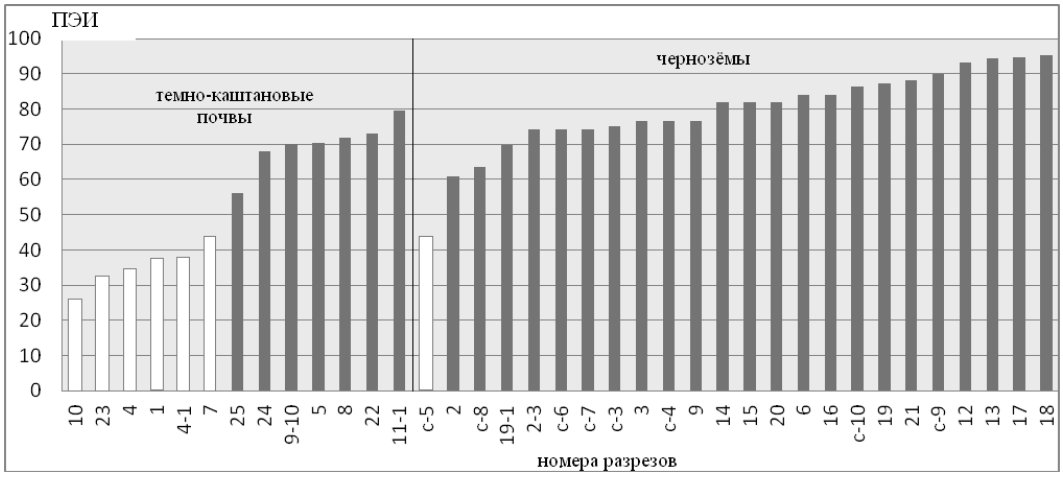
$$ПЭи = 12,5\,(2 - V)\,П \cdot Дс\,\frac{\Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}(КУ - Р)}{Кк + 100}\,А \quad , \qquad (1)$$

где ПЭи – почвенно-экологический индекс; V – плотность (объемный вес) почвы (в среднем для метрового слоя); 2 – максимально возможная плотность почв при их предельном уплотнении, г/см^3; П – «полезный» (безбалластный) объем почвы (в метровом слое); Дс – дополнительно учитываемые свойства почв; $\Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}$ - среднегодовая сумма температур более 10˚С; КУ – коэффициент увлажнения (Р - поправка к этому коэффициенту); КК – коэффициент континентальности; А – итоговый агрохимический показатель.

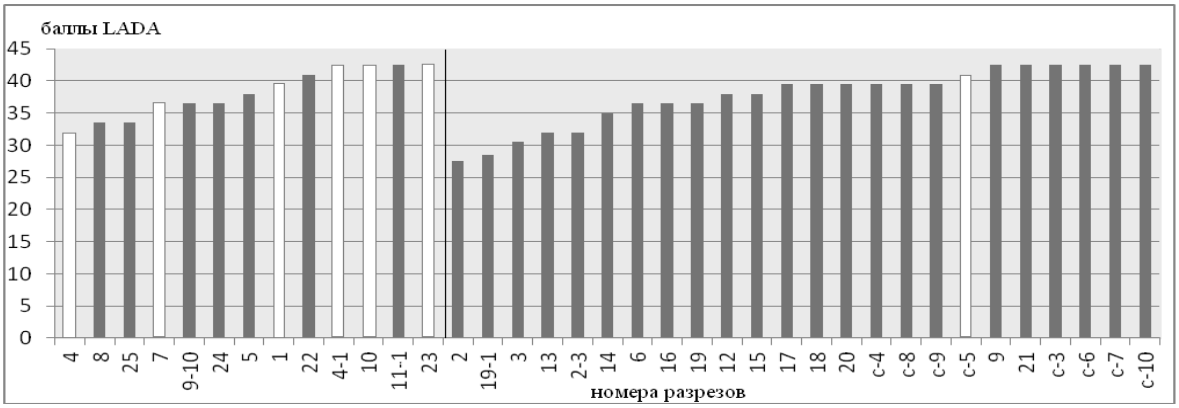
Данный индекс, рассчитываемый по формуле (1) позволяет по 100-балльной шкале оценить качество почвы с учетом как почвенных параметров, применяемых в системе LADA, так с учетом дополнительных почвенных и ландшафтно-биоклиматических показателей, в частности уже упомянутых признаков солонцеватости и эродированности почв. Эти особенности расчета ПЭИ делают оценку почв по данной системе более чувствительной, чем по системе LADA. Так, например, для изученной выборочной совокупности из 12 почв полигона «Степной» пределы варьирования оценки по системе LADA изменяются от 22 до 33 баллов, тогда как пределы варьирования оценки по системе ПЭИ шире, и изменяются от 14 до 35 баллов.

Помимо учета факторов солонцеватости и эродированности почв, система ПЭИ позволяет также оценивать качество почв орошаемых территорий в сравнении с неорошаемыми аналогами, чего не позволяет система LADA. Для полигона «Степной орошаемый» были получены значения индексов ПЭИ и LADA для 13 точек с темно-каштановыми почвами и для 24 точек, занятых южными черноземами (рис.3). Здесь также было отмечено повышение чувствительности оценки качества почв при использовании метода ПЭИ по сравнению с методом LADA.

Кроме того, для каштановых почв система LADA даёт близкие показатели вне зависимости от того, на каких участках (орошаемых или нет) располагаются почвы, тогда как по показателю ПЭИ почвы четко группируются по данному признаку: точки 1, 4, 4-1, 7, 10, 23 – неорошаемые; точки 5, 8, 9 - 10, 11-1, 22, 25 – орошаемые. Для совокупности черноземных почв, занимающих орошаемые позиции, наблюдается закономерность, уже отмеченная для полигона «Степной», а именно: пределы варьирования оценки почв по системе ПЭИ существенно выше, чем по системе LADA (рис. 1).



A



B

Рис.3. Значения почвенно-экологических индексов (А) и общих интегральных баллов по системе LADA (В) для почв ОПХ ВолжНИИГиМ (тестовый участок «Степной орошаемый»). **Fig.3.** Values of soil-ecological indices (A) and LADA integrated scores (B) for soils of test site “Irrigated Steppe”.

Помимо представленного сравнения результатов оценки качества исследованных почв по методикам LADA и ПЭИ для полигона «Степной» нами также была проведена сравнительная оценка методики LADA и методики агроэкологической группировки земель по В.И. Кирюшину (2005). Для Заволжской провинции степной зоны, в которой расположен исследуемый район, агроэкологическая классификация Кирюшина предлагает девять разнокачественных групп земель, из которых шесть нашли отражение на составленной нами карте-схеме агроэкологических групп земель полигона «Степной» (рис. 4). Ниже будет показано, что по количеству выделов различного качества и их пространственной конфигурации данная карта-схема в существенной степени согласуется с картой-схемой качества почв, полученной по методике LADA после её адаптации (рис. 5), в то время, как неадаптированная методика LADA позволяет получить лишь довольно грубую оценку, недостаточно подробно отражающую качество земель и мало пригодную для её практического использования (рис. 2).

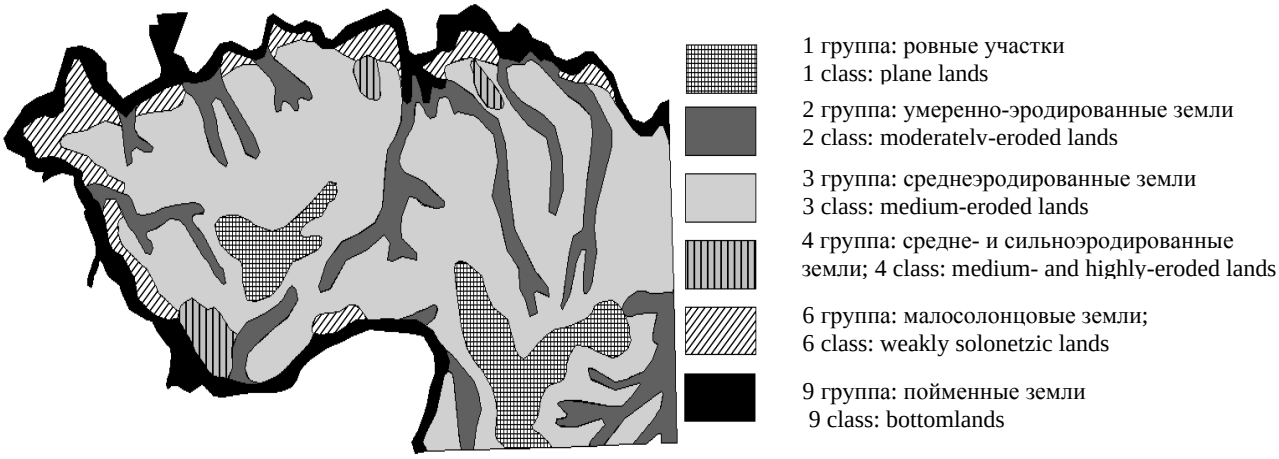


Рис. 4. Карта агроэкологических групп (по Кирюшину, 2005), исходный масштаб 1:25000. **Fig.4.** Map of agro-ecological groups of lands (by Kiryushin, 2005). Initial scale 1:25000.

Таким образом, тестирование отечественных подходов показывает, что существенное повышение дробности рангов оценки земель и почв может быть достигнуто за счет включения такого дополнительного параметра состояния почв как солонцеватость, что и послужило основанием для включение этого индикатора в методику LADA.

Рекомендации по адаптации методов LADA для оценки качества почв

Добавление индикатора солонцовых признаков. Для учета солонцовых и солонцеватых почв при оценке почв по методике LADA было предложено внести дополнительный показатель степени солонцеватости в профиле почв и оценивать его аналогично другим индикаторам по трехбалльной шкале, где 2 балла – отсутствие морфологических признаков осолонцевания, 1 балл – слабо и среднесолонцеватые почвы (глинисто-гумусовые пленки на гранях структурных отдельностей, признаки ореховатости, столбчатости и глыбистости в структуре, и др.); 0 баллов – наличие солонцового или сильносолонцеватого горизонта[1]. Весовой коэффициент для данного показателя при добавлении к сумме баллов был принят такой же, как для индикатора плужных подошв и слитых горизонтов. Значение этого показателя было добавлено к интегральной сумме баллов, что привело к изменению границ каждой из категорий качества почв (табл. 3).

Пример оценки почв исследуемого участка по измененной системе морфологических индикаторов представлен в таблице 4.

Поскольку в принципы оценки качества почв по индикаторам физических и химических свойств почв изменения не вносились, балльная оценка по этой совокупности параметров осталась без изменений. Пример оценки почв исследуемого участка физическим и химическим индикаторам LADA представлен в таблице 5.

[1] Степень солонцеватости морфологически оценивалась по методике Куста (1988)

Изменение дробности шкалы качества почв. Как видно из таблицы 5, диапазон балльной оценки качества почв исследуемого участка достаточно широк для возможного увеличения дробности оценок. С этой целью на основании статистического анализа частоты встречаемости значений сумм интегральных баллов по точкам опробывания полученные категории качества были разбиты на дополнительные подкатегории «b» better) и «w» (worse), табл. 6[2]. Как видно из сравнения рисунков 2 и 5А, информативность карто-схем значительно возросла.

Таблица 3. Изменение интегральной суммы баллов. **Table 3.** Suggested changes in the total sum of VS-fast scores after application of “soil alkalinity” indicator.

Качество почв	Сумма баллов по базовой методике LADA	Сумма баллов после добавления индикатора солонцеватости
Не удовлетворительное	<7	<8
удовлетворительное	7-14	8-17
Хорошее	15-26	18-32

Таблица 4. Оценка качества почв с помощью полевых индикаторов (фрагмент). **Table 4.** Soil quality assessment by soil visual descriptors (fragment from the field data base).

Номер точки	Признаки осолонцевания	Слитые горизонты и плужные подошвы	Качество агрегатов	Корковые горизонты	Обилие почвенной мезофауны	Обилие корней	Сумма баллов
Весовой коэффициент	3	3	3	2	2	3	
F_13	0	2	0	1	0	0	8
F_9	1	2	1	2	1	1	24
F_12	2	2	0	2	0	1	19

Таблица 5. Оценка качества почв с помощью физических и химических индикаторов и итоговая интегральная оценка (фрагмент). **Table 5.** Soil quality assessment by soil measurements and integral quality scores.

Номер точки	Водопрочность агрегатов	Водопроницаемость почв	Органический углерод (лабиль-ная фракция)	Электропроводность mS/sm	Сумма баллов	Сумма баллов по морфологической оценке (см табл.4)	Интегральная сумма
Весовой коэффициент	1.5	x3	x2	x3			
F_13	1	0	1	2	9.5	8	17.5
F_9	1	2	1	2	15.5	24	39.5
F_12	0	1	1	2	11	19	30

Альтернативная контурная основа для составления карт качества земель. При практическом использовании методики LADA нами было отмечено, что составление почвенных карт – чрезвычайно трудоемкая процедура, требующая высокой квалификации исполнителей, что ставит задачу поиска более простых путей составления контурных основ для дальнейшего составления карто-схем.

С целью снижения трудоемкости получения исходных контурных основ почвенных карт для оценки качества земель, нами было предложено составлять контурные основы на основе дешифрирования космических снимков по формальным признакам формы, цвета, тона, структуры и текстуры изображений. На рисунке 5 представлены результаты оценки, проведенной для двух различных контурных основ. Как видно из врезки на рисунке 5, результаты оценки существенно не различаются, что позволяет рекомендовать космические снимки для данных целей.

[2] Анализ частоты встречаемости значений сумм интегральных баллов по точкам опробывания участка «Сухостепной» показал аналогичные результаты границ детализированных классов, что подтвердило правильность установленных рангов

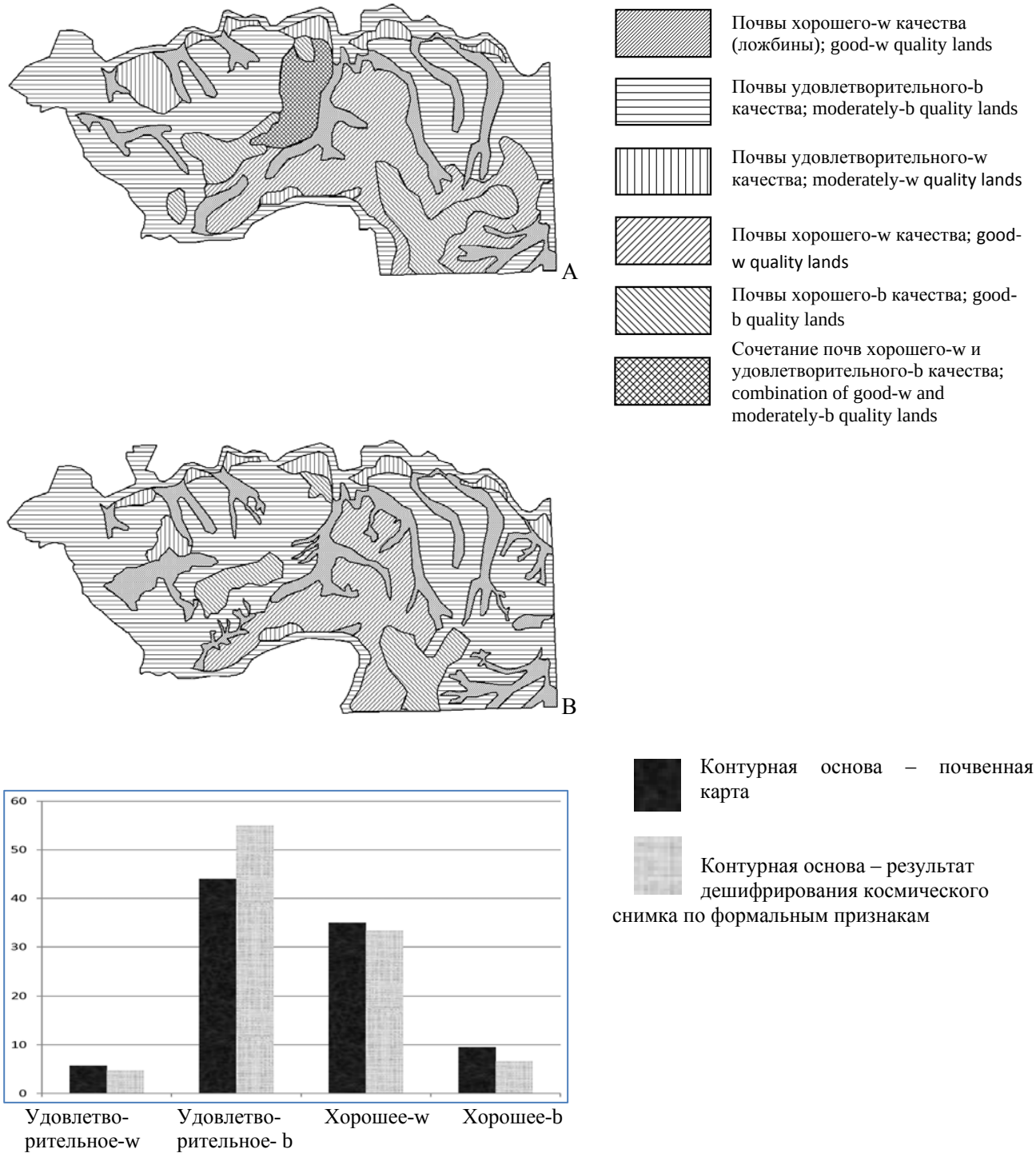


Рис. 5. Карта-схема качества почв, полученная по методике LADA после адаптации. Исходный масштаб 1:25000 . А. Контурная основа – почвенная карта. В. Контурная основа получена на основании дешифрирования космического снимка по формальным признакам. На врезке внизу слева: сравнение результатов площадной оценки карт с различной контурной основой (в процентах площади, занимаемой разными категориями. **Fig.5.** Soil quality map by LADA “after adaptation”. Initial scale 1:25000. A. Soil map used for contour base. B.“Formal” interpretation of space image used for contour base. The box in the down left shows the results of comparative analysis of soil quality maps based on different contour bases (in percentage of area occupied by different land categories).

Тестирование адаптированных методов LADA для оценки качества почв на полигоне «Сухостепной». Для проверки применимости предложений по адаптации методики LADA были

проведены специальные исследования на 3 ключевых участках (КУ), отличающихся по характеру использования и ландшафтной структуре (рис.6 и 7).

Рис. 6. Карта-схема угодий ключевых участков тестового полигона «Сухо-степной», читающихся при дешифрировании космических снимков по формальным признакам. **Fig. 6.** Maps of lands of key plots of test site “Dry Steppe” created by space imagery “formal” interpretation.

КУ 1. На ключевом участке преимущественно располагаются пахотные угодья, часть из которых находятся в залежи, в прошлом орошавшиеся «Фрегатами» (с 1986 по 2005). Большая часть залежных земель сейчас используется как пастбище.

Таблица 6. Предложенные диапазоны ранжирования почв по классам качества. **Table 6.** Suggested changes in soil quality classes and relevant scores.

Класс качества почв	Измененный диапазон класса	Исходный диапазон
Плохое-w*	Менее 8.5	Менее 14
Плохое-b	8.5-17	
Удовлетворительное-w	17.5-23	14-28
Удовлетворительное-b	23.5-29	
Хорошее-w	29.5-35	30-48
Хорошее-b	35.5-41	

*Установлено методом «исключения». В наших полевых исследованиях точек опробывания, попадающих в этот диапазон, не установлено

КУ 2. Характеризуется высокой неоднородностью микрорельефа, отражающейся в пестроте почвенного и растительного покровов, что хорошо заметно на космических снимках высокого разрешения. Потяжины и замкнутые понижения занимают до 40% площади. Большая часть территории находится под сухостепными сообществами, которые используются в качестве пастбища. Треть участка занята неорошаемыми полями.

КУ 3. Участок с резким переходом к территории с замкнутыми лиманными понижениями. Сильно изрезан овражно-балочной сетью. Территория полностью представлена сухостепными сообществами, используется под выпас.

Контурные основы в масштабе 1:25000 для каждого ключевого участка были подготовлены, также как и для полигона «Степной», с помощью дешифрирования космических снимков по формальным признакам, с корректировкой по данным ЦМР (рис.6).

Таблица 7. Качество почв ключевых участков тестового полигона «Сухо-степной». **Table 7.** Soil quality at the key plots of test site “Dry steppe”.

Качество почв	КУ 1		КУ 2		КУ 3	
	га	%	га	%	га	%
Хорошее - w	218	6.6	36	3.3	199	14.0
Удовлетворительное - b	1187	36.0	388	35.4	1222	85.8
Удовлетворительное - w	1778	54.0	31	2.8	3	0.2
Плохое - b	104	3.4	694	58.5	0	0
Всего:	3287	100	1149	100	1424	100

Экспертная оценка полученных результатов показала, что в целом представленные картографические материалы удовлетворительно отражают фактическую ситуацию (рис.7). Так, лучшими землями на всех КУ (категория «хорошие-w») являются, как правило, участки увлажненных дренированных потяжин с более гумусированными и структурированными почвами и преобладанием луговой растительности. Худшие земли (категория «плохие-b») представлены луговыми солончаками и деградированными «выпаханными» солонцеватыми почвами и солонцами со слабой структурой пахотных и старопахотных горизонтов (рис. 7).

Таким образом, на основе тестирования методики LADA для оценки качества почв установлено, что основными направлениями ее адаптации для условий России следует считать: (а) учет признаков солонцеватости, (б) повышение дробности оценки качества почв для практических нужд на локальном уровне, (в) оптимизация способов составления контурной основы. Предложено: дополнить методику LADA соответствующими морфологическими индикаторами признаков солонцеватости, увеличить количество рангов оценки качества почв с трех до шести, при отсутствии профессионально подготовленных контурных основ (тематических карт) использовать контурную основу, подготовленную на основании дешифрирования космических снимков по формальным признакам формы, цвета, тона, структуры и текстуры изображений.

Выводы

В целях совершенствования международной системы оценки качества земель LADA (Land degradation assessment in drylands) впервые для тестовых участков на территории России с использованием этой методики получены результаты установления качества почв засушливых территорий на локальном уровне в части оценки эрозионных процессов, визуальной характеристики почвенного профиля, анализа свойств почв. Результаты исследований показали, что подходы LADA могут иметь благоприятные перспективы для использования в России при соответствующей адаптации.

Прямое использование этой методики для оценки качества земель без доработки невозможно, поскольку ее тестирование на конкретных полигонах показало узкую специфичность предлагаемых базовых индикаторов, в частности: (а) часть показателей, используемых для оценки эрозионных процессов, малоинформативны в условиях степных и сухостепных ландшафтов России; (б) недоучет проявлений деградации почв при развитии солонцового процесса; (в) уровень дифференциации оценки качества почв локальных участков недостаточен для оптимизации землепользования.

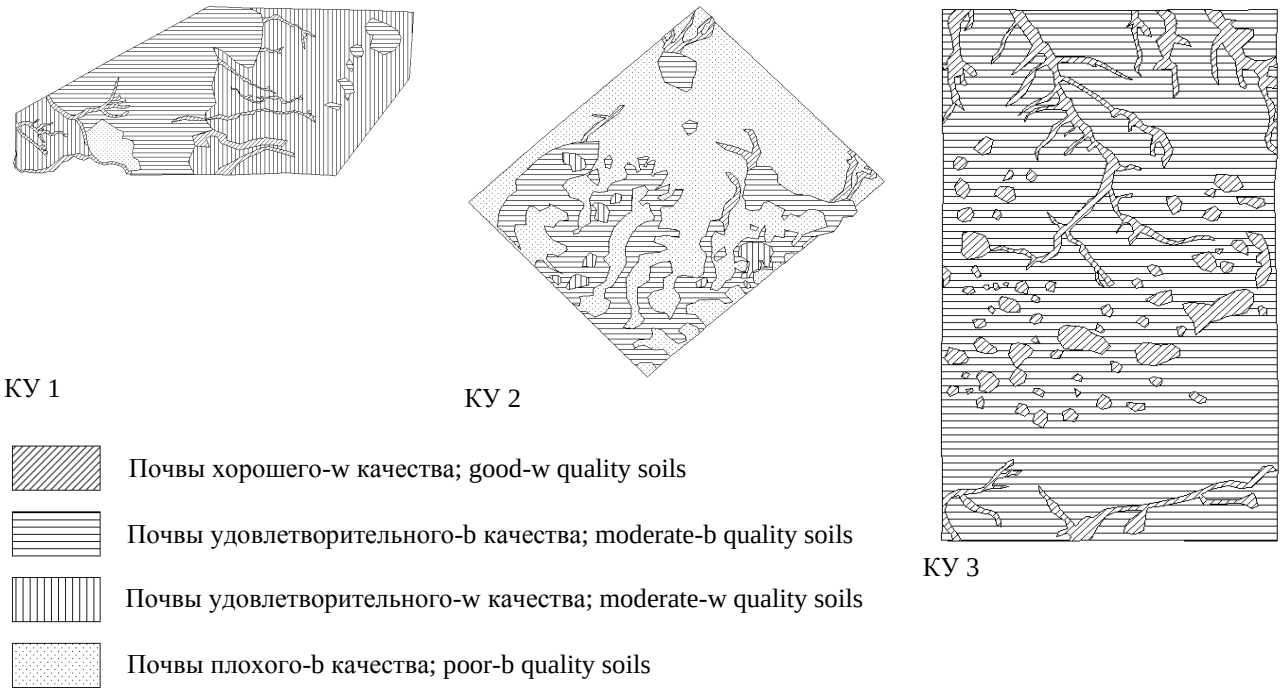


Рис 7. Карта-схема качества почв ключевых участков тестового полигона «Сухо-степной» (по методике LADA с учетом рекомендаций по адаптации для условий России, Исходный масштаб 1:25000). **Fig.7.** Soil quality map of key plots of test site “Dry Steppe” (by LADA “after adaptation”).

Для применения методики LADA в условиях России предлагаются следующие адаптивные меры:

- для оценки эрозионных процессов, особенно на пахотных и залежных землях, дополнительно рекомендуется использовать следующие показатели: строение почвенного профиля (состав почвенных горизонтов в зависимости от типа/подтипа почв), разница в мощностях гумусовых горизонтов (A+AB);
- использование показателя степени солонцеватости в качестве дополнительного индикатора качества почв в условиях активного развития солонцового процесса;
- разделение существующих категорий качества почв на подкатегории для повышения информативности крупномасштабных карт качества земель в условиях степных и сухостепных ландшафтов.

Показано, что при отсутствии тематических карт (почвенных, ландшафтных и пр.), рекомендуемых к использованию в качестве возможных контурных основ для оценки качества земель по методике LADA, не менее качественные результаты могут быть получены на контурных основах, составленных путем дешифрирования данных дистанционного зондирования по формальным признакам формы, цвета, тона, структуры и текстуры изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.М., Розов Н.Н. и др. Классификация и диагностика почв СССР, 1977. Москва, Колос, 221 с.

Карманов И.И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур, М., 1990.

Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005.—784с.

Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием. 2009. Буэнос-Айрес.

Куст Г.С. 1998. Диагностика солонцеватых почв по морфологическим критериям. // Вестник Московского университета. серия 17. почвоведение. № 2. С. 26-33.

Куст Г.С., Розов С.Ю., Стома Г.В., Андреев П.В. 2011. Педогеохимическая индикация особенностей устойчивого функционирования Приволжской оросительной системы (Саратовская область)// Аридные экосистемы. том 17. № 47. С. 5-17

Розов С.Ю., Стома Г.В. 2010. Почвенная карта тестового полигона «Степной». Масштаб 1:25000. Архивные материалы авторов.

Стома Г.В., Розов С.Ю., Куст Г.С. 2012. Эволюционные изменения почв Энгельсской оросительной системы за полувековой период // Доклады по экологическому почвоведению (http://jess.msu.ru/). том 16. № 1. С. 1-39

McDonagh J., Bunning S. 2009. Local level land degradation assessment manual, LADA-Local Part 1: Methodological Approach, Planning and Analysis. 76 p. http://www.fao.org/nr/lada/index.php?option=com_content&view=article&id=152&Itemid=168&lang=en/

McDonagh J., Bunning S. 2009. Local level land degradation assessment manual, LADA-Local Part 2: Local Assessment, Tools and Methods for Fieldwork. 133 p. http://www.fao.org/nr/lada/index.php?option=com_content&view=article&id=152&Itemid=168&lang=en/

UNCCD. 2003. Land degradation in Asia and Activities related for UNCCD Implementation.

TESTING AND ADAPTATION OF THE LADA METHODOLOGY FOR ASSESSMENT AND MAPPING LAND DEGRADATION IN ARID REGIONS AT LOCAL LEVEL

© 2014. V.D. Slavko*, G.S. Kust* **, S.Yu. Rozov*, O.V. Andreeva, M.G. Kegiyan***

**Faculty of Soil Science, Moscow M.V. Lomonosov State University*
***Institute of Ecological Soil Science, Moscow M.V. Lomonosov State university*
Russia, 119992 Moscow, Lenin hills 1, bld. 12. E-mail: slavko@soil.msu.ru, gkust@yandex.ru; watcher008005@yandex.ru; andreevala@yandex.ru

LADA methodology (Land degradation assessment in drylands) was applied for the land degradation assessment at the local level for key plots in Russia. In general the results of tested methodology were positive. At the same time the need for adaptation of the methodology in cases of the assessment of soil erosion, detailing mapping categories, and fixing the features of soil alkalinity (solonetz properties). Necessary recommendations were suggested. It was shown that if no thematic maps are available then the contour base drawn on the space imagery interpretation (by formal features of form, color, hue, structure and texture of images) can be applied instead.

Key words: land degradation, LADA, testing, arid lands.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 57-65

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 504.4.062.2

ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ЦЕЛЯХ УСТОЙЧИВОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ АРИДНЫХ РЕГИОНОВ (ОПЫТ ГОСУДАРСТВА ИЗРАИЛЬ)

© 2014 г. Ю. Озиранский*, Е.Г. Кольмакова, И.Л. Марголина*****

**Центр международного сотрудничества в области развития сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства и развития регионов Израиля*
Израиль, 60990 кибуц Шфаим, учебный центр СИНАДКО. E-mail: yuri@cinadco.co.il
***Географический факультет Белорусского государственного университета*
Беларусь, 220112 Минск, ул. Ленинградская 16. E-mail: a_kalm@mail.ru
****Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра РПП*
Россия, 119991 Москва, Ленинские горы, д.1. E-mail: irina-mgu@mail.ru

Поступила 09.10.2013

Выявлены факторы, обеспечивающие эффективность управления ограниченными водными ресурсами. Оценены водные ресурсы Израиля в семиаридных и аридных условиях увлажнения. Проанализирован опыт использования альтернативных водных ресурсов и рассмотрен профицитный перспективный водный баланс страны.
Ключевые слова: водные ресурсы, многоцелевое управление, опреснение, капельное орошение, нормирование водопотребления, Израиль.

Проблема качественного водоснабжения наиболее остро стоит в аридных и семиаридных зонах. Каждый третий житель планеты испытывает нехватку чистой питьевой воды. В России и за ее приделами проблемам водоснабжения в аридных и семиаридных зонах уделено значительное внимание (Долгов и др., 2010, Рэгдэл и др., 2012; Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З., 2012). Примером успешного решения проблемы можно считать опыт государства Израиль. Находясь преимущественно в аридной и семиаридной зоне, Израиль располагает крайне ограниченными поверхностными и разведанными подземными водными ресурсами, что, безусловно, угрожало водной безопасности провозглашенному ООН в 1948 году молодому государству. Вопреки всему страна за 65 лет сумела полностью удовлетворить возрастающие потребности в водных ресурсах и в ближайшем будущем даже создаст их профицит.

Рассмотрим основные технические, административные и экономические пути решения проблемы водообеспечения в Израиле и убедимся, что положительный опыт в развитии этого подхода укладывается в рамки определения ООН для комплексного управления водными ресурсами: "процесс, который содействует скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными с ними ресурсами, с тем чтобы максимизировать экономическое и социальное благополучие населения на справедливой основе без ущерба для устойчивости жизненно важных экосистем" (Руководство …, 2000)

Климат, мониторинг и оценка возобновляемых водных ресурсов

Территория государства Израиль, располагаясь в восточном Средиземноморье, расположена в различных климатических областях: субтропической средиземноморской на севере и западе, субтропической континентальной – на востоке и в центре и тропической континентальной – на юге. Дождливый сезон длится с ноября по март. Увлажнение характеризуется неравномерным распределением и по территории и по сезонам (рис. 1).

Количество атмосферных осадков снижается с севера на юг. Только на 14 % площади выпадает осадков более 600 мм в год, еще на 18% - от 400 до 600 мм. Более половины территории страны лежит в аридной и семиаридной зонах. 34% территории получает менее 100 мм осадков в год. При этом количество осадков существенно варьирует от года к году. В течение последней четверти века прослеживается четкая тенденция к снижению выпадения атмосферных осадков и удлинению череды засушливых лет. Минерализация дождевой воды в Израиле составляет менее 15 мг/л.

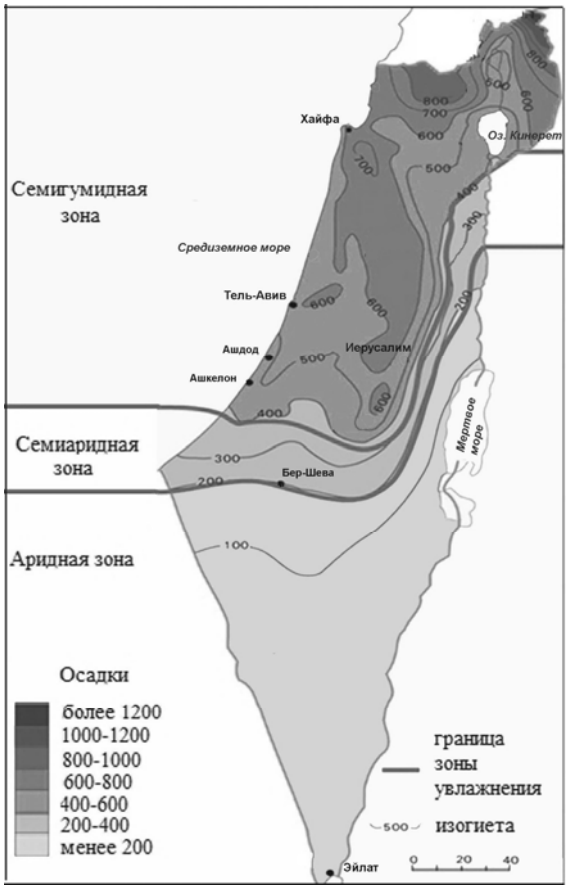


Рис. 1. Увлажнение территории Израиля (Mekorot с дополнениями авторов). **Fig. 1.** Moisturizing the territory of Israel (Mekorot with additions of authors).

Мониторинг осадков на территории Израиля берёт свое начало с 20-30-х годов прошлого века. Немногочисленные, существовавшие в то время метеорологические станции стали ядром созданной Израилем метеорологической службы (IMS). На сегодняшний день она представляет собой разветвлённую, охватывающую всю территорию страны сеть автоматических и неавтоматических станций и радаров. Служба имеет более 80 автоматических метеорологических станций (АМС), работающих в режиме реального времени, а также 400 дождевых и 300 климатических станций. Кроме метеослужбы АМС функционируют и в других государственных структурах - всего около 200. Существуют также сети полевых автоматических метеостанций, созданные частными компаниями (Israel NewTech).

Глобальная сеть гидрометрических станций является структурой Администрации управления водных ресурсов (АУВР) и оборудована автоматическими самописцами и телеметрическими установками. Сеть охватывает 28 бассейнов и регистрирует данные 120 речных стаций (55 в водосборе Средиземного моря и 65 в водосборах оз. Кинерет, Мертвого и Красного морей) и 210 родников. Особое внимание уделяется проверке статического и динамического уровня и солености воды в многочисленных скважинах, служащих для добычи воды из подземных аквиферов. Гидрологическая служба ежегодно проверяет уровни воды в 1400-1700 скважинах (в наблюдательных и в рабочих). Крупнейшие два аквифера – Прибрежный (уровень добычи воды колеблется на глубинах от 20 до 150 м) и Горный с двумя водоносными горизонтами (глубины от 400 до 1200 м). Научные исследования и моделирование процессов поступления дождевых вод в аквиферы позволяет оценивать потенциал имеющихся запасов подземных вод в реальном времени (Water Autority of Israel).

По приблизительным оценкам (Gvirtzman, 2002) из-за высоких норм испарения только 25% от выпадающих на территории Израиля осадков (около 7 млрд. м^3) пополняют поверхностные и подземные водные ресурсы страны, остальные 75% тратятся на испарение и сток. Около 47%

водосборной площади Израиля относятся к бассейну Средиземного моря, остальные 53% – к бассейнам Красного моря и озера Кинерет, а также к бессточной впадине Мертвого моря.

Большинство поверхностных водотоков в Израиле в летний сезон пересыхают, оставляя только сухие русла – вади (ephemeral stream). Только два – Иордан и Яркон относятся к постоянным водотокам (perennial stream).

Главным поверхностным источником пресной воды Израиля является озеро Кинерет расположенное на севере страны и известное также как Галилейское море, Тивериадское или Генисаретское озеро. Это самое низкое в мире пресноводное озеро, расположенное на 208 м ниже уровня Мирового океана. Площадь водосборного бассейна озера Кинерет 2730 км^2, из которых около 2000 км^2 расположено на территории Израиля. Площадь водного зеркала озера колеблется от 168 км^2 (при уровне - 209 м) до 158 км^2 (при уровне - 215 м), максимальная глубина – до 50 м. Общие запасы пресной воды в озере составляют 4.13 млрд. м^3 при рабочем объеме около 700 млн. м^3. Концентрация хлор-иона колеблется в пределах 200-280 мг/л.

Река Иордан в верхнем течении является основным (до 88%) источником воды для озера и собирает поверхностный сток с 1700 км^2 водосборной площади, из которых 920 км^2 находятся на территории Израиля, а остальные в Сирии и Ливане. Истоки реки обнаруживаются на высоте между 1200 – 2800 м горного хребта Хермон, где среднее годовое количество осадков колеблется от 1200 – 1500 мм. Река Иордан имеет три основных истока: подземный родник и малая река Дан со среднегодовым объемом стока 250 млн. м^3 в год, малая река Хермон, или Баниас (110 млн. м^3) и малая река Снир, или Хацбани (115 млн. м^3).

Кроме реки Иордан, Кинерет принимает воды многочисленных карстовых пресных и солёных источников, а также небольших ручьев с плато Голанских высот. Озеро также подпитывается напорными подземными водами из аквифера. С 1965 года работает канал, отводящий около 22 млн. м^3 в год сильно минерализованных вод из местечка Табха в верховьях озера и сбрасывающий их в нижнее течение реки Иордан. Река Иордан вытекает из озера Кинерет и, сильно меандрируя, впадает в Мёртвое море, расположенное на 430 м ниже уровня Мирового океана. Этот водоем, с минерализацией более 300 г/л является, бессточным солёным озером, и не служит источником пополнения водных запасов.

Непрерывные измерения уровня и качества воды озера Кинерет существует с 1926 года и проводятся пятью гидрометрическими станциями. Еще 15 гидрохимических станций расположены на территории водосбора и контролируют поступление загрязняющих веществ в озеро. Максимальный измеренный уровень воды в водоеме был зарегистрирован 27.01.1969 г. и составил (-208.20) м, минимальный – (- 214.87) на 29.11.2001 г. принятый за минимально допустимый. На основании данных метеорологической и гидрологической служб Израиля оценивается потенциал поверхностных и подземных водных ресурсов по основным бассейнам (табл. 1).

Таблица 1. Естественное среднегодовое (1970 - 2010) пополнение водных ресурсов поверхностных и подземных водоёмов Израиля, млн. м^3 (Gvirtzman, 2002; Water Authority of Israel, с дополнениями авторов). **Table 1.** Annual average (1970 - 2010) natural replenishment of surface and underground water resources of Israel, Mm3 (Gvirtzman, 2002; Water Authority of Israel, with additions of authors).

Водоёмы	Объём воды, млн. м^3
Водосбор Кинерета	579
Прибрежный аквифер	242
Яркон-Тайниним (западно-горный) аквифер	355
Аквифер Западной Галилеи	139
Аквифер гор Кармель	41
Аквифер Восточных гор	362
Аквифер пустынь Негев и Арава	32
Всего	1 750

Бесперебойное водообеспечение в стране с хроническим дефицитом воды

Израильская водная система является одной из высокоразвитых в мире, с многолетним опытом управления ограниченными водными ресурсами, а национальная промышленность формирует новые

мировые тренды в области водных ресурсов. Рассмотрим основные факторы, влияющие на эффективность этого процесса.

1. Юридическое законодательство и нормативная база. Основу законодательной базы в сфере водопользования составляют пять нормативных актов: закон о воде от 1959 г. (основополагающий), закон о контроле над бурением водных скважин от 1956 г., закон об охране почв и водотведении от 1957 г., закон об измерении воды от 1995 г., закон о водных корпорациях от 2001 г.

Базисной идеей, лежащей в основе израильского законодательства в системе водопользования, является тезис: вода – средство производства, которое, в силу острого дефицита, должно использоваться на благо всей страны и общественности самым эффективным образом. С целью обеспечения водной безопасности, контроль над всеми водными источниками с начала создания оставался в руках государства, которое в лице независимой межведомственной АУВР действует, как доверенное лицо от имени всей общественности и обязано обеспечить справедливое распределение воды для нужд жителей и развития государства в целом. Управление водными ресурсами государства включает развитие и эксплуатацию структуры водопотребления, сохранение и предотвращение загрязнения, создание условий для эффективного водопользования, измерение, контроль цен на воду, контроль над дренажом и затоплением. Такие виды деятельности, как бурение колодцев, производство воды, ее поставка, очистка или опреснение, подлежат лицензированию.

2. Развитая инфраструктура водообеспечения. С целью переброски воды из северных водообеспеченных районов в центр и на восток страны, летом 1964 года Управлением водных ресурсов Израиля было завершено строительство системы национального магистрального водовода, позволившего объединить все водные источники.

Всеизраильский водопровод (ВИВ) является самым большим объектом системы водоснабжения и состоит из трубопроводов, насосных станций, резервуаров, открытых каналов и туннелей (рис. 2). Общая длина магистральных каналов и трубопроводов – около 130 км. Пропускная способность — 72 тыс. м^3 воды в час. Он ежегодно поставляет около 400 млн м^3 воды в засушливые районы.

Изначально вода из озера Кинерет подается на насосную станцию на 257 м вверх и через туннель – в оперативное водохранилище. В дальнейшем ее поднимают еще на 115 м до отметки 157 м выше у. м., где она самотёком поступает в открытый канал и в водоподготовительные резервуары, оснащенные прогрессивными системами механической, химической и биологической очистки. С 2008 года функционирует фильтрационная установка, четвертая по величине в мире (500 млн м^3 в год), для дальнейшего очищения воды перед подачей ее в закрытый трубопровод. Он транспортирует воду на 86 км на юг страны, где от главной магистрали ВИВ отходят многочисленные боковые ветки для водоснабжения городов, в том числе и Палестинской Автономии. Для эксплуатации ВИВ расходуется до 4% всей энергии, потребляемой в стране (Mekorot …). Эксплуатацией и развитием ВИВ занимается государственный гидростроительный инженерный концерн "Мекорот", в также коллективные водные ассоциации, поставляющие альтернативные источники водных ресурсов в основном сельскохозяйственным потребителям.

3. Альтернативные источники водных ресурсов. Короткий дождливый сезон, когда в течение трех зимних месяцев выпадает до 90 % атмосферных осадков, и неравномерность увлажнения по территории вызвали необходимость повсеместного строительства искусственных водных резервуаров. Всего в стране построено более 2 000 малых и средних водохранилищ объемом от 0,2 до 8 млн. м^3 (Water Authority of Israel; Ministry of Agriculture …). Они используются как дополнительные источники поверхностных ресурсов или как специальные наливные ёмкости в легко проницаемых геологических структурах для инфильтрации воды в подземные аквиферы с целью более интенсивного пополнения подземных ресурсов в дождливый период.

Ограниченность естественных запасов природных вод на суше заставила обратиться к идее создания новых дополнительных источников воды. В последние десятилетия при интенсивном росте населения, достигшего к 2013 г 8 млн. человек, и развитии промышленности и сельского хозяйства, количество ежегодно производимых стоков позволило рассматривать очищенные сточные воды как важный дополнительный ресурс для производства воды. В настоящее время очистке подвергается примерно 355 млн. м^3 сточных вод из ежегодно образуемых 500-530 млн. м^3.

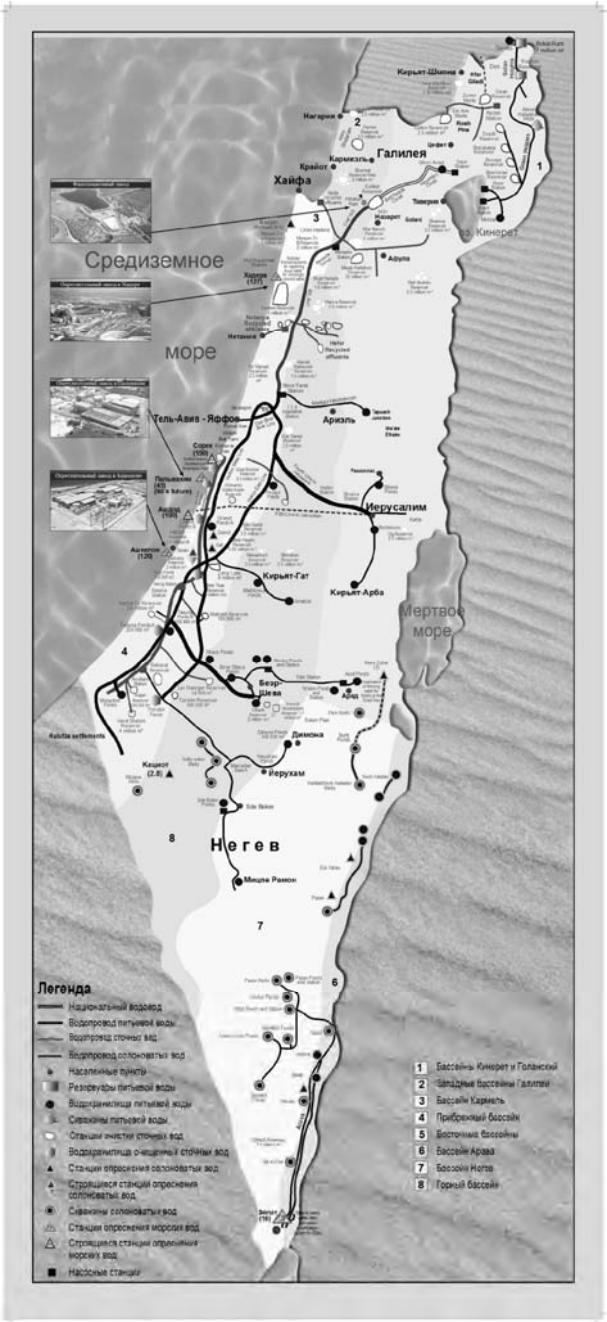


Рис. 2. Национальная водная система Израиля (Mekorot с дополнениями авторов). **Fig. 2.** Israel National Water System (Mekorot with additions of authors).

Очистка сточных вод является многоступенчатой в зависимости от целей ее последующего использования. Для нужд орошения производится первичная (механическая) и вторичная (биологическая аэробная и анаэробная) очистка воды, где контролируется в первую очередь содержание органических и взвешенных веществ. Очищенные сточные воды не смешиваются с питьевой водой из ВИВ и отводятся по отдельной системе трубопроводов со своей инфраструктурой, включающей многочисленные защищенные водохранилища. Для того чтобы очистить воду до питьевого качества используется дополнительная, третичная очистка воды, в соответствии с более строгими стандартами, или с помощью тонкого искусственного фильтрования на очистных сооружениях или закачки её в подземные аквиферы, где она фильтруется в течение года. В ближайшее десятилетие планируется довести технологический процесс на десятках очистных сооружений по стране до третичной стадии (Water Authority of Israel).

Крупнейшим очистным сооружением в Израиле, осуществляющем переработку стоков в стране, выступает очистное сооружение "Шафдан", находящееся в центре страны и перерабатывающее более 130 млн. м^3 сточных вод в год от 17 городов с населением 2 млн. человек. По израильскому законодательству муниципалитеты городов и районов обязаны обеспечить очистку своих сточных вод, благодаря чему 75 % очищенных сточных вод в Израиле использовалось для орошения (по состоянию на 2012 год). По этому показателю Израиль занимает 1-е место в мире, планируя в перспективе использовать в сельском хозяйстве до 90 % очищенных стоков.

Кардинально пополнить водные ресурсы страны в соответствии с генеральным планом Управления водных ресурсов по развитию альтернативных источников водоснабжения в последнее десятилетие удалось при активном строительстве крупных морских опреснительных установок. Учитывая близость Средиземного моря, запасы морской воды можно считать условно неисчерпаемыми. Поскольку население Израиля расселено по всей прибрежной полосе, то расходы на доставку опресненной воды минимальны. Откачиваемая вода имеет соленость около 38 г/л. Опреснение производится по технологии обратного осмоса: морскую воду под давлением в 70 атм. пропускают через специальную мембрану, при этом молекулы воды свободно пропускаются, но задерживаются сложномолекулярные растворенные вещества. В мире таким способом опресняется 65 % вод. Для того чтобы получить 1 м^3 опресненной воды, необходимо отобрать 2-2.5 м^3 морской воды и потратить 3.5 кВт/ч электроэнергии. Весь технологический процесс опреснения занимает не более 4 часов. Опресненная вода имеет крайне низкую минерализацию. Поэтому ее специально обогащают необходимым минеральным комплексом, главным образом, карбонатом кальция, приближая ионный состав воды к оптимальному для питьевого водоснабжения. Затем опресненная вода поступает в магистральный водовод страны, где смешивается с водой из других источников водоснабжения.

Первая крупная опреснительная установка, действующая еще по устаревшей технологии выпаривания воды, появилась в конце 60-х годов прошлого века в курортном городе на Красном море – Эйлате. Установка работает до сегодняшнего времени, используя более прогрессивную технологию обратного осмоса.

Примерно с конца 1990-х годов стартовала государственная программа проектирования и строительства опреснительных установок на конкурсной основе с привлечением частного капитала. Первый опреснительный завод в г. Ашкелоне был запущен в 2004 году с мощностью 120 млн. м^3 в год (на 2012 год). Крупные опреснительные установки функционируют также около кибуца Пальмахим, недалеко от г. Ришон-Лецион, с мощностью 45 млн м^3 в год и вблизи г. Хадера, запущенная в эксплуатацию в 2010 г., на сегодняшний день является самой современной и самой мощной в мире с производительностью 127 млн. м^3 в год. Начато строительство ещё трёх крупных установок в гг. Ашдод (производительность 100 млн м^3), Ришон-Лецион (Сорек – 150 млн. м^3), предполагается удвоить мощность установки в Пальмахим. Все установки будут введены в в 2014-2015 годах в эксплуатацию. К 2020 году планируется введение в строй новых опреснительных заводов, что увеличит объем опресненных вод до 750 млн. м^3 в год и выведет Израиль на лидирующее место поэтому показателю.

4. Управление и оптимизация принятия решений в водном хозяйстве. Учитывая особенности водного законодательство Израиля, на АУВР возлагается ответственность за управление, эксплуатацию и развитие водного сектора страны, ответственность за сохранение и восстановление природных водных источников, разработку новых источников воды и контроля над водопотреблением и водоподготовкой. Поскольку вода представляет собой стратегический ресурс государства и является существенным фактором в разработке и реализации национальных целей, большое внимание уделяется открытости и оптимизации процесса принятия решений. Например, специализированная гидрологическая комиссия, оценивающая количество водозабора из трех основных природных источников (озера Кинерет и двух аквиферов - Прибрежного и Горного), используя современные статистические модели климата, мульти-агрегатные модели геологических процессов фильтрации и модель симуляции потребления из озера, дает заключение о количестве естественных водных ресурсов в гидрологическом году. Регламентируются объёмы возможной добычи воды, и районы аквиферов, где откачка воды не ухудшит её качественных показателей. Этот процесс выработки решений уточняется каждый зимний месяц, с учетом более надежного

вероятностного прогноза дождей. Принятое решение передается в государственный концерн "Мекорот" как директиву для оперативного исполнения.

5. Нормирование водопотребления, развитие водосберегающих технологий и водные ассоциации. Водопотребление в Израиле строго учитывается с помощью контрольно-измерительной аппаратуры во всех отраслях хозяйства и имеет единую стоимость для одного кубического метра водных ресурсов, независимо от расстояния до источника воды и его географического положения на территории всей страны. Ценообразование меняется только в зависимости от отрасли хозяйства (коммунально-бытовой сектор, промышленность или сельское хозяйство) и в последние два десятилетия от источника водных ресурсов: естественные поверхностные пресные воды – 0.15-0.45 долл. США/м^3, переработанные сточные и опресненные солоноватые подземные воды – 0.50-0.60 долл.США/м^3, опресненные морские воды – 0.52-0.80 долл.США/м^3.

В основу системы распределения ограниченных водных ресурсов в Израиле заложено нормирование потребления воды. Расчет нормы подачи воды в промышленности индивидуален для каждого производства. Нормы определяются после изучения использования воды в производственных процессах, при проверке возможности замены воды питьевого качества на воду очищенную или солоноватую.

Отмена нормирования водопотребления в коммунально-бытовом секторе компенсируется установленными высокими тарифами для жителей, при этом учитывается размер семьи: первые 8 м^3 воды из расчета на домашнее хозяйство – по 0.67 долл.США/ м^3, последующие 7 м^3 – 0.96, сверх указанного – 1.36. Следует отметить, что муниципалитет закупает воду у компании по водоснабжению значительно дешевле – по 0.45 долл.США/м^3. Разница между ценой закупки и ценой, которую платит конечный потребитель, идет на строительство и содержание систем водоснабжения и канализации, внедрение специализированного оборудования для экономии воды в домашних условиях и общественных помещениях.

Рост цен на воду в последние годы повлек за собой сокращение водопотребления в городах на 15 %, что в совокупности с борьбой с утечками (не превышают 10 %) дало существенную экономию. В настоящее время водопотребление на душу населения в коммунально-бытовом секторе снизилось до 90 л/сутки, треть из которого приходится на полив зеленых насаждений в населенных пунктах. Более 95% населения Израиля подсоединены к системе центральной канализации, что считается высоким показателем даже среди стран Организации экономического сотрудничества и развития.

Еще в 1950-е годы исследования показали, что эффективность орошения с использование открытых гравитационных каналов (бороздковый полив) составляет только 35%, а при поливе под давлением – 75-90%. В результате замены бороздкового полива на дождевания, расход поливной воды сократился более чем на 50 % при увеличении урожайности. А в 1963 году вследствие развития водосберегающих технологий в Израиле было изобретено капельное орошение, при котором вода подается по закрытым трубкам под давлением строго в соответствии с поливными нормами для разных культур и непосредственно в область развития корневой системы растения. Усовершенствование автоматических систем подачи воды позволило совместить полив с подачей удобрений, предварительно растворенных в поливной воде. Последующая компьютеризация дала возможность учитывать при поливе изменяющиеся климатические условия, топографию местности сельхозугодий и фенологическую фазу растения, выведя сельское хозяйство на уровень «точного земледелия». За 50 лет созданы эффективные системы орошения, позволившие в значительной степени сократить расход поливной воды. При этом урожайность культур значительно возросла: хлопчатника – на 53 %, бананов – на 45%, винограда – на 48%, помидоров – на 39%. Однако, цена экономии воды достаточна велика: ориентировочная стоимость установки системы капельниц составляет 3-4 тыс. долл. США из расчета на 1 га угодий. В настоящее время в Израиле 54 % пахотных земель являются орошаемыми. Капельным способом орошается 70 % виноградников и 100 % фруктовых садов и овощных плантаций. При этом ряд культур, таких как финиковая пальма, солерос, некоторые сорта томатов и другие, успешно орошаются засоленными водами.

Сельскохозяйственное потребление воды составляет около половины водопотребления в Израиле. Политика АУВР на протяжении многих лет направлена на уменьшение доли пресной воды для орошения. АУВР совместно с министерством сельского хозяйства (МСХ) разработало нормы количества поливной воды для различных культур, которые учитываются при распределении воды для сельскохозяйственного использования.

Цена воды для сельскохозяйственных производителей субсидируется государством до 2015 г. В дальнейшем предполагается реформа в ценообразовании для сельского хозяйства. Изменение тарифов в зависимости от степени использования выделенной квоты потребителем стимулирует экономию при орошении (табл. 3).

Таблица 3. (Water Authority of Israel; Ministry of Agriculture) Тарифы на сельскохозяйственное водопотребление в Израиле, долл. США/м^3. **Table 3.** Agricultural water supply tariffs in Israel $USA/m3(Water Authority of Israel; Ministry of Agriculture)

Доля выделенной квоты, %	Стоимость воды (долл.США/м^3)		
	Вода питьевого качества	Сточные воды вторичной очистки	Минерализованные подземные воды
до 50 %	0.19	0.13	0.13
51-80 %	0.23	0.10	0.13
81-100 %	0.30	0.10	0.13

6. Водный баланс, перспективное планирование и привлечение инвестиций. Развитие водосберегающих и водоочистных технологий, создание дополнительных источников воды, последовательная экономическая политика в водном секторе на фоне эффективного интегрированного управления ограниченных водных ресурсов, направленные на борьбу с их дефицитом, кардинальным образом изменили водный баланс страны, выведя его в ближайшие несколько лет на бездефицитный уровень. За счет создаваемого профицита планируется пополнить запасы подземных аквиферов и поверхностных водных источников с целью их реабилитации. Опреснительная революция позволит в ближайшие годы полностью прекратить откачку вод из озера Кинерет (на 5-летний период) для восстановления уровня и уменьшения засоленности водоема. Более того, созданный профицит водных ресурсов даст возможность увеличить поставки воды остро нуждающимся соседнему государству Иорданского Королевства и Палестинской Автономии.

В соответствии с планом, разработанным АУВР для водного хозяйства Израиля, современный (2014) и перспективный водный баланс (2020) отражены в таблице 4.

Таблица 4. Современный (2014 год) и перспективный (2020 год) водный баланс и структура водопотребления в Израиле, млн. м^3/год (Long-Term Master Plan, 2012; Water Authority of Israel). **Table 4.** Modern (2014) and perspective (2020) water balance and structure of water consumption in Israel, Mm^3/year(Long-Term Master Plan, 2012; Water Authority of Israel).

Показатели	**Значение в разные годы**	
	2014	**2020**
Водный баланс		
Естественные водные ресурсы	1 170	1 140
Солоноватые воды	170	150
Очищенные сточные воды	510	573
Опресненные соленые подземные воды	40	50
Опресненные морские воды	585	750
Суммарные располагаемые водные ресурсы	2 475	2 663
Водопотребление		
Коммунально-бытовое	804	902
Промышленность	122 (из них 90 ПЕР*)	124 (95 ПЕР)
Сельское хозяйство	1 080**	1 138***
Поставка воды в Палестинскую Автономию и Иорданское Королевство	143	143
Экологические потребности природы	70	200
Восстановление подземных аквиферов	70	95
Суммарное водопотребление	2 290	2 672

Примечания: *) ПЕР – пресные естественные ресурсы; **) - из них только 500 млн. м^3 пресных естественных ресурсов (ПЕР), остальное количество - солоноватые и очищенные сточные воды; ***) - из них только 490 млн. м^3 *). **Notes:** ПЕР - fresh natural resources; **) - of which only 500 million m^3 of fresh natural resources (ПЕР), the remainder brackish and treated wastewater; ***) - only 490 million m^3.

В таблице 4 приведен базисный вариант водного баланса, существуют различные варианты баланса, в соответствии с выбранной стратегией экономического развития страны и водного сектора в частности.

Перспективное развитие водного хозяйства Израиля требует значительных инвестиций в отрасль, как со стороны государственного бюджета страны, так и привлечение частных, в том числе и зарубежных капиталовложений. При условии утверждения этого плана, уровень капиталовложений в добычу альтернативных водных ресурсов, реабилитацию естественных водных ресурсов и инфраструктуру водоснабжения может составить на ближайшие четыре года (2013-2016) более 2 миллиардов долларов США.

Заключение

Водный сектор является стратегической отраслью Израиля и важным фактором в достижении национальных целей государства. Управление и устойчивое развитие водного хозяйства выполняются профессионально и открыто для общественности. При этом эффективно решаются вопросы восстановления и сохранения природных источники воды. Израильские водный сектор является примером глобального центра технологий и инноваций, связанных с водой и новаторским управлением водными ресурсами в условиях дефицита. Интегрированное использование поверхностных, подземных и морских вод является ярким примером эффективности проводимой политики по управлению водными ресурсами в зоне недостаточного увлажнения.

Статья подготовлена по материалам курса «Интегрированное управление ограниченными водными ресурсами – инструмент многоцелевого использования воды», организованного Израильским агентством международного сотрудничества в целях развития при МИД Израиля (МАШАВ) при содействии Центра международного сотрудничества в области развития сельского хозяйства (СИНАДКО) с использованием официальных открытых источников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Долгов С.В., Шапоренко С.И., Сенцова Н.И. 2010. Современное состояние водных ресурсов Ростовской области. // Аридные экосистемы. Т. 16. № 44. С. 39-52.

Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в бассейнах. 2000. Stokholm: Global water partnership. 111 p. (на каком языке?).

Рэгдэл Д., Дугаржав Ч, Гунин П.Д. 2012. Экологические требования к социально-экономическому развитию Монголии в условиях аридизации климата // Аридные экосистемы. Т. 18. № 50. С. 5-17.

Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. 2012. Биогеоценотические принципы и методы экологической реставрации пустынных пастбищных экосистем Средней Азии // Аридные экосистемы. Т.18. № 52. С. 5-21.

Gvirtzman H. 2002. Israel Water Resources (in Hebrew). Jerusalem: Yad Ben-Zvi Press. 287 p.

Israel NewTech (water renewable energy technologies): *http://israelnewtech.gov.il.* Заход на сайт: 01.10.2013

Long-Term Master Plan for the National Water Sector (Part A - Policy Document). 2012. // Water Authority of Israel. Technical report. 102 p.

Ministry of Agriculture and rural development (официальный сайт): *http://moag.gov.il* Заход на сайт: 01.10.2013

The Ministry of Industry, Trade and Labor (официальный сайт): *http://moital.gov.il* Заход на сайт: 01.10.2013

Water Authority of Israel (официальный сайт): *http://water.gov.il* Заход на сайт: 01.10.2013

INTEGRATED SCARCE WATER RESOURCES MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE WATER SUPPLY OF ARID REGIONS (ISRAEL EXPERIENCE)

© 2014. Y. Oziransky*, A.G. Kalmakova, I. L. Margolina*****

**Centre for International Agricultural Development Cooperation, CINADCO*
***Geography Faculty of Belarusian State University*
**** Geography Faculty of Moscow State University*
Israel, 60990 Kibbuts Shefayim, CINADCO Training Centre.
E-mail: yuri@cinadco.co.il, a_kalm@mail.ru, irina-mgu@mail.ru

The factors influencing the efficiency of management of scarce water resources are defined. Israel's water resources in semi- and arid climate conditions are evaluated. The alternative water sources in the state identified. Prospective surplus water balance is analyzed.

Keywords: water resources, multipurpose management, desalination, drip irrigation, water-rationing of consumption, Israel.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 66-75

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК: 58.073

ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПУСТЫНЬ ТУНИСА В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ ПАСТБИЩНОЙ НАГРУЗКИ

© 2014 г. Мулди Гамун

Институт аридных районов, Лаборатория пастбищ
Тунис, 4119 Меденин. E-mail: gamoun.mouldi@yahoo.fr

Поступила 26.06.2013

Два подхода были использованы, чтобы оценить влияние интенсивности выпаса (постоянный и контролируемый выпас). График контролируемого выпаса следующий: 1) выпаса нет 3 года (2004-2007), 2) выпас в течение 2 месяцев (август и июль) 2007, 3) выпаса нет 7 месяцев (сентябрь-март) 2007-2008. На площади 2000 га производился выпас 1700 овец и коз в течение двух месяцев, за которым следовал 7-месячный период без выпаса. Такой режим обеспечил поддержание устойчивых пастбищных угодий и обеспечения в дальнейшем животных кормами. Контролируемый выпас обеспечивает животным неограниченный и непрерывный доступ к кормам на протяжении всего пастбищного сезона или большего его времени. Новизна данного исследования заключается в новых данных, которые показывают, что периоды отдыха позволяют растениям восстановиться, прежде чем начать выпас снова, и при условии контролируемого выпаса можно избежать последствий перевыпаса.
Ключевые слова: пустыни, степи, пастбища, растительный покров, продуктивность, восстановление, Тунис.

NATURAL VEGETATION COVER DYNAMIC UNDER GRAZING-ROTATION MANAGEMENTS IN DESERT RANGELANDS OF TUNISIA

© 2014. Mouldi Gamoun

Institut des Régions Arides, Laboratoire d'Ecologie Pastorale, Tunisia, 4119 Médenine
E-mail: gamoun.mouldi@yahoo.fr

Two treatments were used to evaluate the effect of grazing intensity (continuously grazing and controlled grazing). The schedule is as follows: 1) Rest 3 years (2004 to 2007), 2) Graze 2 months (August and July) 2007, 3) Rest 7 months (September to March) 2007-2008. The grazing impact at the area of 2000 ha was by 1700 sheeps and goats during two months, followed by second rest (7 months) maintain resilient rangelands and ensure a sustainable flow of rangelands goods and services to livestock. The control was at grazing system, allows animals unrestricted and uninterrupted access to a grazing unit for all or most of the grazing season. Novelty of this studies is in the new data, which demonstrates that the rest periods allow plants to recover before they are grazed again, and if controlled grazing can avoid overgrazing effects.
Keywords: desert rangelands, grazing, plant cover, productivity, restoration, Tunisia.

Although the effects of protection and continuous grazing on vegetation structure have been widely studied in a wide range of ecosystems, the effects of controlled grazing on desert land are still largely unknown. However, little information is available to elucidate differences between continuous and controlled grazing. Grazing activity is among the spatially most relevant land use forms in southern Tunisia where annual rainfall is less than 200 mm/year. Hence water and fodder availability become limiting for both plants and herbivores, resulting in regular losses of herds in droughts and rendering livestock a driven rather than driving variable in the system. These so-called non-equilibrium conditions, also known as "New Rangeland Ecology", are expected to occur under dry climates (Gillson & Hoffman, 2007). In time of drought natural vegetation becomes scarce and insufficient, animals need feed supplement and the livestock access to key

resources is limited to water (Milchunas & Lauenroth, 1993). Such situation buffers their populations against collapses and allows them to exert a relatively high continuous grazing pressure and thus trigger rangeland degradation. According to the World Resource Institute (WRI, 1992), overgrazing is considered the main cause of land degradation in Africa where affects approximately 49 % of its arid areas. It changes the morphological structure and distribution patterns of dominant plant species (Zhao et al., 2007). However the moderate grazing can easily enhances plant development by reducing aerial part of plant species and, therefore, decreasing the water loss through transpiration in drylands (Gallacher et al., 2008), and is likely a preferred practice for conserving biological soil crusts and the ecological services it provides in N fixation and soil stabilization (Liu et al., 2009). Moreover, low to moderate levels of grazing can increase production over no grazing, but that the level of grazing that maximizes production depends upon the growing conditions of the current year (Patton et al., 2007). Furthermore, livestock grazing alters soil physical properties and surface water hydrology which might render serious consequences for plant growth in a dry Mediterranean climate where water is a scarce resource.

Grazing activity is the main factor in shaping Mediterranean rangelands landscape (Röder et al., 2007). It is commonly associated with changes in rangelands species composition. Changes in species composition are mainly due to the replacement of palatable by unpalatable species as well as annual plants when degradation is important (Tarhouni et al., 2007). Some authors show that the replacement of palatable by unpalatable plants decreases rangeland productivity and plant diversity (Cingolani et al., 2005).

Once unpalatable species became dominant, it is difficult to undo progressive change in vegetation by reducing or removing grazing impact (Noy-Meir & Walker, 1986). For this reason, the application of some management practices such as restoration technique becomes a necessity for optimizing ecosystems productivity and conserving biodiversity (Villagra et al., 2009). The rest technique is considered as vital strategy for human being and its sustainable development (Clewell & Aronson, 2006). Decreasing land use pressure can favour natural restoration of the degraded southern Tunisian arid lands (Jauffret & Lavorel, 2003) and can provides essential ecological services to the livestock (Gamoun et al., 2012). The assessment of the rest impact on rangelands dynamics can be evaluated through long-term monitoring of biotic and abiotic attributes (Havstad & Herrick, 2003). Effects of varying management such as stocking densities and grazing systems on plant species diversity and the relative abundances of different plant growth forms or functional groups may have important consequences for ecosystem function (Hickman et al., 2004). In arid zones, suffering from the fluctuations of rainfall and fragile soils, there are conflicting opinions and data on the effects of the timing of grazing and the period of rest after drought on plant diversity (Gamoun et al., 2011). However, very long-term protection may not yield better results, due to accumulation of dead old material that reduced the new fresh growth. Controlled grazing may produce similar or better results than exclosures in some cases (Le Houérou, 2000).

In the desert areas of Tunisia, rangelands have a key role as grazing lands for pastoral use. Their degradation caused by inappropriate management practices, coupled with climate change, has a profound environmental impact. The management objective is to have a highly productive rangeland for livestock grazing or to enhance biodiversity and improve ecosystem health. The rotational grazing system is the most important approach to defy logic and yet is one of the most productive grazing systems now used worldwide.

This method was employed to assess the effect of continuous grazing and controlled grazing on the vegetation of a desert rangelands in southern Tunisia that solved the following question: the rest periods allow plants to recover before they are grazed again? And controlled grazing can avoid overgrazing effects?

Materials and methods

Study area. The study was carried out at the Dahar communal rangelands, located in southern Tunisia (33° 00' 83" N, 10° 05' 54" E). It has an average altitude of 1340 m above sea level. The studied site (2000 ha) is located in these rangelands (Fig. 1) and had been protected from grazing during 2004 to 2007. The unique land use of the zone is rangeland.

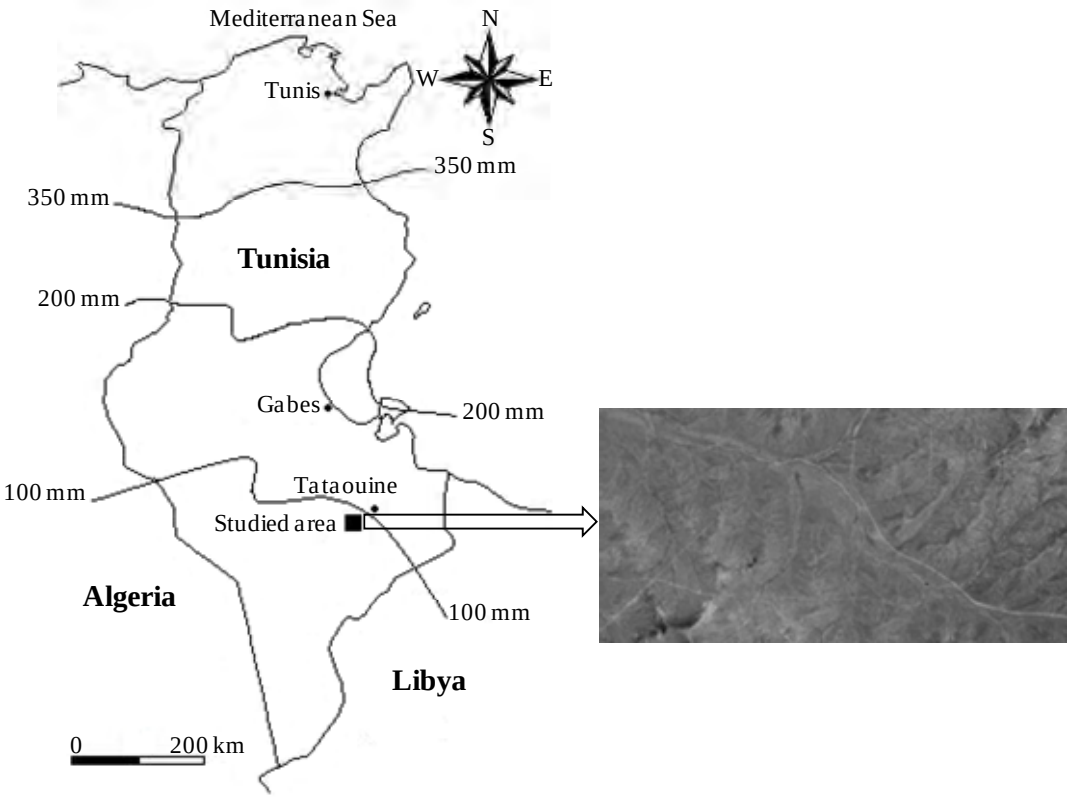


Рис. 1. Местоположение территории исследований. **Fig. 1.** Geographical location of the studied zone.

Goats, sheep and camels are the most important stock species grazing in these rangelands. The study area has an extremely arid climate which belongs to the desert climate, with a mean annual rainfall of 40-100 mm (Gamoun et al., 2011) with about 70% received during the 120-day, mid-October to mid-March growing season (Fig. 2). The soil is skeletal with vast plate and moderate slopes crossed by wadi dominated with a mixture of sand and gravel. The vegetation cover is mainly dominated by *Anthyllis henoniana* Batt. (*A. sericea* subsp. *henoniana* (Batt.) Maire), *Gymnocarpos decander* Forssk., *Stipagrostis pungens* (Desf.) de Winter, *Haloxylon schmittianum* Pomel and *Pennisetum dichotomum* (Forssk.) Delile. *Pennisetum dichotomum* dominates the vegetation communities in wadi where the soil is mainly calcareous silt.

These communal rangelands are exploited by individuals and although overgrazing can occur. They are largely composed of plants that have resisted or benefitted from grazing and drought (Gamoun, 2005).

Data collection. Pasture size, timing and duration of grazing periods, and number of animals are discussed as precision tools to manage grazing systems (Laca, 2009).

The experiment was set up in the spring of 2007, autumn of 2007 and spring of 2008. The treatments were controlled grazing and continuously grazing (free grazing). The controlled grazing treatment consisted of rangelands with 2000 ha who has been protected for 3 years. After summer grazing, the rangelands were protected again. The grazing period was 2 moths in the summer 2007 (August and July) by 1700 sheep and goats. The continuous grazing treatment was established in one grazing area available for the treatment and with a not controlled carrying capacity, rather than a grazing system, allows animals unrestricted and uninterrupted access to a grazing unit for all or most of the grazing season. Thus the schedule is as follows: 1) Rest 3 years (2005 to 2007), 2) Graze 2 months (August and July), 3) Rest 7 months (September to March).

Four permanent transects per treatment are installed in the protected and in the continuous grazing plots. Each transect consisted of three lines with 20 m long each. These lines were assessed and monitored using the quadrat point method as define by Daget & Poissonnet (1971) and Floret (1988). A fine pin was descended to the ground every 20 cm along the line. Each of the 100 hits per line was recorded according to the plant species and type of ground touched. The total vegetation cover is calculated as: VC = (n/N)*100 with n: the number of hits of all plant species and N: the total number of hits (100 hits in our case). Plant density in each line is calculated inside 20 m² for perennial species and 2 m² for the annual ones. Biomass

production is estimated using destructive method. A total of 32 plots of 4 m² each were installed in each rangeland. The net primary productivity was estimated by removing all fresh plant material a series of 32 quadrats of 4m² each. Representative samples are dried at 100°C, then weighed. These measures were carried out simultaneously in the protected (before and after grazing) and the grazed rangelands.

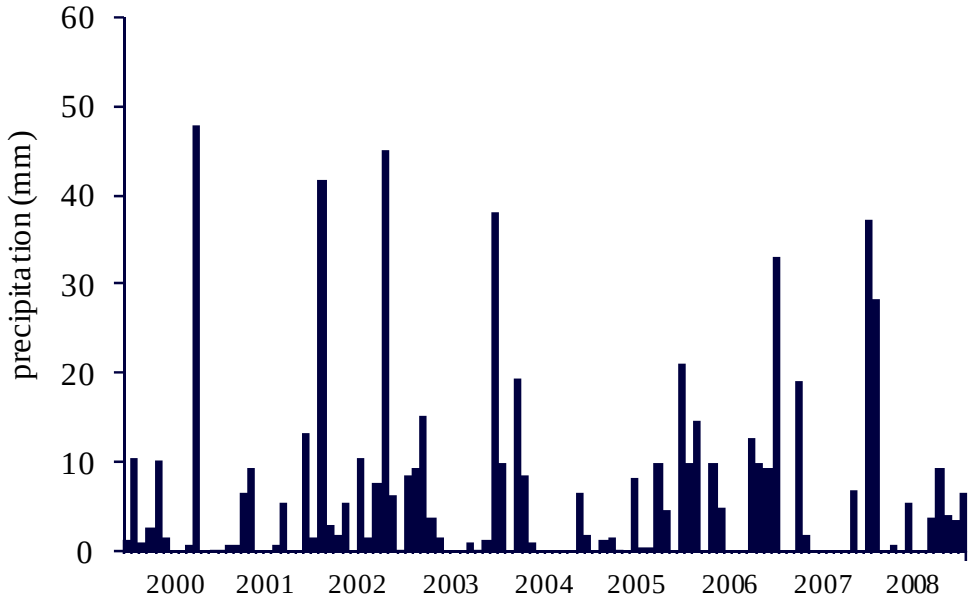


Рис. 2. Количество ежемесячных осадков (мм) за период с января 2000 г. по декабрь 2008 г. **Fig. 2.** Monthly precipitation (mm) from January 2000 through December 2008.

Data analysis. We ran one-way ANOVA for testing the effects of seasons and the management practices (N = 12) on the studied parameters (SPSS Inc, 2002). These last were treated as categorical explanatory variables. Significant differences in the treatment means were separated by the least significant difference (LSD) method. The Multivariate General Linear Model Test was used to show the crossed effect of seasons and management practices on these parameters.

Results

Plant cover. Changes in plant cover under grazing activities both in the continuous grazing and the controlled grazing are done in figure 2. Inter-seasonal differences of plant cover are significant in the controlled grazing and the continuous grazing ($P<0.01$). In the controlled grazing, the Fisher LSD Posthoc test is significant between the spring covers (2007 and 2008) and the autumn one ($P<0.01$). However, this test is not significant between the spring covers ($P>0.05$). In the continuous grazing, the Fisher LSD Posthoc test is significant ($P<0.01$) between the spring 2007 and the two others studied seasons which present no significant difference of their plant cover ($P>0.05$).

During the studied period, differences in plant cover between the continuous and the controlled grazing are significant ($P<0.01$). The continuous plant cover varies from 32 to 9 % respectively during the spring and the autumn 2007. This difference can be explained both by the grazing and the seasonal drought impacts. Changes between the continuous covers during the autumn 2007 and the spring 2008 are not significant ($P>0.05$). Under animal activities, the plant cover of the protected rangeland decreases from 62 to 40 % during the spring 2007 and the autumn 2007 respectively and increases under protection from 40 to 59 % during the autumn 2007 and the spring 2008 respectively (Figure 3). Differences between the protected and the reprotected covers are not significant ($P>0.05$). It seems that the grazing management was enhancing plant regeneration in the protected rangeland.

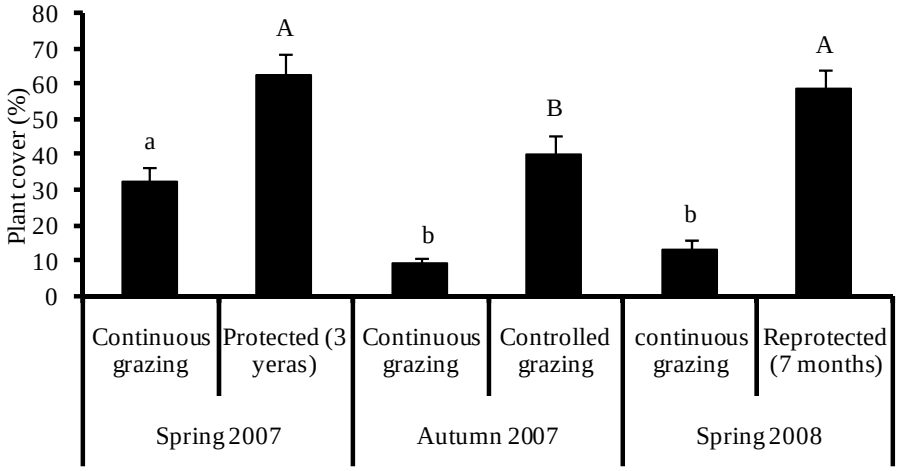


Рис. 3. Среднее значение (± SE) проективного покрытия растительности (%) при различных режимах выпаса в течение трех исследованных сезонов. **Fig. 3.** Mean (± SE) of vegetation cover (%) under grazing management during the three studied seasons.

Условные обозначения: **a/b** – в условиях постоянного выпаса, **A/B** – в условиях контролируемого выпаса. **Notes: a/b** - in continuously grazed rangeland, **A/B -** on the managed rangeland.

Flora richness. A total of 69 species were recorded from the study site (Table 3). Species richness in protected and grazed rangelands had a significant difference (P<0.01). Flora richness variation according to the management mode during the studied seasons is done in Table 2. In the protected rangeland the perennial richness is about 33, 23 and 28 respectively during the spring 2007, the autumn 2007 and the spring 2008 (Table 1). Inter-seasonal differences in perennial richness between protected, grazed and reprotected rangeland are significant (P<0.01). During the autumn 2007, the perennial richness in the grazed rangelands is high than in the control one. The application of rest technique permits a good regeneration and establishment of seedlings of some perennial plants such as *Anthyllis sericea*, *Stipagrostis pungens*, *Hammada schmittiana*, *Pennisetum dichotomum* and *Argyrolobium uniflorum*. The number of annual species such as *Savignya parviflora*, *Cutandia dichotoma* and *Schismus barbatus* is higher in the managed rangelands mainly in the rainy seasons. It seems that these species found their optimal growth conditions in the managed rangelands. In our case the abundance of perennial plants can enhance annual development by decreasing climatic effects on annual species (decreasing evaporation and changing micro-climates).

Таблица 1. Количество однолетних и многолетних растений на пастбищах с непрерывным выпасом, разной с контролируемой пастбищной нагрузкой и без неё. **Table 1.** Perennial and annual richness in the managed and controlled rangelands.

	Spring 2007		Autumn 2007		Spring 2008	
	Continuous grazing	Protected (3 years)	Continuous grazing	Controlled grazing	Continuous grazing	Reprotected (7 months)
Perennials	6	33	6	23	6	28
Annuals	8	36	0	6	3	32

Таблица 2. Видовое разнообразие (число видов/м^2) однолетников и двухлетников в условиях разных пастбищных нагрузок. **Table 2.** Perennial and annual densities (± SD) (plant/m^2) variations under different range management modes.

	Spring 2007		Autumn 2007		Spring 2008	
	Continuous grazing	Protected (3 years)	Continuous grazing	Controlled grazing	Continuous grazing	Reprotected (7 months)
Perennials	1.8±0.1	2.4±1.4	1.1±0.2	1.4±0.5	0.8±0.2	2.1±1.2
Annuals	11.7±1.0	44.4±18.7	0	0	12.8±2.6	26.6±13.3

Таблица 3. Список однолетних и многолетних видов растений, встреченных на исследуемой территории. **Table 3.** A list of the plant species present at the experimental site.

Perennials		Annuals	
Anabasis orepodiorum	*Limonium pruinosum*	*Allium roseum*	*Iflago spicata*
Anonis natrix	*Lycium arabicum*	*Anacyclis cyrtolopoides*	*Koeleria pubecens*
Anthyllis sericea	*Lygeum spartum*	*Anarthrocarpus clavatus*	*Koelpinia linearis*
Argyrolobium uniflorum	*Nolletia crysocomoides*	*Asphodelus tenuifoluis*	*Launea angustifolia*
Aristida ciliata	*Pennisetum dichotomum*	*Astragalus corrigatus*	*Launea residifolia*
Artemisia campestris	*Pethurathus chloranthus*	*Attractyllis flava*	*Lobularia lybica*
Attractyllis serratuloides	*Plantago albicans*	*Bassia muricata*	*Lotus pusillus*
Calligonum comosum	*Polygonum equisetiforme*	*Bromus rubens*	*Matthiola longipetala*
Cleome arabica	*Reaumuria vermiculata*	*Centaurea furfuracae*	*Medicago minima*
Echiochilon fructicosum	*Retama raetam*	*Cutandia dichotoma*	*Medicago traculata*
Erodium glaucophyllum	*Rhanterium suaveolens*	*Daucus carota*	*Paronichia arabica*
Farsetia aegyptiaca	*Salsola vermiculata*	*Didesmus bipinnatus*	*Plantago ovata*
Gymnocarpos decander	*Stipa tenacissima*	*Diplotaxis harra*	*Reseda alba*
Hammada schmittiana	*Stipagrostis pungens*	*Echium humile*	*Savignya parviflora*
Hammada scoparia	*Ziziphus lotus*	*Erodium triangulare*	*Schismus barbatus*
Helianthemum kahiricum		*Fagonia glutinosa*	*Scorzonera undulata*
Helianthemum sessiliflorum		*Filago germiniaca*	*Silene arenareoide*
Hernaria fontaneesii		*Hypocrypis bicontortis*	*Thesium humile*

Plant density. Plant density in both the managed and the grazed rangelands during the monitored seasons is given in Table 2. The annual density is higher than the perennial one during the spring 2007 and 2008 for the control and the managed rangelands. Both the annual and the perennial densities are lower in the continuous grazing rangelands during the three studied seasons. In the controlled grazing rangelands, inter-seasonal variation of the perennial density is not significant ($P>0.05$). However, differences in annual densities are significant ($P<0.01$). In the control, inter-seasonal variation of the perennial and the annual species are significant ($P<0.01$).

Biomass production. In figure 4 are presented the primary productivity.

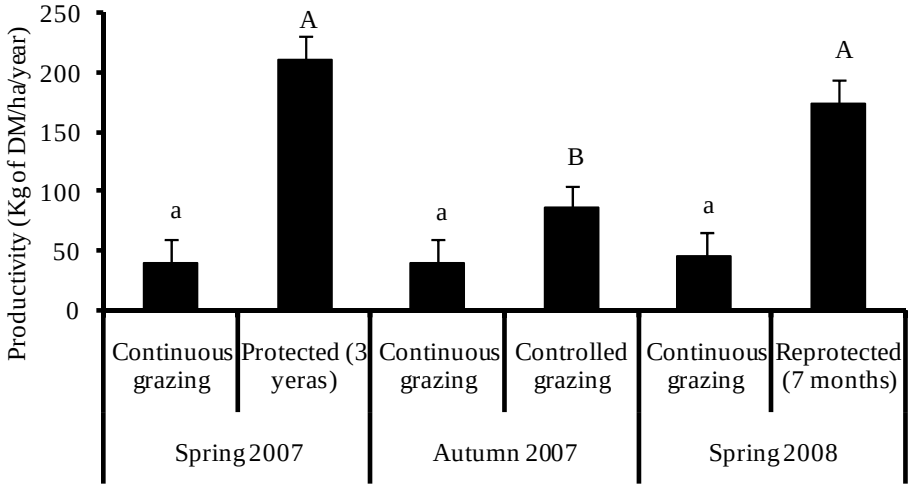


Рис. 4. Средняя продуктивность (± SE) растительности (кг/га/год) при различных режимах выпаса в течение трех исследованных сезонов. **Fig. 4.** Mean (± SE) of productivity under grazing management during the three studied seasons.

Условные обозначения: **a/b** – в условиях постоянного выпаса, **A/B** – в условиях контролируемого выпаса.
Notes: a/b - in continuously grazed rangeland, **A/B -** on the managed rangeland.

The productivity in the protected rangelands was significantly higher (P<0.01) than that of grazed rangelands. In the continuous grazing rangelands, differences in productivity are not significant (P>0.05). However, in the controlled grazing rangelands, the ANOVA is significant (P<0.01). The LSD post hoc test is significant between the spring productions and the autumn one. During the fall 2007, differences between continuous grazing and controlled grazing rangelands productivity are not significant (P>0.05). The decrease in biomass productivity in the grazed rangelands by 1700 heads during the fall 2007 (July and August) can be explained by the animal impact on plant species (consumption and trampling) and the climatic drought which reduce the production and the growth of annual and perennial plants.

Discussion

Management of rangelands and natural resources in general, has become increasingly complex (Boyd et al., 2009). In dry areas, rainfall is the first factor influencing temporary (seasonally) plant distribution. Grazing pressure alone cannot affect annual richness variability which is mainly conducted by rainfall pattern (Sheuyange et al., 2005; Westbrooke et al., 2005). They form a major component of desert vegetation, with their unique traits playing a key role in vegetation restoration in arid deserts. In these areas the responses of annual species to environmental variation are more sensitive than those of perennials.

During the rainy season a remarkable annual germination is occurred in drylands but woody plant species are slowly and irreparably affected by human disturbance such as overgrazing, trampling and wood cutting which can be the reason for their low reproduction rates via seeds (Ni, 2003; Bonet, 2004; Belem et al., 2007; Gaoue & Ticktin, 2007). Such disturbance can alter the soil seed bank by loosing viable seeds or by inhibiting their emergence capacity. Therefore, this strong and chronic disturbance leads to the flora richness decrease and induces the replacement of ligneous by annuals herbaceous plants as well as perennial herbaceous species which the floristic composition rest with a great accordance with the impact of this disturbance on soil properties (Rodriguez-Rodriguez et al., 2005). For this reason the monitoring of perennial density can provides clear ideas about the trends of installation or disappearance of plant species and permits to assess the ecosystem ability to regenerate (Floret, 1988). A high number of individuals promotes the accumulation and fixation of soil particles, improve the water balance and makes possible the re-installation of other plant species, *etc*. (Floret & Pontanier, 1982; Jauffret, 2001).

In this study we focus on the response of natural vegetation to the management mode and grazing activity. Grazing management strategies should consider not only the rangeland loading capacity but also the rest period duration and the grazing frequency (Blanco et al., 2008). Jawasreh et al. (2012) found that a proper stocking rate should be applied in each grazing scenario in order to avoid overgrazing. Moreover, sustainable natural resource management, including conservation and livestock production, requires integration of relevant and timely understanding of range utilization and spatial animal requirements (Ngugi & Conant, 2008). The present study indicates that the protection of the vegetation of desert rangelands in Southern Tunisia for three years has resulted in remarkable increases in total density and cover, and in flora richness and productivity. On the other hand, grazing animals constantly influence vegetation, directly (by eating it) and indirectly (trampling). These effects will occur both at the time of grazing and increasingly over time.

The vegetation of the study area is floristically very rich, especially during the growing season. Most of these species are referred to as good rangeland species.

After the grazing period, the natural vegetation cover in our studied zone is mainly dominated by small chamaephytes and some hemicryptophytes. Annual plant are absent because the climatic conditions of the period of grazing are not suitable for their development. According to Waechter (1982), sheep mainly prefer annual plants. In absence of these last, sheep are attracted by herbaceous plants like *Plantago albicans* and *Cynodon dactylon* and some chamaephytes as *Argyrolobium uniflorum, Echiochilon fruticosum, Hernaria fontanesi* and *Helianthemum sessiliflorum*. According to Le Houérou *et al*. (1974) and Floret and Pontanier (1978), these species can allocate the greater part of the fodder production (from 60 to 80 %). Under the overgrazing effects, the natural vegetation cover decreases, the unpalatable plants dominate and reduce the ecosystem biodiversity (Vavra et al., 2007). However, our results show that the controlled grazing leads to a remarkable regeneration of natural vegetation after re-protection. Similar results were recorded by (Ayyad, E1-Kadi, 1982) such as density and cover, flora richness and productivity increased as a result of controlled

grazing. In fact, controlled grazing can provide adequate forage for livestock while maintaining environmental quality. This management practice seems to be efficient for the floristic heritage sustainability and helps in nature conservation. However according to certain authors (Ayyad, E1-Kadi, 1982), controlled grazing there fore, and might be of better consequences than full protection.

Now, let's relate this back to the two pastures (continuous grazing and controlled grazing). The first case (continuous grazing) resulted in regrazing of plants...overgrazing. There would also be many plants that were completely ungrazed. There would be plants low quality but high quantity.

The second case (controlled grazing) may have resulted in severe grazing, but plants would not be grazed while they were recovering, there would be no overgrazing.

The growth rate also depends on the severity of grazing. When plants are severely grazed their recovery is slow. When grazing is less severe, the recovery is relatively rapid. In arid zones, where the evapo-transpiration is higher, controlled grazing can reduced the aerial biomass and allowed the root system to meet the plants water needs (Le Floc'h, 2001).

The sustainable use of natural vegetation and the reduction of land degradation processes seem to be more important to ensure the rural population subsistence, possess economic and social incomes and improve the economic productivity (Jauffret and Lavorel, 2003; Dembélé et al., 2006). The benefits economic offered by the rest rangelands include grazing, since domestic animals graze and browse on 69 species growing in this region. The highly palatable species in this area are *Echiochilon fruticosum*, *Plantago albicans*, *Anabasis orepodiorum*, *Argyrolobium uniflorum*, *Helianthemum sessiliflorum*, *Aristida ciliata*, *Pennicetum dichotomum*, *Polygonum equisetiforme*, *Rhanterium suaveolens* and *Gymnocarpos decander*. The benefits offered by the rest rangelands are too environmental who include conserving biodiversity resources. Moreover, many of the plants play an important role in preventing soil erosion, increasing soil deposition and improving drainage of the lowlands (e.g. *Stipagrostis pungens* and *Calligonum comosum*).

Conclusion

Desert rangelands are typically characterized by low precipitation and drought. They are usually dominated by annuals species during spring and by perennial species during the other seasons. But, the grazing pressure exceeds the carrying capacity of the pasture. Continuous grazing allows livestock to selectively graze the most palatable plants over and over. These rangelands can be very productive, providing sustainable income for farmer communities while protecting valuable natural resources through appropriate grazing strategies. On these drier areas, stabilization of plant species composition and productivity appears to be possible under conditions of grazing management. In this case, controlled grazing is a proven method of increasing the efficiency of pasture systems. Intensively managed controlled grazing systems have the potential of maintaining pastures in a vegetative state for most of the growing season. A controlled grazing management plan need not be complex. It merely has to direct the grazing animal to eat when and which carrying capacity you want them to in order to keep the plants in their growing. A primary strategy of controlled grazing is to use rest and livestock carrying capacity as tools to manage forage growth and protect it from overgrazing.

Grazing and rest periods, height of grazing, carrying capacity, and herbage allowance are some of the important variables of a controlled grazing system. In our study a protection of rangelands during three years followed by an controlled grazing with a carrying capacity determined well, maintain resilient rangelands and ensure a sustainable flow of rangelands goods and services to livestock, which can be to grazing for the next year since a full year of rest before summer grazing allows residual vegetation to accumulate. Particularly in arid regions, the point to remember is that the benefits of a full year of rest can be nullified if previously rested pastures are overgrazed, where frequent drought conditions can impede rangeland recovery. And that severe grazing cannot be offset that by a longer rest period.

REFERENCES

Ayyad M.A, E1-Kadi H.F. 1982. Effect of protection and controlled grazing on the vegetation of a Mediterranean desert ecosystem in Northern Egypt // Vegetatio. N. 49. Pp. 129-139.

Blanco L.J., Aguilera M.O., Parueloc J.M., and Biurrun F.N. 2008. Grazing effect on NDVI across an aridity gradient in Argentina // Journal of Arid Environments. N. 72. Pp. 764-776.

Boyd C.S., Svejcar T.J. 2009. Managing Complex Problems in Rangeland Ecosystems // Rangeland Ecology & Management. N. 62(6). Pp. 491-499.

Cingolani A.M., Noy-Meir I., and Dĭaz S. 2005. Grazing effects on rangeland diversity: a synthesis of contemporary models // Ecological Applications. N. 15. Pp. 757-773.

Clewell A.F., Aronson J. 2006. Motivations for the restoration of ecosystems // Conservation Biology. N. 20. Pp. 420-428.

Daget P., Poissonet J. 1971. Une méthode d'analyse phytoécologique des prairies, critères d'application // Annale agronomique. N. 22. Pp. 5-41.

Floret Ch. 1988. Méthodes de mesure de la végétation pastorale. Pastoralisme et Développement. CIHEAM – Montpellier Cedex. 95 p.

Floret Ch., Pontanier R. 1978. Relations climat-sol-vegétation dans quelques formations végétales spontanées du Sud Tunisien. Mimeo, CNRS/CEPE Montpellier et ORSTOM, Paris. 96 p + annexes.

Floret Ch., Pontanier R. 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne : Climat, Sol, Végétation. Trav. de l'ORSTOM. N. 150. 544 p.

Gallacher D.J., Hill J.P. 2008. Effects of camel grazing on density and species diversity of seedling emergence in the Dubai (UAE) inland desert // Journal of Arid Environments, N. 72. Pp. 853-860.

Gamoun M., Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Hanchi B., Neffati M. 2011. Response of different arid rangelands to protection and drought // Arid Land Research and Management. N 25. Pp. 372-378.

Gamoun M., Hanchi B., Neffati M., 2012. Dynamic of plant communities in Saharan rangelands of Tunisia // Arid ecosystems. Vol. 2. N. 2. Pp. 105-110.

Gillson L., Hoffman M.T. 2007. Rangeland ecology in a changing world // *Science.* N. 315. Pp. 53-54.

Havstad K.M., Herrick, J.E. 2003. Long-term ecological monitoring // Arid Land Research and Management. N. 17. Pp. 389-400.

Hickman K.R., Hartnett, D.C. Cochran R.C., Owensby C.E. 2004. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie // Rangeland Ecology & Management. N. 57(1). Pp. 58-65.

Jauffret S. 2001. Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes Méditerranéens arides. Thèse Doctorat. Univ de droit, d'économie et des sciences d' Aix- Marseille. 328 p.

Jauffret S., Lavorel, S. 2003. Are plant functional types relevant to describe degradation in arid, southern Tunisian steppes // Journal of Vegetation Science. N.14. Pp. 399-408.

Jawasreh K., Alqaisi O., Alsatary Y., Al-Nsoor, A. 2012. Grazing behavior of Awassi sheep and the biodiversity of plant species under semi-arid reserved conditions // Arid Ecosystem. Vol. 2. N. 4(2). Pp. 245-252.

Laca, E.A. 2009. New Approaches and Tools for Grazing Management // Rangeland Ecology & Management. N. 62(5). Pp. 407-417.

Le Floc'h E. 2001. Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides méditerranéennes du Nord de l'Afrique // Bocconea. N. 13. Pp. 223-237.

Le Houérou H.N. 2000. Restoration and rehabilitation of arid and semiarid Mediterranean ecosystems in north Africa and west Asia // Arid Soil Research and Rehabilitation. N. 14. Pp. 3-14.

Le Houérou H.N., Haywood M., Claudin,J. 1974. Etude phytoécologique du Hodna. AGS: DP/ALG/66/509. Rome, FAO. 145p.

Liu H., Han X., Li L., Huang J., Liu H., Li X. 2009. Grazing Density Effects on Cover, Species Composition, and Nitrogen Fixation of Biological Soil Crust in an Inner Mongolia Steppe // Rangeland Ecology & Management. N. 62(4). Pp. 321-327.

Milchunas D.G., Lauenroth W.K. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments // Ecological Monograph. N. 63. Pp. 327-366.

Ngugi M.K., Conant, R.T. 2008. Ecological and social characterization of key resource areas in Kenyan rangelands // Journal of Arid Environments. N. 72. Pp. 820-835.

Ni J. 2003. Plant functional types and climate along a precipitation gradient in temperate grasslands, north-east China and south-east Mongolia // Journal of Arid Environments. N. 53. Pp. 501-516.

Noy-Meir I., Walker B.H. 1986. Stability and resilience in rangelands // A Resource under Siege / Joss, P.J., Lynch, P.W., Williams, O.B. (Eds.). Canberra: Rangelands Australian Academy of Science. Pp. 21-25.

Patton B.D., Dong X., Nyren P.E., Nyren A. 2007. Effects of Grazing Intensity, Precipitation, and Temperature on Forage Production // Rangeland Ecology & Management. No. 60(6). Pp.656-665.

Röder A., Kuemmerle T., Hill, J. Papanastasis V.P., Tsiourlis G.M. 2007. Adaptation of a grazing gradient concept to heterogeneous Mediterranean rangelands using cost surface modeling // Ecological modeling. N. 204. Pp**.** 387-398.

Rodriguez-Rodriguez A.R., Mora J.L., Arbelo C., Bordon J. 2005. Plant succession and soil degradation in desertified areas (Fuerteventura, Canary Islands, Spain) // Catena. N. 59. Pp. 117-131.

Sheuyange A., Oba G., Weladji R.B. 2005. Effects of anthropogenic fire history on savanna vegetation in northeastern Namibia // Journal of Environmental Management. N. 75. Pp. 189-198.

SPSS Inc., Systat, version 11.5. SPSS Inc., Chicago, IL. 2002.

Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M., Henchi B. 2007. Qualification of rangeland degradation using plant life history strategies around watering points in southern Tunisia // Pakistan Journal of Biological Sciences. N. 10 (8). Pp. 1229-1235.

Vavra M., Parks C.G., Wisdom M.J. 2007. Biodiversity, exotic plant species, and herbivory: The good, the bad, and the ungulate // Forest Ecology and Management. N. 246. Pp. 66-72.

Villagra P.E., Defossé G.E., Del Valle H.F., Tabeni S., Rostagno M., Cesca E., Abraham E. 2009. Land use and disturbance effects on the dynamics of natural ecosystems of the Monte ag: Implications for their management // Journal of Arid Environments. N. 73 Pp. 202–211.

Waechter P. 1982. Etude des relations entre les animaux domestiques et la végétation dans les steppes du Sud de la Tunisie. Implications pastorales. Thèse Doc. Ing. Univ. Sci. and Techn. Languedoc, Montpellier. 293 p.

Westbrooke M.E., Florentine S.K., Milberg P. 2005. Arid land vegetation dynamics after a rare flooding event: influence of fire and grazing // Journal of Arid Environments. N. 61 (2). Pp. 249-260.

WRI, World Resources 1992/1993. World Resource Institute, Oxford University Press, 1992, 385p.

Zhao W.Y., Li J.L., Qi J.G. 2007. Changes in vegetation diversity and structure in response to heavy grazing pressure in the northern Tianshan Mountains, China // Journal of Arid Environments. N. 68. Pp. 465-479.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 76-85

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.14

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА ПОЧВЕННЫЙ И РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ[1]

© 2014 г. Ю.С. Горбунова, Т.А. Девятова, А.Я. Григорьевская

Воронежский государственный университет
Россия, 394006 Воронеж, Университетская пл. 1.
E-mail: gorbunova.vsu@mail.ru, devyatova@bio.vsu.ru, grigaya@mail.ru

Поступила 01.10.2013

Впервые рассмотрено изменение состава и свойств почв и структуры растительного покрова в лесах Центрального Черноземья России (ЦЧР) после пожара 2010г. В почвах установлено снижение содержания органического вещества и соединений щелочногидролизуемого азота на фоне увеличения содержания зольных элементов (P_2O_5, K_2O). Отмечена степень трансформации фиторазнообразия и развитие начальной стадии пирогенной сукцессии.
Ключевые слова: леса ЦЧР, структура, лесной пожар, почвы, растительный покров, пирогенная сукцессия.

Актуальность исследований заключается в решении одной из фундаментальных проблем экологии – изучении динамики почвенного и растительного покрова в лесных экосистемах под влиянием пирогенных воздействий. Мощнейшим фактором изменения почвенного и растительного покрова явились лесные пожары 2010 г., которые охватили большие территории Европейской части России. Лесной пожар – один из важных экологических факторов, нарушающих естественное равновесие между отдельными компонентами биогеоценоза, влияющих на тип растительности, динамику почв и растительных сообществ, а также их состояние. Почвы, как эдафический фактор, являются важнейшим компонентом биосферы и находятся в неразрывной связи с геолого-геоморфологическими, климатическими и биотическими условиями среды. Именно почвы чутко реагируют на изменения в растительном покрове, гидрологическом режиме, развитии элементарных геологических процессов и, особенно, на антропогенные воздействия, в качестве которых выступает лесной пожар. Литературные сведения о динамике лесных растительных сообществ имеются в работах Л.А. Димеевой (2011), М. Гамун (2012). Сообщения о трансформации лесов Центрально-Черноземного района под влиянием пирогенного фактора отсутствуют, кроме краткого упоминания о пожаре 2010 г. в заповеднике Галичья гора Липецкой области (Скользнева, 2011). В научной литературе имеются сведения об изменении фитоценозов после степных пожаров на юге России (Чибилев, 1999; Бармин, Голуб, Дормидонтова, Лысенко, 2004; Лебедева, Ильина, Пономарев, Савицкий, 2011).

Очень многие исследователи обращаются к проблеме взаимоотношений лесообразующих пород в связи с пожарами. Имеются утверждения, что в тайге существование сосняков в естественных условиях обеспечивается пожарами. Они периодически уничтожают еловые массивы и подрост ели под пологом сосновых древостоев и, тем самым, предотвращают неизбежную смену сосны елью (Валяев, 1971; Листов, 1980; Зябченко, 1984; Колесников, 1985; Громцев, 2000). По мнению И.С. Мелехова в тайге идет непрерывная «война» между сосновой и еловой ратью (1980). В.Н. Сукачев (1975) считал, что большинство сосновых насаждений не являются коренными, а в известном смысле временными, наподобие березняков и осинников.

Цель исследования – установление особенностей изменения физико-химических, химических, биологических свойств почв и растительного покрова под влиянием лесных пожаров.

В задачи исследований входило: изучение влияния лесного пожара на основные химические, биологические и физико-химические свойства почв; выявление и оценка степени трансформации структуры растительного покрова исследуемых лесов; вариационно-статистическая обработка

[1] Работа выполнена при поддержке грантов № 12-05-00139-а, ГР 0120-1364994

полученных результатов с использованием программ Stadia и Microsoft Excel, и их сравнительный анализ.

Методика

Исследования проводились на территории ЦЧР – северная часть Воронежской области (с.ш. 51°48'37.4" в.д. 39°23'42.6") и южная – Липецкой области (с.ш. 52°30'40.0"в.д. 38°57'31.6"). Средние широты и значительная удаленность территории от морей и океанов определяют умеренно-континентальный климат изучаемого района. Исследуемая территория характеризуется относительным дефицитом и неравномерностью атмосферного увлажнения (Климатические ресурсы…, 1978). Задонский район Липецкой области расположен на Среднерусской возвышенности, которая характеризуется преобладанием долинно-балочного и овражно-балочного типов рельефа. Территория Усманского бора приурочена к левобережным песчаным террасам Дона, Воронежа и по рельефу территория является полого-волнистой равниной (Мильков, 1994). Коренные породы перекрыты флювиогляциальными и древнеаллювиальными отложениями.

Согласно ботанико-географическому районированию Липецкая и Воронежская области относятся к Евроазиатской степной области Восточноевропейской лесостепной и Причерноморской (Понтической) степной провинциям (Лавренко, 1942; Исаченко, Лавренко, 1980), а по принятому делению «Флоры Европейской части СССР» (1974) они лежат в пределах Волжско-Донского района. По ботанико-географическому подразделению Воронежской области Усманский бор относится к Усманскому району зеленомошных сосновых и осоковых дубовых лесов Боброво-Усманского округа Среднерусской дубово-сосновой провинции (Хмелев, 1992), он сформировался в древнем голоцене. Лесной массив Задонского района расположен в Олымо-Донском районе (Флора…, 1996). Основными почвообразующими породами на исследуемой территории являются четвертичные отложения. Они представлены в Задонском районе Липецкой области покровным карбонатным суглинком, а в Усманском бору – древнеаллювиальными отложениями (Самойлова, 1983).

Объектами исследований являются почвы и растительный покров лесных экосистем: чернозем глинисто-иллювиальный типичный насыщенный среднемощный тяжелосуглинистый на покровном карбонатном суглинке и структура пирогенных и фоновых фитоценозов субори и широколиственного леса в Задонском районе Липецкой области; дерново-элювозем глееватый ненасыщенный неглубокоэлювиальный супесчаный на древнеаллювиальных отложениях и дерново-элювозем глеевый глинисто-иллювиированный ненасыщенный поверхностно оглеенный песчаный на древнеаллювиальных отложениях и структура пирогенных и фоновых фитоценозов бора и широколиственного леса в Новоусманском районе Воронежской области, биоцентр ВГУ «Веневитиново».

Лесные пожары возникли в результате продолжительного и жаркого периода в июле и августе 2010 года. Они носили тотальный характер и затронули около 20000 га Воронежской области (Доклад…, 2011) и 9117 га Липецкой области (Состояние…, 2011).

Фоновый участок находился в 1 км от пирогенного, имел идентичное с ним сходство с ним по строению и свойствам почв и фитоценозов. Отбор почвенных образцов сделан послойно, через каждые 10 см до глубины 50 см. В статье приведены данные для 0-10 см слоя почв, т.к. он оказался наиболее чувствительным к пирогенному воздействию и в нем установлено наибольшее скоплением корней растений. Основные химические и физико-химические показатели в почвенных образцах определялись по общепринятым методикам (Воробьева, 1998). Растительный покров данных участков изучался методом закладки пробных площадей, размером 10 м × 10 м. Всего было заложено 20 пробных площадей на которых выявлялся видовой состав растений, проективное покрытие каждого вида и видовое обилие. На основе списков растений каждой пробной площади составлен как общий список из 104 видов растений для пирогенных и фоновых фитоценозов бора, субори и мелколиственного леса, так и для каждого из 20 растительных сообществ. Показатель обилия для каждого вида указан по О. Друде (1913). Проективное покрытие выражено в процентах и учитывалось отношением проекций надземных частей растений к общей площади участка определяемого покрытия. Виды, имеющие 15-20% покрытия от общего числа проективного покрытия площади выявления считались доминантами и входили в название фитоценоза. Ярусы устанавливались по распределению надземных растений в пространстве с учетом разной высоты над

поверхностью почвы. Количественные показатели указанных признаков отражают структуру сообщества. Названия растительных сообществ установлены по доминантному признаку (Камышев, 1963, 1964).

Результаты и обсуждение

Распределение гумуса по профилю фоновых дерново-элювоземов и глеевых дерново-элювоземов происходит по регрессивно-аккумулятивному типу, а в черноземах глинисто-иллювиальных типичных – по равномерно-аккумулятивному. В исследованных пирогенных почвах выявлена тенденция к снижению содержания гумуса в слое 0-10 см на следующий год после пирогенного воздействия. Максимальные потери установлены в 2011 году в дерново-элювоземе, расположенном под бором – на 1.53%, что в относительных процентах составляет 38.9%. В дерново-элювоземе глеевом, расположенном под березняком содержание гумуса спустя 1 год после пирогенного воздействия снизилось на 1.46% (в относительных процентах – 29.9%). Максимальные потери в черноземе глинисто-иллювиальном типичном под суборью составили 1.65%, (в относительных процентах – 27.1%), а под широколиственным лесом – 1.48% (в относительных процентах – 23.1%) (рис. 1).

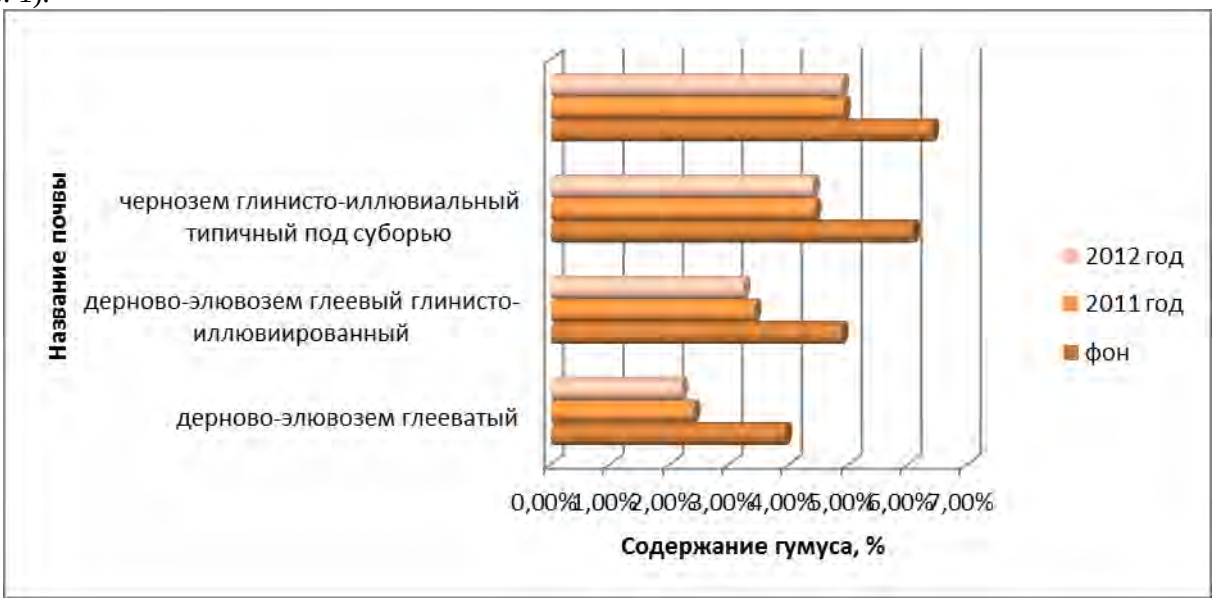


Рис. 1. Содержание гумуса, % в 0-10 см слое исследуемых почв. **Fig. 1.** The maintenance of a humus, % in 0-10 cm layer of studied soils.

В пирогенных дерново-элювоземах под сосновым бором содержание щелочногидролизуемого азота в слое 0-10 см в 2011 году уменьшилось на 32.8% по сравнению с фоновыми почвами, а в березняке – на 26.0%, что объясняется разрушением большей части органических соединений азота при температурах около 500º С. В 2012 году также произошло некоторое снижение содержания щелочногидролизуемого азота в почвах под бором – на 3.14%, а в березняке – на 4.85%. В субори после лесного пожара содержание щелочногидролизуемого азота в слое 0-10 см уменьшилось на 24.5% по сравнению с фоновыми почвами, а в широколиственном лесу на 26.8% (рис. 2).

Через год после лесного пожара, т.е. в 2011 году содержание P_2O_5 в дерново-элювоземе глееватом под сосновым бором увеличилось на 14.3% по сравнению с фоновыми почвами, в 2012 году дальнейшего увеличения содержания P_2O_5 не произошло (рис. 3). В дерново-элювоземе глеевом глинисто-иллювиированном расположенном под березняком через год после пирогенного воздействия произошло увеличение в содержании P_2O_5 на 13.3%. Содержание P_2O_5 в почвах под суборью после лесного пожара увеличилось на 12.1%, а под широколиственным лесом – на 11.4%.

Содержание K_2O в 2011 году после пожара в дерново-элювоземе глееватом под сосновым бором увеличилось на 7.82% по сравнению с фоновыми почвами, а под березняком в дерново-элювоземе глеевом глинисто-иллювиированном – на 6.11%. В черноземе глинисто-иллювиальном типичном под суборью содержание K_2O увеличилось на 3.78% по сравнению с фоновыми почвами, а под

широколиственным – на 4.28%. Наблюдаемое увеличение в содержании K_2O в пирогенных почвах произошло из-за большего их содержания в образовавшейся после лесного пожара золе. В 2012 году содержание K_2O в исследуемых почвах стабилизировалось (рис. 4).

Рис. 2. Содержание в исследуемых почвах щелочногидролизуемого азота, мг/100 г почвы**. Fig. 2.** The contents in studied soils of alkali hydrolysed nitrogen, mg /100 g of the soil.

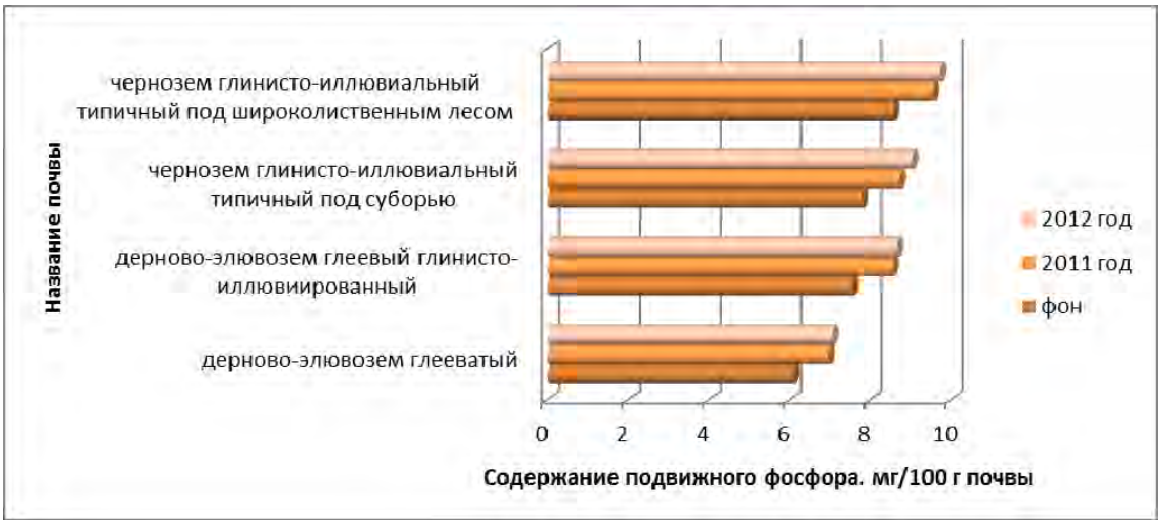


Рис. 3. Содержание в исследуемых почвах подвижных соединений фосфора, мг/100 г почвы. **Fig. 3.** The contents in studied soils of mobile compounds of phosphorus, mg / 100 g of the soil.

Для всех исследованных почв на следующий год после лесного пожара установлена тенденция к росту значений $pH_{водн.}$. Смещение показателя $pH_{водн.}$ произошло от 6.01 до 7.21. Под широколиственным лесом на фоновом участке чернозем глинисто-иллювиальный типичный с поверхности имеет слабокислую реакцию – 6.47, через год после пирогенного воздействия реакция среды стала нейтральной – 7.51. Это объясняется тем, что зольные водорастворимые соединения, проникая в почву, насыщают поглощающий комплекс щелочноземельными элементами и вызывают сдвиг реакции среды к нейтральному диапазону. В дерново-элювоземе глеевом глинисто-иллювиированном в 2011 году произошло смещение показателя $pH_{водн.}$ от кислого – 5.21 к слабокислому – 5.93 диапазону на глубине 0-10 см под березняком и от сильнокислой – 4.12 к кислой – 4.83 в дерново-элювоземе глееватом под бором, из-за того, что зола нейтрализует органические

кислоты верхних почвенных горизонтов. В 2012 году, мы отмечали определенную стабилизацию значений $pH_{водн.}$ во всех исследованных почвах и некоторое стремление их значений к фоновым.

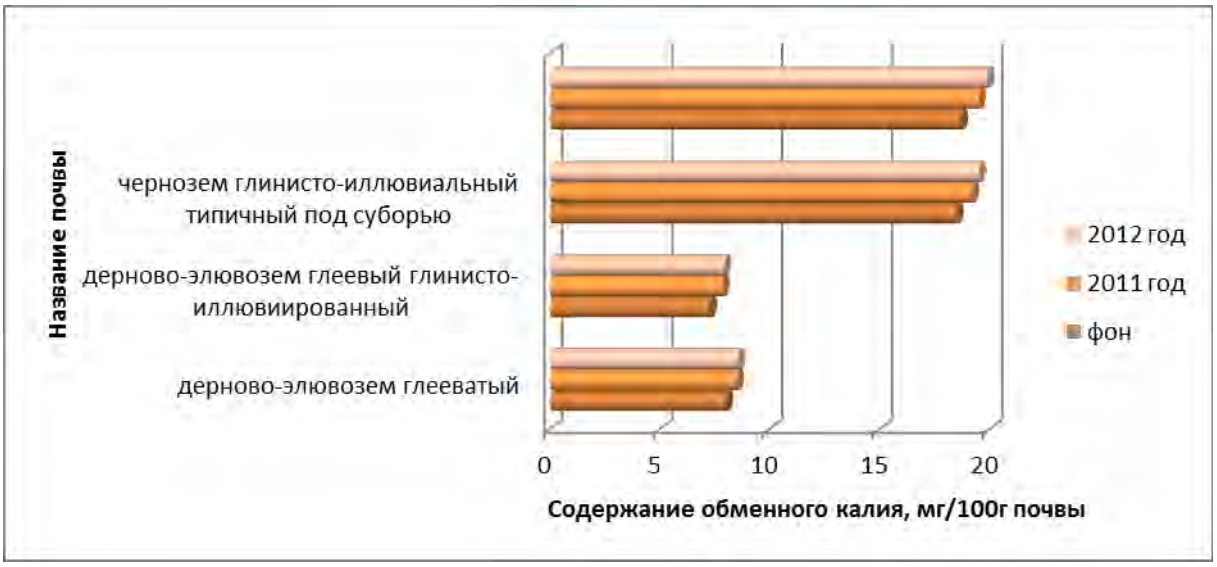


Рис. 4. Содержание в исследуемых почвах обменного калия, мг/100 г почвы. **Fig. 4.** The contents in studied soils of exchange potassium, mg / 100 g of the soil.

Пирогенный фактор оказал влияние на содержание обменных катионов в почвенно-поглощающем комплексе, в сторону их снижения, за счет перехода части обменных оснований в нерастворимую форму $CaCO_3$. Содержание обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в слое 0-10 см дерново-элювоземе глееватом сократилось на 14.1 % относительно фоновых почв. В почвах под березняком наблюдается та же закономерность. В верхнем слое почвы их содержание уменьшилось на 12.1%. После воздействия лесного пожара в 2011 году в черноземе глинисто-иллювиальном типичном мы наблюдали уменьшение в содержании обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в слое 0-10 см как в субори, так и в широколиственном лесу на 4.08% и на 4.68%. В 2012 году содержание обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в слое 0-10 см для всех исследованных почв не изменялось по сравнению с первым годом после пирогенного воздействия. Степень насыщенности почв основаниями после пирогенного воздействия возросла в слое 0-10 см во всех исследованных почвах чему способствовало снижение гидролитической кислотности.

В Усманском бору были описаны формации: березовая со следующими сообществами: 1) березняк щавелево-мелколепестниковый (*Betula pendula–Erigeron canadensis+Rumex acetosella*) с.ш. 51°48'33.4" в.д. 39°24'3.1"; 2) березняк разнотравный (*Betula pendula±variiherbitas*) с.ш. 51°48'30.1" в.д. 39°23'58.4" и сосновая с сообществами: 1) сосняк разнотравный (*Pinus sylvestris±variiherbitas*) с.ш. 51°48'37.4" в.д. 39°23'42.6"; 2) сосняк мелколепестниковый (*Pinus sylvestris-Erigeron canadensis*) с.ш. 51°48'39.6" в.д. 39°23'39.2".

В Задонском районе описана сосновая формация, включающая 11 растительных сообществ: 1) березово-сосновое малиново-мятликовое (*Betula pendula+Pinus sylvestris−Rubus idaeus−Poa angusnidolia)* с.ш. 52°30'37.3" в.д. 38°57'28", 2) березяняк малинниково-вейниковый (*Betula pendula−Rubus idaeus−Calamagrostis epigeies*) с.ш. 52°30'38.4" в.д. 38°57'28.6" 3) сосновое-полевицевое (*Agrostis* canina−*Pinus sylvestris*) с.ш. 52°30'38.5" в.д. 38°57'28.4"; 4) березовое малиновое (*Betula pendula−Rubus idaeus*) с.ш. 52°30'38.6" в.д. 38°57'28.2"; 5) сосновое полевицево-земляничное (*Fragaria vesca−Agrostis canina−Pinus sylvestris*) с.ш. 52°30'38.8" в.д. 38°57'28.9"; 6) рябиново-малиновое разнотравное (*Rubus idaeus–Sorbus aucuparia+variiherbitas*) с.ш. 52°30'39.1" в.д. 38°57'30.1"; 7) малиновое разнотравное (*Rubus idaeus+variiherbitas*) с.ш. 52°30'39.2" в.д. 38°57'30.3"; 8) сосновое недотроговое (*Impatiens noli-tangere–Pinus sylvestris*) с.ш. 52°30'40.0" в.д. 38°57'31.6"; 9) рябиновое земляничное (*Sorbus aucuparia−Fragaria vesca*) с.ш. 52°30'40.1" в.д. 38°57'31.7"; 10) рябиновое пырейное (*Sorbus aucuparia−Elytrigia repens*) с.ш. 52°30'0.5" в.д. 38°57'31.9"; 11) малиново-

черемухово-караганниковое (*Caragana arborescens*−*Padus racemosa*−*Rubus idaens*) с.ш. 52°30'37.5" в.д. 38°57'33.4". Березовая формация представлена следующими сообществами: 1) березняк полевицевый (*Betula pendula*−*Agrostis gigantea*) с.ш. 52°30'36.4' в.д. 38°57'24.8"; 2) кленово-березовое полевицевое (*Betula pendula*−*Acer tataricum*−*Agrostis gigantea*) с.ш. 52°30'36.1" в.д. 38°57'24.5"; 3) ясенево-березовое мятликовое (*Betula pendula*−*Fraxinus excelsior*−*Poa nemoralis*) с.ш. 52°30'36.1" в.д. 38°57'24.5"; 4) кленово-акациевое полевицевое (*Caragana arborescens*+*Acer negundo*−*Agrostis gigantea*) с.ш. 52°30'36.6" в.д. 38°57'24.6"; 5) акациево-березовое разнотравное (*Betula pendula*−*Caragana arborescens*±*variiherbitas*) с.ш. 52°30'36.3" в.д. 38°57'24.7".

Дадим характеристику растительного покрова анализируемых пирогенных и фоновых лесных массивов Усманского бора Воронежской области и Задонского района Липецкой области. В Усманском бору изучаемые растительные сообщества (табл.) сосновой и березовой формаций включают 35 видов сосудистых растений из 30 родов 23 семейств 2-х отделов Pinophyta и Magnoliophyta. Такие показатели пирогенных фитоценозов как: малая видовая насыщенность семейства – 1.5 вида, рода – 1.2 вида, видовое обилие sp. (редко), sol. (единично), общее проективное покрытие до 50%, констатируют высокую степень их трансформации.

Наблюдается полное отсутствие лесных элементов флоры, кроме *Polygonatum odoratum* и *Origanum vulgare* в пирогенных фитоценозах. Произошло активное внедрение сорного вида *Erigeron canadensis*, интенсивное разрастание *Chelidonium majus* и расселение *Chamaenerion angustifolium*, который является первопоселенцем пирогенных экотопов. На осветленных местах хорошо развивается *Calamagrostis epigeios*. Ярусная структура фитоценоза полностью изменена. Особенно пострадала от пожара *Pinus sylvestris*, обгоревшие стволы имеют средний диаметр 30-40-60 см, высоту до 40 м. На площади в один ар в среднем отмечается сухостойных деревьев – 32, вегетирующих – 9, ветровальных – 35, со средним диаметром стволов до 35-45 см и высотой до 30 м. Порослевое восстановление древесных пород отсутствует. В некоторых местах травянистый покров представлен одним ярусом из *Erigeron canadensis*. Сведения о современном состоянии растительного и почвенного покрова данного пирогенного участка бора может выступать в качестве индикатора степени трансформации экосистем и составят основу длительных мониторинговых исследований..

В пирогенной формации *Betula pendula* на площади в один ар насчитывается сухостойных деревьев – 22, вегетирующих – 19, ветровальных – 14 со средним диаметром стволов 35 см и высотой до 30 м. На фоновом участке площадью в один ар отмечены 3 сухих дерева сосны обыкновенной, 86 – вегетирующих со средним диаметром ствола 40 см, высотой до 28 м.

В Задонском районе Липецкой области на изучаемых участках леса с черноземом глинисто-иллювиальным типичным выявлено 97 видов сосудистых растений из 76 родов 33 семейств и 2-х отделов Pinophyta и Magnoliophyta (табл. 1). В одном семействе в среднем насчитывается – 2.9 вида, а рода – 1.3. Такие показатели пирогенных фитоценозов как видовое обилие sp. (редко), sol. (единично), видовая насыщенность от 10 до 37 видов на аре, общее проективное покрытие от 40% до 50% констатируют отрицательное влияние пирогенного фактора на лесные экосистемы. Активно расселились сорные растения – *Sonchus arvensis*, *Erigeron canadensis*, *Lapsana communis*, *Berteroa incana* и пирофитный вид – *Chamaenerion angustifolium*, уменьшилась встречаемость лугово-степных – *Trifolium pratense*, *Elytrigia repens*, видов рода Agrostis. На осветленных местах в хорошем фитоценотическом состояние находятся: *Fragaria vesca*, *Chelidonium majus*, виды рода Viola, *Rumex acetosella*, *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*, *Geranium robertianum*.

На фоновом участке в формации Betula, наблюдается повышенная гидроморфность почвы и спораедическое преобладание следующих видов растений: *Caragana arborescens Lam.*, *Impatiens noli-tangere*, *Trifolium pratense L.*, *Poa angustifolia*, *Chelidonium majus L.*, *Geranium robertianum L.* Идет порослевое восстановление деревьев: *Betula pendula*, *Quercus robur*, редко появляются всходы *Pinus sylvestris*. В некоторых местах *Rubus idaeus* образует сплошные заросли. Сохраняется в основном структура и трех ярусное строение фитоценозов.

Точная привязка пробных площадей с указанием их расположения по данным GPS закладывает первичную основу для динамики и мониторинга по изучению сукцессий в региональных пирогенных лесах.

Таблица. Характеристика видового состава растений фитоценозов фоновых и пирогенных участков лесов Воронежской и Липецкой областей. **Table.** Characteristic of species composition of phytocoenoses in test and fire-induced forest sites in Voronezh and Lipetsk areas

Название растений	Название растительных формаций			
	Усманского бора (фоновый/пирогенный участок)		Задонского района (фоновый/пирогенный участок)	
	Сосновая формация	Березовая формация	Сосновая формация	Березовая формация
1	2	3	4	5
Отдел 1. Pinophyta				
1. Pinaceae				
Pinus sylvestris L.	sp./un.	un./sol.	sol./un.	-/-
Отдел 2. Magnoliophyta				
2. Aceraceae				
Acer negundo L.	sol./-	-/-	sol./sol.	sp./sol.
Acer platanoides L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Acer tataricum L.	sol./-	-/-	-/-	sp./-
Acer campestre L.	sol./-	-/-	-/-	-/-
3. Betulaceae				
Betula pendula L.	sol./-	sol./un.	un./un.	sp./un.
4. Caprifoliaceae				
Sambucus racemosa L.	-/-	-/-	un./-	un./-
Lonicera xylosteum L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
5. Celastraceae				
Euonymus verrucosa L.	sp./-	-/-	-/-	un./-
6. Fabaceae				
Caragana arborescens Lam.	sp./-	-/-	sp./-	sp./-
Coronilla varia L.	-/-	-/-	un./-	-/un.
Medicago falcata L.	-/-	-/-	-/sol.	-/un.
Onobrychis arenaria (Kit.) DC	-/-	-/-	un./-	un./-
Trifolium pratense L.	-/-	-/-	sol./-	sp./-
7. Fagaceae				
Quercus robur L.	sol./-	un./-	un./-	un./-
8. Rosaceae				
Agrimonia eupatoria L.	-/-	-/-	sol./-	-/-
Agrimonia pilosa Ledeb	-/-	-/-	-/un.	-/-
Filipendula vulgaris Moench	-/-	-/-	un./-	un./-
Fragaria vesca L.	-/-	-/-	un./-	sp./un.
Malus praecox (Pall.) Borkh.	-/-	-/-	-/-	un./-
Malus sylvestris (L.) Mill.	-/-	-/-	-/-	-/un.
Padus avium Mill.	-/-	-/-	-/un.	un./-
Potentilla argentea L.	-/-	-/-	-/-	un./-
Pyrus communis L.	-/-	-/-	-/-	-/un.
Rubus caesius L.	-/-	-/-	sp./un.	-/-
Rubus idaeus L.	-/-	-/-	cop./un.	-/-
Sorbus aucuparia L.	sp./-	-/-	sp./un.	-/-
9. Oleaceae				
Fraxinus excelsior L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
10. Salicaceae				
Salix caprea L.	-/-	sol./-	-/-	un./-
11. Apiaceae				
Carum arvi L.	-/-	-/-	-/-	sol./-
Eryngium planum L.	-/-	-/-	un./-	-/-
Oreoselinum nigrum Delarbre	-/-	sp./-	-/-	-/-
12. Araceae				
Scirpoides holoschoenus (L.) sojak	-/-	un./-	-/-	-/-
13. Asteraceae				
Achillea millefolium L.	-/-	-/-	un./-	un./-
Achillea nobilis L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Artemisia austriaca Jacq.	-/-	-/-	-/sol.	-/un.

1	2	3	4	5
Artemisia vulgaris L.	-/-	-/-	un./-	-/un.
Carduus acanthoides L.	-/-	-/-	sol./-	un./-
Carlina biebersteinii Bernh.	-/-	-/-	un./-	-/-
Cirsium arvense L.	-/-	-/-	sol./un.	-/un.
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	-/-	-/-	-/un.	-/un.
Erigeron annuus (L.) Pers.	sp./-	-/-	-/sol.	-/un.
Erigeron canadensis L.	-/cop[2].	-/sp.	cop./sp.	-/-
Helichrysum arenarium L.	-/-	-/-	-/sol.	-/-
Hieracium echioides Lumn.	-/-	-/-	-/un.	-/un.
Hieracium pilosella L.	-/-	-/-	sol./-	-/-
Hieracium umbellatum L.	sol./-	sp./-	-/sol.	un./-
Inula britannica L.	-/-	-/-	-/un.	-/un.
Lactuca tatarica (L.) C.A. Mey.	-/-	-/-	un./-	sol./-
Lapsana communis L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Picris hieracioides L.	-/-	-/-	-/un.	sol./un.
Solidago virgaurea L.	-/-	sp./ sol.	-/-	-/un.
Sonchus arvensis L.	-/-	-/-	-/-	un./un.
Tanacetum vulgare L.	-/-	-/-	sol./-	un./-
14. Balsaminaceae				
Impatiens noli-tangere L.	-/-	-/-	sp./-	sp./-
15. Brassicacea				
Berteroa incana (L.) DC.	-/-	-/-	sol./un.	sol./un.
Erysimum cheiranthoides L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Sisymbrium strictissimum L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
16. Boraginaceae				
Echium vulgare L.	-/-	-/-	sol./-	sol./-
17. Campanulaceae				
Campanula rotundifolia L.	-/sol.	-/-	-/-	un./-
18. Caryophyllaceae				
Cucubalus baccifer L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Gypsophila paniculata L.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Silene nutans L.	sol./-	-/-	-/-	-/-
Steris viscaria (L.) Rafin.	-/-	sp./-	-/-	-/-
19. Crassulaceae				
Sedum telephium L.	-/-	sol./-	un./-	-/-
20. Cyperaceae				
Carex caryophyllea L.	sol./-	-/-	-/-	-/-
Carex contigua Hoppe	-/-	-/-	un./-	un./-
21. Euphorbiaceae				
Euphorbia virgata Waldst et	-/-	-/-	sol./-	sp./-
22. Geraniaceae				
Geranium robertianum L.	-/-	-/-	sp./-	sol./-
23. Hypericaceae				
Hypericum perforatum L.	-/-	-/-	un./-	sp./un.
24. Lamiaceae				
Acinos arvensis (Lam.) Dandy	-/-	-/-	un./-	-/-
Betonica officinalis L.	sol./-	-/-	-/-	-/-
Origanum vulgare L.	-/ sol.	-/-	-/-	sp.-sol./-
Stachys recta L.	-/-	-/-	-/-	sol./-
25. Liliaceae				
Polygonatum odoratum Mill.	sol./sol.	sp./-	-/-	-/-
Convallaria majalis L.	sp./-	-/-	-/-	-/-
26. Onagraceae				
Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.	-/-	-/cop.	-/sp.	-/-
27. Papaveracea				
Chelidonium majus L.	sp./sp.	-/-	sp./-	-/-
28. Poaceae				
Agrostis canina L.	-/-	-/-	sp./sol.	-/-
Agrostis gigantea Roth	-/-	-/-	-/-	cop./-
Agrostis syreischikowii P. Smirn.	-/-	sp./sp.	un./-	-/-
Agrostis tenuis Sibth.	-/-	-/-	un./-	sol./-

1	2	3	4	5
Bromus arvensis L.	-/-	-/-	-/-	un./-
Calamagrostis arundinacea L.	sp./-	-/-	sp./sol.	sol./un.
Calamagrostis canescens (L.) Roth.	-/-	-/-	sol./-	un./-
Calamagrostis epigeios L.	sp./-	sp./sp.	sp./-	sp./-
Elytrigia repens (L.) Nevski	-/-	-/-	sp./-	sol./-
Festuca altissima All.	-/-	-/sp.	-/-	-/-
Festuca beckeri (Hackel) Trautv.	sol./-	-/sp.	-/-	-/-
Festuca pratensis Huds.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Koeleria glauca (Spreng.) DC.	-/-	-/-	un./-	-/-
Melica transsilvanica Schur.	-/-	-/-	un./-	-/-
Poa angustifolia L.	-/-	-/-	un./-	sp./-
Poa nemoralis L.	-/-	-/-	sp./-	sp./un.
29. Plantaginaceae				
Plantago lanceolata L.	-/-	-/-	-/un.	-/un.
Plantago major L.	-/-	-/-	un./-	-/-
30. Polygonaceae				
Rumex acetosella L.	-/-	sp./ cop[3].	-/-	sp./-
31. Primulaceae				
Lysimachia vulgaris L.	-/-	-/+	-/un.	-/-
32. Rubiaceae				
Galium mollugo L.	-/-	-/-	un./-	un./-
Galium verum L.	-/-	-/-	sol./-	un./-
33. Scrophulariaceae				
Linaria vulgaris Mill.	-/-	-/-	-/un.	un./-
Melampyrum nemorosum L.	-/-	sol./-	-/-	-/-
Veronica anagallis-aquatica L.	-/-	-/-	-/-	un./-
Verbascum orientale Bieb.	-/-	-/-	-/un.	-/-
Veronica spicata L.	-/-	-/-	un./-	un./-
34. Violaceae				
Viola canina L.	-/-	-/-	-/sol.	sol./-
Viola odorata L.	-/-	-/-	-/sol.	-/-
Viola rupestris Schmidt	-/-	-/-	sp./-	sp./-
35. Urticaceae				
Urtica dioica L.	-/-	-/-	sp.-cop[2]./-	sol./sol.
Видовая насыщенность	20/6	15/11	52/39	51/23

Заключение

В верхнем 0-10 см горизонте различных типов почв ЦЧР на следующий год после лесного пожара происходят потери гумуса в среднем на 1.5%, что в относительных процентах составляет 29.8% и азоторганических веществ в среднем на 27.5%, что связано с непосредственным разрушением органических веществ под действием высоких температур. Особенно ярко выражены потери гумуса и щелочногидролизуемого азота в 0-10 см слое. После пирогенного воздействия происходит значительное подщелачивание почвенного раствора, pHводн. увеличивается во всех исследованных почвах в среднем на единицу, наблюдается увеличение содержания зольных элементов P_2O_5 и K_2O в среднем на 12.8% и 5.5% соответственно в верхнем 0-10 см слое из-за высокого содержания их в золе, образовавшейся после лесного пожара.

Пирогенное нарушение лесных сообществ приводит к развитию начальной сукцессионной стадии, с доминированием иван-чая узколистного – *Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.*, малины обыкновенной – *Rubus idaeus L.*, чистотела лекарственного – *Chelidonium majus L.* на черноземе глинисто-иллювиальном типичном и мелколепестника канадского – *Erigeron canadensis L.* на песчаных почвах. Полученные результаты составляют основу для изучения динамики сукцессионных стадий региональных пирогенных лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова К.И., Казакова М.В., Новиков В.С. 1996. Флора Липецкой области. М.: Аргус. 376 с.

Бармин А.И., Голуб В.Б., Дормидонтова Г.Н., Лысенко Г.М. 2004. Оценка динамики травяной растительности Волго-Ахтубинской поймы во второй половине 20 столетия // Аридные экосистемы. Т. 10. № 21. С. 50-56.

Валяев В.Н. 1971. Смена сосны елью в Карелии и ее проблемы // Лесоведение. №1. С. 3-11.

Воробьева Л.А. 1998. Химический анализ почв. М.: МГУ. 272 с.
Гамун М., Ханчи Б., Неффати М. 2012. Динамика растительных сообществ на сахарских пастбищах в Тунисе // Аридные экосистемы. Т. 18. №2. С. 54-61.
Громцев А.Н. 2000. Ландшафтная экология таежных лесов: теоретические и прикладные аспекты. Петрозоводск. 160 с.
Димеева Л.А. 2011. Закономерности первичных сукцессий Каспийского побережья // Аридные экосистемы. Т. 17. №3. С. 49-63.
Фролова С.В. Доклад о государственном надзоре и контроле за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2010 году. 2011. Доклад. Воронеж. 131 с.
Исаченко Т.И., Лавренко Е.М. 1980. Ботанико-географическое районирование // Растительность Европейской части СССР. Л. С. 10-20.
Камышев Н.С. 1963. Опыт систематизации фитоценозов Центрального Черноземья // Изв. Воронеж. Отделения Всесоюзн. бот. о-ва. Вып. 2. С. 35-41.
Камышев Н.С. 1964. К теории систематики и географии фитоценозов // Научные записки Воронежск. отделения Всесоюзного бот. о-ва. Воронеж. Вып. 3. С. 27-33.
Климатические ресурсы Центрально-Черноземной, Брянской и Орловской областей. 1978. Л.: Гидрометеоиздат. С. 5-9.
Лавренко Е.М. 1942. О провинциальном расчленении Евроазиатской степной области // Ботанический журн. Т.27. №6. С. 36-50.
Лебедева Н.В., Ильина Л.П., Пономарев А.В., Савицкий Р.М. 2011. Влияние пастбищной нагрузки на трансформацию сухостепных экосистем в долине Маныча // Аридные экосистемы. Т. 17. № 4(49). С. 83-94.
Листов А.А. 1980. Формирование возрастной структуры древостоев в лишайниковых борах Европейского Севера // Лесное хозяйство. № 8. С. 25-29.
Мелехов И.С. 1980. Лесоведение. М. 408 с.
Мильков Ф.Н., Михно В.Б., Поросенков Ю.В. 1994. География Воронежской области. Воронеж: Изд-во ВГУ. 130 с.
Самойлова Е.М. 1983. Рыхлые осадочные породы. Почвообразующие породы. М.: Изд-во МГУ. С. 47-86.
Скользнева Л.Н. 2011. Влияние пожара 2010 года на состояние редких видов растений в урочище Морозова гора // Редкие виды грибов, растений и животных Липецкой области: Информационный сборник материалов. Выпуск 4. Воронеж. Научная книга. 204 с.
Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области в 2010 г. 2011. Доклад. Липецк, 192 с.
Сукачев В.Н. 1975. Избранные труды. Проблемы фитоценологии. Л. Т. 3. 544 с.
Флора Европейской части СССР. 1974. Л.: Наука. Т.1. 404 с.
Хмелев К.Ф. 1992. Программа исследования пространственно-временных флуктуаций биоценозов и экосистем Усманского бора // Состояние и проблемы экосистем Усманского бора. Воронеж. С. 114-118.
Чибилев А.А. 1999. Стратегия сохранения природного разнообразия в Российско-Казахстанском приграничном регионе // Аридные экосистемы. Т. 5. № 10. С. 28-35.
Drude O. 1913. Die Okologie der Pflanzen // Braunschweig. Цит. по: Шмитхюзен Й. 1966. Общая география растительности. М.: Прогресс. 74 с.

THE EFFECT OF FIRE ON SOIL AND VEGETATION OF THE FORESTS OF CENTRAL CHERNOZEM REGION OF RUSSIA

© 2014. J.S. Gorbunova, T.A. Devyatova, A.Y. Grigorjevskaya

Voronezh State University
Russia, 394006 Voronezh, Universitetskaya Square 1. E-mail: gorbunova.vsu@mail.ru, devyatova@bio.vsu.ru, grigaya@mail.ru

Change of structure and properties of soils and structure of a vegetable cover in the woods of the Central Chernozem Region Russia (CCRR) after a fire 2010 is for the first time considered. In soils decrease in the content of organic substance and compounds of shchelochnogidrolizuyemy nitrogen against increase in the maintenance of cindery elements (P2O5, K2O) is established. Extent of phytodiversity transformation and development of an initial stage of fire-induced succession is noted.
Keywords: CCR woods, structure, forest fire, soils, vegetable cover, fire-induced succession.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 86-92

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 523.745:550:38:631.559(470.56)

ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ УРАЛА НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ

© 2014 г. В.Е. Тихонов, А.А. Неверов

Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Федерального агентства научных организаций
Россия, 460051 Оренбург, проспект Гагарина, д. 27/1. E-mail: nevalex2008@yandex.ru

Поступила 21.01.2014

Решение проблемы базировалось на современных знаниях ритмики солнечно-земных связей. Прогнозные оценки урожайности моделировались с применением метода нейронных сетей (многослойные персептроны в задаче прогнозирования временного ряда) и метода остаточных отклонений в совокупности с методом наложения эпох. За три года исследований получены обнадёживающие результаты по прогнозированию урожайности. Заблаговременное прогнозирование урожайности позволяет в годы засух предотвратить необоснованные затраты энергоресурсов, исчисляемые миллиардами рублей в одной только Оренбургской области.

Ключевые слова: засуха, ритмика временных рядов, методы описания нелинейных связей, прогноз урожайности.

Засухи 2009, 2010, 2012 и 2013 годов показали, что для АПК Оренбургской области (как и для всей степной зоны России) на первый план выступает наличие информации о погоде и урожайности на предстоящий год. В русских летописях XVII – XIX вв. зафиксировано около 60 засух, т.е. на столетие – 20. Наиболее сильные засухи, которые отмечались на территории Русской равнины в XIX веке: 1833, 1834, 1840, 1848, 1859, 1865, 1876, 1881-1883 и 1890-1892 гг. Все они сопровождались голодом и крупными лесными пожарами (А.И. Климентьев, 2010).

Мы только что пережили жесточайшие засухи 2010 и 2012 годов, которые сильно напоминали засуху 1921 года. Поэтому по интенсивности засухи, времени её наступления и продолжительности эти годы не являются уникальными. Кроме того, катастрофические засухи наблюдались в Оренбургской области в 1967, 1975, 1995, 1998, 2005, 2009 гг. В такие годы никакая технология и никакая современная техника не способны восполнить дефицит атмосферной влаги.

Ежегодный ущерб для агропромышленного комплекса от подобных засух составляет несколько миллиардов рублей. Поэтому актуальность проблемы прогнозирования засух не подлежит сомнению.

Цель исследования – выявить совокупность циклических и периодических вариаций, обуславливающих ритмику временных рядов урожайности зерновых культур в степном Предуралье. Задача решалась путём использования различных стохастических алгоритмов аппроксимации длительных рядов урожайности яровой пшеницы, ячменя и озимой ржи.

Материалы и методы

1. Для учёта влияния суперпозиции природных ритмов на урожайность сельскохозяйственных культур авторами данной статьи была создана оригинальная компьютерная программа «ПРОГНОСТИК». Основа программы – матрица периодических и циклических компонент для реализации анализа ритмики динамических рядов. Количество циклов в матрице не ограничено. Анализ ритмики состоит из решения ряда задач по размещению и перестановкам циклов в модели, а также формирование, обучение и тестирование выборок временного ряда.

2. Кроме того, использовался программный продукт «СТАТИСТИКА 6.1. Нейронные сети» для аппроксимации временного ряда по одной и той же переменной на входе и выходе (многослойный персептрон), использовались логистические функции активации нейронов.

Из большого количества моделей урожайности зерна выбирались до десяти наилучших. Из них создавался ансамбль, в котором прогнозируемая урожайность наиболее близка к фактическому ряду наблюдений.

Поиск циклов и периодов для включения в матрицу программы «Прогностик» проводился по литературным источникам (Х.Т. Мерс, Л. Шламмингер, 1982; Н.Н. Завалишин, 1983; Нгуен Тхи Ким Тхоа, 1984; Б.И. Сазонов, 1987; В.А. Понько, 1991; О.В. Пономарёвой, 2007, 2008, 2011; Плазменная гелиогеофизика, 2008; Л.М. Акимов 2012, 2013; С.В. Авакян, 2013.

Полученные результаты и обсуждение

Фактически, к настоящему времени сложился раздел научных знаний, называемый «плането-солнечно-земные связи», который предполагает изучение совокупности всех возможных взаимодействий гелио- и геофизических явлений, включая воздействие планет на Солнце, приводящее к модуляции солнечной активности.

Так, солнечные пятна являются самым известным объектом на Солнце, а 11-летний солнечный цикл, вероятно, является самым известным квазипериодическим явлением на Солнце, а может быть, и в астрофизике вообще (Плазменная …, 2008).

Но отнюдь не все процессы на Солнце, даже те из них, которые тоже имеют 11-летнюю периодичность, совпадают с циклом пятен по фазе. Средний период изменения числа солнечных пятен, часто отождествляемый с периодом солнечной активности вообще, составляет 11.1 лет. На самом деле этот «период» изменяется в довольно широких пределах, были циклы несколько длиннее или короче 11 лет, в XX в. средний период составил 10.4 г. Надо всегда иметь в виду, что в целом ряде случаев нет причинно-следственной связи между разнообразными явлениями на Солнце и основными фазами цикла солнечных пятен, а непосредственным агентом, вызывающим то или иное явление на Земле, являются не пятна, а другие объекты на Солнце. Солнце имеет 9 спутников-планет, суммарная масса которых составляет всего лишь 0.13% массы Солнца, но на них приходится около 98% момента количества движения всей Солнечной системы (Плазменная гелиогеофизика, 2008).

Под гравитационным воздействием со стороны планет Солнце вынуждено совершать достаточно сложное переменное движение вокруг центра масс Солнечной системы (ЦМСС, т.е. барицентра), в результате чего орбиты планет не могут оставаться строго гелиоцентрическими, поскольку центр тяжести Солнца (ЦТС) может не совпадать с фокусами эллиптических траекторий планет (Константиновская, 2000).

В соответствии с работами Р.Ф. Усманова (1974), В.А. Понько (1983, 1991), О.В. Пономарёвой (2007, 2008), планетам отводится роль первоисточника вариаций, как солнечной активности, так и циклическим процессам на Земле (периодическое движение полюса Земли, т.е. прямая связь: планеты – Земля). Авторы также указывают на то, что цикличность, наблюдаемая в орбитальном движении Луны, проявляется и в колебаниях полюса Земли. Так, узлы лунной орбиты непрерывно перемещаются по эклиптике к западу, совершая полный оборот за 18.613 г.; перигей лунной орбиты движется к востоку, совершая оборот за 8.85 г., в результате такого встречного движении соединения узла лунной орбиты с перигеем Луны происходит ровно через 6 лет.

В работе О.В. Пономарёвой (2008) определена ответственность планет земной группы за изменение числа солнечных пятен с периодами: T = 11.083 лет; T = 8 лет; T = 6.78 лет; T = 1.61 лет, которые, по утверждению автора, можно считать универсальными гелиофизическими константами. В нашем понимании, их влияние на земные процессы происходит по «каналам обратной связи», т.е. планеты – Солнце – Земля. Кроме того, Юпитер в составе планет-гигантов ответственен за «долгопериодные» циклы солнечной активности, кратные среднему периоду T = 11.85 лет.

Цитируя ряд работ, рассматривающих возможность влияния переменного во времени гравитационного взаимодействия на Солнечную систему, О.В. Пономарёва (2011), рассматривает модель влияния гравитационных волн, излучаемых барицентрами планетных групп Солнечной системы, на изменение формы Земли; что, в свою очередь, связано с вариациями гравитационной постоянной (ГП) и геодинамическими показателями: периодическим движением полюса Земли (ПДП), вариациями длительности суток (LOD) и сейсмической активностью Земли. В заключении автор пишет: «Исследования вариаций гравитационной постоянной позволяет сделать вывод о переменности ГП, связанной не только с галактическими процессами и текущими изменениями в конфигурации планет Солнечной системы, но и с влиянием гравитационного поля планет на динамику формы Земли… Гравитационные массы, движущиеся с переменным ускорением (при

движении планет по «кеплеровским» орбитам ускорение всегда переменно), излучают гравитационные волны, которые, воздействуя на тела, вызывают деформацию последних.» (с. 376).

В работе С.В. Авакяна (2013) предложен механизм трёхступенчатого триггерного воздействия факторов солнечно-геомагнитной активности на тропосферные характеристики. Это позволило автору рассматривать в качестве основы воздействий солнечной вариабельности на погодно-климатические характеристики ионизирующее излучение солнечных вспышек и корпускулярные высыпания при геомагнитных возмущениях, поскольку эти факторы солнечно магнитной активности – вспышки и геомагнитные бури – превалируют по энергетике, и, главное, по частоте повторяемости при сравнении с космическими лучами, как галактическими, так и солнечными. Автор утверждает, что по статистике распределения крупных солнечных вспышек и мировых магнитных бурь появляется возможность выявлять вариации в температуре приземного воздуха и интенсивности осадков в интервале 2-5.5 лет. Для статистики таких событий внутри 11-летнего цикла можно оценочно считать, что между максимумами значимых солнечных вспышек проходит 2-4 года, а для геомагнитных бурь этот период шире – 2-6 лет (Авакян, 2013).

Для расчёта прогнозных оценок урожайности сельскохозяйственных культур методом остаточных отклонений в совокупности с методом наложения эпох (Игуменцев и др., 1990) нами были использованы циклы, вошедшие в матрицу программы «Прогностик», включающие в себя ритмику солнечной (в числах Вольфа) и геомагнитной (индексы в нанотеслах) активности, гелиофизические константы солнечной активности, лунные периоды, орбитальные циклы планет Солнечной системы, «квазисингулярные» состояния движения географического полюса Земли, а также циклы спектра Фурье по ряду урожайности определенной культуры за последние 120 лет наблюдений. Матрица циклов в программе «Прогностик» является «ноу-хау» авторов данной статьи. Предполагается, что некоторые из циклов или многие ответственны за реальную ритмику процессов в биосфере в степной зоне Урала. При этом учитывался один из основополагающих тезисов В.И. Вернадского (1991, с. 95): «Основная и решающая часть научного знания – факты и их крупные и мелкие эмпирические обобщения. Научные теории и гипотезы не входят, несмотря на их значение в текущей научной работе, в основную и решающую часть научного знания. Основное значение гипотез и теорий – кажущееся».

Оптимальная фаза скользящего осреднения тренда в процессе обучения моделей определяется программой в автоматическом режиме.

В качестве примера в таблице 1 показаны результаты моделирования прогнозных оценок урожайности яровой пшеницы на базе элементарных периодических и циклических составляющих временного ряда, обозначенных выше как отражающие (предположительно) реальные события для производственных посевов ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ (п. Чебеньки Оренбургского района Оренбургской области).

Совокупность циклов ритмики планет и гелиофизических констант, вошедших в структуру модели таблицы 1, представлена ниже. Длительность циклов и гелиофизических констант выражена в годах:

1.16; 18.61Л; 7.4к; 6.778; 11; (7+5)Л; 7+8; 25.2к; 19.85к; 19Л; 17; 13.25к; 8.85Л; 31.8к; 5+6; (8+3)Л; 10+11; 21; 20,

где 7.4к, 25.2к, 19.85к, 13.25к, 31.8к – периоды между «квазисингулярными» состояниями периодического движения географического полюса Земли; 18.61Л, (7+5)Л, 19Л, 8,85Л, (8+3)Л – лунные периоды; 1.16 - период Чандлера; 6.778, 11- циклы универсальных гелиофизических констант и несколько циклов, не имеющих пока точной интерпретации. Например, реальность существования в природе циклов 10.5 (10+11) и 20 лет обсуждается в работе Нгуен Тхи Ким Тхоа (1984). Они входят в спектр вековых вариаций геомагнитного поля. Циклы и периоды в данном случае считаются эпохами, ритмика которых обозначена в матрице программы, рассчитанной на длительные ряды наблюдений.

В этой же таблице показана модель ожидаемой урожайности яровой пшеницы, разработанной в нейронных сетях.

Моделирование, в сущности, представляло собой аппроксимацию огромного количества моделей (десятки и сотни тысяч) и выбор наиболее оптимального варианта.

Ряд наблюдений делится на выборки: обучающая, контрольная и тестовая. В нейронных сетях контрольная выборка назначалась без фиксации внутри ряда наблюдений (случайный повторный выбор).

2010 год – прогнозируется при уже известной величине урожайности и исполняет роль внешнего теста. Полученная модель без коррекции проецируется на 2014 год. Выявление совокупности

ритмических закономерностей, отражающих реальные события, реализуется в модели через тестовую выборку, которая включает 2010-2013 гг.

Таблица 1. Фактические и рассчитанные значения урожайности яровой пшеницы по этапам моделирования и прогноз урожайности на 2014 год. ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ Оренбургская область, Оренбургский район, п. Чебеньки. **Table 1.** Actual and calculated values of the yield of spring wheat on the stages of modeling and forecast yield on the year 2014. OPH «Urozhainoye» Orenburg agricultural research InstituteOrenburg region, Orenburg distrikt, p. Chebenki.

Метод остаточных отклонений				Метод нейронных сетей			
совокупность циклов ритмики планет и гелиофизических констант				многослойные персептроны в задаче прогнозирования временного ряда			
Урожайность, центнер с 1 гектара							
годы	факт	модель	выборка	годы	факт	модель	выборка
1950	9.1	9.2	обучающая	1950	9.10	9.23	обучающая
1951	4.5	4.5		1951	4.50	4.49	
1952	7.5	7.9		1952	7.50	7.95	
1953	10.7	10.9		1953	10.70	10.97	
1954	3.4	3.5		•••	•••	•••	
1955	2.0	2.1		1954	3.4	9.0	контрольная
•••	•••	•••		1960	10.8	7.8	
1998	7.0	7.1		1963	10.7	10.9	
1999	22.6	21.7		1970	19.8	22.8	
2000	18.0	17.2		1983	21.4	20.4	
2001	16.0	15.6		1999	22.6	19.8	
2002	14.5	12.9	контрольная	2000	18.0	14.0	
2003	10.5	11.6		2001	16.0	17.7	
2004	10.0	10.5		2002	14.5	11.1	
2005	4.0	3.6		•••	•••	•••	обучающая
2006	19.8	20.5		2006	19.8	18.6	
2007	14.4	12.6		2007	14.4	15.7	
2008	20.6	19.6		2008	20.6	22.6	
2009	14.5	12.8		2009	14.5	15.0	
2010	3.3	3.9	**тест**	2010	3.3	2.9	**тест**
2011	20.0	20.0	проекция	2011	20.0	21.4	проекция
2012	9.1	10.0		2012	9.1	10.3	
2013	13.5	13.4		2013	13.5	12.5	
2014	-	17.16		2014	-	17.61	
Корреляция = 0.991				Корреляция = 0.940			
Среднее абсолютной ошибки = 0.7 центнер на 1 гектар				Среднее абсолютной ошибки = 1.5 центнер на 1 гектар			

Результаты разработки прогнозных оценок урожайности для различных районов Оренбургской области представлены в таблице 2. Получены близкие результаты прогнозных оценок на 2014 год при использовании разных математических алгоритмов. Это повышает вероятность соответствия ожидаемой и фактической урожайности.

Значительные различия фактических значений урожайности и прогнозных оценок её на 2014 год для Оренбургского района и Оренбургского НИИСХ объясняется более благоприятными погодно-климатическими условиями для территории опытно-производственного хозяйства института (называется ОПХ «Урожайное», 6 тыс. гектар пашни), обусловливающих более высокую эффективность современных технологий возделывания. Оренбургский же район занимает большую территорию с различными ландшафтными особенностями с площадью пашни более 150 тыс. га, на которой функционирует большое количество хозяйствующих субъектов с различными экономическими возможностями. Поэтому многолетняя ритмика временных рядов урожайности зерновых культур для ОПХ и для района формируется под влиянием как различной подстилающей

поверхности для локальных территорий, так и эффективности производственной деятельности отдельных хозяйств.

Таблица 2. Фактические и рассчитанные значения урожайности яровой пшеницы, ячменя и озимой ржи и прогноз урожайности этих культур на 2014 год для двух районов Оренбургской области. **Table 2.** Actual and calculated values of the yield of spring wheat, barley and winter rye and forecast the productivity of these crops for 2014 for two districts of the Orenburg region.

Год	Урожайность, центнер с 1 гектара					
	пшеница яровая		ячмень		рожь озимая	
	модель	факт	модель	факт	модель	факт
Метод остаточных отклонений. Ритмика планет и циклы гелиофизических констант						
Бузулукский район						
2011	10.0	8.1	14.6	15.5	14.6	16.2
2012	4.3	5.2	7.6	7.6	12.4	11.7
2013	4.0	7.7	8.3	8.3	16.8	17.5
2014	10.9	-	23.8	-	19.6	-
Оренбургский район						
2011	8.9	8.9	13.6	13.3	13.7	13.7
2012	1.6	1.8	8.7	7.8	10.4	10.8
2013	3.9	5.1	7.7	7.3	13.2	10.0
2014	13.8	-	17.9	-	20.2	-
Нейронные сети. Многослойные персептроны в задаче прогнозирования временного ряда						
Бузулукский район						
2011	8.9	8.1	16.0	15.5	17.5	16.2
2012	6.3	5.2	9.8	7.6	11.5	11.7
2013	5.7	7.7	9.6	7.3	18.6	17.5
2014	9.6	-	17.3	-	21.8	-
Оренбургский район						
2011	8.20	8.9	12.9	13.3	12.3	13.7
2012	1.8	1.8	7.0	7.8	11.3	10.8
2013	5.5	5.1	8.8	7.3	10.8	10.0
2014	14.3	-	16.5	-	20.3	-

В литературе имеются многочисленные указания на то, что как солнечная, так и геомагнитная активность по разному проявляют себя во времени и в пространстве. В одних районах земного шара влияние этих факторов весьма вероятно, в других оно сведено к минимуму или вовсе отсутствует (Логинов, 1974; Рубашев, 1974; Усманов, 1974). Обобщая в связи с этим литературные данные по изучению многоритмичной структуры агрометеорологических рядов, В.А. Понько (1983) делает вывод о том, что можно выделить пространственные особенности, ареалы распространения тех или иных циклов. Наличие таких ареалов он объясняет с одной стороны зональностью и временными закономерностями общей циркуляции атмосферы, а с другой - местными особенностями подстилающей поверхности (рельеф, почва, растительность) и, возможно, геомагнитного поля. Осмысление этого аспекта проблемы приводит к необходимости разработки прогностических моделей урожайности для ограниченных природных областей, регионов, микрозон, отражающих зональное районирование административных территорий. Это предположение подтверждается для природных зон Южного Урала (Тихонов, 2005).

Для выявления (выделения) реально функционирующих циклов в ограниченных природных регионах степной зоны Урала авторами данной статьи потрачено много лет.

Фактически приходится использовать метод проб и ошибок.

Выводы

Полученные результаты дают основание утверждать, что нами установлены основные совокупности циклов (периодов), отвечающие за формирование реальной ритмики урожайности

озимых и яровых зерновых культур в границах Оренбургской области.

Использование прогностической информации в засушливых условиях Южного Урала даёт возможность принимать управленческие решения по оптимизации, например, соотношения площадей под зерновыми культурами, реализуя таким способом один из путей более эффективного расходования климатических ресурсов влаги. Это соответствует стратегии народно-хозяйственных планов повышения энергетической эффективности сельскохозяйственного производства. Кроме того, позволяет исключить необоснованные затраты на производство сельскохозяйственной продукции в условиях часто повторяющихся засух (т.е. предотвращать ущерб, который исчисляется в каждый год засухи миллиардами рублей). Так, по данным министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Оренбургской области, площадь гибели сельскохозяйственных культур от засухи в 2013 году составила 590.4 тыс. га, сумма затрат оценивается в 1.812 млрд. рублей. Пострадали 724 хозяйства.

Данная работа актуальна не только для степной зоны Юго-Востока и Южного Урала, но и для всей степной зоны Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авакян С.В. 2013. Роль активности Солнца в глобальном потеплении // Вестник Российской академии наук. Т.83. № 5. С. 425-436.

Акимов Л.М. 2013. Выявление циклических колебаний во временном ходе условий увлажнения г. Воронеж // Аридные экосистемы. Том 19. № 4 (57). С. 59-63.

Акимов Л.М. 2012. Использование цепей Маркова для вероятностного прогноза различных условий увлажнения вегетационного периода на примере Воронежа // Аридные экосистемы. Том 18. № 4 (53). С. 28-34.

Вернадский В.И. 1991. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука. 271 с.

Завалишин Н.Н. 1983. Циклические компоненты в динамике планетных конфигураций / Цикличность увлажнения юга Западной Сибири // Науч. - техн. бюлл. СО Новосибирск: РПО СО ВАСХНИЛ, С. 20-38.

Игуменцев А.Ф., Шикота Н.Г., Лазуренко Э.К., Григоренко Г.Ф. 1990. Цикличность погоды и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур. Луганск. 48 с.

Климентьев А.И. 2010. Бузулукский бор: почвы, ландшафты и факторы географической среды. Екатеринбург: УрО РАН. 401 с.

Константиновская Л.В. Солнечная активность. http://www.astronom2000.info/

Логинов В.Ф. 1974.О реальности солнечно-атмосферных связей в проблеме Солнце - нижняя атмосфера / Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды. - Л.: Гидрометеоиздат. С. 19-22.

Мерс Х.Т., Шламмингер Л. 1982. Движение планет, солнечные пятна и климат / Солнечно-земные связи, погода и климат. М.: Мир. С. 222-235.

Нгуен Тхи Ким Тхоа. 1984. История магнитного поля Земли и современные концепции в геологии и геофизике // Будущее науки. М.: Знание. Вып. 17. С. 141-154.

Плазменная гелиогеофизика. 2008. / Под редакцией Л.М. Зелёного, И.С. Веселовского. В 2-х томах. М.: Физматлит. Т. 1. 672 с. Т. 2. 560 с.

Пономарёва О.В. 2011. Связь вариаций гравитационной постоянной с некоторыми геодинамическими показателями. http://www.emsd/ru/konf091011/pdf/junior/07/pdf

Пономарёва О.В. 2008. Роль планет и планетных групп в активности Солнца // Труды региональной научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН. Т.2. С. 212-216.

Пономарёва О.В. 2007. О механизме возмущения периодического движения полюса Земли планетами Солнечной системы // Материалы ежегодной конференции, посвящённой дню вулканолога. ИВиС ДВО РАН. С. 202-213.

Понько В.А. 1991. Геокосмические связи как информационная основа долгосрочного прогнозирования / Вопросы агроэкологического прогнозирования // Науч.-техн. бюлл. СО РАСХН. Новосибирск: РПО СО РАСХН. Вып. 5. С. 19-32.

Понько В.А. 1983. О природе циклов погоды и климата / Цикличность увлажнения юга Западной Сибири / Науч.-техн. бюлл. СО ВАСХНИЛ. Новосибирск: РПО СО ВАСХНИЛ, 1983. № 45. С. 2-20.

Рубашев Б.М. 1974. Проявление долговременных периодов колебаний солнечной активности в атмосферном давлении и температуре / Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды. Л.: Гидрометеоиздат. С. 43-55.

Сазонов Б.И. 1987. К оценке циклических составляющих случайных рядов / Тр. 5-го Всесоюзного совещания по применению статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат. С. 207-212.

Тихонов В.Е. 2005. Засуха в степной зоне Урала / Издание второе, дополненное. Оренбург: ООО «Агентство «Пресса». 347 с.

Усманов Р.Ф. 1974. О роли неоднородностей земной коры при воздействии солнечной активности на атмосферу /

Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды. Л.: Гидрометеоиздат. С. 149-160.

LONG-TERM FORECASTING OF CROP YELDS IN THE STEPPE ZONE OF THE URALS ON THE BASIS OF MODERN METHODS OF ESTIMATION OF SUN-EARTH RELATIONS

© 2014. V.E. Tikhonov, A. A. Neverov

Orenburg scientific research Institute of agriculture of the Federal Agency of scientific organizations
Russia, 460051 Orenburg, Gagarin Avenue, H. 27/1.
E-mail: nevalex2008@yandex.ru

The solution of problem was based on the contemporary knowledge the rhythms of sun-earth connections. The forecast estimations of productivity were simulated with the application of a method of neuron networks (multilayer perceptrons in the forecasting problem of time series) and method of residual deviations in conjunction with the method of the overlay of epochs. In three years of experiments are obtained the encouraging results of forecasting the yield. The advance forecasts yield prevents in the years of droughts the unjustified expenditures of energy resources, countable by billion rubles in one only of the Orenburg region.
Keywords: drought, the rhythm of time series, the methods of description of nonlinear connection, yield forecasts.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 93-98

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 551.509.22 (470.67)

ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА И ПРОДУКТИВНОСТИ ФИТОЦЕНОЗОВ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

© 2014 г. Г.Н. Гасанов*, Т.А. Асварова*, К.М. Гаджиев*, З.Н. Ахмедова*, А.С. Абдулаева*, Р.Р. Баширов*, М.С. Султанахмедов, С.А. Салихов*****

**Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН*
Россия, 367025 Махачкала, ул. М. Гаджиева 45. E-mail: nikuevich@mail.ru
***Отдел математики и информатики ДНЦ РАН*
Россия, 367025 Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.E-mail: Sultanakhmedov@gmail.com
**** Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан*
Россия, 367025 Махачкала, ул. Маркова,33

Поступила 09.12.2013

Рассмотрена динамика испаряемости, коэффициента увлажнения и других климатических показателей за последние 120 лет. Рассчитаны интегралы засушливости и увлажненности территории за 2011-2012 гг., зависимости между ними и накоплением надземной фитомассы по сезонам и годам исследований.

Ключевые слова: испаряемость, коэффициент увлажнения, интеграл увлажненности, видовой состав, накопление фитомассы.

Обоснование исследований

Биологическая продуктивность ландшафтов мира исследуется, начиная с 60-х годов прошлого века, в рамках выполнения «Международной Биологической Программы». Этими исследованиями охвачены более 500 экосистем Евразии, Северной, Южной Америки и Карибского бассейна, Африки, Австралии и Океании (Базилевич, Титлянова, 2008). В таких масштабных исследованиях количественно определить интенсивность и структуру накопления фитомассы применительно к природным зонам или провинциям (не говоря о более мелких почвенно-географических структурах) очень сложно и эти данные носят приближенный характер. Проведенные исследования по этим вопросам у нас в стране А.А. Титляновой (1988) и за рубежом D.A. Clark и др. (2001), несмотря на их территориальную масштабность, полностью не охватывают разнообразие природных ландшафтов. Они не всегда базируются на экспериментальных данных по изучению действия и взаимодействия различных экологических факторов (гидротермических условий, типа почвы, степени и химизма засоления, глубины расположения соленосных горизонтов), обуславливающих формирование биологической продуктивности ландшафтов.

В этой связи актуальным является вопрос о накоплении живого органического вещества в ландшафтах с различными типами почв Юго-Западного Прикаспия (на примере Терско-Кумской низменности), который является важным районом отгонного животноводства для сельскохозяйственных предприятий Дагестана, Чеченской Республики и других сопредельных регионов.

Начиная с 70-х годов прошлого века, выполнено немало исследований по изучению биологической продуктивности экосистем дельты Терека, составлена картосхема биопродуктивности растительных сообществ (Залибеков, Яруллина, 1982; Яруллина, 1983). Проведен сравнительный анализ фитоценотических показателей эфемерово-полынных сообществ, свидетельствующий об усилении деградационных процессов (Муратчаева и др., 2013). Во всех этих исследованиях отмечается усиление аридизации климата в регионе.

Однако эти выводы об ухудшении природных условий за последние годы не базируются на анализе климатических факторов в рассматриваемом регионе, хотя в литературе имеются сведения о том, что эти условия в Прикаспии не ужесточаются, наоборот, смягчаются (Сотнева, 2004; Щербуль, 2006). Очевидно, необходимы дополнительные исследования по определению тренда климатических условий Северо – Западного Прикаспия за продолжительный период времени 100-120 лет, и выявлению их влияния на процессы деградации почв и пастбищных угодий. Результаты этих

исследований позволят оценить роль, дестабилизирующих экосистему природных и антропогенных факторов, каждого в отдельности.

Материалы и методы исследования

Материалом для характеристики климата являются данные метеостанции Кочубей. Характеризовались следующие климатические показатели: сумма месячных осадков, среднемесячные температуры и влажность воздуха, испаряемость, коэффициент увлажнения. Значения испаряемости (E_0) рассчитывали по формуле Н.Н. Иванова (1954):

$$E_0 = 0.028(25+T)^2 x (100-a) \text{ мм/месяц} \quad (1)$$

где Т – температура воздуха, °С, а – относительная влажность воздуха, %.

Коэффициент увлажнения (К) определялся как отношение суммы осадков за год (R) к испаряемости (E_0). Дефицит увлажнения соответствует разности между испаряемостью и осадками.

Исследования первичной продуктивности травяных фитоценозов проводились в Кочубейской биосферной станции Прикаспийского института биологических ресурсов (ПИБР) ДНЦ РАН на трех типах почв: солончаке типичном, светло-каштановой и лугово-каштановой. Экспериментальные участки, площадью по 100 м^2 обнесены железной сеткой во избежание потрав фитомассы скотом. Каждый из участков разбит на 100 постоянных площадок размером по 1м^2 (1м х 1м), полиэтиленовым шпагатом. Такая разбивка сохраняется на весь период проведения экспериментальных исследований с 2011 по 2013 гг. Образцы почвы и фитомассы ежегодно берутся восемь раз: в первой декаде каждого месяца с апреля по ноябрь включительно. Пробы в пределах каждого участка брались с 4 площадок (100 площадок при каждом сроке).

Запасы надземного и подземного растительного вещества учитывались по методике А.А. Титляновой (1988). Надземную массу определяли укосным методом, с выделением фракций: живая фитомасса, ветошь (мертвые части растений, не лишенные связи с растениями), надземная мортмасса (мертвые остатки растений на поверхности почвы, лишенные связи с растениями). Подземную массу определяли в эти же сроки на тех же учетных площадках после скашивания надземной массы до глубины 60 см методом монолита. Размер монолитов 10х10х10 см, повторность 4 кратная. Названия видов растений даны по С.К. Черепанову (1981).

Результаты и обсуждение исследований

По обеспеченности теплом и влагой территория Терско-Кумской низменности относится к областям недостаточного увлажнения умеренного пояса с суммой температур более 10°С 2200-4000°С. Климатические характеристики соответствуют полупустынным условиям и приведены в работах З.Г. Залибекова и Н.А. Яруллиной (1982). К сожалению, испаряемость и коэффициент увлажнения (КУ) территории ранее никем не исследовались. Имеются лишь сообщения, не подтвержденные соответствующими расчетами и анализом, о том, что КУ в Терско-Кумской низменности равен 800-1000 (Щербуль, 2006) или 795 (Яруллина, 1983). Других данных по этому вопросу нет.

Проведенный нами анализ показал значительные изменения основных климатических показателей за последние 60 лет по сравнению с предшествовавшими годами (табл.). Резко (в 1.6 раз) увеличилась относительная влажность воздуха, что, на наш взгляд, связано с масштабным строительством новых оросительных систем (суммарный водозабор только с одного Каргалинского гидроузла 240 м^3/сек, общая площадь орошаемых земель, подкомандных этим системам, 320 тыс. га, увеличилась площадь рисовых оросительных систем в 5-6 раз). Сыграл свою роль и подъем уровня Каспийского моря в 70-90 годы XX века (Сотнева, 2004; Щербуль, 2006). В силу указанных причин, испаряемость здесь за последнее шестидесятилетие снизилась в 1.24 раза, коэффициент увлажнения от экстрааридных (очень сухих) перешел в разряд аридных (сухих) областей.

Таким образом, утверждение о том, что в последние годы на территории Юго-Западной части Прикаспийской низменности усиливается аридизация климата, не соответствует действительности.

Таблица. Метеорологические показатели по Терско-Кумской низменности за периоды 1881-1948гг. и 1951-2010 гг. **Table .** Meteorological parameters on the Terek-Kuma Lowland during the period 1881 - 1948 . and 1951 to 2010 years.

Показатель	1881-1948гг.	1951-2010гг	1951-2010гг. ± к 1881 - 1948гг.
Температура воздуха,°С	11,0	11,6	+0,6
Сумма осадков, мм	292,0	249,5	-42,5
Относительная влажность воздуха, %	46,5	66,0	+19,5
Испаряемость, мм	1681	1350	-331
Коэффициент увлажнения	0,11	0,14	+0,03

Однако это не значит, что снижается антропогенный пресс на экосистемы. Он остается еще очень значительным из-за высокой нагрузки овцепоголовьем на пастбищные угодья, не соблюдения пастбищеоборота, правил перегона овец с равнины на летние пастбища и др. По этой причине малолетние травы и разнотравье не имеют возможности обсеменяться в летний период, что является одной из причин увеличения изреженности травостоя и снижения продуктивности фитоценозов. Об усилении дигрессии пастбищного фитоценоза свидетельствует увеличение однолетних адвентивных (*Polygonum aviculare)*, а также рудеральных видов (*Xanthium spinosum, Atriplex tatarica)*, пионерных растений (*Ceratocarpus arenarius*) и ухудшение динамики основных фитоценотических характеристик пастбищных угодий (Муратчаева и др., 2013).

При оценке продуктивности фитоценозов на рассматриваемой нами территории Н.А. Яруллина (1983) указывает на два пика продуктивности фитоценозов: весенний, за счет эфемеровой синузии, и осенний – состоящий преимущественно из галофитов. При этом подавляющее большинство их имеет высокую степень корреляции величины зеленой массы с осадками в период январь - апрель. Однако в наших исследованиях зимние осадки, в частности за январь-март, существенного влияния на продуктивность эфемеровой синузии не оказали. Так, за указанный период в 2011 г. выпало 50.4 мм осадков, в 2012 г. – 45.8 мм, всего на 8.7 мм меньше. А урожайность фитомассы в конце мая, когда наступила ее укосная спелость, составила в среднем по трем типам почв в 2011 г. 14.8 ц/га воздушно – сухой массы, в 2012 г. − в 6.2 раза меньше (рис. 1). Следовательно, продуктивность эфемеровых фитоценозов мало зависит от суммы осадков за январь-март. Очевидно, что продолжительные сильные ветры зимой, приносящие мороз и холод (Щербуль, 2006) на открытых просторах полупустыни выдувают то незначительное количество влаги, поступающее в почву в течение зимнего периода, до наступления оптимальных термических условий для прорастания эфемеров и эфемероидов.

Климаграммы за 2011 и 2012 гг. (рис. 1) нами составлены по методу Вальтера (Walter, 1964), где в засушливые периоды кривая температур воздуха располагается над кривой осадков, во влажные, наоборот, кривая осадков находится выше кривой температур. Для количественной оценки разных периодов были рассчитаны площади этих участков на графиках между линиями среднемесячных температур воздуха (°С) и суммарных месячных осадков (мм). Для вычисления площади засушливых периодов воспользовались формулами (интегралы):

$$\int_a^b \max(T(t) - W(t), 0)\, dt \tag{2}$$

для увлажненных периодов:

$$\int_a^b \max(W(t) - T(t), 0)\, dt \tag{3}$$

Наиболее значимыми для достижения высокой продуктивности эфемеровой синузии для рассматриваемых условий являются осадки за два месяца второго квартала года апрель – май, когда устанавливается оптимальная температура воздуха для вегетации растений – соответственно по месяцам 9.2 и 18.4°С в 2011г., 15.1 и 20.9°С в 2012 г. при 3.7 и 2.9°С по годам в марте. За этот период в 2011 г. выпало 85 мм осадков, интеграл увлажненности (2) составил 29.8, каждый из которых формировал на солончаке типичном по 0.23 ц/га, лугово-каштановой почве – 0.49, на светло-каштановой почве – 0.77 ц/га зеленой массы (учет приведен к воздушно-сухой массе) эфемеров. В

2012 г. осадков за тот же период выпало 25.3 мм (в 3.4 раза меньше), кривая увлажненности опускалась значительно ниже кривой атмосферных осадков, поэтому интеграл засушливости (3) составил 37.3. Разница его значений за указанный период по годам составила 67.1, что сказалось существенно на продуктивности эфемеровой синузии.

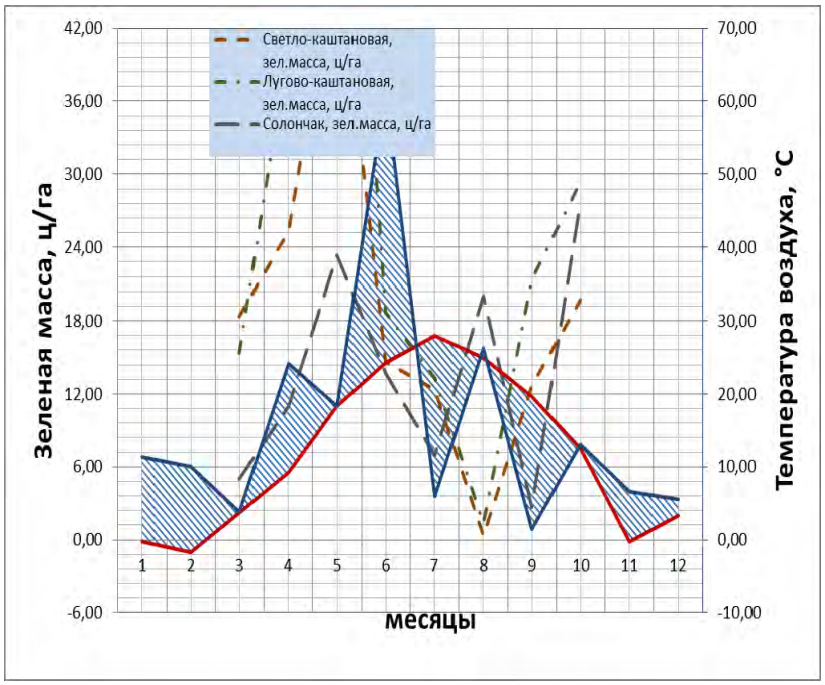


Рис. Климаграмма и динамика накопление живой надземной фитомассы (в переводе на воздушно-сухую) по типам почв в 2011г. Штриховка над линией температуры – увлажненный период, под ней – засушливый период. **Fig.** Klimagramm and dynamics of living phytomass accumulation (in terms of air-dry) according to soil types in 2011. The shading above the line of temperature is moist period, under the line − the dry season.

Доминантами из эфемеровых злаков являются: мятлик однолетний (*Poa annua* L.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach.), костер растопыренный (*Bromus squarrosus* L.), костер кровельный (*Anisantha tectorum* L.), полевичка малая (*Eragrostis minor* Host.), из крестоцветных бурачок пустынный (*Alissum desertorum* Stapf.).

Осадки в первых двух декадах июня 2011 г. не обеспечили заметного прироста фитомассы из-за высоких температур воздуха в течение этого и двух последующих месяцев (соответственно 24.3; 27.9 и 24.9°С). Их выпало всего 38.4 мм, из которых эффективными (5 мм и более) были 19.3 мм. Поэтому к указанному сроку урожайность фитомассы имела минимальные значения 0.1-6.0 ц/га в зависимости от типа почвы. После осадков 25 августа (25.8 мм) к концу октября она увеличилась до 5.9-8.8 ц/га.

Период с начала августа до конца октября оказался засушливым (интеграл засушливости равен 63.4) из-за высоких температур воздуха: 24.9; 19.6 и 12.6°С соответственно по месяцам. За этот период продолжался спад запасов фитомассы до середины третьей декады августа до 0.4 и 0.1 ц/га соответственно на светло-каштановой и лугово-каштановой почвах и до 6.0 ц/га на солончаке типичном. После осадков 25 августа (25.8 мм) к концу октября фитомасса увеличилась до 5.9-8.8 ц/га.

Зеленая фитомасса накопилась за счет разнотравья, в первую очередь, из семейства сложноцветных − полыни таврической (*Artemisia taurica* Willd.) и Лерха (*Artemisia lerchiana* Web.ex Stechm.), из семейства маревых − петросимонии супротивнолистной (*Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv.), петросимонии трехтычинковой (*Petrosimonia triandra* (Pall.) Simonk.), солянки южной (*Salsola australis* R. Br.), лебеды татарской (*Atriplex tatarica* L.), из семейства парнолистниковых парнолистника обыкновенного (*Zygophyllum vulgaris* L.), из злаковых − житняка пустынного (*Agropyron desertorum* (Fisch. Ex Link) Schult.) и др.

В 2012 г. эфемеры и эфемероиды не смогли формировать высокий запас фитомассы из-за исключительной засушливости климата весеннего периода (2.4 ц/га надземной биомассы в воздушно-

сухом весе). Видовой состав эфемеров, как и в 2011 г., представлен костром растопыренным (*Bromus squarrosus* L.), полевичкой малой (*Eragrostis minor* H.) , бурачком пустынным (*Alyssum desertorum* S.), мятликом однолетним, мортуком восточным (*Eremopyrum orientale*), костром кровельным (*Bromus tectorum* L.), и др., из эфемероидов: мятликом луковичным, костром пестрым (*Bromus variegates* Bieb.).

Осадков за это время выпало всего 25.3 мм при среднесуточной температуре воздуха в апреле 15.1°С, в мае 20.9°С. Интеграл засушливости составил 37.3. Такие метеорологические условия способствуют подъему водорастворимых солей к верхнему горизонту почвы и существенному изменению видового состава фитоценозов (Яруллина, 1983).

За июнь-июль 2012г. выпало 218,8мм осадков, еще 16.3мм − в августе. Интеграл увлажненности с начала июня до середины августа составил 203,8. После этого начался буйный рост курая солянки грузинской (*Salsola iberica* (Sennen et Pau) Botsch.). В период с августа по октябрь в фитомассе встречались и другие представители солянковых – солянка южная (*Salsola australis* R.Br.), петросимония супротивнолистная, петросимония трехтычинковая, из сложноцветных полыни таврической и Лерха. Урожайность солянок составила 68.1. Но, доля курая в суммарной фитомассе была превалирующей на всех изученных типах почв − 93-97%. Так, на солончаке типичном, фитомасса накопилась в пределах 14.9-15.3 ц/га, на светло-каштановой и лугово-каштановой почвах - соответственно 53.6-68.1 и 12.7-21.1 ц/га. Значения надземной фитомассы солянок в 2012 г. увеличилась по сравнению с 2011 г. на всех типах почв в 10-20 и более раз.

Надо отметить, что такого обилия (60-76 растений на 1м^2) растений *Salsola iberica* (Sennen et Pau Botsch.), такого интенсивного роста (до 1-1.2 м) и фитомассы, как в 2012 г., ранее в рассматриваемых условиях не наблюдалось, хотя очаги их встречались ежегодно на незначительных площадях. Биологическая особенность этого растения, очевидно, такова, что засушливый период в апреле-мае (интеграл засушливости 37.3), способствовавший подтягиванию водорастворимых солей к верхнему горизонту почвы, и последующая оптимизация условий увлажнения, способствуют достижению высокой продуктивности фитоценозов с *Salsola iberica*.

Средняя продуктивность фитоценозов на разных типах почв существенно отличалась по годам исследований. Наиболее высокой за годы исследований она была на светло-каштановой почве - 14.8 ц/га, на солончаке типичном снизилась до 6.9, на лугово-каштановой почве – до 7.3 ц/га. Несмотря на то, что в 2011 г. первая половина вегетационного периода имела более высокую увлажненность и обеспечила высокую продуктивность фитомассы, суммарный показатель ее все же более высоким оказался в 2012 г. за счет обилия и высокой продуктивности *Salsola iberica*.

Выводы

Исследование показало, что на Терско-Кумской равнине Прикаспия формирование видового состава сообществ и накопление фитомассы тесно связаны с динамикой гидротермических условий.

Тренд климатических условий на территории Терско-Кумской низменности, судя по показателям коэффициента увлажнения, склоняется от экстрааридных (КУ=0.11) в 1882-1945 гг. к аридным (КУ=0.14) за последние 60 лет.

Зимние и ранневесенние осадки (январь-март) в условиях полупустынного климата не используются для формирования фитомассы эфемеров. Для достижения высокой их продуктивности наиболее эффективны осадки за апрель – май в пределах 80-85.0 мм (2011 г.), когда устанавливается оптимальная температура воздуха для вегетации фитоценозов (9.2-18.4°С). В этом случае интеграл увлажненности достигает 29.8, и способствует формированию на светло-каштановой почве 0.77 ц/га, на лугово-каштановой – 0.49, на солончаке типичном – 0.23 ц/га зеленой массы (воздушно-сухой) эфемеровой синузии. Уменьшение количества осадков в апреле-мае до 20-25 мм (2012 г.), при более высоких среднесуточных температурах воздуха (15.1-20.9°С) формирует засушливость с показателем – интегралом около 30, урожайность фитомассы эфемеров по всем типам почв снижается до 2.4 ц/га.

Наибольшая продуктивность фитоценозов в среднем за годы исследований достигается на светло-каштановой почве – 14.8 ц/га воздушно-сухой надземной массы, на солончаке типичном она снижается до 6.9, на лугово-каштановой – до 7.3 ц/га.

В том случае, когда интеграл засушливости в апреле-мае составляет 37.3 (2012 г.), а интеграл увлажненности за июнь-август увеличивается до 203.8 (осадки 234.7 мм, среднемесячная температура

воздуха 24.7-26.2°С), обеспечивается высокая продуктивность фитоценоза за счет увеличения численности и надземной фитомассы *Salsola iberica* на солончаке типичном (24.9 ц/га) и светло-каштановой почве (68.1 ц/га), *Artemisia taurica* и *A. lerchiana* – на лугово-каштановой почве (16.3 ц/га).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Базилевич Н.И., Титлянова А.А. 2008. Биотический круговорот на пяти континентах. Азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд. СО РАН. 381с.

Залибеков З.Г., Яруллина Н.А. 1982. Об итогах и перспективах развития исследований в области биологической продуктивности ландшафтов Дагестана // Биологическая продуктивность ландшафтов Дагестана. Махачкала: Изд. Даг. филиала АН СССР, отдел биологии. С. 5-22.

Иванов Н.Н. 1954. Об определении величин испаряемости // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 86. № 2. С. 186-196.

Муратчаева П.М.-С., Хабибов А.Д., Шахназарова А.Б., Сулейманова Р.М. 2013. О закономерностях стадий проявления дигрессии в эфемерово-полынных сообществах Терско-Кумской низменности // Аридные экосистемы. Т. 19. №7 (54). С. 67-77.

Сотнева Н.И. 2004. Динамика климатических показателей второй половины XX века Джаныбекского стационара Северного Прикаспия // Известия РАН. Серия географическая. № 5. С.74-83.

Титлянова А.А. 1988. Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности // Под ред. В.Б. Ильина. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е. С. 109-127.

Черепанов С.К. 1981. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука. 510 с.

Щербуль З.З. 2006. Опустынивание как следствие снижения уровня грунтовых вод // Материалы научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа»: Сборник трудов ИГ ДНЦ РАН. Вып. 50. Махачкала: Изд. Даг. филиала АН СССР. С. 168-170.

Яруллина Н.А. 1983. Первичная биологическая продуктивность почв дельты Терека. М.: Наука. 87с.

Walter H. D. 1964. Die tropicshen und subtropischen Zonen. Jena // Vegetation der Erde in oko-physiolohischei Betrachtung. Veb Guster Fischer Verlag, Vol. 1. 551 p.

Clark D.A., Brown S., Kicklighter D.W. 2001. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data // Ecology Applied. Vol. 11. P. 371-384.

HYDROTHERMAL CONDITIONS OF FORMATION OF SPECIES COMPOSITION AND PRODUCTIVITY OF PLANT COMMUNITIES OF THE TEREK - KUMA LOWLAND

© 2014. G.N. Hasanov, T.A., Asvarova, K.M. Hajiyev, Z.N. Akhmedova, A.S. Abdulaeva, R.R. Bashirov, M.S. Sultanakhmedov, S.A. Salihov

**Caspian Institute of Biological Resources of Dagestan Scientific Center of Russian Academy of Sciences*
***Department of Mathematics and Computer Science of Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 367025 Makhachkala, Gadjieva str.45. E-mail: Sultanakhmedov@gmail.com, nikuevich@mail.ru
****The Ministry of Agriculture and Food of Dagestan*
Russia, 367025, Makhachkala, Markova str. 33

The dynamics of volatility, coefficient of moisture and other climate indicators over the last 120 years. Integrals calculated aridity and moisture area for 2011 to 2012., the relationship between them and the accumulation of aboveground biomass of seasonal and year of studies.

Keywords: evaporation, wetting coefficient, integral of moisture, species composition, phytomass accumulation.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 99-104

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 633.2.03

ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И МИКРОРЕЛЬЕФА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ УГОДИЙ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

© 2014 г. М.В. Власенко

Волгоградский Государственный аграрный университет
Россия, 400011 г. Волгоград, ул. Алексеевская, д. 25. E-mail: vlasencomarina@mail.ru

Поступила 25.12.2013

Выявлено эколого-мелиоративное состояние пастбища под влиянием насаждений вяза приземистого (*Ulmus pumila*) на супесчаных почвах Сарпинской низменности. Установлено влияние лесных насаждений и микрорельефа на флористический состав фитоценозов, урожайность и проективное покрытие. Выявлена структура растительности естественных и лесомелиорированных кормовых угодий.

Ключевые слова: пастбище, лесопастбище, фитоценозы, продуктивность, микрорельеф.

Аридные пастбищные экосистемы Сарпинской низменности традиционно являются кормовой базой животноводства с достаточно большим разнообразием корма и возможностью его круглогодичного использования (Воронина, Власенко, 2011). Однако, возросшая деградация почвенно-растительного покрова (Кулик, 2013), резкие колебания урожая и питательной ценности кормов из-за крайне неблагоприятных гидротермических и эдафических условий (Вдовенко, 2013), сдерживают рост поголовья животных в регионе и устойчивое развитие животноводства.

Пригодность пастбищ для скота определяется ботаническим составом растительности. Растительный покров ландшафтов региона представлен видовым разнообразием, типичным для полупустынной зоны (Вдовенко и др. 2013). В северной части превалируют типчаково-ковыльные, типчаково-ромашниковые и белополынные пастбища, на солонцах – чернополынные. Территории, располагающиеся южнее, характеризуются преобладанием белополынных, ромашниковых и типчаково-ковыльных пастбищ. Для самых южных областей характерны типчаково-ковыльные и типчаково-ромашниковые пастбища на светло-каштановых почвах и реже, чем в северных районах, встречаются ассоциации с господством черной и белой полыни на солонцах.

В настоящее время остро стоит задача разработки методов восстановления деградированных пастбищ. При этом обращается особое внимание на восстановление и сохранение имеющихся ресурсов аридных территорий.

Целью исследований являлось выявление эколого-мелиоративных факторов, влияющих на биоразнообразие и урожайность кормовых угодий региона.

Методика исследований

Обследование пастбищ проводилась согласно общепринятым методикам опытов на сенокосах и пастбищах, проведения агроэкологического мониторинга.

Результаты и обсуждение

Анализ состояния кормовых угодий проводился на лесопастбище «Юго-Западное» площадью 311 га (Астраханская область, Черноярский район). Лесопастбище было создано из вяза приземистого в 1977 г. на бурых супесчаных почвах. Пастбищезащитные полосы 2-х, 3-х, 4-х и 5-тирядные с межполосным пространством 90-110 м и 118-190 м. Рельеф участка равнинный, на западе – слабобугристый с наибольшей абсолютной отметкой 18 м (рис.). Конструкция лесных полос ажурно-продуваемая. Суховершинные насаждения занимают 6%, пневое возобновление − до 10%. За контроль взяты пастбища, расположенные в удалении от лесопастбища на 600-800 м.

Анализ показал, что на бурых супесчаных почвах вязовое лесопастбище, при сохранности 40-50%, можно эффективно эксплуатировать 30-35 лет.

Почвы лесопастбища «Юго-Западное» характеризуются низким запасом продуктивной влаги. Глубина залегания грунтовых вод на повышениях – 10-14 м, в понижениях и западинах – 5-7 м.

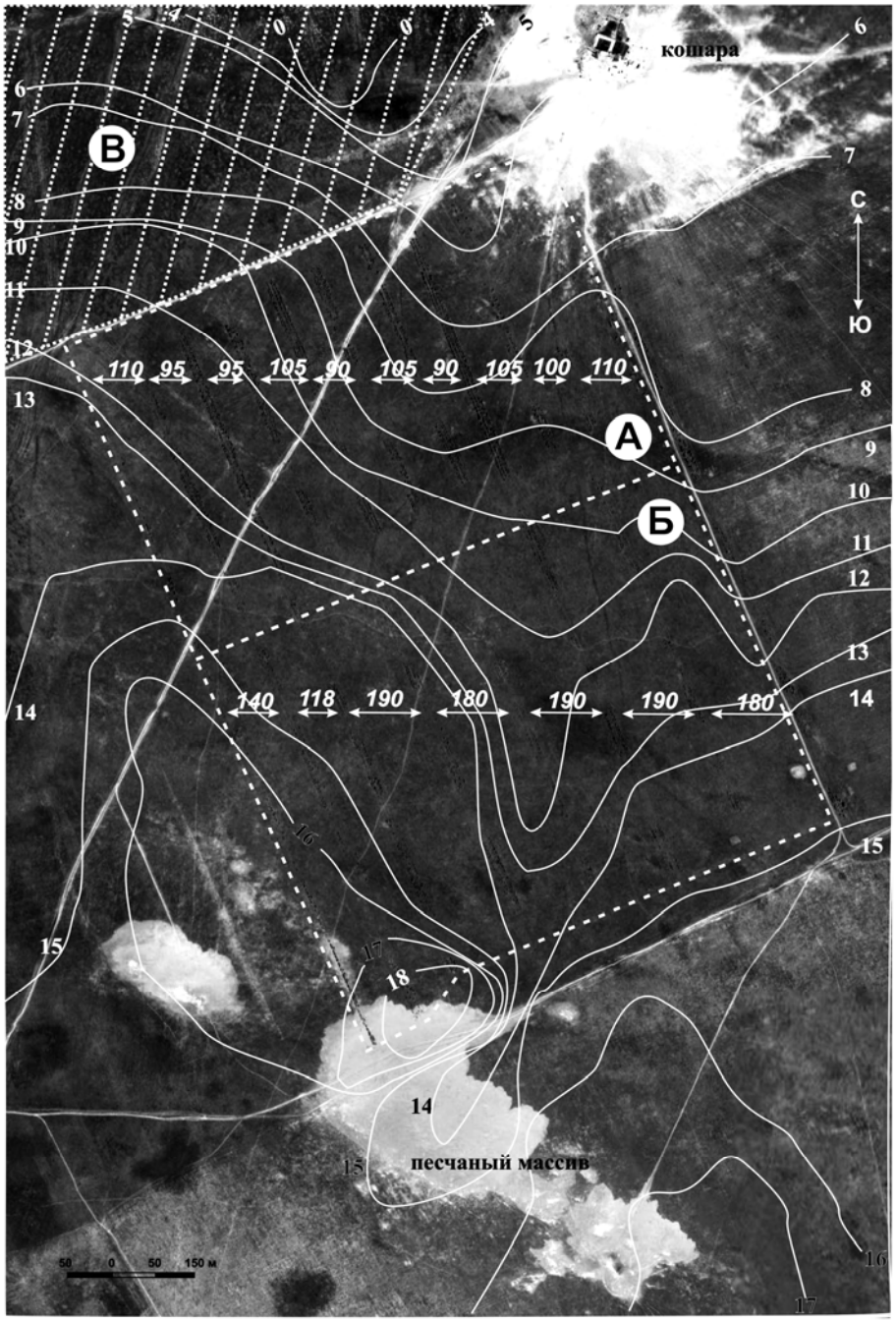


Рис. 1. «Юго-Западное» лесопастбище. **Fig. 1.** «South-West» of wood pastureland.

Условные обозначения

Ⓐ - лесные полосы с межполосным пространством 90-110 м

Ⓑ - лесные полосы с межполосным пространством 118-190 м

Ⓑ - пастбище (контроль)

– 10 – - перепад высоты рельефа, м абсолютной отметки

136 - расстояние между лесными полосами, м

Legend

Ⓐ - forest strips with the space between the stripes 90-110 m

Ⓑ - forest strips with the space between the stripes 118-190 м

Ⓑ - pasture (control)

– 10 – - difference of elevation, m absolute level

136 - the distance between the forest strips, m

Пастбища (контроль) изучаемой территории характеризуются низкой продуктивностью (5-7 ц/га) и низким проективным покрытием (44-58%), что во многом связано с отрицательными водно-физическими свойствами почвы (табл. 1).

Таблица 1. Водно-физические свойства бурой солонцеватой супесчаной почвы. **Table 1.** Water-physical properties of brown solonetzic loamy sand soil.

Глубина, м	Плотность сложения, т/м^3	% от массы сухой почвы			
		Максимальная гигроскопичность	Влажность завядания растений	Наименьшая влагоемкость	Водопроницаемость по слоям, мм/час при 10°С
0.0-0.2	1.25	1.41	1.89	25.9	
0.2-0.4	1.37	1.84	2.47	24.5	80.4
0.4-0.6	1.45	3.00	4.02	22.1	40.7
0.6-0.8	1.46	2.01	2.69	20.4	24.8
0.8-1.0	1.46	1.35	1.81	21.5	25.4
1.0-1.2	1.49	1.36	1.82	19.7	24.0
1.2-1.4	1.50	1.30	1.74	20.1	

Важным фактором, определяющим пестроту почвенного покрова, является микрорельеф. Он влияет на перераспределение влаги, что приводит к различной промытости почвогрунтов, способствуя формированию комплексности почв, различной степени засоленности. На территории района исследований повсеместно встречаются средние и крупные западины. В западинах диаметром 10-15 м и глубиной более 9 см накапливается около 50 л/м^2 воды в год, что достаточно для образования нисходящих токов, и соли выщелачиваются в нижние горизонты почв. По блюдцеобразным микропонижениям доминируют многолетние злаки: костер, типчак, пырей, которые дают опад для образования гумуса. Разнотравье по видовому составу также богаче в понижениях и западинах.

На плоских участках рельефа формируются солонцовые пятна, так как выпуклые элементы микрорельефа омываются атмосферными осадкам и вымывают соли с поверхности, перемещая их ниже по рельефу, где в микрозападинах вода испаряется и засоляет почву с поверхности. К солонцам приурочены чернополынные, камфоросмово-чернополынные и белополынно-житняковые ассоциации.

На микроповышениях преобладают белая и черная полынь, злаки, с единичными экземплярами прутняка. На микросклонах – белополынно-ромашниково-мятликовая и типчаково-полынная ассоциации (табл. 2).

Таблица 2. Влияние микрорельефа на флористический состав фитоценозов Юго-Западного лесопастбища, 2008-2012 гг. **Table 2.** The Impact of relief on the floristic composition of plant communities of the South-West лесопастбища, 2008-2012.

Микрорельеф	Ассоциация	Преобладающие виды и ботанические группы			
		эфемеры, эфемероиды	злаки многолетние	полыни	прутняк
Повышение	Черно-белополынная	-	-	+++	+
	Белополынно-прутняково-злаковая	-	+++	+	++
Склон	Белополынно-ромашниково-мятликовая	+++	-	+	-
	Типчаково-полынковая	-	++	+++	-
Блюдцеобразная западина	Злаково-белополынная	-	+	+++	-
	Белополынно-злаковая	-	+++	++	-

Примечание: частота встречаемости: +++ обильно; ++ разреженно; + единично; - отсутствует. **Note:** the frequency of occurrence: +++ abundantly; ++ diffused; + unit; - absent.

В лесных полосах продуктивность травостоя увеличивается в основном за счет конкурентоспособных видов, выдерживающих мощную силу корневой системы древостоя, которая поглощает из почвы большие объемы питательных микроэлементов и воду. Более ценные кормовые виды и менее устойчивые к конкуренции вязовых насаждений сосредотачиваются в зоне максимального влияния насаждений (5-15 м).

Установлено, что на пастбищах под защитой лесных насаждений по сравнению с естественными кормовыми угодьями увеличивается видовое разнообразие за счет увеличения доли многолетних кормовых и лекарственных видов (табл. 3).

Таблица 3. Структура растительности кормовых угодий. **Table 3**. Structure of the vegetation of grassland.

Виды	2008 г.		2010 г.		2012 г.	
	Лесопаст-бище	Пастбище	Лесопаст-бище	Пастбище	Лесопаст-бище	Пастбище
количество, шт.	85	82	85	77	81	78
полукустарники, шт.	12	12	12	11	12	10
%	14	15	14	14	15	13
многолетники шт.	39	37	40	33	38	35
%	46	45	47	43	47	45
одно- двулетники шт.	34	33	33	33	31	33
%	40	40	39	43	38	42

На исследуемых участках пастбища и лесопастбища «Юго-Западное» проективное покрытие и продуктивность кормовых угодий закономерно увеличивается вниз по склону, то есть даже небольшой перепад высот приводит к перераспределению осадков. В зоне влияния насаждений вяза травостой находится в более благоприятных микроклиматических условиях, даже на повышенных участках лесопастбища (16 м. абс. отм.), чем на естественных кормовых угодьях в микропонижениях (0-6 м. абс. отм.). Наибольшая продуктивность воздушно-сухой кормовой массы отмечается в середине лесополосы и простирается на 0.5Н от лесополосы (табл. 4).

При изучении особенностей накопления фитомассы выявлено, что весной продуктивность на лесопастбище составляет 10-14 ц/га, а на пастбище 6-8 ц/га, в основном за счет развития злаков и полыней, в отдельные годы преобладают эфемеры и эфемероиды.

Густота травостоя на лесопастбище нарастает до середины июля, увеличиваясь до 18 ц/га за счет развития полыней, злаков, ценных бобовых видов, разнотравья, затем начинает выгорать. В благоприятные годы в зоне влияния вязовых насаждений эфемеры и эфемероиды могут сохраняться до середины лета.

На пастбище изреживание травостоя начинается в середине июня, в июле продуктивность составляет 6-8 ц/га бобовые и эфемеры к середине лета выгорают, или встречаются единично.

В ранне-осенний период, когда фитомасса нижнего яруса на пастбище резко сокращается, продуктивность не превышает 5.5 ц/га, основную долю кормовых видов составляют полыни. При этом полукустарники находятся в затравленном состоянии, сохраняется дернина или грубые скелетные ветви, побеги возобновления и генеративные побеги составляют не более 10%. Злаки и разнотравье характеризуются бедным видовым составом и изреженностью.

В зоне влияния вязовых насаждений в этот период, особенно в микропонижениях, наблюдается оптимальное для аридной зоны состояние кормовых угодий, а урожайность достигает 7 ц/га. В структуре видов доля злаков и полыней равноценна, сохраняется значительная масса разнотравья, встречаются бобовые виды.

Преимущество лесопастбищного природопользования, а именно продление жизненного цикла эфемеров и злаков на 2,5 недели, позволяет более эффективно использовать гидротермический потенциал, приводит к повышению урожайности.

Выводы

Установлено, что в зоне влияния насаждений вяза по сравнению с естественными пастбищами кормовая продуктивность увеличивается в 1.5-2 раза, а показатель общего проективного покрытия на 15-20%. При этом рост и развитие кормовых видов находятся в прямой зависимости от микрорельефа.

Таблица 4. Влияние насаждений лесопастбища «Юго-Западное» и микрорельефа на общее проективное покрытие и кормовую продуктивность травостоя, 2008-2012 гг. **Table 4.** Impact of plantations лесопастбища «South-West» and microrelief on the coverage and fodder grass productivity, 2008-2012.

Расположение площадок	май	июль	сентябрь	среднее
Проективное покрытие, %				
Лесопастбище (9 м абс. отм.)				
середина лесополосы	72	80	57	70
0.2 Н	68	70	51	63
0.5 Н	76	78	62	72
Лесопастбище (16 м абс. отм.)				
середина лесополосы	70	76	55	67
0.2 Н	66	65	50	60
0.5 Н	69	72	54	65
Пастбище (контроль)				
0 м абс. отм.	66	63	45	58
склон (4 м абс. отм.)	57	54	40	50
склон (6 м абс. отм.)	48	49	34	44
Продуктивность, ц/га воздушно-сухой массы				
Лесопастбище (9 м абс. отм.)				
середина лесополосы	13.6	17.7	7.8	13.0
0.2 Н	11.6	13.7	6.4	10.6
0.5 Н	13.1	14.5	6.6	11.4
Лесопастбище (16 м абс. отм.)				
середина лесополосы	11.1	14.5	6.7	10.6
0.2 Н	10.4	11.3	6.4	9.4
0.5 Н	12.2	9.6	5.6	9.3
Пастбище (контроль)				
0 м абс. отм.	7.5	8.0	5.5	7.0
склон (4 м абс. отм.)	6.3	7.0	5.0	6.1
склон (6 м абс. отм.)	6.0	6.0	3.3	5.1

Выявлено, что влияние защитных лесных насаждений на увеличение кормовой продуктивности фитомассы и проективного покрытия усиливается в понижениях.

Сезон выпаса на лесопастбище более сбалансирован по видовому разнообразию и питательности кормов и длится с ранней весны до поздней осени, в то время, как на пастбище наиболее благоприятным временем выпаса является весенне-летний период (до середины лета).

Ухудшение эколого-мелиоративного состояния и уничтожение древесной и кустарниковой растительности аридных пастбищ можно рассматривать как первый шаг к опустыниванию, так как в жёстких климатических условиях эти растения создают необходимый микроклимат для других видов. Их уничтожение приводит к эрозии и иссушению почв, многие ценные виды выпадают из фитоценозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вдовенко А.В. 2013. Проблемы деградации сельскохозяйственных земель юга России// Агро-21. №7-9. С. 37-39.

Власенко М.В., Вдовенко А.В., Турко С.Ю. 2013. Фитомелиоративное состояние кормовых угодий в Астраханской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. № 3 (31). С. 86-91.

Воронина В.П., Власенко М.В. 2011. Особенности продуктивности пастбищных угодий на зональных почвах Астраханской области// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. №3 (23). С. 7-14.

Кулик К.Н., Рулев А.С., Юферев В.Г. 2013. Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области// Аридные экосистемы. Т. 19. № 3. С. 91-98.

Кулик К.Н., Салугин А.Н, Сидорова Е.А. 2012. Динамическая устойчивость аридных экосистем// Аридные экосистемы. Т. 18. № 2. С. 28-34.

INFLUENCE OF PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS AND MICRORELIEF ON THE PRODUCTIVITY OF GRASSLAND OF SARPINSKAYA LOWLAND

© 2014 . M.V. Vlasenko

Volgograd State Agricultural University
Russia, 400011 Volgograd, Alekseevskaya str. 25. E-mail:vlasencomarina@mail.ru

Ecological-meliorative condition of pastures under the influence of Ulmus pumila plantings on sandy soils Sarpinskaya lowland is revealed. The influence of forest plants and micro-relief on the floristic composition of phytocenosis productivity and projective cover is researched. A structure of vegetation of natural pastures and forage lands under the influence of forest planting is revealed.
Key words: pasture, pasture under the protection of forest plantings, phytocenosis productivity, micro-relief.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 105-114

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.9

ФИТОРАЗНООБРАЗИЕ СОПОК КАРКАРАЛИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

© 2014 г. Т.В. Дикарева, Н.Б. Леонова

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Россия, 119992 г. Москва, Ленинские горы д.1.
E-mail: tvdikareva@yandex.ru, nbleonova2@gmail.com

Поступила 18.12.2013

Островные леса степного региона Центрального Казахстана являются реликтами единого лесного массива, имевшего связь с таежными лесами Западной Сибири и с горными и предгорными лесами Алтая в холодные и влажные эпохи плейстоцена. Наличие бореальных и неморальных видов, сохранившихся в этих лесах, обусловили своеобразие и высокую природоохранную ценность данных сообществ. Проведенное исследование позволило оценить растительность нескольких участков национального парка в формате общепринятых показателей альфа- и бета-разнообразия, с использованием индексов Р. Уиттекера, К. Шеннона и кластерного анализа. Выявленные показатели показывают их положительную динамику за период наблюдений (2009-2013 гг.) и дают возможность проведения мониторинга биоразнообразия в рамках Каркаралинского НП в будущем.

Ключевые слова. Островные леса, степной регион, бореальные виды, оценка и мониторинг фиторазнообразия.

Оценка биоразнообразия территории и мониторинг его изменений являются необходимыми условиями сохранения природной среды, выработки мер по предотвращению негативных процессов сокращения и трансформации уникального природного наследия. Природные охраняемые территории различного ранга представляют возможность изучения и долговременного мониторинга биоразнообразия экосистем в отсутствие антропогенного пресса, однако довольно часто охранный режим вводится на уже в известной степени нарушенной антропогенным воздействием территории и проблема восстановления и сохранения целостности природных комплексов в большой степени зависит от полноты изученности всех их компонентов и происходящих в них процессов. Актуальность данного исследования обусловлена важностью степных экосистем в сохранении биоразнообразия планеты. В целом, степные ландшафты оцениваются как один из важнейших блоков и в структуре природных комплексов, и в структуре предоставления «экосистемных услуг» (Тишков, 2010).

Целью данного исследования является оценка параметров биоразнообразия растительных сообществ Каркаралинского национального парка и их изменений в период 2009-2013 гг. Исследования проводились в окрестностях г. Каркаралы на сопках Моника, Вероника, Базовая на базе Казахстанского филиала МГУ в ходе студенческих летних геоботанических практик (под руководством Т.В. Дикаревой).

Материалы и методы

По схеме ботанико-географического районирования район исследований относится к Баянаульско-Каркаралинско-Кентскому округу Восточно-Казахстанской подпровинции Заволжско-Казахстанской провинции Причерноморско-Казахстанской подобласти Евразиатской степной области (Карамышева, Рачковская, 1973).

В ландшафтном отношении Баянаульско-Каркаралинский горносопочный массив входит составной частью в Западносибирско-Казахстанский степной регион Центральноказахстанской страны, Каркаралинской провинции (Николаев, 1999).

Территория, охватывающая Каркаралинские горы, представляет древний палеозойский щит, испытавший в неоген-четвертичное время мощные поднятия, которые обусловили современный облик Каркаралинских гор с островерхими гребнями, обилием осыпей и узких труднодоступных ущелий.

Почвы района представлены, главным образом, темно-каштановыми, горно-каштановыми почвами. Небольшие островки лугово-черноземных почв связаны с горными массивами и приурочены к речным долинам. В межгорных долинах встречаются выщелоченные черноземы, в понижениях распространены солонцы и солончаки.

Сохраняющиеся на границах леса и степи небольшие изолированные лесные массивы могут служить важным научным материалом при реконструкции климатических изменений, с одной стороны, и изучении феномена повышенного биоразнообразия подобных экосистем, с другой. Теме климатических изменений посвящены некоторые современные работы (Цэдэндаш, Дугаржав, 2004), однако анализу показателей биоразнообразия таких сообществ пока не уделялось достаточного внимания.

Еще в конце прошлого века первые серьезные геоботанические исследования провел в кокчетавских лесах профессор Казанского университета А.Я Гордягин (1897). Тогда же им было высказано предположение, что островные леса степного региона наследуют бывший когда-то в прошлом единый лесной массив, имевший связь на севере с таежными лесами Западной Сибири, а на востоке с горными и предгорными лесами Алтая. Позже сходная идея прозвучала в работе И.М. Крашенинникова (1939), считавшего островные степные леса остатками лесостепного пояса, простиравшегося от Южного Урала до Алтая в холодные и влажные эпохи плейстоцена. Большое число бореальных и неморальных реликтов обнаружил в кокчетавских лесах и В.Н. Сукачев (1948).

В плейстоценовый период с континентальным холодным и сухим климатом здесь господствовали сосна, береза, лиственница, в светлых сообществах которых, так же как и на открытых остепненных горных склонах, на грубых каменистых и супесчаных субстратах, распространялись из горной Сибири бореально-ксерофитные растения «плейстоценового флористического комплекса», которые частично сохранились и доныне в качестве реликтовых элементов, главным образом, среди горного и сопочного рельефа. В периоды увеличения увлажнения сюда проникали как с гор Алтая, так и из северных районов Западно-Сибирской равнины темнохвойные древесные растения и сопутствующие им бореальные лесные и болотные виды. Наконец, в некоторые фазы голоцена климатические условия складывались благоприятно для проникновения в Казахстан широколиственных древесных растений (Горчаковский, 1987). Таким образом, проникнувшие в среднеголоценовый климатический оптимум вглубь степного региона своеобразные лесные биоценозы, несмотря на последующие антропогенные разрушения, сохранились до наших дней.

Значительное флористическое своеобразие Восточно-Казахстанской подпровинции заключается в высокой доли участия видов, имеющих восточную ориентацию распространения: восточнопалеарктических, восточноказахстанских, восточноказахстанско-монгольских, восточноказахстанско-южносибирско-монгольских (Карамышева, Рачковская, 1973). Для этой подпровинции характерно также наличие в ее флоре целого ряда бореальных родов гумидной флоры (Chimaphila, Moneses, Pyrola, Orthilia), связанных с сосновыми и березовыми лесами, некоторых горностепных и пустынных родов. Все перечисленные роды произрастают в низкогорных массивах Восточноказахстанской подпровинции. Необходимо также отметить, что для низкогорной части подпровинции характерны сосновые леса и редколесья из *Pinus sylvestris*, а также березовые галерейные леса из *Betula pubescens* вдоль ручьев и мелких речек.

На массивах Каркаралинских гор произрастают преимущественно сосновые леса с подлеском из *Rosa spinosissima, Rosa majalis, Juniperus communis, Lonicera tatarica, Padus avium, Crataegus sanguinea.* На их долю приходится 71,3% от общей площади горных лесов. Березняки *(Betula pendula, B. pubescens)* приурочены к склонам северной и северо-восточной экспозиции, к межсопочным долинам, вдоль рек и ручьев. Они занимают 10% лесопокрытой территории, около 2% лесистой территории приходится на осинники *(Populus tremula)*, приуроченные к депрессиям рельефа, долинам речек и ручьев, основанию круглых склонов.

Сосновые леса *(Pinus sylvestris)* представлены, в основном, лишайниковым, разнотравным, мохово-разнотравным типами, они располагаются по крутым склонам узких ущелий, занимают межгорные долины. По дну ложбин встречаются небольшие участки с участием в травяно-кустарничковом ярусе бореального мелкотравья *Chimaphilla umbellata, Moneses uniflora, Orthillia secunda, Pyrola chlorantha*, по склонам встречаются боровые виды *Solidago virgaurea, Trifolium lupinaster*. На выветрелых гранитах в сосняках произрастают мезоксерофиты: *Allium nutans, A.*

lineare, Veronica incana, Orostachis spinosa, Melandrium viscosa. В лишайниковых сосняках травянистые растения встречаются необильно: *Carex supine, Antennaria dioica, Archyrophorus maculate, Dracocephalum nutans, Fragaria vesca.* В описанных степных лесах, наряду с типичными представителями бореальной флоры, встречаются также неморальные реликты, в их числе некоторые виды, свойственные широколиственным и хвойно-широколиственным лесам: сердечник (*Cardamine impatiens*) мятлик дубравный (*Poa nemoralis*), копытень европейский (*Asarum europaeum*) (Горчаковский, 1987).

Островные сосновые леса являются удивительным природным феноменом западносибирско-казахстанских степей. Сохранению этих реликтовых сообществ в глубине степной зоны благоприятствуют специфические эдафические условия (рыхлые выщелоченные пески, либо граниты), а главное, их способность поддерживать свой собственный лесной фитоклимат. Там же, где леса истреблены человеком, их естественное восстановление стало невозможным. Известно немало местностей, сохранивших за собой лесные наименования, но давно уже лишенных леса (Николаев, 1999).

Кустарниковые сообщества с доминированием *Spiraea crenata, S. hypericifolia, Caragana frutex* занимают 34% площади горного массива. Степная растительность приурочена к склонам гор и сопок островными массивами и мелкими участками в межгорьях. На горных черноземах, не покрытых лесом, развиваются разнотравно-типчаковые степи с преобладанием *Stipa capillata, Stipa lessingiana, Stipa pennata, Fe*stuca valesiaca, Helictotrichon desertorum, а также с участием – *Sedum hybridum, Patrinia intermedia* и пр.

На основе собранных в ходе исследования материалов (около 60 геоботанических описаний, данных экологического профилирования) была дана оценка некоторых параметров альфа- и бета-разнообразия сообществ с применением кластерного анализа, подсчета индексов К. Шеннона, Р. Уиттекера (Лебедева и др., 2004), анализа эколого-ценотических групп видов. Для статистической обработки данных была использована программа обработки описаний BiodiversityPRO, Version 2.

Индекс К.Шеннона рассчитывался по формуле $H' = -\sum p_i \ln p_i$,, где p_i - доля особей i-того вида (Лебедева и др., 2004). Индекс дает возможность оценить одновременно два параметра биоразнообразия – выравненность (обилие каждого вида) и видовое богатство, поэтому он более глубоко оценивает альфа–разнообразие, чем обычный показатель видового богатства. Индекс К.Шеннона является одним из наиболее популярных в оценке данных по биоразнообразию, и его применение дает возможность сравнения полученных результатов с данными других исследователей.

Для оценки бета-разнообразия рассчитывался индекс Р. Уиттекера по формуле $\beta W = S/\alpha - 1$, где S –общее число видов, зарегистрированных в системе, α – среднее разнообразие выборок стандартного размера (Лебедева и др., 2004), в нашем случае α - среднее число видов на пробной площади.

Для установления принадлежности видов к эколого-ценотическим группам был проведен анализ литературных источников по флоре и растительности Каркаралинских гор (Карамышева, Рачковская, 1973; Куприянов, Манаков, Хрусталев, 2007; Тохметов, Норцева, 2009). Учитывая довольно хорошую изученность территории в геоботаническом и флористическом отношениях, следует отметить, что аспект оценки параметров биоразнообразия недостаточно охвачен в исследованиях, хотя организация долговременного мониторинга должна базироваться на использовании объективных количественных показателей биоразнообразия (География и мониторинг…, 2002; Мониторинг…, 1997).

Результаты и обсуждение

В ходе исследований описания растительных сообществ составлялись по катенам на склонах различных экспозиций трех сопок (Базовая. Моника, Вероника). На катенах наблюдалась смена почв, условий увлажнения и инсоляции и связанная с этими факторами смена растительных сообществ. Все три сопки расположены на небольшом удалении от г. Каркаралинск (на расстоянии 1-2 км), это северная часть территории национального парка и северо-восточная окраина горного массива. Абсолютные высоты составляют 900-950 м н.у.м., относительное превышение – около 100 м. Протяженность профилей колеблется от 300 до 500 м.

Сопка Базовая расположена в непосредственной близости от базы Карагандинского Государственного университета и поселка. Склоны покрыты разреженным растительным покровом, сгущающимся в ложбинах и к подножию сопки. В основном это степные кустарниково-полынно-типчаковые сообщества с редким участием сосны *Pinus sylvestris* и березы *Betula pendula*. Среди кустарников - в основном степные виды (*Rosa spinosissima, Spiraea crenata, S. hypericifolia, Caragana frutex*), реже встречается лесной бореальный вид − малина обыкновенная (*Rubus idaeus*). В травяно-

кустарничковом ярусе (всего отмечено 63 вида сосудистых растений) сочетаются виды боровой, луговой, луговостепной, степной и петрофитно-степной эколого-ценотических групп. Из бореальных видов в наземном покрове отмечен только один вид (*Galium boreale*). Более 50% приходится на степные и петрофитно-степные виды. Анализ эколого-ценотического спектра по наблюдениям 2013 г. показал небольшое увеличение доли бореальных видов, одновременно увеличение доли галофитно-степных видов и появление антропогенных видов в сравнении с началом исследований в 2009 г. Видовая насыщенность составляла 18 видов на пробную площадь в 2009 г. и 20.6 видов в 2013 г. (табл. 1).

Таблица 1. Показатели альфа-разнообразия сообществ трех сопок. **Table 1.** Indices of α-diversity for the communities of the three hills.

Сопка	Видовое богатство			Видовая насыщенность		
	2009	2012	2013	2009	2012	2013
Вероника	61			13		
Базовая	68		53	18		20.6
Моника	106	73	66	16	22.5	24.8

Кластерный анализ, проведенный с учетом коэффициента флористического сходства по Р. Брею и Дж.Кертису, известный как коэффициент Брей-Кертиса (Мэггаран, 1992) в программе BiodiversityPro (рис. 1), показывает четкое разделение сообществ сопки по флористическому сходству на две группы, соответствующие склонам южной (верхняя группа описаний на рисунке) и западной (нижняя группа) экспозиций, причем сообщества южного склона характеризуются большим единством (коэффициент сходства более 60%). Также был подсчитан индекс К. Шеннона, дающий представление о распределении видов в каждом сообществе с учетом их обилия (табл. 2). Для сообществ сопки Базовая он колеблется от 0.8 до 1.4. причем наибольшие величины характерны для склона южной экспозиции, что свидетельствует о большем видовом разнообразии и большей выравненности по обилию видов сообществ этого склона с включением степных, лугово-степных и бореальных элементов.

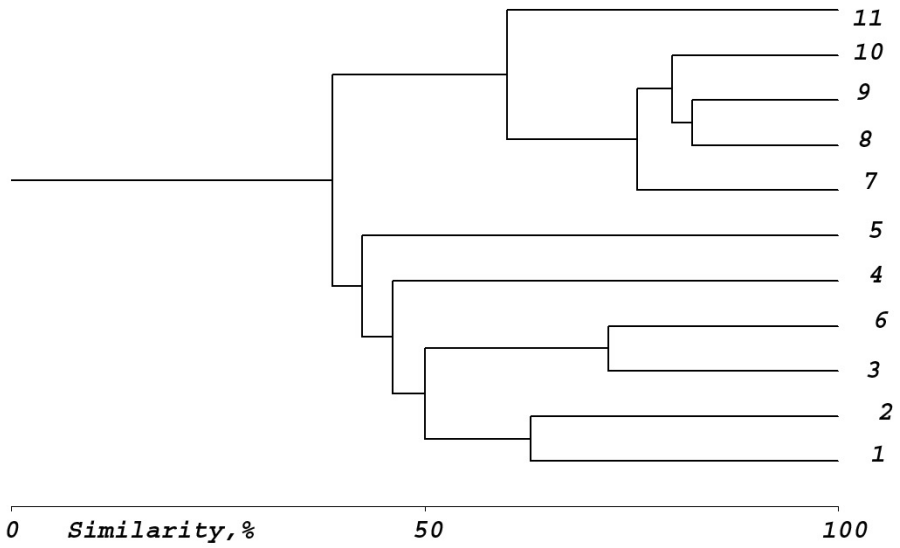


Рис.1. Кладограмма сообществ сопки Базовая в 2009 г. **Условные обозначения:** 1-6 –полынно-раннеосоковые и разнотравно-типчаковые с участием спиреи и жимолости степные сообщества западного склона; 7-11 – кустарниковые полынно-типчаковые степные сообщества южного склона . **Fig. 1.** Cladogramm of communities on the Bazovaya hill, 2009.

Сопка Вероника расположена в северо-западном направлении от базы КарГУ и, в отличие от сопки Базовой, непосредственно сочленяется с Каркаралинским горным массивом. Склон южной

экспозиции, на котором были заложены пробные площади, покрыт преимущественно сосновыми, реже березово-сосновыми лишайниковыми редколесьями с участием кустарников *Juniperus sabina, Spiraea crenata.* Травянистый покров крайне разрежен – проективное покрытие составляет не более 10%. Своеобразие сообществ сопки Вероника в отличие от сопок Базовая и Моника выражается в эколого-ценотической структуре сообществ (рис. 2). Растительные сообщества содержат наибольшее число видов лесных групп (виды боровой, бореальной и неморальной групп вместе составляют 25%). Бореальные виды отмечены во всех ярусах сообществ - в травянистом ярусе с единичным обилием присутствуют *Fragaria vesca, Calamagrostis epigeios, Galium boreale,* в кустарниковом ярусе сосновых сообществ часто встречается *Rubus idaeus,* из видов боровой эколого-ценотической группы отмечены *Erysimum cheiranthoides, Chamaenerion angustifolium, Trifolium lupinaster*. Также необходимо отметить большое участие луговых мезофитных видов в сообществах (*Agrostis tenuis, Achillea millefolium, Hypericum perforatum, Hieracium umbellatum, Vicia sepium*, всего 25% видового состава). Таким образом, на долю степных видов приходится около 15%, что значительно меньше, чем на других сопках, а петрофитные виды представлены в той же мере. Показатели видового богатства и видовой насыщенности в сообществах с. Вероника меньше, чем на соседних сопках (табл. 1), хотя по индексу К. Шеннона они близки между собой (табл. 3). По всей видимости, экологические условия определяют меньшее разнообразие травянистого покрова за счет развития древесно-кустарникового и лишайникового ярусов, в то же время по степени выравненности видового состава (индекс К. Шеннона) эти сообщества столь же полноценны, что и описанные выше.

Таблица 2. Растительные сообщества сопки Базовая по данным профиля 2009 г. и индексы разнообразия К.Шеннона. **Table 2.** Plant communities on the Bazovaya hill based on data obtained in 2009 and Shannon's biodiversity indices.

Название ассоциации	Номер описания	Доминанты сообщества	Число видов	Индекс Шеннона
Склон западной экспозиции				
Типчаково-полынно-осоковая с участием караганы	1	*Carex praecox, Artemisia austriaca, Festuca sulcata*	18	1 .2
Полынно-осоковая с участием караганы	2	*Carex praecox, Artemisia austriaca*	15	1.1
Тырсово-раннеосоковая с участием жимолости мелкополодной	3	*Carex praecox, Stipa capillata, Lonicera microcarpa*	19	1.2
Подмаренниково-раннеосоковая	4	*Carex praecox, Galium verum*	10	0.95
Спирейно-жимолостная раннеосоково-тысячелистниковая	5	*Spiraea hypericifolia, Lonicera microcarpa, Carex praecox, Achillea millefolia*	16	1.15
Тырсово-раннеосоковая с участием сосны и березы	6	*Betula pendula, Pinus sylvestris, Carex praecox, Stipa capillata*	17	1.2
Склон южной экспозиции				
Полынно-типчаковая	7	*Artemisia austriaca, Festuca valesiaca*	16	1.2
Спирейная полынно-типчаковая	8	*Artemisia austriaca, Festuca valesiaca, Spiraea hypericifolia,*	13	1.15
Спирейная раннеосоково-типчаковая	9	*Carex praecox, Stipa capillata, Festuca valesiaca, Spiraea hypericifolia*	17	1.3
Спирейная раннеосоково-типчаковая	10	*Carex praecox, Festuca valesiaca, Stipa capillata, Spiraea crenata*	14	1.2
Спирейная раннеосоково-типчаковая	11	*Carex praecox, Festuca valesiaca, Stipa capillata, Spiraea crenata*	30	1.5

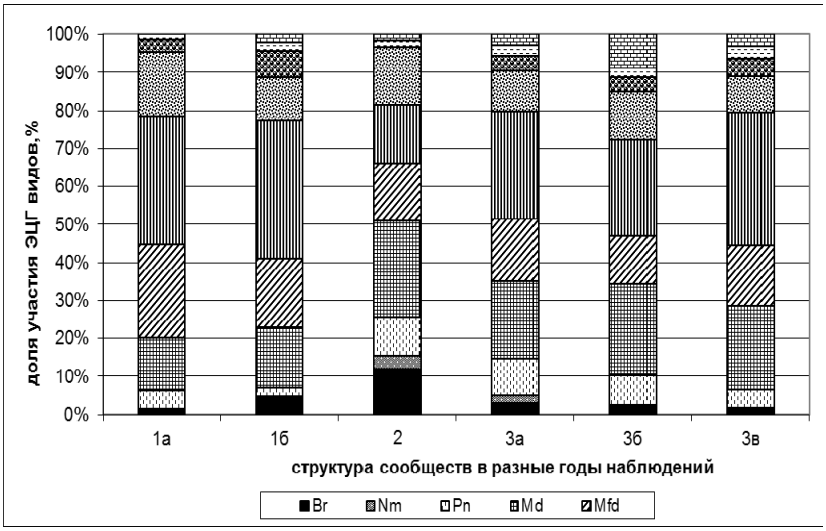


Рис. 2. Эколого-ценотические спектры сообществ сопок в разные годы наблюдений. Условные обозначения. Структура сообществ в разные годы наблюдений (на оси «X»): 1а- сопка Базовая, 2009 г; 1б – сопка Базовая, 2013 г.; 2 – сопка Вероника, 2010 г.; 3а – сопка Моника, 2010 г.; 3б – сопка Моника, 2012 г.; 3в – сопка Моника, 2013 г. Эколого-ценотические группы: Br – бореальная; Nm- неморальная; Pn- боровая; Md- луговая; Mfd- лугово-степная; St- степная; Pt-St – горно-степная, St-Gal-галофитно-степная; Wt- влажнотравная; An – сорная. **Fig. 2.** Changes of ecological-coenotic spectrum of the communities on the hills during different observation years.

Таблица 3. Растительные сообщества сопки Вероника по данным профиля 2010 г. и индексы разнообразия К.Шеннона. **Table 3.** Plant communities on the Veronika hill based on data obtained in 2010 and Shannon's biodiversity indices.

Название ассоциации	Номер описания	Доминанты сообщества	Число видов	Индекс Шеннона
Склон южной экспозиции				
Сосновое редколесье	1	*Pinus sylvestris, Achillea millefolium*	12	1.1
Березово-сосновое редколесье	2	*Pinus sylvestris, Betula pubescens, Potentilla fruticosa*	10	0.8
Сосновое редколесье	3	*Pinus sylvestris, Juniperus sabina*	8	0.9
Спирейная разнотравная	4	*Spiraea crenata, Hypericum perforatum, Achillea millefolium*	12	1.1
Сосновое редколесье	5	*Pinus sylvestris, Spiraea crenata*	18	1.3
Сосновое редколесье	6	*Pinus sylvestris, Sedum hybridum, Festuca valesiaca*	17	1.2
Сосновое редколесье лишайниковое	7	*Pinus sylvestris, Potentilla fruticosa*	10	0.9
Сосново-можжевельникове редколесье	8	*Pinus sylvestris, Juniperus sabina*	8	0.9
Сосновое лишайниковое редколесье	9	*Pinus sylvestris, Spiraea crenata*	11	1.0
Березово-сосновое редколесье разнотравное	10	*Betula pubescens, Pinus sylvestris, Orostachys spinosa*	12	1.0
Сосновое лишайниковое редколесье	11	*Pinus sylvestris, Spiraea crenata, Sedum hybridum,*	12	1.0
Спирейная таволгово-осоковая	12	*Spiraea crenata, Carex praecox, Filipendula vulgaris*	31	1,5

Сопка Моника также непосредственно сочленяется с крупным горным узлом и расположена немного южнее сопки Вероника. Абсолютная высота сопки составляет около 1000 м н.у.м. Описания фитоценозов выполнены на склонах разных экспозиций (северной, западной, южной и восточной в 2010 и 2012 гг., на северо-восточной в 2013 г.). Растительный покров достаточно однороден в пределах склонов и представлен кустарниковыми лугово-степными и степными сообществами:

спиреево-жимолостными разнотравно-типчаковыми на северном и западном склонах, и шиповниково-спиреевыми полынно-разнотравными, осочково-типчаковыми и разнотравно-ковыльными - на южном и восточном склонах (табл. 4).

Таблица 4. Растительные сообщества сопки Моника по данным профиля 2012 г. и индексы разнообразия К. Шеннона. **Table 4.** Plant communities on the Monika hill based on data obtained in 2012 and Shannon's biodiversity indices.

Название ассоциации	Номер описания.	Доминанты сообщества	Число видов	Индекс Шеннона
Склон западной экспозиции				
Разнотравно-типчаково- с участием жимолости и спиреи	1	*Festuca valesiaca, Fragaria vesca*	43	1.6
Березово-сосновая жимолостно-спирейная типчаково-тимьяновая	2	*Pinus sylvestris, Betula pendula, Festuca valesiaca, Thymus marshallianus*	23	1.4
Разнотравно-типчаковая с участием жимолости и спиреи	3	*Festuca valesiaca, Fragaria vesca*	21	1.3
Разнотравно-типчаковая	4	*Festuca valesiaca, Pulsatilla patens*	18	0.9
Разнотравно-типчаковая	5	*Festuca valesiaca, Astragalus alopecurus, Pulsatilla patens*	12	1.2
Склон северной экспозиции				
Спирейная разнотравно-типчаковая	1	*Spiraea hypericifolia Festuca valesiaca, Fragaria vesca*	26	1.5
Шиповниковая разнотравно-ковыльная	2	*Rosa spinulosissima, Medicago falcata, Stipa capillata, Festuca valesiaca*	29	1.4
Кустарниковая разнотравно-дерновинно-злаковая	3	*Spiraea hypericifolia, Lonicera microcarpa, Stipa capillata, Festuca valesiaca, Fragaria vesca*	24	1.4
Кустарниковая -типчаково-тимофеевкая	4	*Caragana fruticosa, Spiraea crenata, Festuca valesiaca, Phleum phleoides*	25	1.2
Разнотравно-осоково-типчаковая	5	*Orostachys spinosa, Festuca valesiaca, Carex praecox*	15	1.5
Склон восточной экспозиции				
Разнотравно- полынная	1	*Artemisia austriaca, Hieracium umbellatum*	29	1.4
Жимолостная разнотравно-осоковая	2	*Lonicera microcarpa, Fragaria vesca, Carex praecox*	26	1.4
Жимолостная тимьяновая	3	*Lonicera microcarpa, Thymus marshallianum*	27	1.3
Карагановая ковыльно-типчаковая	4	*Caragana fruticosa, Stipa capillata, Festuca valesiaca*	22	1.3
Караганово-жимолостная полынно-осоковая	5	*Caragana fruticosa, Lonicera microcarpa, Carex praecox, Artemisia austriaca*	20	1.3
Склон южной экспозиции				
Спирейная разнотравно-типчаковая	1	*Spiraea crenata, Thymus marshallianum, Festuca valesiaca*	22	1.25
Спирейная разнотравно-осоковая	2	*Spiraea crenata, Potentilla virgata, Carex praecox*	18	1.25
Спирейная лабазниково-осоковая	3	*Spiraea crenata, Carex praecox, Filipendula vulgaris*	18	1.25
Спирейная осоково-типчаковая	4	*Spiraea crenata, Carex praecox, Festuca valesiaca*	18	1.2
Спирейная полынно-осоковая	5	*Spiraea crenata, Carex praecox, Artemisia austriaca*	15	1.2

По показателям видового богатства и видовой насыщенности сообщества сопки Моника превосходят два других объекта наблюдений (табл. 1), что, с одной стороны, связано с большим объемом выполненных здесь описаний, а с другой – с разнообразием экотопов, приуроченных к склонам разных экспозиций. Интересно, что при достаточно высоком ценотическом разнообразии, описанные сообщества достаточно близки между собой флористически, что иллюстрируют кладограммы за 2010 и 2012 гг. (рис. 3, 4). Сравнивая результаты кластерного анализа за два периода наблюдений, можно заметить, что при сохранении общей картины кластеров, образованных описаниями разных склонов сопки, общие показатели флористического сходства увеличиваются с течением времени (в 2012 г. почти для всех сообществ они выше 60%).

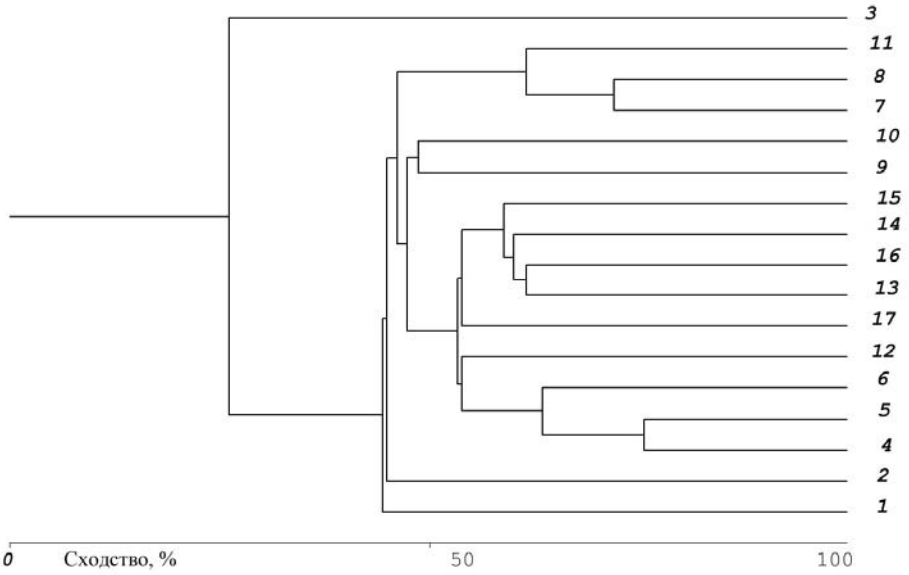


Рис. 3. Кладограмма фитоценозов сопки Моника, 2010 г. Условные обозначения: 1-6 разнотравно-злаковые с участием степных кустарников и лесных видов сообщества западного склона; 7-11 – типчаковые и разнотравно-типчаковые степные сообщества северного склона; 12-17 – луговостепные с участием спиреи и шиповника сообщества северного склона. **Fig. 3.** Cladogramm of the communities on the Monika hill, 2010.

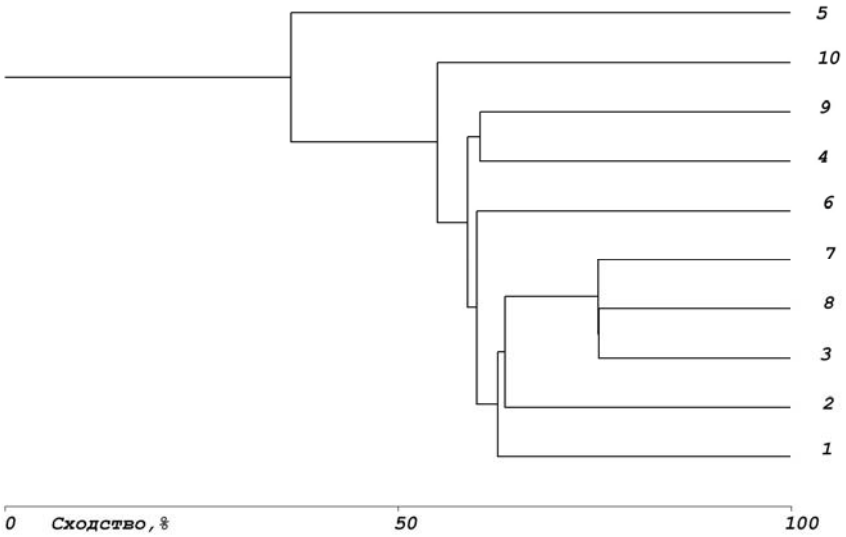


Рис. 4. Кладограмма фитоценозов сопки Моника, 2012 г. Условные обозначения: 1-5 – кустарниковые (спирея, жимолость) разнотравно-злаковые сообщества западного склона; 6-10 – кустарниковые (спирея, шиповник) луговостепные сообщества северного склона. **Fig. 4.** Cladogramm of the communities on the Monika hill, 2012.

Эколого-ценотический анализ видового состава характеризует сообщества сопки Моника как довольно разнообразные по набору групп (представители 10-ти эколого-ценотических групп отмечены в описаниях 2010 г.). По набору и характеру распределения групп видов эколого-ценотический спектр близок к сообществам сопки Базовая (рис. 2), однако на сопке Моника относительно выше участие луговых и боровых видов, за счет этого несколько снижена доля степных видов. В травянистом ярусе отмечены лесные виды – *Fragaria vesca, Anthriscus sylvestris, Galium boreale* (бореальные), *Actaea spicata* (неморальный вид), что в целом свидетельствует о лучшей сохранности растительности сопки Моника по сравнению с Базовой. Индекс К. Шеннона колеблется от 1.2 до 1.6 (табл. 4), что, в целом, выше по сравнению с сообществами двух других сопок.

В качестве показателя бета-разнообразия был рассчитан индекс Р. Уиттекера (табл. 5). Наиболее высоким ценотическим разнообразием обладает растительность сопки Моника (5.6) и сопки Вероника (3.7), что связано с более разнообразными экотопическими и биотическими условиями.

Таблица 5. Показатель бета-разнообразия (индекс Уиттекера) растительности трех сопок. **Table 5.** Index of β-diversity (Whittaker index) for vegetation of the three hills.

Сопки	Годы наблюдений		
	2009-2010 гг.	2012 г.	2013 г.
Базовая	2.8		2.6
Вероника	3.7		
Моника	5.6	2.2	2.7

При оценке биоразнообразия территории принято использовать присутствие редких и краснокнижных видов. В сообществах трех сопок были отмечены три вида из списка редких и исчезающих видов Каркаралинского национального парка (Горчаковский, 1987; Тохметов, Норцева, 2009; Куприянов, Михайлов, 1989). Это зверобой продырявленный (*Hypericum maculatum*) в сосновых редколесных сообществах сопки Вероника и кустарниково-луговостепных сообществах сопки Моника, овсяница красная (*Festuca rubra*) – в луговостепных сообществах сопки Моника; тюльпан поникающий (*Tulipa nutans*) – в степных кустарниково-типчаковых и осоково-типчаковых сообществах сопок Моника и Базовая.

Заключение

Проведенное исследование позволило оценить растительность нескольких участков Каркаралинского НП с в формате общепринятых показателей альфа- и бета-разнообразия, с использованием индексов Р. Уиттекера, К. Шеннона, кластерного анализа. На трех сопках, расположенных в окрестностях п. Каркаралы, несмотря на сильное антропогенное воздействие, сохраняются фрагменты реликтовых сосновых остепненных редколесий в сочетании с кустарниковыми, степными и лугово-степными сообществами. Выявлено наиболее высокое ценотическое разнообразие растительности сопок Вероника и Моника. Для растительных сообществ этих сопок характерны наиболее разнообразные эколого-ценотические спектры и большее участие мезофитных луговых и лесных элементов. Наиболее высокие показатели альфа- и бета- разнообразия отмечены для сопки Моника, здесь же встречены редкие виды, нуждающиеся в охране.

Повторные исследования растительности изученных участков показали постепенное увеличение видовой насыщенности и рост индекса К. Шеннона в сообществах сопки Моника, что может свидетельствовать о благоприятном воздействии введения охранного режима национального парка и снижения пастбищной нагрузки в данных природных комплексах.

Для обеспечения сохранения биоразнообразия уникальных экосистем Каркаралинских гор необходимо продолжение мониторинговых наблюдений с оценкой параметров альфа- и бета-разнообразия на исследованных участках и дальнейшее расширение сети мониторинга биоразнообразия в рамках национального парка и прилегающих территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

География и мониторинг биоразнообразия. Коллектив авторов. 2002 / Серия учебных пособий «Сохранение биоразнообразия». М.: НУМЦ. 432 с

Гордягин А.Я. 1897. О Кокчетавских лесах //Записки Западно-Сибирского Отделения Русского географического общества. Т. 22. С. 1-18.

Горчаковский П.Л. 1987. Лесные оазисы Казахского мелкосопочника. М.: Наука. 160 стр.

Ишмуратова М.Ю., Тлеукенова С.У. 2009. О сосудистых растениях флоры Центрального Казахстана // Вестн. КарГУ. Сер. Биология, медицина, география. № 4. С. 9-20.

Карамышева З.В., Рачковская Е.И. 1973. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана. Л.: Наука, 250 с.

Крашенинников И.М. 1939. Основные пути развития растительности Южного Урала в связи с палеогеографией северной Евразии в плейстоцене и голоцене //Советская ботаника. № 6-7. С. 67-99.

Куприянов А.Н., Михайлов В.Г. 1989. Новые и редкие растения для Центрального Казахстана // Ботанический журн. Т. 74. № 4. С. 545-547.

Куприянов А.Н., Михайлов В.Г. 2007. Список растений Каркаралинского национального парка // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Вып. 13. С. 5-38.

Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Хрусталев И.А. 2007. История изучения флоры Каркаралинских гор // Тр. Межд. научн. конф. «Растительный мир и его охрана». Алматы. С. 45-47.

Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволуцкий Д.А. 2004. Биологическое разнообразие. М.: Владос. 432 с.

Мониторинг биоразнообразия / Под общей ред. В.Е. Соколова и др. 1997. М.: ИПЭЭ РАН. 368 с

Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его изменение. М.: Мир, 181 с.

Николаев В.А. 1999. Ландшафты азиатских степей. М.: Изд-во Московского Ун-та. 288 стр.

Сукачев В.Н. 1948. Кокчетавские горные леса //Землеведение. Т. 3. С. 5-34.

Тишков А.А. 2010. Биосферные функции и экосистемные услуги ландшафтов степной зоны России //Аридные экосистемы. Т. 16. № 1(41). С. 5-15.

Тохметов С.Г., Норцева М.А. 2009. Сохранение биологического разнообразия животного и растительного мира Каркаралинского государственного национального природного парка / Архив научных публикаций /rusnauka.com›21_DNIS_2009/Biologia/49344.doc.htm

Цэдэндаш Г., Дугаржав Ч. 2004. Реликтовые лесные сообщества как индикаторы климатических изменений //Аридные экосистемы. Т. 16. № 24-25. С. 60-67.

PHYTOCOENOTIC DIVERSION IN THE PIEDMONT REGIONS OF SOUTHERN KAZAKHSTAN

© 2014. T.V. Dikareva, N.B. Leonova

M.V. Lomonosov Moscow State University, Geographical faculty
Russia, 119992, Moscow, Leninskie gori, 1.
E-mail: tvdikareva@yandex.ru, nbleonova2@gmail.com

The paper is devoted to estimation of phytodiversity parameters of the hills of Karkaralinsk National park. The island forests of steppe region in Central Kazakhstan are inheritors of united forest massif existed in previous times that had links with taiga forests of Western Siberia in the north and with mountain and piedmont forests of Altay in the east during cold and humid ages of Pleistocene. Presence of boreal and nemoral species preserved in these forests conditioned the specificity and high ecological value of these communities. The conducted research enabled us to evaluate the vegetation of several parts of National park in the form of α-diversity and β-diversity indices using the Whittaker, Shannon indices and cluster analysis. The figures received show their positive dynamics in 2009-2013 and promote to monitoring of biodiversity in Karkaralinsk National park in the future.

Keywords. Forest islands, steppe region, boreal species, estimation and monitoring of biodiversity.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 115-118

ХРОНИКА

ПЕРВОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ЭКОСИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ»

8-10 сентября 2015 г. Улан-Батор, Монголия

посвященная 45-летию деятельности Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ

Сопредседатели

акад. АНМ Б. Энхтувшин (Монголия), акад. РАН Д.С. Павлов (Россия)

Научный комитет

- акад. АНМ Д. Рэгдэл (заместитель председателя, Монголия)
- член-корр. РАН Р.В. Камелин (заместитель председателя, Россия),

д.б.н. Я. Адъяа (Монголия), чл.-корр. РАН А.Г. Бабаев (Туркменистан), д-р Ц. Бадрах (Монголия), д.с/х.н. А. Бакей (Монголия), акад. АНМ Т. Галбаатар (Монголия), д.ф.-м.н. Х. Дондог (Монголия), акад. АНМ Т. Дорж (Монголия), акад. АНМ Д. Доржготов (Монголия), акад. АНМ А. Дулмаа (Монголия), проф. Жан Жибин (Китай), акад. АНМ Ц. Жанчив (Монголия), акад. РАН Н.С. Касимов (Россия), д.б.н. В.Т. Комов (Россия), д-р Ма Кепинг (Китай), д-р Б. Мейснер (Германия), д.б.н. Н.П. Огарь (Казахстан), д.с/х.н. А.А. Онучин (Россия), д-р Л. Орловская (Израиль), д.с/х.н. Е.И. Панкова (Россия), д.б.н. В.П. Седельников (Россия), д-р Р. Татейши (Япония), чл.-корр. РАН З.Ш. Шамсутдинов (Россия), д-р А.И. Шеховцов (Россия), д.б.н. М. Штуббе (Германия), д.б.н. В.Т. Ярмишко (Россия)

Организационный комитет

- д-р Л. Даваагив (заместитель председателя) (Монголия),
- акад. РАН Ю.Ю. Дгебуадзе (заместитель председателя) (Россия),
- акад. АНМ Ч. Дугаржав (заместитель председателя) (Монголия),
- д.б.н. проф. П.Д. Гунин (заместитель председателя) (Россия),
- д.с/х.н. Ж. Цогтбаатар (заместитель председателя) (Монголия)

к.б.н. С.Н. Бажа (Россия), д-р О. Батхишиг (Монголия), д-р С. Баяннасан (Монголия), д.б.н. Б. Баяртогтох (Монголия), д-р Ш. Болдбаатар (Монголия), д.г.н. Е.Ж. Гармаев (Россия), д.ф.-м.н. Ж. Даваасамбу (Монголия), акад. Ч. Доржсурэн (Монголия), д-р Ч. Дуламсурэн (Германия), д.б.н. З.Г. Залибеков (Россия), к.б.н. Л.А. Иванов (Россия), м-р С. Кол (США), д.г.н. Н.Е. Кошелева (Россия), д.б.н. А.В. Крылов (Россия), д.б.н. Б.Б. Намзалов (Россия), к.г.н. В.М. Неронов, д-р Н. Орловский (Израиль), к.г.н. А.В. Прищепа (Россия), д-р Ц. Цэрэнханд (Монголия), д-р М. Саандарь (Монголия), д-р Н. Сонинхишиг (Монголия), д.б.н. А.В. Суров (Россия), д-р И. Тувшинтогтох (Монголия), д.б.н. Л.Л. Убугунов (Россия), д.б.н. В.И. Убугунова (Россия), д.б.н. Ш. Цоож (Монголия), д-р Б. Цэцэг (Монголия), д-р С. Энх-Амгалан (Монголия)

Научные секретари

- ✓ д-р Д. Даш (Монголия) – Phone: +976-11-321-750; Fax: +976-11-321-862;
E-mail: dash@ecology.mas.ac.mn
- ✓ д.б.н. Н.И. Дорофеюк (Россия) – Phone: +499-124-33-13; Fax: +499-124-79-34;
E-mail: monexp@mail.ru; nadin-home@mail.ru
- ✓ д-р Ю.И. Дробышев (Россия) – Phone: +499-124-33-13; Fax: +499-124-79-34;
E-mail: monexp@mail.ru
- ✓ д-р Б. Лхагвасурэн (Монголия) – Phone: +976-11-453-583; Fax: +976-11-451-781;
E-mail: ecolab@magicnet.mn
- ✓ д.и.н. С.-Х.Д. Сыртыпова (Россия) – Phone/Fax: +499-124-79-34;
E-mail: monexp@mail.ru
- ✓ д-р О. Энхтуяа (Монголия) – Phone: +976-11-451-014; Fax: +976-11-451-837;
E-mail: tuyabot@yahoo.com

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Флористико-фаунистическое и экосистемное разнообразие
2. Современные процессы трансформации почвенного покрова
3. Современное состояние особо охраняемых природных территорий и перспективы их развития
4. Разнообразие, видовой состав и особенности функционирования водных экосистем Центральной Азии в условиях глобальных изменений.
5. Эколого-биологические основы использования и восстановления пастбищных, земледельческих и лесохозяйственных экосистем
6. Экологические и социально-экономические проблемы загрязнения природной среды в городах и горнопромышленных центрах
7. Опустынивание как эколого-экономическая проблема: диагностика, распространение и методы борьбы
8. Научные основы сохранения биологических ресурсов при их рекреационном использовании

РЕГИСТРАЦИОННАЯ ФОРМА

Фамилия, имя, отчество (полностью):	
Ученая степень, звание, должность:	
Место работы	
Адрес работы (с индексом)	
Телефон/факс	
E-mail	
Название доклада	
Соавторы:	
Тематическое направление доклада:	
Форма представления доклада (устный, постерный)	

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

7 сентября – заезд и размещение участников конференции
8 сентября – регистрация участников конференции, открытие конференции, пленарная сессия
9 сентября – работа по секциям, дискуссия, закрытие конференции, торжественный ужин
10 сентября – экскурсии
Рабочие языки: русский, английский, монгольский
Заявки на участие в конференции принимаются **до 15 января 2015 г.** по электронной почте monexp@mail.ru, ibot@mongol.net, geoeco@magicnet.mn.

FIRST ANNOUNCEMENT
INTERNATIONAL CONFERENCE
"ECOSYSTEMS OF CENTRAL ASIA UNDER CURRENT CONDITIONS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT"

8-10 September 2015, Ulaanbaatar, Mongolia

In commemoration of the 45th anniversary of the Joint Russia-Mongolia Complex Biological Expedition; Russian Academy of Sciences, Mongolian Academy of Sciences

Co-chairs:

Acad. MAS B. Enkhtuvshin (Mongolia), Acad. RAS D.S. Pavlov (Russia)

Scientific Committee

• Acad. MAS D. Regdel (Deputy Chairman, Mongolia)
• Corresponding member RAS R.V. Kamelin (Deputy Chairman, Russia),

Dr. Sci. Ya. Adyaa (Mongolia), Corr.-member RAS A.G. Babaev (Turkmenistan), Dr. Ts. Badrakh (Mongolia), Dr. Sci. A. Bakey (Mongolia), Acad. MAS T. Ganbaatar (Mongolia), Dr. Sci. Kh. Dondog (Mongolia), Acad. MAS T. Dorj (Mongolia), Acad. MAS D. Dorjgotov (Mongolia), Acad. MAS A. Dulmaa (Mongolia), Prof. Jan Jibin (China), Acad. MAS Ts. Janchiv (Mongolia), Acad. RAS N.S. Kasimov (Russia), Dr. Sci. V.T. Komov (Russia), Dr. Ma Keping (China), Dr. N. Meisner (Germany), Dr. Sci. N.P. Ogar (Kazakhstan), Dr. Sci. A.A. Onuchin (Russia), Dr. L. Orlovskaya (Israel), Dr. Sci. E.I. Pankova (Russia), Dr. Sci. V.P. Sedelnikov (Russia), Dr. R. Tateishi (Japan), Corr.-member RAS Z.Sh. Shamsutdinov (Russia), Dr. A.I. Shekhovtsov (Russia), Dr. Sci. M. Stubbe (Germany), Dr. Sci. V.T. Yarmishko (Russia)

Organizing Committee

- Dr. L. Davaagiv (Deputy Chairman) (Mongolia),
- Acad. RAS Yu.Yu. Dgebuadze (Deputy Chairman) (Russia),
- Acad. MAS Ch. Dugarjav (Deputy Chairman) (Mongolia),
- Dr. Sci., prof. P.D. Gunin (Deputy Chairman) (Russia),
- Dr. Sci. J. Tsogtbaatar (Deputy Chairman) (Mongolia)

Dr. S.N. Bazha (Russia), Dr. O. Batkhishig (Mongolia), Dr. S. Bayannasan (Mongolia), Dr. Sci. B. Bayartogtokh (Mongolia), Dr. Sh. Boldbaatar (Mongolia), Dr. Sci. E.Zh. Garmaev (Russia), Dr. Sci. J. Davaasambu (Mongolia), Acad. Ch. Dorjsuren (Mongolia), Dr. Ch. Dulamsuren (Germany), Dr. Sci. Z.G Zalibekov (Russia), Dr. L.A. Ivanov (Russia), Mr. S. Kohl (USA), Dr. Sci. N.E. Kosheleva (Russia), Dr. Sci. A.V. Krylov (Russia), Dr. Sci. B.B. Namzalov (Russia), Dr. V.M. Neronov, Dr. N. Orlovsky (Israel), Dr. A.V. Prischepa (Russia), Dr. Ts. Tserenkhand (Mongolia), Dr. M. Saandar (Mongolia), Dr. N. Soninkhishig (Mongolia), Dr. Sci. A.V. Surov (Russia), Dr. I. Tuvshintogtokh (Mongolia), Dr. Sci. L.L. Ubugunov (Russia), Dr. Sci. V.I. Ubugunova (Russia), Dr. Sci. Sh. Tsooj (Mongolia), Dr. B. Tsetseg (Mongolia), Dr. S. Enkh-Amgalan (Mongolia)

Scientific Secretaries

✓ Dr. D. Dash (Mongolia) – Phone: +976-11-321-750; Fax: +976-11-321-862;
E-mail: dash@ecology.mas.ac.mn
✓ Dr. Sci. N.I. Dorofeyuk (Russia) – Phone: +499-124-33-13; Fax: +499-124-79-34;
E-mail: monexp@mail.ru; nadin-home@mail.ru
✓ Dr. Yu.I. Drobyshev (Russia) – Phone: +499-124-33-13; Fax: +499-124-79-34;
E-mail: monexp@mail.ru
✓ Dr. B. Lkhagvasuren (Mongolia) – Phone: +976-11-453-583; Fax: +976-11-451-781;
E-mail: ecolab@magicnet.mn
✓ Dr. Sci. S.-Kh.D. Syrtypova (Russia) – Phone/Fax: +499-124-79-34;
E-mail: monexp@mail.ru
✓ Dr. O. Enkhtuya (Mongolia) – Phone: +976-11-451-014; Fax: +976-11-451-837;
E-mail: tuyabot@yahoo.com

PRINCIPAL CONFERENCE TOPICS

1. Floristic-faunistic and ecosystem diversity
2. Contemporary processes of soil cover transformation
3. Current status of specially protected natural territories and prospects for their development
4. Diversity, species composition and functioning of aquatic ecosystems of Central Asia in the context of global changes
5. Ecological-biological basis for the use and restoration of pastoral, agricultural, and forest ecosystems
6. Ecological and socio-economic problems of environmental pollution in urban and mining centers
7. Desertification as an ecological-economic problem: diagnosis, distribution and methods of combatting
8. Scientific basis for conservation of biological resources used for recreational purposes

REGISTRATION FORM

Last name, first name, patronymic or middle name (in full):	
Academic degree, title, position:	
Affiliation	
Work address (including zip code)	
Telephone/Fax (including country/city codes)	
E-mail	
Report title	
Co-authors (if applicable):	
Report topic:	
Form of presentation (oral, poster)	

PRELIMINARY CONFERENCE AGENDA

September 7 - arrival and accommodation of participants
September 8 - registration; opening of conference; plenary session
September 9 - work in sections; discussion; closing of conference; gala dinner
September 10 - excursions
Working languages: Russian, English, Mongolian
Applications for participation will be accepted until January 15, 2015, by e-mail monexp@mail.ru, ibot@mongol.net, geoeco@magicnet.mn.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 4 (61), с. 119-123

ХРОНИКА

СЕДЬМОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «СТЕПИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ»

Первое информационное письмо

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт степи Уральского отделения РАН (ИС УрО РАН) совместно с другими заинтересованными организациями проводит Седьмой международный симпозиум **«Степи Северной Евразии»**.

Симпозиум состоится в г. Оренбурге **в последней декаде мая 2015 года.** Планируется работа по тематическим направлениям, организация «круглых столов», выездные заседания и экскурсии. Перед началом симпозиума будут изданы его материалы.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕДЬМОГО СИМПОЗИУМА:

1. Актуальные вопросы исторического степеведения. Природное и историко-культурное наследие степей.
2. Биологическое и почвенное разнообразие степных регионов.
3. Стратегия степного природопользования и проблемы экологической реабилитации степных ландшафтов.
4. Эколого-географические исследования степей и смежных территорий: эволюция, структура и антропогенная трансформация ландшафтов.
5. Эколого-гидрологические аспекты природопользования в степной зоне.
6. Социально-экономический и природно-ресурсный потенциал степных регионов; экономико-географические аспекты степного природопользования.

Для участия в симпозиуме в адрес Оргкомитета до **1 декабря 2014 года** должна быть направлена электронной почтой *заполненная регистрационная карта*.

РЕГИСТРАЦИОННАЯ КАРТА
участника Седьмого Международного симпозиума
«Степи Северной Евразии»

Фамилия, Имя, Отчество (полностью): _____
Ученая степень, звание, должность: _____
Место работы: _____
Адрес места работы (с индексом): _____
Телефон (для связи): _____
Факс: _____
Электронная почта (для связи): _____
Название доклада: _____
Соавторы: _____
Тематическое направление симпозиума: _____

Пожалуйста, обязательно укажите форму участия:

- Доклад на пленарном заседании
- Доклад на тематическом заседании или «круглом столе»
- Только публикация материалов

Предложения по тематике круглых столов: _____
Дата _____

Второе информационное письмо с уточнёнными сроками и условиями участия будет направлено Вам на основании заявок после **20 января 2015 года.**

Адрес Оргкомитета:
460000, Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, дом 11
ИС УрО РАН
Грошева Ольга Алексеевна

Тел.: (353-2) 77-44-32; 77-62-47; Факс: (353-2) 77-44-32
E-mail: steppeworld@gmail.com

Седьмой международный симпозиум «Степи Северной Евразии»
Оренбург, май 2015

ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ МАТЕРИАЛАМ

Материалы должны *соответствовать основным тематическим направлениям симпозиума*.

Текст должен быть набран на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word, **шрифт «Times New Roman», кегль 12, через 1,5 интервала, абзацный отступ – 1 см,** на бумаге формата А4 (210х297 мм), левое поле – 30 мм, остальные – по 20 мм.

Статьи должны иметь индекс УДК. К статье обязательно должна быть приложена аннотация на русском и английском языках (объёмом до 400 знаков).

Образец оформления материалов

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА *(на русском и английском языках)*

И.И Иванов[1], П.П. Петров[2] *(на русском и английском языках)*
[1]Название организации *(на русском и английском языках)*
(почтовый адрес организации, e-mail) *(на русском и английском языках)*
[2]Название организации *(на русском и английском языках)*
(почтовый адрес организации, e-mail) *(на русском и английском языках)*

Аннотация (на русском и английском языках)

2 пустые строки
Текст статьи (на русском или английском языках)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Объем текста материалов до 6 страниц, включая рисунки, таблицы, схемы, которые нумеруются по порядку. Для основного текста используется шрифт «Times New Roman», нежирный, кегль 12. Абзацный отступ – 1 см. Любой знак препинания набирается слитно с предыдущим словом и отделяется от последующего только одним пробелом. Автоматический перенос слов не допускается. При наборе текста следует обращать внимание на правильное использование знаков «тире» и «дефис». Знак умножения должен быть подлинным.

Рисунки и таблицы размещаются по тексту после ссылок на них. Кроме того электронный вариант каждой таблицы и рисунка записывается **в отдельный файл в формате программы, в которой они были созданы.** Графические материалы (только черно-белые) выполняются в программах Adobe Photoshop (до 6 версии), Adobe Illustrator (до 9 версии) и предоставляются в виде отдельных файлов в формате *tif, *jpg, с разрешением не менее 300 dpi.

Ссылки на литературу в тексте указываются номерами в квадратных скобках – [3], соответствующими их номерам в списке литературы.

Список литературы (до 12 пунктов) оформляется в соответствии с ГОСТом 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» и помещается в конце текста; через 1 строку заглавными буквами (без шрифтового выделения) печатаются слова: СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, которые выравниваются по центру.

Ниже, через один интервал **в алфавитном порядке** перечисляются все использованные источники. Сначала идут работы на русском языке, затем — на иностранных языках. Отдельные работы одного и того же автора располагаются в хронологической последовательности.

Допускаются только общеизвестные сокращения. Указание в списке литературы всех цитируемых работ обязательно.

Ссылки на гранты и другие источники финансирования исследования помещаются в конце статьи и выделяются полужирным курсивом.

Материалы для публикации в сборнике Седьмого международного симпозиума «Степи Северной Евразии» принимаются по электронной почте **steppeworld@gmail.com** **до 24 февраля 2015 года.**

Тема электронного письма – **Седьмой симпозиум**, название прикрепленного файла – фамилия первого автора и номер тематического направления (например: **Иванов_2**).

Если подтверждения о получении письма с материалами не будет в трехдневный срок, убедительная просьба продублировать отправку документа.

Оргкомитет симпозиума оставляет за собой право отклонять материалы, не соответствующие изложенным правилам и основным тематическим направлениям симпозиума, с уведомлением автора.

Материалы публикуются в авторской редакции, авторы несут ответственность за достоверность представленных данных.

THE SEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM 'STEPPES OF NORTHERN EURASIA'

The First Information Letter

The Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IS UB RAS) along with the other stakeholders holds the Seventh International Symposium on **'Steppes of Northern Eurasia'**.

The Symposium will take place **in Orenburg in the last decade of May, 2015**. Thematic sections, round tables, outdoor sessions and excursions to steppe field research stations of the Orenburg Oblast will be organized. Before the symposium starts its materials shall be issued.

THE SEVENTH SYMPOSIUM THEMATIC AREAS:

1. Emerging issues of historical steppe science. Culture and natural heritage of steppes.
2. Biological and soil diversity of steppe regions.
3. Steppe nature use strategy and problems of ecological rehabilitation for steppe landscapes.
4. Ecological geographical research of steppes and adjacent areas: evolution, structure and anthropogenic transformation of landscapes.
5. Ecological hydrological aspects of nature use in the steppe zone.
6. Socio-economic and nature resource potential of steppe regions; economical geographical aspects of steppe nature use.

The **Participants** should submit to the Organizing Committee **until December 1, 2014** via email the *completed registration form*.

REGISTRATION FORM
of a Participant of the Sixth International Symposium on Steppes of Northern Eurasia

Full First Name and Surname: _____
Academic Degree & Title, Position: _____
Place of Employment _____
Business Address (with zip-code): _____
Telephone: _____
Fax: _____

E-mail: _____
Report Title: _____
Co-Authors: _____
Thematic Areas of Symposium: _____
Please define mandatory the format of your participation:
- Report at a plenary session
- Report at a thematic session or a round table session
- Publication of materials only

Suggestions on the round table subjects: _____
Date _____

The second information letter with specified dates and terms of participation shall be sent you based on the applications received after **January 20, 2015**.

Organizational Committee Address:
The Russian Federation, 460000, Orenburg
11, Pionerskaya Str.
The Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Attention: Mrs. Olga Grosheva
Tel.: (3532) 77-44-32; 77-62-47; Fax: (3532) 77-44-32
E-mail: steppeworld@gmail.com
www.orensteppe.org

The Seventh International Symposium on 'Steppes of Northern Eurasia'
Orenburg, May 2015

REQUIREMENTS FOR THE MATERIALS SUBMITTED

The materials must *correspond to the main thematic sections of the symposium.*

The text should be submitted in Microsoft Word format, in **Times New Roman font, 12 point, 1.5 space, paragraph indention 1 cm**, on the bond paper of A4 format (210x297 mm), left margin 30 mm, the others 20 mm each.

The paper should include the abstract in English (up to 400 characters).

An example of correct preparation of the material to be submitted

REPORT TITLE

Scott Grimes[1], Heather Nerem[2]
[1] Name of Organization
(Organization postal address, e-mail)
[2] Name of Organization
(Organization postal address, e-mail)

Abstract (in English)

2 blank lines
The text of the report (in English or Russian)

REFERENCE LIST

The text amount should be up to 6 pages including figures, tables, schemes that should be numbered in sequential order. For the body text, Times New Roman font should be used, no boldface, 12 point, the paragraph indention 1 cm. Any punctuation marks should be typed together with the previous word and separated from the next word only with one space. Automatic hyphenation is not acceptable. Attention should be given to correct use of 'dash' and 'hyphen' marks. The multiplication mark should be true.

The figures and tables are placed across the text following the references to them. In addition, electronic version of each table and figure should be saved **into separate files in the original program format**.

All graphics (only in black-and-white) should be created in the programs Adobe Photoshop (up to 6 Version), Adobe Illustrator (up to 9 Version) and supplied separately as JPEG or TIFF files with resolution not less than 300 dpi.

References to the literature in the text should be indicated by numbers in square brackets – [3], and conform to those in the reference list.

The reference list should be placed at the end of the text; following one blank line, the capitals REFERENCE LIST are typed (with no font selection) and centered. Further, all the sources used should be listed alphabetically. Separate works of the same author are arranged in chronological sequential order. Only universally known abbreviations are acceptable. The reference list should obligatory include all the works cited in the body text.

References to grants and other funding sources are placed at the end of the article and selected with bold italic font.

All **materials to be published** in the volume for Sixth International Symposium on 'Steppes of Northern Eurasia' should be sent to the email address: **steppeworld@gmail.com** until February 24, 2015.

Please specify the subject of the electronic letter as **The Seventh Symposium**, and name the attached file by the surname of the first author and the number of thematic section, for example **Grimes_2**. Should you receive no confirmation for your submitted materials within 3 days please send them one more time.

The Organizational Committee retains its right to reject materials that do not meet the rules and main thematic sections stated above, with author notification.

The Materials are published in author's version; the authors are responsible for ensuring reliability of their data

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2014. Т. 20. № 4 (61)

JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2014. Vol. 20. № 4 (61)

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

ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60х 84 $^{1}/_{8}$	Объем 6.5 п.л.
Тираж 200 экз.	Заказ №

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

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)