ISSN 1993-3916

Том *Volume* **18** **Номер** Number **4 (53)** **Декабрь** December **2012**

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

2012

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

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

ARID ECOSYSTEMS

Vol. 18, No. 4 (53), 2012, 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. Glants (USA), P.D. Gunin, Zhigang Jiang (China), L.A. Dimeeva (Kazakhstan), I.S. Zonn, R.V. Kamelin, Zh.V. Kuzmina, G.S. Kust, E. Lioubimtseva (USA), V.M. Neronov, L. Orlovsky (Israel), U. Safriel (Israel), I.V. Springuel (Egypt), A.A. Tishkov, A.A. Chibilev, P. Shafroth (USA), Z.Sh. Shamsutdinov, A.K. Ustarbekov, T.V. Dikariova (*executive secretary*)

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

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

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

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

MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd

2012

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

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 18, № 4 (53), 2012, 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), У. Сафриель (Израиль), И.В. Спрингель (Египет),
А.А. Тишков, А.К. Устарбеков, А.А. Чибилев, П. Шафрот (США),
З.Ш. Шамсутдинов,
Т.В. Дикарева (*Ответственный секретарь*)

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

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

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

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

Москва: Товарищество научных изданий КМК

2012

© Журнал основан в 1995 г.
Издается при финансовой поддержке
Прикаспийского института биологических ресурсов
Дагестанского научного центра Российской академии наук,
Института водных проблем Российской академии наук,
Регионального благотворительного фонда им. А.М. Солтанмута,
Товарищества научных изданий КМК
и содействии региональных отделений секции
"Проблемы изучения аридных экосистем и борьбы с опустыниванием"
Научного совета "Проблемы экологии биологических систем"
отделения биологических наук Российской академии наук

The journal has been founded in 1995.
It is published under financial support of
Pricaspiyskiy Institute of Biological Resources
Dagestan Scientific Center of Russian Academy of Sciences,
Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences,
A.M. Soultanmut Regional Charitable Foundation,
KMK Scientific Press Ltd
with assistance of regional departments of the section:
"Problems of Arid Ecosystems and Desertification Control",
Scientific Council "Problems of Biosystems Ecology"
Department of General Biology of Russian Academy of Sciences

Журнал включен в список Реферируемых журналов и
Базы данных ВИНИТИ, входит в Перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ, с 2011 г. переводится на
английский и распространяется издательством Springer за
пределами России. Сведения о журнале ежегодно
публикуются в международной справочной системе по
периодическим и продолжающимся изданиям
«Ulrich's Periodicals Directory». Информация о журнале и
архив располагаются на сайте www.iwp.ru

The journal is included in the list of reviewed journals,
database of VINITI and in the list editions, recommended
by Higher Attestation Commission of Russian Federation.
It is translated from Russian to English and distributed by Springer
Publisher House outside of Russia.
Information about the journal is annually published in the
International inquiry system of the
«Ulrich's Periodicals Directory». Information about Journal and
archive are at the site www.iwp.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Том 18, номер 4 (53), 2012 декабрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Спутниковый индекс климатических экстремумов засушливых земель
А.Н. Золотокрылин, Т.Б. Титкова 5-12

Анализ особенностей обширных атмосферных засух на юге европейской России
Е.А. Черенкова 13-21

К вопросу о прогнозе поверхностного стока талых вод в лесостепной и степной зонах
А.Т. Барабанов, В.И. Панов 22-27

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Использование цепей Маркова для вероятностного прогноза различных условий увлажнения в вегетационный период на примере Воронежа
Л.М. Акимов 28-34

Проблемы опустынивания земель Республики Тыва
А.Д. Самбуу, А.Б. Дапылдай, А.Н. Куулар, Н.Г. Хомушку 35-44

Состав и структура мейобентоса высокоминерализованных притоков озера Эльтон
В.А. Гусаков, В.Г. Гагарин 45-54

Растительность засоленных местообитаний на юго-восточной границе Европы
Н.А. Юрицына 55-62

Пастбищная активность овец породы Awassi и разнообразие растений в условиях охраны в полуаридном климате
К. Джавасрех, О. Алкаиси, Ю. Алсатари, А. Алнсур 63-72

Оценка разнообразия позвоночной фауны заболоченных ландшафтов экстрааридных территорий
Х. Ченхуни 73-85

Разнообразие растительности и роль *Leptadenia pyrothechnica* в составе биомассы и накоплении углерода в аридной зоне Индии
Г. Сингх, К. Сингх, Д. Мишра, С. Шакла 86-96

ХРОНИКА

Актуальные проблемы современного степеведения (информация о VI международном симпозиуме «Степи северной Евразии»)
А.Г. Рябуха, А.А. Чибилёв, С.В. Левыкин 97-101

К юбилею Екатерины Ивановны Рачковской 102-103

Новые книги Института экологии волжского бассейна РАН 104-106

ПОТЕРИ НАУКИ

Елена Григорьевна Мяло 107-108

CONTENTS

Volume 18, Number 4 (53), 2012 DECEMBER

SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES

Satellite climatic extremes index of dryland
A.N. Zolotokrylin, T.B. Titkova 5-12

Analysis of extensive atmospheric droughts features in the south of the European Russia
E.A. Cherenkova 13-21

To the problem of prognosis of melted snow surface runoff forming in forest-steppe and steppe zones
A.T. Barabanov, V.I. Panov 22-27

APPLIED PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

The implement of Markov chains for probabilistic forecast of the different conditions of moistening in the vegetation period on the example of Voronezh
L.M. Akimov 28-34

The problems of desertification in Republic Tuva
A.D. Sambuu, A.B. Dapyldie, A.N. Kuular, N.G. Khomushku 35-44

Meiobentos composition and structure in high-mineralized tributaries of the Elton lake
V.A. Gusakov, V.G. Gagarin 45-54

Vegetation of saline ecotopes in the south-east boundary of Europe
N.A. Yuritsyna 55-62

Grazing behavior of Awassi sheep and the biodiversity of plant species under semi-arid reserved conditions
K. Jawasreh, O. Alqaisi, Y. Alsatary, A. Alnsoo 63-72

Diversity assessment of vertebrate fauna in a wethland of hot hyperarid lands
H. Chenchouni 73-85

Vegetation diversity and role of *Leptadenia pyrotechnica* in biomass contribution and carbon storage in arid zone of India
G. Singh, K. Singh, D. Mishra, S. Shukla 86-96

CHRONICLE

Current important problems of the modern steppe science (information about the VI International symposium «Steppe of Northern Eurasia»)
A.G. Ryabukha, A.A. Chibilyov, S.V. Levykin 97-101

Towards anniversary of Ekaterina Rachkovskaya 102-103

New books of the Institute of Ecology of the Volga river basin RAS 104-106

LOSE OF SCIENCE

Elena Grigorievna Mialo 107-108

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 5-12

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.5

СПУТНИКОВЫЙ ИНДЕКС КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКСТРЕМУМОВ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

© 2012 г. А.Н. Золотокрылин, Т.Б. Титкова

Институт географии Российской академии наук
Россия, 119017 Москва, Старомонетный пер., 29.
E-mail: azolotokrylin1938@yandex.ru, ttitkova@yandex.ru

Поступила 09.03.2012

Предлагается спутниковый индекс для детектирования климатических экстремумов (Satellite Climatic Extremes Index, SCEI) – засух и переувлажнения после обильных осадков на засушливых землях. SCEI представляет собой сумму отклонений от многолетнего среднего влажности почвы, NDVI, альбедо, температуры поверхности, нормированных на среднее квадратическое отклонение. Обсуждаются особенности его использования для изучения динамики опустынивания на примере Северо-Западного Прикаспия.

Ключевые слова: климатические экстремумы, альбедо, температура поверхности, NDVI, влажность почвы, MODIS, засушливые земли.

Экстремальность климата засушливых земель обусловлена в основном экстремальностью осадков. Она проявляется чаще всего в повторяющихся засухах и реже в обильных осадках, вызывающих кратковременное переувлажнение почвы. Пространственно-временная изменчивость этих экстремумов влияет на биофизические тенденции, которые наряду с социально-экономическими, важны для понимания причин опустынивания и его последствий.

Надежной информацией о климатических экстремумах становится спутниковый мониторинг таких биофизических параметров и их аномалий, как влажность почвы (Soil Water Index, SWI) , вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), альбедо и температура поверхности. В настоящее время эти параметры, за исключением влажности почвы, регулярно вычисляются с 2000 г. по данным спутниковых наблюдений радиометром MODIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer). Спутниковый мониторинг данных SWI, начатый в Технологическом Университете Вены в 1992 г. продолжается по настоящее время, но к самим данным нет открытого доступа.

Опыт применения спутниковых биофизических параметров накоплен в основном для детектирования засух в региональном и глобальном масштабах. Дискуссия на эту тему в научных кругах ведется достаточно давно. Вначале был предложен индекс вегетационных условий (Vegetation Condition Index, VCI), как функция NDVI, а несколько позднее индекс температурных условий (Temperature Condition Index, TCI), как функция температуры поверхности, и, наконец, комбинация VCI и TCI – индекс состояния (здоровья) вегетации (Vegetation Health Index, VHI) (Kogan, 1990,1995). Вскоре стали известны другие индексы засухи, построенные на комбинации альбедо и температуры поверхности или NDVI и альбедо (Ghulam et al., 2004). Но до сих пор не было предложено универсального спутникового индекса для одновременного детектирования климатических экстремумов – засух и переувлажнений применительно к засушливым землям.

Цель работы состоит в обосновании спутникового индекса климатических экстремумов (Satellite Climatic Extremes Index, SCEI), который по физическому смыслу может быть как отрицательным (засуха) или положительным (локальное и кратковременное

переувлажнение). В работе предполагается детальное описание методики оценки SCEI и обсуждение особенностей его использования для изучения динамики опустынивания.

Применение индекса рассматривается на примере засушливых земель Северо-Западного Прикаспия. По данным спутниковых наблюдений радиометром MODIS за NDVI, альбедо и температурой поверхности в период 2000-2011 гг. предполагается на исследуемой территории: (1) оценить в заданные периоды вегетационного сезона распределение SCEI в 2010 г., известного как года с экстремальной засухой в Европейской России; (2) рассмотреть межгодовой ход SCEI и выявить многолетнюю его тенденцию; (3) установить районы с максимальной повторяемостью положительных и отрицательных значений SCEI в периоды 2000-2005 и 2006-2011 гг.

Обоснование индекса и методика его оценки

Пространственно-временное изменение биофизических параметров засушливых земель прямым или косвенным образом отражает экстремальность климата, которая проявляется в отклонениях (аномалиях) от многолетнего среднего значений влажности почвы (Soil Water Index, SWI), NDVI, альбедо и температуры поверхности. Например, на начальном этапе засухи возникает отрицательная аномалия влажности почвы и растения начинают испытывать недостаток влаги. На уровне растительной ассоциации из-за изменения физиологических процессов цвет ассимиляционных органов меняется в сторону пожелтения видов растений, наименее устойчивых к недостатку влаги. Возникает отрицательная аномалия NDVI, вызывающая положительную аномалию альбедо поверхности. Энергия, которая раньше тратилась на транспирацию и испарение почвы, расходуется на турбулентный прогрев воздуха и почвы. В результате формируется положительная аномалия температуры поверхности и воздуха. Таким образом, засуху можно выразить через индекс, который является отрицательной функцией аномалий биофизических параметров.

В период, когда осадки и влажность почвы выше среднемноголетних значений, для засушливых земель характерны положительные аномалии влажности почвы, NDVI и отрицательные аномалии альбедо и температуры поверхности. В этом случае индекс, как функция аномалий биофизических параметров становится положительным.

Изложенное выше качественное объяснение индекса климатических экстремумов засушливых земель может быть формализовано и представлено в виде:

$$SCEI_i = -(\Delta A_i/\sigma A + \Delta Ts_i/\sigma Ts) + \Delta NDVI_i/\sigma NDVI + \Delta SWI_i/\sigma SWI \quad (1),$$

где ΔA_i – аномалия альбедо за i год; σA – среднеквадратическое значение альбедо за базовый период (в данном случае за 2000-2011 гг.); ΔTs_i – аномалия температуры поверхности за i год; σTs – среднеквадратическое значение температуры поверхности за базовый период; $\Delta NDVI_i$ – аномалия NDVI за i год; $\sigma NDVI$ – среднеквадратическое значение NDVI за базовый период; ΔSWI_i – аномалия влажности почвы за i год; σSWI – среднеквадратическое значение влажности почвы за базовый период.

Из-за неполноты данных о влажности почвы в работе использовалось выражение (1) в сокращенном виде:

$$SCEI_i = -(\Delta A_i/\sigma A + \Delta Ts_i/\sigma Ts) + NDVI_i/\sigma NDVI \quad (2).$$

Значения, полученные по формуле (2), нормировались на их среднеквадратическое отклонение, чтобы исключить незначимые («шумовые») значения индекса, т.е. значения лежащие в диапазоне среднеквадратического отклонения. В этом случае анализировались только значения индекса менее -1 (засуха) и более 1 (переувлажнение).

Территория исследования охватывает целиком Северо-Западный Прикаспий и часть Северного Прикаспия и ограничена 45-51° с.ш. и 44-51° в.д. Она состоит из российской части

(Калмыкия, Астраханская и южные районы Волгоградской и Саратовской областей, восточные районы Ростовской области и Ставропольского края), а также западных районов Казахстана. Территория представлена субгумидными, семиаридными и аридными землями. Согласно «Фитоэкологической карте Северного Прикаспия» здесь имеют зональное распространение средние (сухие) степи на каштановых почвах, южные (опустыненные) степи на светлокаштановых почвах, северные пустыни на бурых почвах и сельскохозяйственные земли на их месте (Сафронова, 2002).

В работе использованы данные альбедо, среднемесячной температуры поверхности, NDVI (https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products) Центра LP DAAC NASA: LAND PROCESSES DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER. Все параметры имеют разрешение 0.05x0.05º (в среднем 5600x5600 м). Анализировались данные за сроки: 9-25 мая, 26мая-9 июня, 10-25июня, 26июня-11июля, 12-27июля, 28июля-12августа, 13-28августа для периода 2000-2011 гг.

Для альбедо (BRDF-Albedo Model Parameters 16-Day L3 0.05Deg CMG) бралась модель MCD43 C1 версии 005 с дискретностью 16 дней. В данной версии объединялись самые качественные данные спутников MODIS/Terra+Aqua BRDF/Albedo. Значения индекса растительности NDVI (Vegetation Indices Monthly L3 Global 0.05Deg CMG) были получены по данным MODIS/Terra модели MOD13C1 – 005 с шагом в 16 дней. Для среднемесячной температуры поверхности (Land Surface Temperature and Emissivity Monthly L3 Global 0.05 Deg CMG) использовалась модель MOD11 C2 версии 005, по данные спутника MODIS/Terra с периодичностью 8 дней. По двум 8 дневным срокам вычислялось среднее за период 16 дней, идентичным периодам для альбедо и NDVI.

В работе проведено сравнение нового индекса SCEI с применяемыми в практике Росгидромета России с показателями засухи (опасная атмосферная засуха, ОАЗ) и увлажнения (гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, ГТК) (Золотокрылин и др., 2007; Черенкова, 2007). Согласно критерию Гидрометцентра России, ОАЗ возникает в сезон вегетации, когда в течение не менее 30 дней подряд при среднесуточной температуре воздуха выше 25ºС осадки не превышают 5 мм в сутки. Иными словами ОАЗ формируется при длительной отрицательной аномалии осадков и положительной аномалии температуры воздуха. Для сравнения использовалась нормированная на среднеквадратическое отклонение аномалия ГТК, чтобы исключить зональное изменение ГТК (резкое уменьшение ГТК при переходе от сухих субгумидных земель к семиаридным и аридным). В этом случае экстремумами ГТК считались нормированные значения больше 1 (переувлажнение) или меньше –1 (засуха). Показатели ОАЗ и нормированная аномалия ГТК вычислялись для мая, июня, июля 2002 и 2010 гг. по данным 7 метеостанций. Затем строились карты этих показателей, которые сравнивались с соответствующими картами SCEI. Сравнение показало четкое совпадение знаков экстремумов, рассчитанных по SCEI и по станциям. Но конфигурация очагов экстремумов отличалась, поскольку для спутниковых данных пространственное разрешение было почти на порядок выше, чем для метеорологических данных. Также доверие к SCEI повышается в связи с тем, что спутниковые данные отражают зональные особенности растительного покрова.

Результаты

Распределение индекса SCEI на территории в мае и июне 2010 г. представлено на рисунке 1а, б, на котором светло-серым цветом выделены ареалы с засухой (индекс менее –1). Внутри ареалов с умеренной засухой интенсивным серым цветом выделены ареалы с сильной засухой (индекс менее –2). Серовато-черным цветом изображены ареалы переувлажнения (индекс более 1), а черным цветом ареалы сильного переувлажнения

(индекс более 2). Ареалы со значением аномалии индекса, меняющегося в пределах стандартного отклонения (от –1 до 1), не закрашены. Как видно из рисунка 1а, в период с 9 по 25 мая несколько очагов засухи возникло преимущественно в северных и восточных районах территории. Их общая площадь не превышала 20% от всей территории. Одновременно на территории наблюдались три крупных очага переувлажнения. Индекс был близок к норме в районе биосферного заповедника «Черные земли».

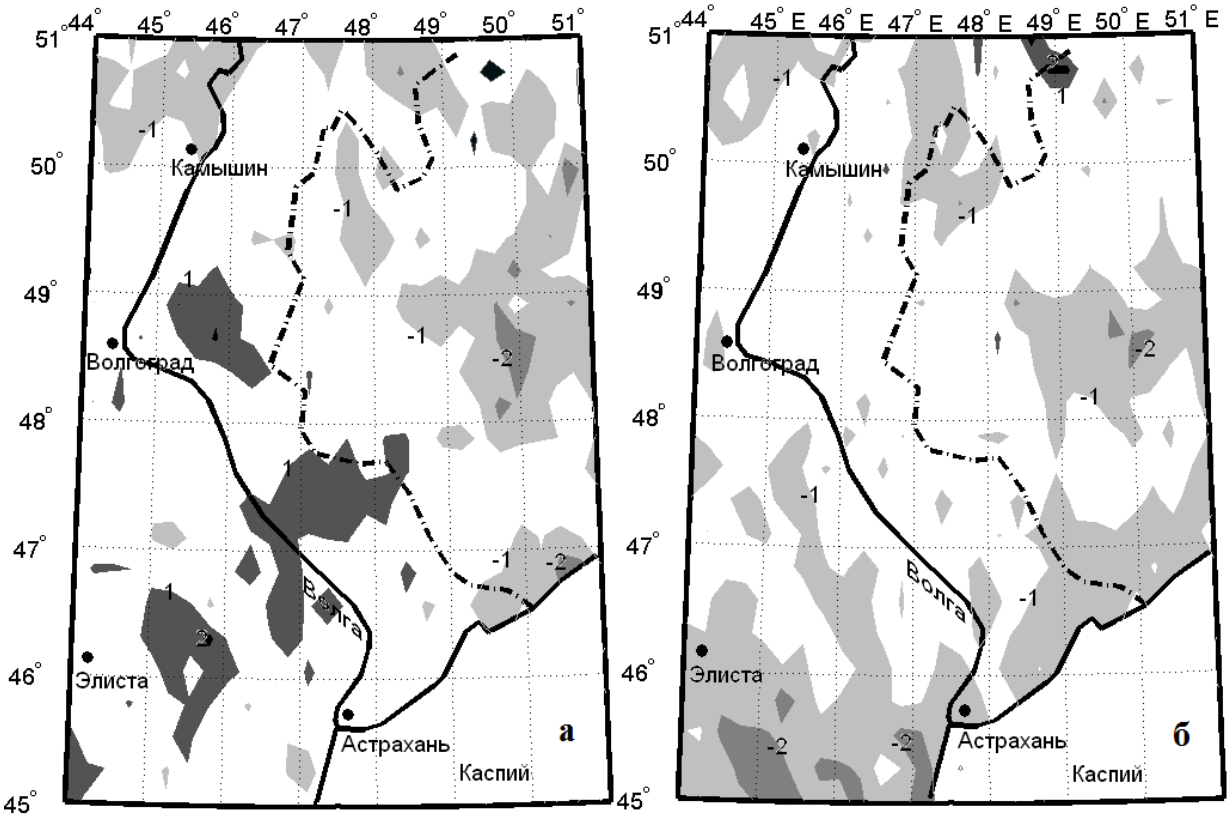

Рис. 1 а, б. Распределение индекса климатических экстремумов (SCEI) засушливых земель в мае и июне 2010 г., осреднение 0.25x0.25 град: а) 9-25 мая, б) 10-26 июня. **Fig. 1 a, б.** Distribution of dryland climatic extrema index (SCEI) in May and June 2010, resolution 0.25x0.25 degree: a) May 9-25, б) June 10-26.

Площадь очагов засухи была примерно в два раза больше очагов переувлажнения. Соответственно площадь индекса, близкого к норме, составила около 70%. Площадь очагов с сильной засухой была больше площади с сильным переувлажнением, а их общая площадь не превышала 2%.

Через месяц (с 10 по 25 июня) засуха охватила уже 45% территории (рис. 1 б). Рост площади очагов с сильной засухой до 5% указывает на то, что возросла и ее интенсивность. Характерно, что северные и восточный очаги засух несколько уменьшились (мелкие очаги исчезли), но в то же самое время началось распространение засухи с южных и юго-западных районов территории. Засуха затронула и Черные земли. Одновременно до 44% сократилась территория индекса близкого к норме. Очаги переувлажнения в мае не сохранились.

Период с 12 июля по 28 июля характеризуется дальнейшим распространением засухи на север и объединением ее с северными очагами. Интенсивность засухи также повысилась. Сильная засуха отмечалась на территории биосферного заповедника «Черные земли». Своего апогея засуха достигла в период с 28 июля по 12 августа, а затем ее интенсивность стала снижаться во второй половине августа (с 13 по 28).

Таким образом, в мае засуха 2010 г. проявилась в виде очагов на севере и востоке территории. В июне она возникла в южных и юго-западных районах и стала распространяться на север, где произошло объединение с оставшимися северными очагами. В июле засуха охватила большую часть территории.

Межгодовой ход индекса SCEI на территории за период 2000-2011 гг. (с 9 по 25 мая) представлен на рисунке 2 (а, б). Площадь, затрагиваемая засухой, в большинстве лет не превышает 37%. При этом доля сильных засух составляет 7%. Максимальные по площади засухи наблюдались в 2003 и в 2009 гг. Они занимали соответственно 37 и 29% от всей территории. Группировка засух, с охватом более 20% территории, отмечалась в период с 2007 по 2011 гг. В первую половину периода (2000-2005 гг.) средняя площадь с засухами составляла 12%, а во вторую половину (2006-2011 гг.) повысилась до 20%. Положительная динамика площади с засухами в последние 6 лет подтверждается линейным трендом (рис. 2а, б).

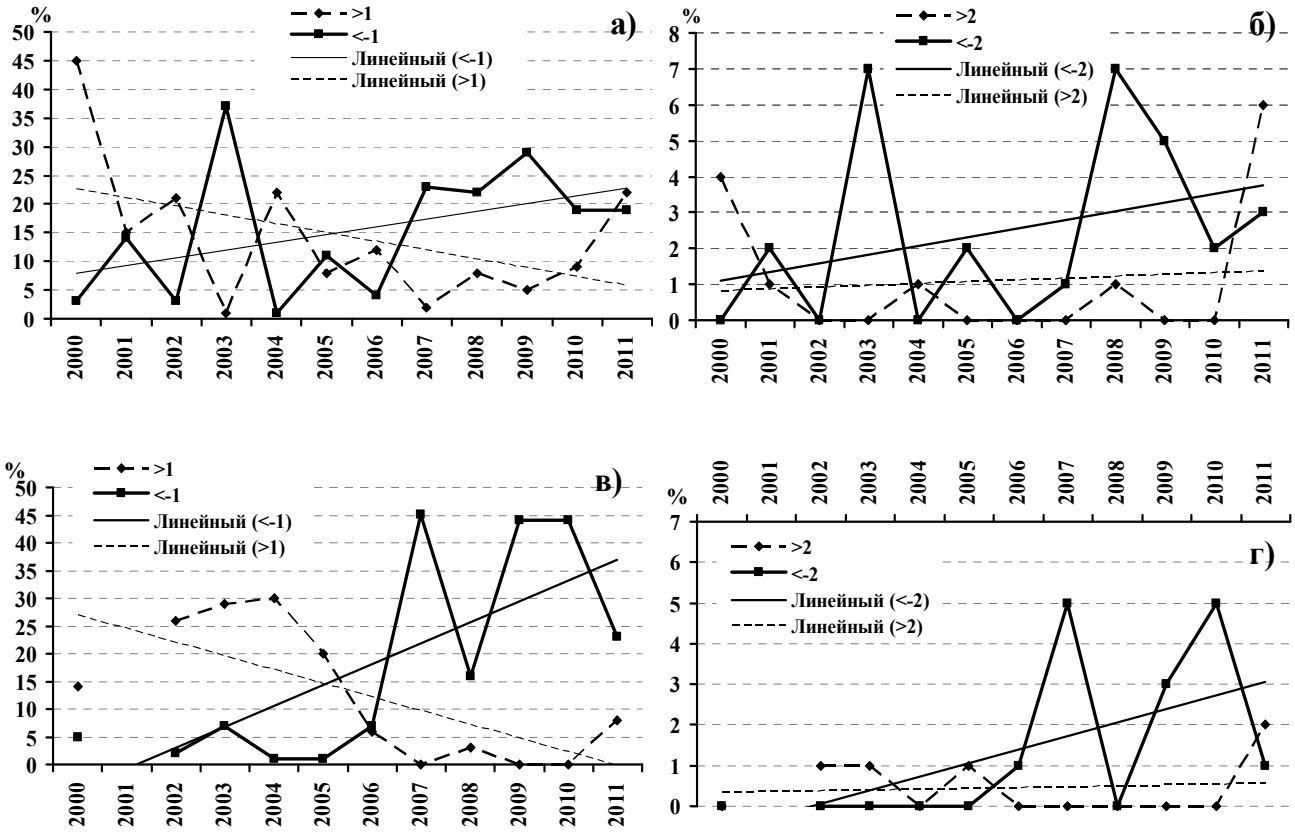

Рис. 2 а, б, в, г. Межгодовой ход площади в % индекса климатических экстремумов SCEI засушливых земель на территории 45-51° с.ш., 44-51° в.д. за период 2000-2011 гг.: а) и б) – 9-25мая; в) и г) – 10-25июня. **Fig. 2 а, б, в, г.** Dynamics of dryland climatic extrema index (SCEI), 45-51° N, 44-51° E, by years 2000-2011: а) and б) May 9-25; в) and г) June 10-25.

Картина межгодового хода переувлажнения зеркальна по отношению к засухам (рис. 2а, б). Очень влажный май наблюдался в 2000 г. Переувлажнение отмечалось на 45% территории, в том числе сильное – на 4%. В остальные годы площадь переувлажнения не превышала 23%. В первую половину периода средняя площадь с переувлажненными землями составляла 19%, а во вторую половину – 14%. Таким образом, в мае положительная

динамика площадей с отрицательным индексом и отрицательная с положительным свидетельствуют о слабовыраженной тенденции возрастания засушливости территории.

В июне (10-25) обширные засухи с охватом более 40% территории были в 2007, 2009 и 2010 гг. (рис. 2 в, г). Группировка засух с минимальным распространением (менее 7%) наблюдалась в 2002-2006 гг. Если в первую половину периода средняя площадь охвата засухой составляла 3%, то во вторую половину превышала 30%. Во втором периоде отмечались две обширные засухи (2009-2010 гг.) подряд. Положительная динамика повторяемости засух стала более выраженной.

Увеличение засушливости второго периода по сравнению с первым подтверждает межгодовой ход площадей с положительным индексом. Средняя площадь переувлажненных земель в первый и второй период составляла соответственно 24% и 4%. Таким образом, признаки роста засушливости климата в июне 2006-2011 гг. проявились в положительной динамике засух и отрицательной динамике переувлажненных земель.

Рассмотрим изменение повторяемости засух и переувлажнений на территории за май-июнь 2000-2005 и 2006-2011 гг. (рис. 3а, б, в, г). Как видно из рисунка 3а, засухи концентрируются в северной и восточной частях, а также на юго-западе территории. Между ними проходит полоса, в которой засухи почти не наблюдались. Основной очаг максимальной повторяемости засух (24%) расположен в Среднем Поволжье. От него в юго-восточном направлении тянется цепочка маленьких очагов с повторяемостью 24%.

Во втором периоде засухи на всей территории участились (рис. 3 б). Основной очаг с максимальной повторяемостью засух (40%) покрыл южную часть Волгоградской области и Калмыкию. Отдельные небольшие очаги отмечались в Астраханской области. Таким образом, во втором периоде повторяемость засух возросла, а очаг с максимальной повторяемостью переместился со Среднего Поволжья на юг Волгоградской области и Калмыкию.

В первый период почти на всей территории отмечались локальные переувлажнения земель хотя бы один раз за 10 лет (рис. 3 в). Лишь локальные участки земель имели повторяемость переувлажнения 40%. Территория с переувлажненными землями резко сократилась во второй период (рис. 3 г). Максимальная повторяемость упала до 24% и ее очаги переместились на северо-запад территории.

Обсуждение результатов

Важен вопрос влияния климатических экстремумов на динамику очагов опустынивания. В работе (Золотокрылин, Титкова, 2011) были выявлены особенности динамики Черноземельского очага опустынивания антропогенного происхождения и Хаки-Сорского очага, преимущественно природного происхождения. Особенность поведения этих очагов заключалась в том, что Черноземельский очаг сокращался в последние годы, а Хаки-Сорский очаг расширялся и объединялся с другими локальными очагами. Результаты данной статьи пополняют объяснение динамики очагов в период 2000-2004 гг. по сравнению с периодом 2005-2009 гг. Теперь сокращение Черноземельского очага в последнее пятилетие можно считать следствием не только ослабления перевыпаса и его прекращения в заповедной зоне, но и локализацией в мае-июне в этом районе положительных климатических экстремумов. Обострение и расширение Хаки-Сорского подтверждено новым результатом: локализацией западнее солончака Хаки-Сор сильных отрицательных экстремумов в мае-июне.

В заключение отметим, что SCEI – это региональный показатель. Эффективность его применения особенно высока в субгумидных, семиаридных и аридных землях умеренных и тропических широт.

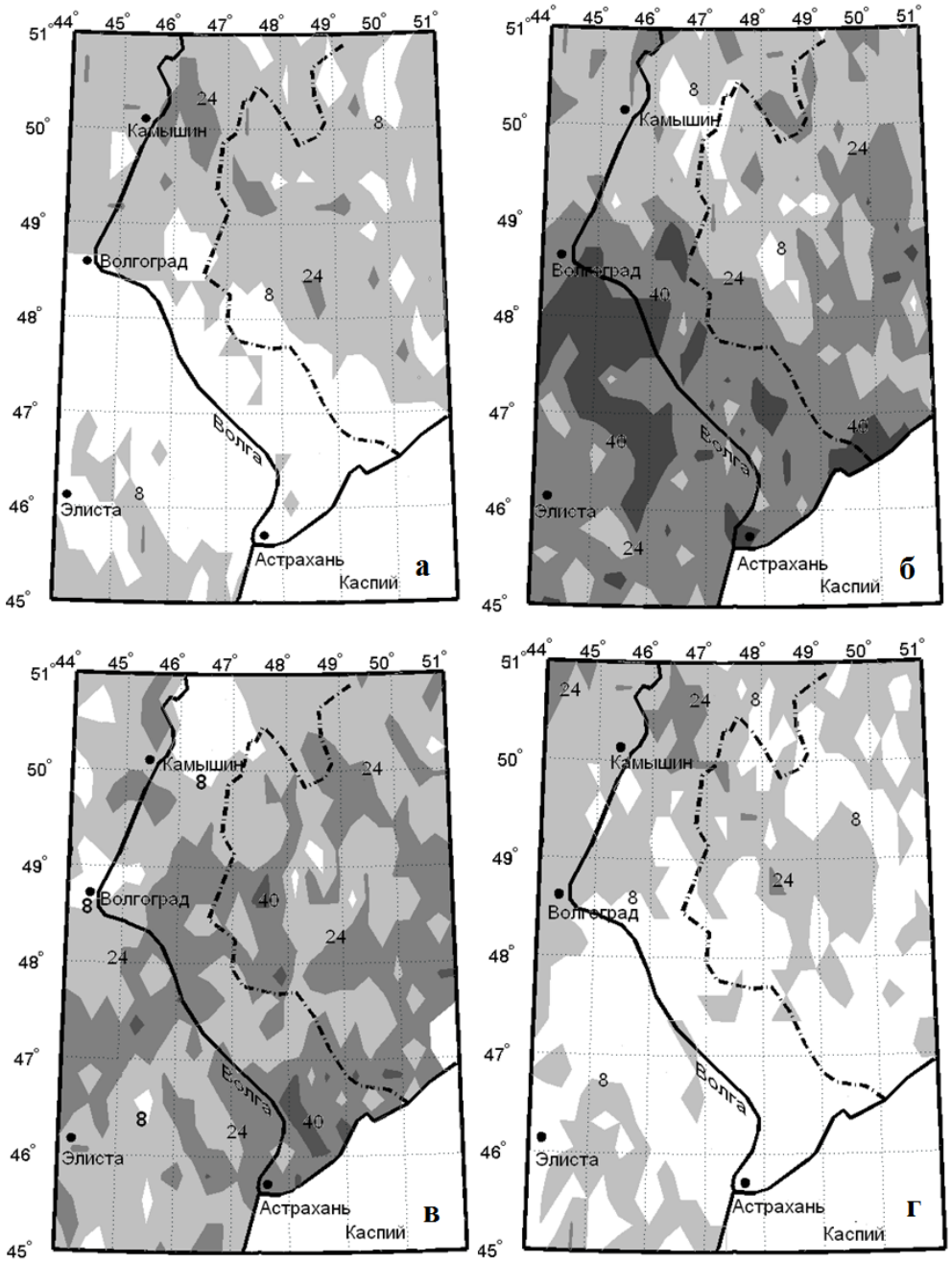

Рис. 3 а, б, в, г. Изменение повторяемости в (%) засух (индекс климатических экстремумов SCEI < –1) и переувлажнений (SCEI >1), осреднение 0.25x0.25 град., май-июнь: а) < –1 – 2000-2005 гг., б) < –1 – 2006-2011 гг., в) > 1 2000-2005 гг., г) >1 2006-2011 гг. **Fig. 3 а, б, в, г.** Dynamics of droughts (SCEI < –1) and over-humidification (SCEI >1), resolution: 0.5x0.5 degree, May-June: а) < –1 – 2000-2005, б) < –1 – 2006-2011, в) > 1 – 2000-2005, г) >1 – 2006-2011.

Выводы

Применение спутникового индекса климатических экстремумов SCEI на примере Северо-Западного Прикаспия позволяет уменьшить неопределенность в понимании современной тенденции динамики регионального климата и опустынивания. При этом становится уже не критичным заметная разреженность метеорологической сети.

Во-первых, экстремальная засуха 2010 г. в Европейской России полностью проявилась на территории Северо-Западного Прикаспия только к середине лета, в то время как в Поволжье и Заволжье она наблюдалась уже в мае. В конце весны на значительной части территории наблюдалась обширная положительная аномалия влажности.

Во-вторых, более прозрачным стал вопрос о возможной тенденции засушливости Северо-Западного Прикаспия. Увеличение площадей с отрицательными климатическими экстремумами и сокращение площадей с положительными в период 2006-2011 гг. по сравнению с периодом 2000-2005 гг. повышает вероятность развития фазы иссушения, что необходимо учитывать в планировании устойчивого развития территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Черенкова Е.А. 2007. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. С.-П.: Гидрометеоиздат. Т. XXI. С. 160-182.

Черенкова Е.А. 2007. Динамика опасной атмосферной засухи в Европейской России // Метеорология и гидрология. № 11. С. 14-24.

Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. 2011. Новый подход к мониторингу очагов опустынивания // Аридные экосистемы. Т. 17. № 3(48). С. 14-22.

Ghulam A., Qin Q., Wang L., Zhan Z., Wang D. 2004. Development of Broadband Albedo Based Ecological Safety Monitoring Index // IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). September 20-24, 2004. Anchorage, Alaska, Egan Convention Center. USA.Vol. VI. P. 4115-4118.

Kogan F.N. 1990. Remote sensing of weather impacts on vegetation on in non-homogeneous areas // International Journal of Remote Sensing. N 11. P. 1405-1419.

Kogan F.N. 1995. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection // Advances in Space Research. N 15. P. 91-100.

SATELLITE CLIMATIC EXTREMES INDEX OF DRYLAND

© 2012. A.N. Zolotokrylin, T.B. Titkova

Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119017 Moscow, Staromonetnyi per. 29.
E-mail: azolotokrylin1938@yandex.ru, ttitkova@yandex.ru

Satellite index for detecting climatic extremes, such as droughts and over-humidification after heavy precipitation at drylands, have been suggested. Satellite Climatic Extremes Index (SCEI) calculated as summed deviations from the long-term average values (normalized SD) of soil moisture, NDVI, albedo, surface temperature. Peculiarities of SCEI in case of studying desertification dynamics in the North-West Caspian region are discussed.

Keywords: climatic extremes, albedo, surface temperature, NDVI, soil moisture, MODIS, dryland.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 13-21

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.577.38:632.112(470)

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБШИРНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЗАСУХ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ[1]

© 2012 г. Е.А. Черенкова

Институт географии Российской академии наук
Россия, 119017 Москва, Старомонетный пер., д. 29. E-mail: lcherenkova@marketresearch.ru

Поступила 27.02.2011

По данным ежедневных наблюдений за температурой приземного воздуха и суточными суммами осадков проведена классификация опасных атмосферных засух по площади охвата Европейской территории России в период с 1936 по 2010 гг. Исследованы метеорологические условия зимнего и весеннего сезона, пространственно-временные особенности опасной атмосферной засухи летом на юге Европейской России в отдельные годы наиболее обширных засух. Показано, что наибольшая взаимосвязь площади опасной атмосферной засухи наблюдается с суммарной продолжительностью засухи, числом непрерывных периодов больше 20 дней при максимальной суточной температуре выше 25°С на фоне отсутствия эффективных осадков с мая по сентябрь, а также с числом дней с максимальными суточными температурами воздуха выше 25°С без эффективных осадков с мая по сентябрь.

Ключевые слова: изменение климата, опасная атмосферная засуха, гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова, юг Европейской России.

Изменения в климатической системе Земли, наблюдаемые в последние десятилетия XX в. и начале текущего столетия, наиболее сильно проявляются в высоких северных широтах, в особенности, на территории России, климат которой обладает большей чувствительностью, чем климат многих других регионов земного шара (Оценочный доклад …, 2008). По сравнению с изменением глобальной температуры в среднем на 0.74°С, согласно Четвертому оценочному докладу IPCC (IPCC, 2007), потепление в целом по России за 100 лет (1907-2006 гг.) по данным сети Росгидромета составило 1.29°С. За период 1976-2006 гг. среднее потепление по России достигло 1.33°С. В условиях современного изменения климата изменяются и характеристики засушливых периодов. Процессы формирования, повторяемость, и продолжительность засушливых периодов, в особенности в зернопроизводящих районах России, изучались и продолжают изучать многие исследователи (Дроздов, 1980; Зоидзе, Хомякова, 2000; Золотокрылин и др., 2007; Логинов, 2002; Мещерская, 1988; Уланова, Страшная, 2000). Пристальное внимание обусловлено, прежде всего, негативным влиянием засух на продуктивность сельского хозяйства.

Данное исследование посвящено рассмотрению катастрофического природного явления – опасной атмосферной засухи (ОАЗ), которая, согласно критерию, рекомендованному Гидрометцентром России, возникает в сезон вегетации, когда в течение не менее 30 дней подряд при максимальной температуре воздуха выше 25°С (в южных районах РФ – выше 30°С) осадки не превышают 5 мм в сутки (Гречиха, 2004). Критерий допускает, что в течение ОАЗ на фоне установившегося периода аномально высоких температур могут встречаться дни (в сумме не более четверти продолжительности периода засухи), когда температура воздуха опускается ниже 25°С. Временное понижение

[1] Работа выполнена при поддержке Программы ОНЗ РАН №13.

температуры, как правило, связано с выпадением неэффективных осадков. На территории Европейской России такой тип засухи встречается в основном на юге и юго-востоке.

Ранее автором была изучена динамика опасной атмосферной засухи на юге Европейской России за различные периоды с 1936 по 2000 гг., составлен каталог засушливых лет (Черенкова, 2007), проанализирована связь ОАЗ с макроциркуляционными процессами в XX веке (Черенкова, Кононова, 2009).

Целью статьи является исследование условий формирования и анализ пространственно-временных особенностей широкомасштабной опасной атмосферной засухи на юге России в отдельные годы периода XX-го – начала XXI-го века, когда засухи охватывали наибольшую площадь территории Европейской России. В статье сделана попытка определить, в чем было сходство и различие таких засух.

Материалы и методы

Исследование проводилось на основе климатического архива ВНИИГМИ-МЦД суточных данных температуры воздуха и сумм осадков. Территория исследования ограничена Европейской частью России. Были рассмотрены данные 44-х метеостанций, находящихся в ее пределах.

При анализе ОАЗ в период с 1936 по 2010 гг. выделены годы с засухами, охватившими наибольшую площадь рассмотренной территории. Для определения площади засухи средствами ГИС была построена модель, в которой за каждый год рассчитывалась суммарная площадь многоугольников с центрами – метеостанциями, на которых наблюдалась ОАЗ. При выполнении процедуры оптимального разбиения поверхности на многоугольники учитывалось принятое допущение, что каждая метеостанция имеет зону влияния, не пересекающуюся с зонами влияния других метеостанций, и определяется плотностью покрытия, а также пространственным положением метеостанций. Границы таких зон равноудалены от их центров-метеостанций.

По сравнению с другими показателями засух, опасная атмосферная засуха характеризует засушливость с точки зрения наличия в сезон вегетации длительных непрерывных бездождных периодов на фоне аномально высоких температур. Особенностью критерия определения опасной атмосферной засухи является его дихотомичность. В статье исследована взаимосвязь рассчитанной площади ОАЗ с некоторыми характеристиками засушливых периодов: средней температурой, длительностью опасных атмосферных засух, числом дней с температурой выше 25°С без эффективных осадков, а также продолжительностью и числом периодов без эффективных осадков.

Существующие каталоги засушливых лет, составленные на основе различных методов и подходов к определению засух (Каменькова, 1964; Обухов, 1949; Раунер, 1981; Утешев, 1972), как правило, имеют различия, обусловленные, прежде всего, методологическими аспектами при выявлении засух. Проведённая в данном исследовании классификация опасных атмосферных засух по площади охвата достаточно хорошо согласуется с этими каталогами, а также с наиболее современными каталогами, составленными А.В. Мещерской на основе применения индекса, учитывающего площадь распространения засушливых явлений, в основных зерносеющих районах Европейской части СНГ за период 1891-2010 гг. и А.И. Страшной с применением гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК) за последние 60 лет (Мещерская и др., 2011; Фролов, Страшная, 2011). Наибольшее согласование наблюдается в совпадении лет с наиболее крупномасштабными засухами. Случаи различия в определении приоритета засушливых лет обусловлены неполным соответствием границ рассмотренных территорий, а также

чувствительностью опасной атмосферной засухи к региональным осадкам.

В статье проанализированы наиболее обширные опасные атмосферные засухи на ЕТР – 2010, 1972, 1938, 1936 и 1981 гг. и особенности их проявления на юге России. Для определения засушливых условий был дополнительно рассмотрен гидротермический коэффициент (ГТК=$P/0.1\times T_{>10°C}$, где $T_{>10°C}$ – сумма средних суточных температур воздуха за период с температурами воздуха выше 10°С, а Р – суточная сумма осадков за тот же период) (Селянинов, 1928). Аномалии ГТК оценены по сравнению со средними значениями за период 1961-1990 гг.

Особое внимание было уделено равнинной территории юга Европейской части России, представленной засушливыми землями, территория которых охватывает типично степные, сухостепные и полупустынные ландшафты. Граница засушливых земель (северная граница сухой субгумидной зоны увлажнения) и их площадь в условиях современного климата была определена ранее в соответствии с рекомендацией Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (Золотокрылин, Черенкова, 2009).

Обсуждение результатов

При рассмотрении метеорологических условий в зимний и весенний сезоны оказалось, что с декабря по март в 1936, 1938 и 1972 гг. на ЕТР преобладала отрицательная аномалия среднемесячных сумм осадков (табл. 1), а в январе и феврале на территории в поле осадков отмечались случаи наблюдения экстремально низких значений. Наибольший дефицит осадков пришелся на январь – февраль 1972 г. Недостаток осадков зимой и малое их количество практически во все весенние месяцы перечисленных лет создали предпосылки для дальнейшего развития засушливости летом.

Таблица 1. Осредненные значения отклонений от нормы 1961-1990 гг. по данным 44-х метеостанций в пределах ЕТР: 1 – температуры воздуха (°С), 2 – осадков (% от 100% нормы). **Table 1.** Average deviation of temperature (1, °C) and precipitation (2, %) based on 44 meteorological stations data of european part of Russia in comparison with the period 1961-1990.

Годы ОАЗ	Декабрь		Январь		Февраль		Март		Апрель		Май	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1936	–0.1	21	3.5	90	–2.9	67	–1.2	51	–1.1	86	–0.7	49
1938	–1.5	85	1.7	64	1.7	72	0.5	111	–0.3	134	–0.1	94
1972	0.8	105	–6.8	37	–0.5	41	–1.3	77	1.1	137	–0.3	66
1981	3.0	125	4.5	101	2.8	107	–1.4	140	–2.7	113	–0.6	78
2010	–1.2	120	–3.6	104	–0.9	123	0.3	135	1.7	77	3.0	115

Теплая зима на территории Европейской России в 1981 г. и отсутствие дефицита осадков с декабря по апрель не внесли вклад в летнюю засуху. Возможно, по этой причине территория, охваченная опасной атмосферной засухой летом, занимала меньшую площадь, чем в другие рассмотренные годы.

В 2010 г. зима на Европейской части России выдалась холодной в течение всех трех месяцев (табл. 1). Наибольшая аномалия среднемесячной температуры воздуха отмечалась в центральной части ЕТР в январе и составила в среднем –5°С от нормы. В зимний период

дефицита осадков почти не было, а на юге и западе территории положительная аномалия осадков превысила норму почти в два раза. На фоне аномально холодной зимы и глубокого промерзания почвы часть выпавших зимой осадков весной ушла в сток. Весна была теплой, в центральных областях Европейской России ощущался недостаток осадков (в апреле до 40% от нормы).

Рассмотрим генезис широкомасштабных опасных атмосферных засух на ЕТР за выбранные годы и их пространственно-временные особенности на юге Европейской России.

В мае 1936 г. на большей части ЕТР возникла устойчивая область отрицательных значений аномалий ГТК, которая, охватив всю центральную часть Европейской России с запада на восток и практически не меняя границ, просуществовала здесь все лето. Жаркая сухая погода сопровождалась эпизодическими осадками, поэтому обширный очаг опасной атмосферной засухи возник только в конце июня на территории Калмыкии и Ростовской области. Через несколько дней в начале июля, засуха распространилась на запад и восток, затем проявилась в Самарской, Саратовской, Курской областях, достигла Рязанской области и Башкирии (рис. 1). В северных районах, охваченных ОАЗ, засуха закончилась в первой половине августа, а в южных районах – в конце августа. Минимальная продолжительность ОАЗ в течение месяца наблюдалась в Саратовской области, максимальная (58 дней) – в Калмыкии.

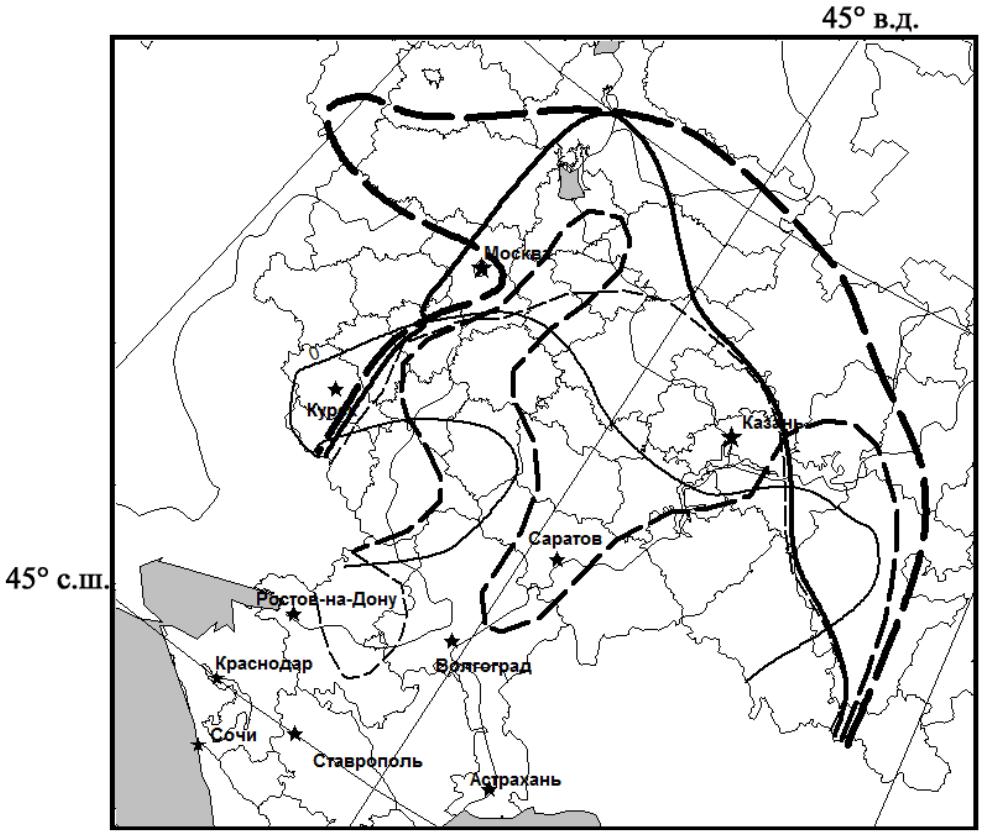

Рис. 1. Северная граница распространения опасной атмосферной засухи на территории Европейской России в периоды: 1936 г. (тонкая сплошная линия), 1938 г. (тонкая прерывистая линия), 1972 г. (полужирная сплошная линия), 1981 г. (полужирная прерывистая линия) и 2010 г. (жирная прерывистая линия). **Fig. 1.** Northern border of hazardous atmospheric drought distribution over the European Russia in the periods: 1936 (thin solid line), 1938 (thin dashed line), 1972 (bold solid line), 1981 (bold dashed line), 2010 (double-bold dashed line).

Область с отрицательной аномалией ГТК в мае-августе 1938 г. с эпицентром в центральных районах ЕТР занимала меньшую площадь и была более подвижной, чем в налогичный период 1936 г. Аномалия проявилась наиболее отчётливо в мае (в среднем – 0.5°С) и занимала практически всю Европейскую часть России, исключая юго-восточные районы. В июне эта область, уступив место положительной аномалии на севере ЕТР, захватила юго-восток Европейской России, уменьшившись по площади охвата и интенсивности. На этом фоне в последних числах мая – начале июня опасная атмосферная засуха проявилась на юге России, затем через одну-две недели – в Саратовской области. В конце июня – начале июля ареал распространения ОАЗ достиг Центрально-Чернозёмного, Волго-Вятского и Центрального района (рис. 1). После прошедших дождей ОАЗ возобновилась на юге Европейской России – в последней декаде июля, а в более северных областях – во второй половине августа и продолжалась до двадцатых чисел сентября. На юге Астраханской области длительность засухи была максимальной и составила 115 дней. Меньше всего засуха была в Воронеже – 38 дней.

Майская отрицательная аномалия гидротермического коэффициента в 1972 г. с наименьшими значениями в Центрально-Чернозёмном районе располагалась в южной половине ЕТР. В июне область аномалий расширилась к северу. Во второй декаде мая очаг ОАЗ охватил южные области Европейской России и Саратовскую область. Затем после выпавших в некоторых районах в конце июня осадков ОАЗ возобновилась в первых числах июля, проявившись при этом в Центрально-Чернозёмном, Волго-Вятском и Центральном районе и даже в северных районах нечернозёмной зоны (рис. 1). К концу августа ОАЗ закончилась в центральных и северных областях ЕТР, а ко второй декаде сентября оставила и южные районы. Засуха была самой длительной на юге Астраханской области (126 дней), самой короткой – в Оренбургской области (31 день).

В мае 1981 г. на большей части ЕТР наблюдалось избыточное увлажнение, что было нетипично по сравнению с аналогичными периодами рассмотренных засушливых лет. Положительные значения июньской аномалии ГТК сохранились только в северных областях. В конце мая – начале июня на юге Европейской части России и в Саратовской области сформировался очаг ОАЗ, который к середине июня распространился на северо-восток и северо-запад, достигнув Костромской области и Удмуртии (рис. 1). Временно закончившись из-за прошедших в первой половине июля дождей, засуха затем вновь продолжилась на юге Европейской России. Окончание ОАЗ в более северных районах пришлось на первые числа августа, а южнее засуха продолжалась вплоть до конца августа – начала сентября. Максимальная длительность засухи в течение 100 дней отмечена в Ростовской области, минимальная – в 30 дней – в Самарской области.

На большей части ЕТР в мае 2010 г. сформировалась область отрицательных значений аномалий гидротермического коэффициента, в центре Европейской России эта область просуществовала в течение всего лета. В мае отрицательная аномалия ГТК наиболее отчётливо проявилась на севере и в центре Европейской России, в то время как на юге засушливых условий не наблюдалось. В конце мая – начале июня область отрицательных аномалий, отступив с севера ЕТР, стала более выраженной в центральных районах и продвинулась к югу. Именно в это время очаг опасной атмосферной засухи возник на юге Астраханской области, буквально через несколько дней распространился не только в южные области, но и в Центрально-Чернозёмный район, Поволжье и Южное Предуралье (рис. 1). В последнюю декаду июня засуха проявилась на территории Центрального района, а затем в течение первых 12-ти дней июля ОАЗ обнаружилась в Псковской, Вологодской и Кировской области. Течение засухи на несколько дней прервали небольшие осадки, выпавшие в начале июля. Засуха в более северных районах Европейской России закончилась в первую декаду

августа, в центральных районах продлилась дольше на 10-15 дней. В южных областях засуха продержалась до начала сентября, а на юге Астраханской области ОАЗ имела максимальную продолжительность в 129 дней и длилась до конца сентября. Длительность ОАЗ в течение 30-ти дней на территории Краснодарского края была наименьшей.

Необходимо отметить, что в большинстве случаев с мая по август рассмотренных лет на юге Европейской России наблюдалась менее выраженная, чем в центральных районах отрицательная аномалия гидротермического коэффициента (табл. 2). В мае 2010 г., июне 1936 г. и июле 1972 г. аномалия и вовсе имела положительный знак. Такие ситуации можно связать с прорывами южных циклонов, часто встречающиеся в этом районе весной и летом.

Таблица 2. Отклонения значений ГТК от нормы 1961-1990 гг., осредненные в пределах центральных районов (50°-55° с.ш.) и южных районов ЕТР (45°-50° с.ш.). **Table 2.** Average deviation of Selyaninov's hydrothermal coefficient of the central (50°-55° N) and southern regions (45°-50° N) of the European Russia in comparison with the period 1961-1990.

Годы ОАЗ	Центральные районы ЕТР				Южные районы ЕТР			
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август
1936	–0.51	–0.62	–0.45	–0.34	–0.61	0.50	–0.39	–0.13
1938	–0.18	–0.24	–0.77	–0.55	–0.08	–0.30	–0.31	–0.38
1972	–0.45	–0.39	–0.52	–0.74	–0.38	–0.49	0.26	–0.36
1981	–0.26	–0.54	–0.56	0.21	–0.07	–0.57	–0.11	–0.18
2010	–0.3	–0.74	–0.81	–0.49	0.63	–0.43	–0.11	–0.41

Таким образом, эпицентр опасной атмосферной засухи в рассмотренные годы находился на юге и юго-востоке Европейской России, распространяясь преимущественно в северном направлении. В то же время, область наибольших отрицательных аномалий ГТК (т.е. засуха с менее жесткими критериями, чем ОАЗ) практически во всех случаях формировалась в центральных районах ЕТР раньше, чем южнее возникал очаг ОАЗ.

Сравнение площади распространения опасной атмосферной засухи на территории Европейской России с 1936 по 2010 гг. с характеристиками засушливых периодов показало, что наибольшая взаимосвязь площади ОАЗ наблюдается с суммарной продолжительностью засухи на всех метеостанциях, числом непрерывных периодов больше 20 дней при максимальной суточной температуре выше 25°С на фоне отсутствия эффективных осадков с мая по сентябрь, а также с числом дней с максимальными суточными температурами воздуха выше 25°С без эффективных осадков с мая по сентябрь с коэффициентами корреляции – 0.96, 0.86 и 0.76 соответственно (рис. 2 а, б, в). На рисунке 2 а видно, что суммарная продолжительность засухи 1938 г. оказалась больше, а засухи 1936 г. – меньше, чем должна была бы быть, согласно выявленной взаимосвязи с площадью ОАЗ. Число непрерывных периодов больше 20 дней при максимальной суточной температуре выше 25°С на фоне отсутствия эффективных осадков с мая по сентябрь в 1938 г. оказалось существенно больше, чем предполагалось согласно обнаруженной зависимости (рис. 2 б).

Выводы

Недостаток осадков на территории Европейской части России зимой и почти во все весенние месяцы в 1936, 1938 и 1972 гг. создал предпосылки для дальнейшего развития

засушливости летом. Метеорологические условия, наблюдавшиеся на ЕТР зимой и весной 1981 г., не внесли вклад в формирование летней засухи и возможно, по этой причине территория, охваченная опасной атмосферной засухой летом, была меньше, чем в другие рассмотренные годы. На возникновение засушливых условий в центральной части Европейской России в мае 2010 г. оказали влияние холодная зима, не способствующая пополнению влагозапасов за счёт снеготаяния, а также дефицит весенней влаги.

С мая по август в рассмотренные годы на ЕТР наблюдалась область отрицательных аномалий атмосферного увлажнения, которая занимала достаточно устойчивое положение от месяца к месяцу. Как правило, область наибольших значений аномалий гидротермического коэффициента формировалась в центральных районах ЕТР. На юге Европейской России летняя отрицательная аномалия ГТК была менее выраженной.

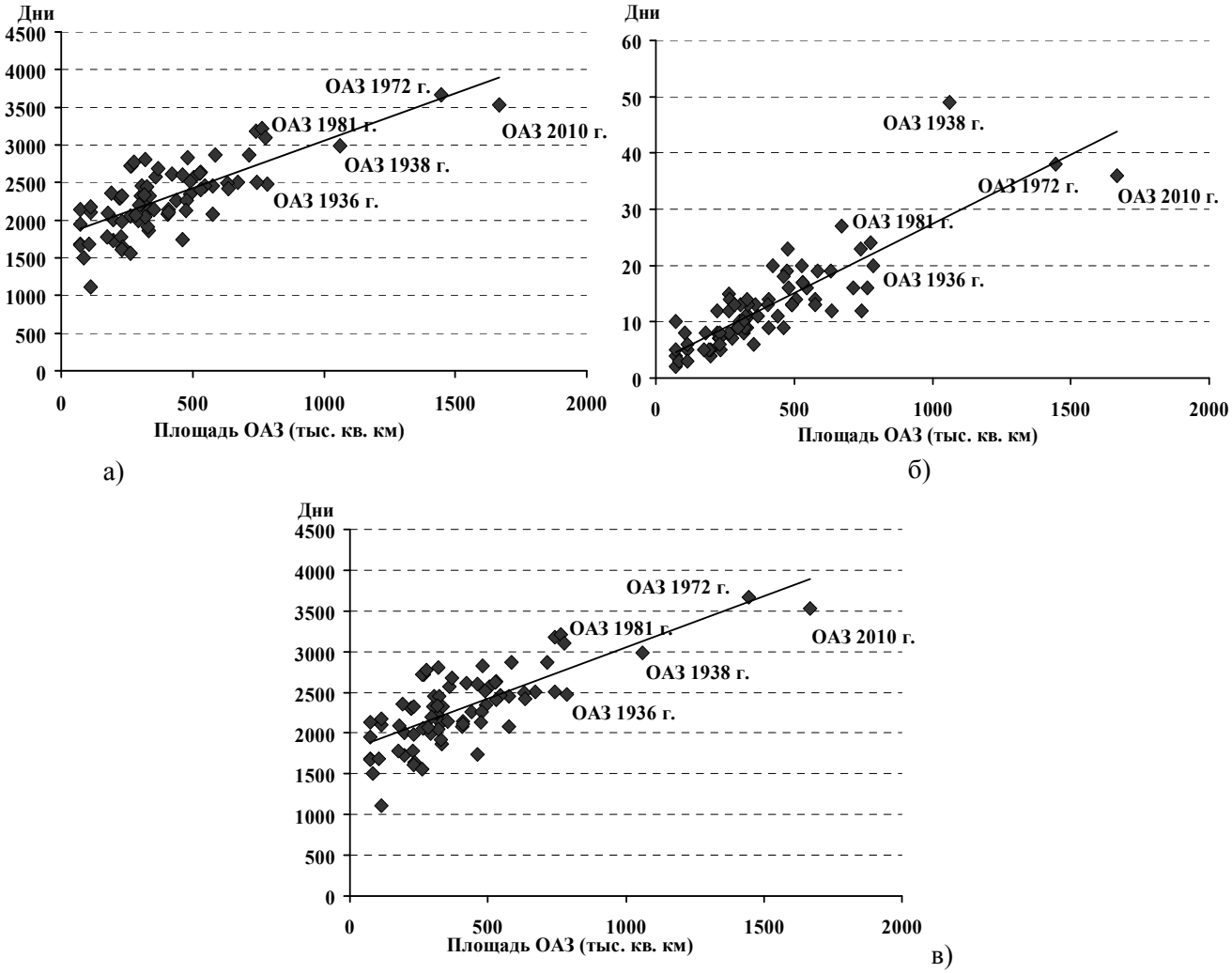

Рис. 2. Взаимосвязь площади опасной атмосферной засухи в период с 1936 по 2010 гг. и: а) суммарной продолжительности засухи на всех метеостанциях, б) числа непрерывных периодов больше 20 дней при максимальной суточной температуре выше 25°С на фоне отсутствия эффективных осадков с мая по сентябрь, в) числа дней с максимальными суточными температурами воздуха выше 25°С без эффективных осадков с мая по сентябрь. **Fig. 2.** The relationship of area of hazardous atmospheric drought in the period from 1936 to 2010 and: a) the total duration of the drought on all the weather stations, б) the number of continuous periods of more than 20 days with maximum daily temperature above 25°C without of effective precipitation from May to September, and в) the number of days with maximum daily air temperature above 25°C without effective precipitation from May to September.

Широкомасштабные опасные атмосферные засухи возникали в мае – июне, с эпицентром на юге и юго-востоке Европейской России, затем засуха достаточно быстро распространялась к северу. В 2010 г. северная граница ОАЗ дошла до районов, в которых ранее (с 1936 г.) такой тип засухи не наблюдался. Часто длительное течение засухи нарушалось несколькими дождливыми днями, затем ОАЗ возобновлялась с новой силой.

Наибольшая взаимосвязь площади опасной атмосферной засухи наблюдается с суммарной продолжительностью засухи, числом непрерывных периодов больше 20 дней при максимальной суточной температуре выше 25°С на фоне отсутствия эффективных осадков с мая по сентябрь, а также с числом дней с максимальными суточными температурами воздуха выше 25°С без эффективных осадков с мая по сентябрь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гречиха А.П. 2004. Определение опасных гидрометеорологических явлений. Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций: III научно-практическая конференция. 22-23 октября 2003 г. Доклады и выступления. М.: Едиториал УРСС. С. 19-29.

Дроздов О.А. 1980. Засухи и динамика увлажнения. Л.: Гидрометеоиздат. 93 с.

Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. 2000. Оценка засушливых явлений в Российской Федерации // Труды ВНИИСХМ. Вып. 33. С .118-133.

Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. 2009. Площадь засушливых земель равнин России // Аридные экосистемы. Т. 15. № 1 (37). С.5-12.

Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Черенкова Е.А. 2007. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. С.-П.: Гидрометеоиздат. Т. 21. С. 160-181.

Каменькова Н.И. 1964. К вопросу об изучении весенне-летних засух на Европейской территории СССР // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (Труды ГГО). Вып. 164. С. 43-54.

Логинов В.Ф. 2002. Засухи, их возможные причины и предпосылки предсказания // Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты. М.: Изд-во НИЭНАС. С. 107-124.

Мещерская А.В., Мирвис В.М., Голод М.П. 2011. Засуха 2010 г. на фоне многолетнего изменения засушливости в основных зерно-сеющих районах европейской части России // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (Труды ГГО). Вып. 563. С. 318.

Мещерская А.В. 1988. О показателе засух и урожайности зерновых культур // Метеорология и гидрология. № 2. С. 91-98.

Обухов В.М. 1949. Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат. С. 9-41.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. Т. I. Изменения климата. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 227 с.

Раунер Ю.Л. 1981. Климат и урожайность зерновых культур. Москва: Изд-во Наука. 164 с.

Селянинов Г.Т. 1928. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. Вып. 20. С. 165-177.

Уланова Е.С., Страшная А.И. 2000. Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур // Труды всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной метеорологии (Труды ВНИИСХМ). Вып. 33. С. 64-83.

Утешев А.С. 1972. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. Алма-Ата: Изд-во Наука. 195 с.

Фролов А.В., Страшная А.И. 2011. О засухе 2010 года и ее влиянии на урожайность зерновых культур // Сборник докладов совместного заседания Президиума Научно-технического совета Росгидромета и Научного совета Российской академии наук «Исследования по теории климата Земли». М.: Триада ЛТД. 2011. С. 22-31.

Черенкова Е.А., Кононова Н.К. 2009. Связь опасных атмосферных засух в Европейской России в XX веке с макроциркуляционными процессами // Известия РАН. Серия географическая. № 1. С. 73-82.

Черенкова Е.А. 2007. Динамика опасной атмосферной засухи в Европейской России // Метеорология и гидрология. № 11. С. 30-41.

IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds.: Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. Cambridge, United Kingdom and N.Y., USA: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

ANALYSIS OF EXTENSIVE ATMOSPHERIC DROUGHTS FEATURES IN THE SOUTH OF THE EUROPEAN RUSSIA

© 2012. E.A. Cherenkova

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

Classification of hazardous atmospheric drought area over the European territory of Russia using daily observations data of daily surface air temperature and daily precipitation for the period 1936-2010 was done. Winter/ spring meteorological conditions and spatial/ temporal features of summer atmospheric drought on the south of European Russia in some years of the most extensive drought are investigated. It is shown that the highest correlation identified between: atmospheric drought area and a total duration of the drought; the number of continuous periods of more than 20 days with maximum daily temperature above 25°C without effective precipitation from May to September; the number of days with maximum daily air temperature above 25°C without effective precipitation from May to September.

Keywords: climate change, hazardous atmospheric drought, Selyaninov's hydrothermal coefficient, south of the European Russia.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 22-27

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 634.0.6:634.0.266

К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД В ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНАХ

© 2012 г. А.Т. Барабанов, В.И. Панов

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН
Россия, 400062 Волгоград, Университетский пр., д. 97. E-mail: vnialmi_nir@vlpost.ru

Поступила 08.12.2011

Анализируется роль природных факторов в формировании поверхностного стока талых вод, излагается закон лимитирующих факторов эрозионно-гидрологического процесса, приводится уравнение расчета стока и дается методика его прогноза.

Ключевые слова: поверхностный сток, снегозапасы, глубина промерзания почвы, влажность почвы, закон лимитирующих факторов стока.

Экологическая ситуация в Волго-Ахтубинской пойме полностью зависит от стока со всего бассейна р. Волги. В настоящее время проблема регулирования поверхностного стока, пропуска чрезвычайных паводков очень актуальна для нашей страны. Она затрагивает интересы многих отраслей народного хозяйства: сельского, водного, рыбного, коммунального, энергетики и др.

Для *ее решения* необходимо знать объем стока, поступающего в водохранилища, особенно поверхностного в период половодья, т.е. нужен высокоточный и заблаговременный прогноз поверхностного стока.

Сейчас управлением режимом стока Волги занимается Межведомственная оперативная группа на основе прогнозов Росгидромета, средняя ошибка которых составляет 35%, а иногда (даже часто) – 100%. Поэтому управленческие решения часто бывают ошибочными. Особенно дорого обходятся грубые ошибки, когда прогнозируется большой сток, а на самом деле он отсутствует или бывает незначительным. Огромный ущерб стране наносится и в том случае, когда прогнозируется незначительный сток, а он бывает большим и даже катастрофическим, приводящим к наводнениям, разрушениям и даже гибели людей и животных. Ошибочный прогноз приводит к нарушению режима стока рек. Например, большой зимний сброс воды из водохранилищ, а в связи с этим малый период паводка весной на Нижней Волге нарушает условия нереста рыбы, и очень много икры, в том числе ценных осетровых пород, погибает, оставаясь в пойме на кустах, деревьях и траве. Очень крупные ошибки в прогнозах могут привести к экологической катастрофе. В Волго-Ахтубинской пойме периодически устраиваются рукотворные экологические бедствия, особенно в последние маловодные годы. Наиболее бедственное положение создалось в 2006 году после того, как весной 2005 года из каскада водохранилищ было сброшено 136 км^3 воды, а туда поступило ее очень мало.

Это происходит особенно в многоснежные зимы, когда ожидают большой сток. Бывают ошибки и в малоснежные зимы. Такие прогнозы, а в связи с этим и тяжелые последствия были в центральных районах ЕТР в 1968, 1975, 1978, 1981, 1985, 1998, 1999, 2000-2002, 2005-2007, 2010 годах, а в Нижнем Поволжье в 1967, 1968, 1970, 1996, 1999, 2004-2011 годах.

Ущерб от таких управленческих решений на основе ошибочных прогнозов составляет десятки (примерно 70-90) миллиардов рублей. Его несут энергетики (недополучение электроэнергии до 30-40%), рыбное хозяйство (гибель рыбы, мальков и икры, а иногда рыба

не нерестится, так как пойма не затопляется), сельское хозяйство (не хватает воды для орошения), коммунальное хозяйство (из колодцев уходит вода, водозаборные оголовки «качают» воздух), судоходство (суда садятся на мель). Такова цена ошибочных прогнозов.

При разработке прогноза по существующим методикам либо используется один фактор (снегозапасы), либо десятки факторов, Часто они рассматриваются каждый в отдельности без учета совокупности их влияния.

Б.А. Аполлов, Г.П. Калинин. В.Д. Комаров (1974) предложили следующее выражение для определения стока рек за период половодья (У) в зависимости от запасов воды в снеге (S) и водопоглотительной способности бассейна (P_o):

$$У = S - P_O(1 - e^{S/Po}) \quad (1).$$

Для рек степной и лесостепной зон Европейской территории ими была установлена зависимость параметра P_o от глубины промерзания (L) и льдистости 0-100 см слоя почвы или влажности ее в мерзлом состоянии (W) и получена эмпирическая формула

$$P_o = 750e^{-0.11w}e^{-0.051wl} \quad (2).$$

Глубина промерзания в этой формуле ограничена 60 см, т.е. все большие величины приравнены 60 см. Этот подход обладает следующими недостатками. Его можно использовать для расчета поверхностного стока с некоторыми допущениями, так как он разрабатывался для речного стока. Формула расчета P_0 показывает, что водопоглотительная способность почвы зависит от глубины ее промерзания, начиная с любой величины >0. Это не так. Экспериментальные данные свидетельствуют (что будет показано ниже) о том, что, при глубине промерзания почвы до 50 см сток талых вод отсутствует при любом уровне снегозапасов и увлажнения почвы. Эта формула также не предусматривает варианта расчета стока в том случае, когда почва талая. Для установления связи стока с льдистостью достаточно иметь влажность мерзлого слоя почвы 0-50 см, а не 0-100 см, как принято у авторов. Дело в том, что за период снеготаяния впитывание талой воды в почву происходит только до 25-30 см, и этого достаточно для оценки влажности, как фактора стока. Вовлечение более глубоких слоев почвы в расчеты приводит к увеличению ошибки прогноза. Влажность почвы определяется перед началом зимы и делается поправка на увлажнение во время зимних оттепелей. Это тоже приводит к ошибке. Лучше это делать непосредственно перед снеготаянием.

В.В. Демидов (2000) выявил связь стока (С) со снегозапасами (S), интенсивностью таяния снега (X), временем полного оттаивания мерзлого слоя почвы (r_x), параметром, характеризующим долю водонепроницаемого слоя почвы, приходящуюся на единичную высоту снежного покрова (К), суммой положительных температур за период стока ($\sum t$) и продолжительностью снеготаяния (Т). Она выражается уравнением

$$C = 3.23 \times 10^{-2} \times S^{0.85} \times X^{0.7} \times r^{0.58} \times K^{1.15} \times \sum t \times T^{0.25} \quad (3).$$

В этом уравнении придается большое значение факторам, которые не играют существенной роли в формировании стока (интенсивность снеготаяния, время полного оттаивания мерзлого слоя почвы, соотношение мощности водонепроницаемого слоя почвы и высоты снега, сумма положительных температур и продолжительность снеготаяния), малая роль отводится снегозапасам и совсем не учитываются такие мощные природные факторы как увлажнение почвы и глубина ее промерзания.

Г.П. Сурмач, М.М. Ломакин, А.П. Шестакова (1989) разработали уравнение прогноза коэффициентов стока ($К_{пр}$) в зависимости от глубины мерзлого слоя (Н), его влажности (х), и снегозапасов (P_{oc}):

$$К_{пр} = (ax^n H - bx - cH + d) \times (1 + 0.0000055P^2{}_{oc}) \quad (4).$$

Как видно из уравнения, коэффициент стока талых вод в сильной степени зависит от снегозапасов, влажности мерзлого слоя почвы и его глубины. Это уравнение имеет ряд недостатков. Во-первых, при отсутствии снега возможен сток. Это противоречит здравому смыслу. Во-вторых, по уравнению получается, что чем больше глубина промерзания, тем больше сток. Это не так, на что указывается в работах Б.А. Аполлова (1974) и А.Т. Барабанова (1993). И, в-третьих, влажность почвы определяется на глубину промерзания почвы. В этом нет необходимости, достаточно определять ее до глубины 50 см. Вовлечение большей глубины (а глубина промерзания почвы бывает до 150-200 см) приводит к сильному варьированию влажности почвы и к большой ошибке при выявлении связи стока талых вод с природными факторами и его прогнозировании.

П.А. Шеппель (1990) на основании математической обработки 25-летнего ряда наблюдений получил следующие уравнения расчета притока паводковых вод ($W_п$) к каскаду водохранилищ Волжско-Камского бассейна в зависимости от максимальных снегозапасов (h):

$$W_п=14.7\sqrt{h}\text{, км}^3 \quad (5),$$

$$W_п=0.94h+54\text{, км}^3 \quad (6).$$

Из этих уравнений видно, что поверхностный сток с бассейна Волги находится в прямой связи со снегозапасами, т.е. чем больше снега, тем больше сток. Это противоречит многочисленным данным. Сток зависит не только от снегозапасов, но и от других факторов, которые находятся в сложном взаимодействии.

В.Е. Водогрецкий, Э.А. Зайцева, Л.В. Елфимова (1973) предлагают оценивать изменение поверхностной составляющей речного стока по зависимости коэффициента склонового весеннего стока (α) с показателем, характеризующим степень увлажненности почвы в метровом слое и промерзаемости почвогрунтов в период, предшествующий стоку (U_t), а также с уклоном склона (J) по уравнению

$$\alpha = f(U_t J) \quad (7).$$

Показатель U_t рассчитывают путем умножения суммарных влагозапасов на сумму отрицательных значений температуры воздуха за период от начала устойчивого ее перехода через 0°С до 1 января. Это уравнение не может правильно отражать зависимость поверхностного стока от природных факторов по следующим причинам. Во-первых, в нем не учтены снегозапасы, во-вторых, произведение влагозапасов на сумму отрицательных температур не свидетельствует об уровне водопроницаемости почв. Известно, что снег хорошо изолирует почву и ее состояние часто не связано с температурой воздуха. В-третьих, величина поверхностного стока талых вод практически не зависит от уклона.

Из приведенных выше уравнений можно сделать заключение, что сток в основном зависит от снегозапасов, хотя в этих уравнениях и учитывается водопоглотительная способность почвы через глубину промерзания и ее увлажнение, но, судя по коэффициентам, эти показатели либо играют незначительную роль или очень большую.

Таким образом, рассмотренные обобщения, анализ связи поверхностного стока талых вод с природными факторами и методы его прогнозирования не дают возможности однозначно сказать о роли тех или иных факторов в формировании стока, дать точный его прогноз и определить пути воздействия на них с целью регулирования эрозионно-гидрологических процессов.

Во ВНИАЛМИ свыше 50 лет изучаются закономерности формирования поверхностного стока с целью его регулирования и разработки мероприятий по борьбе с эрозией почв. В результате получен *большой* материал, *на основе которого* разработана методика высокоточного (80-100%), заблаговременного(1.5-2 месяца) прогноза поверхностного стока талых вод (имеется патент № 2347222), которая позволяет без дополнительных затрат предотвратить этот ущерб. С этой целью автором (Барабанов, 1993) были обобщены и

проанализированы многолетние собственные и литературные данные, характеризующие связь слоя стока талых вод на зяби и уплотненной пашне (многолетние травы, озимые и др.) с природными факторами, сформулирован и апробирован ***закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод***, значительно расширяющий знания об этом процессе и позволяющий делать высокоточный прогноз стока. Установлено, что важнейшими природными факторами стока являются снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы. Интенсивность и продолжительность снеготаяния, а также другие факторы на общую величину стока талых вод за период половодья практически не влияют. Суть закона заключается в том, что ***при некотором (лимитирующем) значении одного из них сток не формируется независимо от уровня других***. Определены максимальные значения факторов, при которых сток не формируется. На юге *Центрального района Нечерноземной зоны (ЦРНЗ), в Центрально-Черноземных областях (ЦЧО)* и Поволжье, если почва талая или промерзла до глубины не более 50 см, стока не бывает независимо от уровня ее увлажнения и снегозапасов. Дальнейшее увеличение глубины промерзания почвы выше лимитирующего уровня не влияет на величину стока, т.е. при любой глубине промерзания выше лимитирующей он формируется одинаковый при одинаковых уровнях других факторов. Решающее влияние на него в этом случае оказывают влагозапасы в почве и снеге. При увлажнении верхнего (0-50 см) слоя почвы до уровня менее 120-130 мм на юге ЦРНЗ и 70-95 мм в Нижнем Поволжье сток не формируется независимо от глубины промерзания почвы и снегозапасов, т.е. в данном случае лимитирующим фактором является увлажнение почвы. При запасах воды в снеге меньше объема микрорельефа пашни сток также не формируется. Алгоритм прогноза стока приведен в таблице 1.

Количественная оценка влияния на сток увлажнения почвы и снегозапасов при уровнях факторов выше лимитирующих приведена в таблице 2.

Таблица 1. Алгоритм прогноза поверхностного стока талых вод в зависимости от уровня природных факторов. **Table 1.** Algorithm of melted snow surface runoff prognosis depending on natural factors level.

Уровень факторов			Характер формирования стока
Глубина промерзания почвы, см	Запасы воды в почве (слой 0-50 см), мм	Снегозапасы, мм	
Менее 50	Любой	Любой	Сток не формируется
Более 50	Менее 70-120 (по зонам)	Любой	Сток не формируется
Более 50	Более 70-120 (по зонам)	Меньше объема микрорельефа	Сток не формируется
Более 50	Более 70-120 (по зонам)	Больше объема микрорельефа	Сток формируется, величина его зависит от уровня запасов воды в снеге и почве и рассчитывается по уравнению

Установлено также, что верхний слой почвы в гидрологическом отношении является саморегулирующейся системой. Он способен поглотить и удержать определенное количество воды, максимальная величина которого в мерзлом состоянии может достигать полной влагоемкости верхнего слоя. Дефицит влаги (разница между полной влагоемкостью $W_{пв}$ и фактическими влагозапасами $W_ф$) обусловливает величину водопоглощения. Слой

стока У зависит от дефицита влаги в почве ΔW и снегозапасов перед снеготаянием W_c. В общем виде уравнение можно записать так:

$$У = W_c - (W_{пв} - W_ф) = W_c - \Delta W \quad (8).$$

Опираясь на выявленные закономерности и связи, был разработан метод прогноза стока с сельскохозяйственной территории. Для этого используется уравнение:

$$У = \sum_1^n (У_{ai} \cdot S_{ai}) / \sum_1^n S_{ai} \quad (9),$$

где У – слой стока с сельскохозяйственных угодий (мм), $У_{ai}$ – слой стока с i-того агрофона (зябь, уплотненная пашня, кормовые угодья гидрографической сети и т.д.), который определяется по уравнениям связи стока с природными факторами (мм), S_{ai} – соответственно площадь этих агрофонов.

Таблица 2. Уравнения связи слоя стока талых вод на зяби $У_3$ и уплотненной пашни $У_2$ с запасами воды W_n в слое почвы 0-50 см и снегозапасами W_c перед снеготаянием, мм. **Table 2.** Equations of correlation of melted snow runoff layer on autumn plouphing $У_3$ and pressed plonghland $У_2$ with water stoeks Wn in soil layer 0-50 cm and snow stock Ws before snow-melted, mm.

Область, почва	Уравнения связи стока с природными факторами		Множественные коэффициенты корреляции		Ошибки уравнений, мм	
	зябь	*угодья с уплотненной почвой*	зябь	*угодья с уплотненной почвой*	зябь	*угодья с уплотненной почвой*
Орловская, серая лесная	$У_з$=–65+0.95W_n+0.38W_c	$У_n$=–71+0.44W_n+0.41W_c	0.97	0.86	8.2	14.0
Курская, [x)] серая лесная	$У_з$=–57+0.34W_n+0.26W_c	нет данных	0.61	-	26.8	-
типичный чернозем	$У_з$=–50+0.25W_n+0.25W_c	$У_n$=–16+0.71W_n+0.41W_c	0.92	0.74	4.5	16.0
Воронежская, [x)] обыкновенный чернозем	$У_з$=–40+0.19W_n+0.38W_c	$У_n$=–12+0.06W_n+0.69W_c	0.54	0.91	21.5	6.8
Самарская, обыкновенный чернозем	$У_з$=–53+0.51W_n+0.04W_c	$У_n$=-24+0.17W_n+0.40W_c	0.48	0.92	8.4	7.0
Волгоградская, каштановая	$У_з$=–27+0.38W_n+0.29W_c	$У_n$=–4+0.19W_n+1.14W_c	0.96	0.92	7.1	9.2
светло-каштановая	$У_з$=–9+0.1W_n+0.09W_c	$У_n$=–12+0.17W_n+0.16W_c	0.64	0.84	5.6	8.7

Примечание: [x)] Материалы наблюдений научно-исследовательской гидрометеорологической обсерватории Каменная степь. Л.: Гидрометеоиздат. 1951-1986. Вып. 1-23.

Метод прогноза стока получил многолетнюю апробацию в разных природных зонах. Он позволяет с высокой точностью прогнозировать сток талых вод с сельскохозяйственных угодий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. 1974. Курс гидрологических прогнозов. Л.: Гидрометеоиздат. 420 с.

Барабанов А.Т. 1993. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии. Волгоград: ВНИАЛМИ. 156 с.

Водогрецкий В.Е., Зайцева Э.А, Елфимова Л.В. 1973. Склоновый сток и его изменение под влиянием агротехнических и лесомелиоративных мероприятий // Труды Государственного гидрологического института (Труды ГГИ). Вопросы влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим. Вып. 206. Л.: Гидрометеоиздат. С. 191-192.

Демидов В.В. 2000. Закономерности эрозии почв лесостепной зоны при снеготаянии как научная основа системы почвозащитных и природоохранных мероприятий: Автореф. дис. … докт. биол. наук. М. 47 с.

Сурмач Г.П., Ломакин М.М., Шестаков Л.П. 1989. Прогнозирование стока талых вод // Земледелие. № 4. С. 29-31.

Шеппель П.А. 1990. Специальный весенний попуск паводковых вод Волги. Волгоград: Нижне-Волжское изд-во. 191 с.

TO THE PROBLEM OF PROGNOSIS OF MELTED SNOW SURFACE RUNOFF FORMING IN FOREST-STEPPE AND STEPPE ZONES

© 2012. A.T. Barabanov, V.I. Panov

All-Russian Research Institute of Agroforest Melioration of the Russian Academy of Agricultural sciences Russia, 400062 Volgograd, Universitetskyi prosp., 97. E-mail: vnialmi_nir@vlpost.ru

Nature factors role in forming the melted snow surface runoff is analised, the law of erosion-hidrologic process limiting factors is set out, an eguation for calculating the runoff and a method of its prognosis are given.

Keywords: surface runoff, snow stocks, soil freezing depth, soil moisture, runoff limiting factors law.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 28-34

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 551.577.38

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРОГНОЗА РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖА

© 2012 г. Л.М. Акимов

Воронежский государственный университет
Россия, 394020 Воронеж, ул. Хользунова, д. 40. E-mail: akl63@bk.ru, geoecolog@mail.ru

Поступила 13.09.2011 г.

Предложен методический подход к оценке вероятности появления различных условий увлажнения в отдельные месяцы вегетационного периода для территории Воронежа с использованием цепей А.А. Маркова по данным многолетних наблюдений за температурой воздуха и осадками.

Ключевые слова: увлажнение, осадки, температура воздуха, повторяемость, вероятность, вегетационный период, гидротермический коэффициент, цепи А.А. Маркова.

Для многих случайных процессов характерно некоторое влияние предшествующих событий на последующие события. Такие процессы называют Марковскими по имени А.А. Маркова, в работах которого они были впервые описаны (Марков, 1906). Математические модели, использующие цепи А.А. Маркова, являются переходными между детерминированными и чисто стохастическими моделями (Кельберт, 2009).

Марковский процесс – это процесс, для которого вероятность находиться в данном состоянии, в данный момент времени, и которую можно вывести из сведений о предшествующем состоянии.

Цепь А.А. Маркова – последовательность случайных событий с конечным или счётным числом исходов, характеризующаяся тем свойством, что при фиксированном настоящем, будущее независимо от прошлого. Для такой цепи число состояний конечно, а вероятности, соответствующие переходам из одного состояния в другое, называют стационарными, имея в виду то, что они не зависят от времени. Таким образом, в простейшем случае условное распределение последующего состояния цепи А.А. Маркова зависит только от текущего состояния и не зависит от всех предыдущих состояний. Многие природные процессы, в том числе и условия увлажнения, можно считать Марковскими.

Случайный механизм, вызывающий изменение состояния, описывается матрицей перехода P с элементами p_{ij}. Элемент p_{ij} равен вероятности, с которой система перейдет из состояния i в состояние j за единицу времени. Таким образом, p_{ij} – это условная вероятность того, что система будет находиться в состоянии j в следующий момент, при условии, что в данный момент она находится в состоянии i. Значит, все элементы P неотрицательны, но не превышают 1, и сумма элементов в любой строке равна 1. Матрица P, обладающая такими свойствами, называется стохастической, то есть:

$$0 \le p_{ij} \le 1 \;\; \forall i, j \in I \text{ и } \sum_{j=1}^{\infty} P_{ij}(n) = 1, \forall n \in N \qquad (1).$$

Матрица переходных вероятностей на n-м шаге P(n) $\forall n$ и $i_0, \ldots, i_n \in I$ имеет вид:

$$P_{ij}(n) \equiv P(X_{n+1} = j \mid X_n = i) \qquad (2),$$

где X_n – последовательность случайных величин, а n – номер шага.

Таким образом, состояние в момент $n+1$ есть j, при условии, что заданы состояния i_o ..., i_n-1 и $i_n = i$ в моменты времени 0 …, n–1, n. Случайное состояние X_n в момент n рассматривается как случайная величина со значениями I. Последовательность случайных дискретных величин X_n со значениями в конечном или счетном множестве I образует *простую цепь А.А. Маркова* с начальным распределением X_0 и матрицей перехода P, если совместное распределение $P(X_0 = i_o, X_1 = i_1 \ldots, X_n = i_n)$ нахождения системы в состояниях i_o, i_1 …, …, i_n в моменты времени 0, 1, …, n определяется условными вероятностями:

$$P(X_{n+1} = i_{n+1} | X_n = i_n, X_{n-1} = i_{n-1}, \cdots, X_0 = i_0) = P(X_{n+1} = i_{n+1} | X_n = i_n) \quad (3).$$

Марковские модели – один из типов стохастических моделей, в которой будущее развитие системы определяется ее текущим состоянием и не зависит от того, каким путем система пришла в это состояние. Они состоят в близком родстве с матричными моделями, т.к. их основная конструкция – матрицы, но элементами этих матриц являются не детерминированные, а вероятностные переходы из одного состояния в другое. Последовательность результатов, получаемых из такой модели, часто называют Марковской цепью. Применение такой модели к практическим ситуациям требует выполнения трех основных условий:

1) система должна допускать классификацию на конечное число состояний;
2) переходы должны происходить в дискретные моменты времени, правда, они должны быть достаточно близкими, чтобы для моделируемой системы время можно было бы считать непрерывным;
3) вероятности не должны меняться во времени.

Матрицы вероятностей перехода являются средством описания поведения Марковской цепи. Каждый элемент этой матрицы представляет собой вероятность перехода из заданного состояния (которому соответствует строка) к следующему состоянию (которому соответствует столбец). В этой матрице предусмотрены все возможные переходы данного множества состояний. Условно такую матрицу записывают в общем виде следующим образом:

$$P = \begin{array}{cccc} & s21 & s22 & s23 \\ s11 & p11 & p12 & p13 \\ s12 & p21 & p22 & p23 \\ s13 & p31 & p32 & p33 \end{array} \quad (5),$$

где P – матрица переходных вероятностей, $p_{i,j}$ – вероятность перехода из состояний s11, s12, s13, соответствующих строкам матрицы, в состояния s21, s22, s23, соответствующие столбцам.

Отметим еще раз, что в данном случае имеется в виду цепь первого порядка, т.е. такая форма Марковского процесса, для которой каждое конкретное состояние зависит только непосредственно от предшествующего состояния.

Целью данного исследования является разработка методики долгосрочного вероятностного прогнозирования различных условий увлажнения в вегетационный период с использованием цепей А.А. Маркова.

Длительность вегетационного периода в данной работе определяется, периодом активных температур воздуха (t>10°C) и оценивалась гидротермическим коэффициентом Г.Т. Селянинова (Селянинов, 1928):

$$ГТК = \frac{\sum R}{0.1 \sum t > 10^{\circ} C} \quad (6),$$

где *ГТК* – гидротермический коэффициент, $\sum R$ – сумма осадков в мм, за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°С и $\sum t > 10°C$ – сумма средних суточных температур воздуха выше 10°С за этот же период.

Простота вычисления гидротермического коэффициента ГТК стала причиной включения его в стандартный перечень индексов аридности (Чернышева и др., 2009; Шашко, 1985).

Материалы и методы

Расчет ГТК проводился для метеостанции Воронеж (№ 34123 в ВМО) за период с 1918 по 2010 гг., для каждого календарного месяца с мая по сентябрь, после чего проведена его классификация. С этой целью вся исследуемая выборка ГТК разбита на равновероятные 20% интервалы. При этом классы выделялись не для каждого месяца отдельно, а для всего исследуемого периода (май-сентябрь) в целом. Это позволило анализировать колебания данного показателя за исследуемый промежуток времени в единой системе и оценить вероятность проявления того или иного класса в каждом из месяцев с июня по сентябрь в завмсимости от состояния ГТК в мае.

В результате для Воронежа получены следующие классы ГТК:

1 класс ≤0.45 – «Сухой»;

2 класс 0.46-0.75 – «Засушливый»;

3 класс 0.76-1.09 – «Норма»;

4 класс 1.10-1.65 – «Увлажненный»;

5 класс ≥1.66 – «Влажный».

Таким образом, сделана попытка использования Марковских цепей для выявления внутренних временных закономерностей развития процессов увлажнения исследуемой территории.

Результаты и их обсуждение

Проанализируем закономерности в переходах различных классов ГТК от исходного месяца «Май» в последующие месяцы рассматриваемого периода с использованием матриц переходных вероятностей, представленных в таблицах 1-4.

Таблица 1. Матрица переходных вероятностей ГТК состояния на май-июнь.
Table 1. A matrix of transitive probabilities of parameters of humidifying May – June.

Исходное состояние ГТК, классы (май)	Прогнозируемое состояние ГТК, классы (июнь)				
	1 – «Сухой»	2 – «Засушливый»	3 – «Норма»	4 – «Увлажненный»	5 – «Влажный»
1 – «Сухой»	19	10	14	38	19
2 – «Засушливый»	0	23	23	39	15
3 – «Норма»	9	31	26	17	17
4 – «Увлажненный»	14	30	21	21	14
5 – «Влажный»	25	20	20	5	30

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод, что при исходном ГТК в мае 1 классе «Сухой», в июне с вероятностью 38% можно наблюдать появление 4 класса ГТК «Увлажненный». Вероятность появления остальных классов невелика и составляет соответственно: 19% – для

экстремальных классов «Сухой» и «Влажный»; 14% – 3 класса ГТК «Норма» и наименьшая вероятность появления в июне у 2 класса ГТК «Засушливый» – 10%.

Таблица 2. Матрица переходных вероятностей ГТК состояния на май – июль. **Table 2.** A matrix of transitive probabilities of parameters of humidifying May – July.

Исходное состояние ГТК, классы (май)	Прогнозируемое состояние ГТК, классы (июль)				
	1 – «Сухой»	2 – «Засушливый»	3 – «Норма»	4 – «Увлажненный»	5 – «Влажный»
1 – «Сухой»	5	38	14	29	14
2 – «Засушливый»	9	37	18	18	18
3 – «Норма»	16	8	24	28	24
4 – «Увлажненный»	0	8	16	24	52
5 – «Влажный»	20	25	30	20	5

Таблица 3. Матрица переходных вероятностей ГТК состояния на май – август. **Table 3.** A matrix of transitive probabilities of parameters of humidifying May – August.

Исходное состояние ГТК, классы (май)	Прогнозируемое состояние ГТК, классы (август)				
	1 – «Сухой»	2 – «Засушливый»	3 – «Норма»	4 – «Увлажненный»	5 – «Влажный»
1 – «Сухой»	29	24	19	19	9
2 – «Засушливый»	0	50	17	33	0
3 – «Норма»	17	25	21	25	12
4 – «Увлажненный»	15	15	23	32	15
5 – «Влажный»	11	26	11	41	11

Таблица 4. Матрица переходных вероятностей ГТК состояния на май – сентябрь. **Table 4.** A matrix of transitive probabilities of parameters of humidifying May – September.

Исходное состояние ГТК, классы (май)	Прогнозируемое состояние ГТК, классы (сентябрь)				
	1 – «Сухой»	2 – «Засушливый»	3 – «Норма»	4 – «Увлажненный»	5 – «Влажный»
1 – «Сухой»	19	33	5	19	24
2 – «Засушливый»	25	17	0	17	41
3 – «Норма»	4	21	21	21	33
4 – «Увлажненный»	27	27	0	19	27
5 – «Влажный»	15	15	25	15	30

В случае исходного 2 класса ГТК «Засушливый» в мае так же, как и для 1 класса, с наибольшей вероятностью (39%) можно ожидать появление 4 класса «Увлажненный».

Появление классов «Засушливый» и «Норма» равновероятно и составляет 23%. Невелика вероятность появления 5 класса – 15%. Однозначно можно утверждать, что при исходном 2 классе ГТК в мае, нельзя ожидать появление 1 класса ГТК «Сухой» в июне, вероятность такого события равна нулю.

Для исходного в мае 3 класса «Норма» наиболее вероятно событие перехода в июне во 2-ой класс (31%) или сохранение 3 класса (26%). Вероятность появления 4 и 5 классов незначительна и составляет 17%. Наименьшая вероятность перехода (9%) исходного в мае 3 класса «Норма» в 1 класс «Сухой» в июне.

Исходный 4 класс ГТК «Увлажненный» в мае, с вероятностью 30% может перейти в июне во 2 класс «Засушливый» и вероятностью 21% в классы «Норма» и «Увлажненный». При исходном 4 классе ГТК «Увлажненный» в мае, вероятность появления экстремальных классов ГТК «Сухой» и «Влажный» в июне составляет 14%.

Для исходного 5 класса ГТК «Влажный» в мае, характерно сохранение данного класса в июне (30%). При этом велика вероятность перехода в 1 класс «Сухой» (25%) или 2 и 3 классы – с вероятностью 20% для каждого класса. Наименее вероятным событием (5%) является переход в 4 класс ГТК.

В случае наблюдения в мае 1 класса ГТК «Сухой», с максимальной вероятностью для данного класса ГТК (38%) можно ожидать появление в июле 2 класса ГТК «Засушливый» и с вероятностью 29% – класса «Увлажненный» (табл. 2). Появление классов «Норма» и экстремального «Влажный» является равновероятным событием, с вероятностью 14%. С наименьшей вероятностью (5%) можно ожидать в июле появление класса «Сухой», если данный класс ГТК наблюдался в мае.

Особенности появления различных классов ГТК в июле, в случае наблюдения в мае 2 класса ГТК «Засушливый», схожи с распределением вероятностей для 1 класса «Сухой», а именно, максимальной вероятностью (37%) обладает появление в июле 2 класса ГТК «Засушливый». Появление классов «Норма», «Увлажненный» и «Влажный» – является равновероятным событием, с вероятностью для каждого класса ГТК – 18%. Наименее вероятным событием, в случае наблюдения в мае 2 класса ГТК «Засушливый», является появление в июле с вероятностью 9% – 1 класса ГТК «Сухой».

Для исходного в мае класса «Норма», с наименьшей вероятностью для данного класса, следует ожидать появление засушливой погоды в июле. Вероятность появления в июле 1 класса «Сухой» составляет 16%, а появление в июле 2 класса ГТК «Засушливый» следует ожидать с вероятностью 8%. Наиболее вероятным событием (28%), для исходного 3 класса ГТК «Норма» в мае, является появление в июле 4 класса ГТК «Увлажненный», а вероятность появления классов «Норма» и «Влажный» в данном случае составляет (24%).

С наименьшей вероятностью (8%), в случае наблюдения в мае 4 класса ГТК «Увлажненный», следует ожидать появления 2 класса ГТК, а случаи появления экстремального 1 класса «Сухой» за исследуемый промежуток времени зафиксированы не были. С вероятностью 52%, для исходного в мае 4 класса ГТК «Увлажненный», можно ожидать появление в июле 5 класса ГТК «Влажный». Вероятность появления остальных классов значительно меньше и составляет для 4 класса ГТК «Увлажненный» – 24%, класса «Норма» – 16%.

Для исходного в мае 5 класса «Влажный», в июле с наименьшей вероятностью (5%) следует ожидать появление этого класса. Наиболее вероятностным событием (30%) в данном случае, следует ожидать появление 3 класса «Норма». Вероятности появления остальных классов велики и колеблются в пределах 20 – 25%, а именно: 1 класс – 20%, 2 класс – 25%, 4 класс – 20%. В данной ситуации, в июле, уверенно прогнозировать можно только отсутствие экстремального «Влажного» класса ГТК.

При исходном 1 классе ГТК в мае, в августе (табл. 3) также следует ожидать появления 1

класса ГТК «Сухой» с вероятностью в 29%, а вероятность появления 2 класса «Засушливый» – 24%. С наименьшей вероятностью (9%) следует ожидать появление экстремального класса «Влажный». Появление 3 и 4 классов ГТК является равновероятным событием с вероятностью 19%.

В случае наблюдения в мае 2 класса ГТК «Засушливый», прогностические состояния в августе более выражены, а именно:

- однозначно можно сказать, что в августе не будут наблюдаться экстремальные «Сухой» и «Влажный» классы ГТК, т.к. вероятность данных событий равна нулю;
- наиболее вероятно появление в августе 2 класса ГТК «Засушливый». Вероятность данного события в данном случае максимальна и составляет 50%. Также с большой вероятностью (33%) следует ожидать появление 4 класса ГТК «Увлажненный»;
- вероятность появления 3 класса ГТК «Норма» незначительна и составляет 17%.

Выработать прогностические решения в случае наблюдения в мае 3 класса ГТК «Норма» сложно, т.к. распределение вероятностей практически равномерно. В основном следует ожидать либо сохранение класса «Норма» с вероятностью 21%, либо появление соседних классов «Засушливый» или «Увлажненный» с равной вероятностью для обоих случаев 25%. Вероятность появления экстремальных «Сухой» и «Влажный» классов невелика и составляет соответственно 17% и 12%.

Для класса «Увлажненный» в мае, с вероятностью 32%, характерно сохранение данного класса в августе, либо переход в класс «Норма» (23%). Появление остальных классов равновероятно мало и составляет 15%.

Для исходного в мае 5 класса, с наибольшей вероятностью (41%) в августе следует ожидать появление 4 класса ГТК. С вероятностью 26% следует ожидать появление 2 класса «Засушливый». Вероятность появления остальных классов равновероятно мало и составляет 11%.

Выработка прогностических решений для сентября относительно исходного состояния ГТК в мае, также имеет свои особенности (табл. 4). Для исходного 1 класса, в сентябре наиболее вероятным событием с вероятностью 33% будет появление 2 класса и наименее вероятным (5%) – 3 класса «Норма». Вероятность появления 5 класса «Влажный» составляет 24%. Появление 1 и 4 классов равновероятно мало и составляет 19%.

В случае исходного «Засушливого» класса однозначно не следует ожидать появление класса «Норма». Наиболее вероятно (41%) появление экстремального 5 класса «Влажный». Вероятность появления экстремального 1 класса «Сухой» также велика и составляет 25%. Появление 2 и 4 классов равновероятно и составляет 17%.

Для исходного в мае 3 класса «Норма», в сентябре наиболее вероятным событием (с вероятностью 33%) будет появление 5 класса «Влажный» и наименее вероятным (4%) – 1 класса «Сухой». Появление остальных классов является равновероятным событием, с вероятностью 21%.

В случае в мае исходного 4 класса ГТК «Увлажненный», для сентября довольно сложно выработать прогностические решения. Однозначно можно утверждать отсутствие класса «Норма». Появление остальных классов является практически равновероятным событием с вероятностью 27%, лишь вероятность появления 4 класса составляет 19%.

Для исходного 5 класса с вероятностью 30% характерно сохранение данного класса в сентябре, либо с вероятностью 25% появление класса «Норма». Появление остальных классов является равновероятно малым событием, с вероятностью 15%.

Выводы

Проведенные исследования показали целесообразность использования цепей А.А. Маркова к оценке вероятности появления различных условий увлажнения в отдельные месяцы вегетационного периода (с мая по сентябрь) для территории Воронежа. Данный подход является универсальным для любой территории, т.к. рассматривается конечное состояние объекта (условие увлажнения «класс ГТК») вне физических особенностей его появления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. 2009. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II. Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. М.: МЦНМО. 152 с.

Марков А.А. 1906. Распространение закона больших чисел на величины, зависящие друг от друга // Известия физико-математического общества при Казанском университете. 2-я серия. Т. 15. С. 135-156.

Селянинов Г.Т. 1928. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. Вып. 20. С. 165-177.

Чернышева Л.С. Платонова В.А. 2009. Расчет и интерпретация основных климатических показателей отдельных метеорологических величин. Учебно-методическое пособие. Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та. 88 с.

Шашко Д.И. 1985. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеоиздат. 247 с.

THE IMPLEMENT OF MARKOV CHAINS FOR PROBABILISTIC FORECAST OF THE DIFFERENT CONDITIONS OF MOISTENING IN THE VEGETATION PERIOD ON THE EXAMPLE OF VORONEZH

© 2012. L.M. Akimov

Voronezh State University
Russia, 394020 Voronezh, Kholsunova str., 40. E-mail: akl63@bk.ru, geoecolog@mail.ru

We propose a methodological approach to assessing the probability of occurrence of different moisture conditions in individual months of the growing season for the territory of the Voronezh using Markov chains, according to long-term observations of air temperature and precipitation.

Keywords: moisture, precipitation, air temperature, frequency, probability, vegetation period, hydrothermal coefficient, Markov chain.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 35-44

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 504.123

ПРОБЛЕМЫ ОПУСТЫНИВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

© 2012 г. А.Д. Самбуу*, А.Б. Дапылдай*, А.Н. Куулар*, Н.Г. Хомушку**

**Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов*
Сибирского отделения Российской академии наук
***Тувинский государственный университет*
Россия, 667007 Кызыл, ул. Интернациональная 117а. E-mail: sambuu@mail.ru

Поступила 29.03.2011

В истории земледельческого освоения территории Тувы можно выделить традиционный период с тысячелетним отгонно-пастбищным животноводством, советский и современный периоды. Основным ударом аграрного освоения территории Тувы стала распашка целины в 60-70-х годах прошлого столетия. Второй удар был нанесен более постепенно, но с не меньшими последствиями для природы степей в связи с развитием скотоводства. В результате, ландшафты степей понесли тяжкий экологический урон. Занятые под пашню участки степей стали объектом деградации почв и ветровой эрозии. В настоящее время на фоне спада аграрного производства и уменьшения общей площади сельхозугодий (за счет консервации земель) по республике отмечается сокращение темпов деградации земель.

Ключевые слова: опустынивание, деградация, засоление, дефляция, водная эрозия, трансформация, мониторинг.

Евроазиатские степи, занимающие около 8 млн. км^2, распаханы на 65-70%. Большие массивы нераспаханных степных земель (2.3 млн. км^2) остались сегодня в Центральной Азии. Центральноазиатские степи, к которым принадлежат степи Тувы, до сих пор представляют основное хранилище видового и экосистемного биоразнообразия и являются вместе с тем возобновляемым ресурсом, используемым в хозяйственной деятельности (Степи …, 2002). Сохранившиеся целинные степи представляют собой естественные пастбища для травоядных диких и домашних животных. Однако они находятся под сильным антропогенным прессом, что приводит к их деградации. Деградация земель выражается в снижении или потере биологической продуктивности и структуры пахотных земель, пастбищ и сенокосов в результате землепользования или действий одного или нескольких процессов, таких как ветровая или водная эрозия, засоление, долгосрочное истощение почвенно-растительного покрова.

История использования земель Сибири, в том числе и тувинских, насчитывает не одно тысячелетие, в течение которой они подвергались, с одной стороны, антропогенной деградации, с другой – восстановлению и улучшению в результате целенаправленной деятельности человека.

В последние 100 лет политические и экономические перемены в России, в Республике Тыва вызвали изменения в плотности населения региона, в способах организации хозяйства и состоянии земель.

До 1945 года в Туве было развито в основном пастбищное хозяйство, распашка земель была выборочной, а распаханность незначительной. На пашне в течение ряда лет возделывали сельскохозяйственные культуры, чаще пшеницу и просо. Затем, в связи со снижением урожаев, распаханные земли после 3-4-х летнего использования переводились в залежь, которая использовалась в качестве сенокосов и пастбищ. Практиковалось орошаемое земледелие.

Изучение структуры и динамики земельных ресурсов Тувы под влиянием меняющегося антропогенного режима актуально в теоретическом плане в аспекте изучения биоразнообразия, в практическом плане – с точки зрения сохранения природных возобновляемых ресурсов.

Цель работы – исследования проблем опустынивания земель Тувы при разных режимах их использования, которые приводят к нарушению почвенно-растительного покрова.

Материал и методика

Объектами исследования служили сельскохозяйственные угодья Тувы. Степи в Туве занимают межгорные котловины с высотами 550-1200 м над уровнем моря, нижние части горных склонов, высокие террасы речных долин. Крупные массивы степей, которые заняты сельхозугодьями, характерны для Улуг-Хемской и Убсунурской котловин. Наши собственные исследования по изучению опустынивания земель Тувы проводились на землях более увлажненной Турано-Уюкской (5 ключевых участков) и Тождинской котловин (3), в засушливой Центрально-Тувинской котловине (10) и в наиболее засушливой Убсунурской котловине (8) в 1996-2010 гг. Полевые исследования проводились преимущественно маршрутным методом. Анализировались материалы по опустыниванию Тувинского научно-исследовательского института сельского хозяйства (Кальная, 2003), Государственные доклады «О состоянии окружающей природной среды Республики Тыва» (2000-2003).

Для изучения растительности использовали общепринятые методики. Геоботанические описания экосистем проводили на каждом участке на пяти площадках размером 100 м^2. Для определения фитомассы на каждом участке закладывалось случайным образом 8 экспериментальных площадок. На всех площадках надземную фитомассу срезали на уровне почвы и с почвы собирали подстилку. Ветошь отбирали отдельно от зеленой фитомассы и последнюю разбирали по видам (Титлянова, 1977).

По нашим наблюдениям основным негативным процессом, развивающимся в степях, является опустынивание, которое приводит к снижению продуктивности, увеличению обнаженности поверхности земли, снижению воспроизводства компонентов степных экосистем. Ряд изменений параметров географической среды по длительности и постоянству позволили установить некоторые тенденции и закономерности развития процессов опустынивания.

Согласно «Субрегиональной национальной программе действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации» (2000) в качестве основных показателей опустынивания земель приняты степень дефлированности, эродированности (водная эрозия), засоления и деградации пастбищ, которые приводят к природно-антропогенному нарушению экосистем. Так, различают четыре степени опустынивания земель: 1 – фоновая, 2 – слабая, 3 – средняя, 4 – сильная. При фоновом уровне наблюдается изменение продуктивности под влиянием агрометеорологических факторов (засухи, суховеи и прямые неблагоприятные природные явления) без нарушения почвогрунтов. Слабая степень характеризуется незначительным нарушением почвенно-растительного покрова и сокращением хозяйственной урожайности в угодьях менее чем на 20% (в среднем на 10%), при средней степени – 20-60%. Сильная степень сопровождается разрушением плодородного слоя почв и сокращением урожайности на 60-90%.

При исследовании деградации земель важным моментом является картографирование. Оно необходимо для отражения степени и типов деградации земель в различных географических зонах и административных районах. Основным источником информации для картографирования в данной работе служили сведения Комитета по земельным ресурсам и землеустройству по Республике Тыва (Программа действий …, 2000) и «Государственного

(национального) доклада … » (2001). Они содержат информацию, характеризующую состояние почвенного покрова всех сельхозугодий республики по административным районам.

Показатели деградации земель, выраженных в гектарах, были преобразованы в форму индексов деградации (ИД), отражающих в процентах пораженность территории той или иной формой деградации:

$$ИД=\frac{пораженная\ \ часть\ \ территории\ \ ,\ га}{общая\ \ площадь\ \ территории\ \ ,\ га}\cdot 100\% \qquad (1).$$

Чем выше значение показателя ИД, тем больше площадь очагов и массивов деградации на данной территории (Социально-экономическое …, 2010). Данный метод позволяет сопоставить и объективно оценить земли различных категорий по характеру и степени нарушенности. Суммарный ИД территориальной единицы является суммой ИД пашни, пастбищ, сенокосов. В свою очередь, ИД каждого вида угодий складывается из индексов их деградации от дефляции, эрозии и засоления. При совместном проявлении нескольких форм деградации (например, дефляция + водная эрозия) состояние угодий отражается суммарным индексом, значение которого может превышать 100%.

Результаты и обсуждение

В советский период в 1965 г. все земли сельскохозяйственного пользования составляли всего 27.4% от общей площади республики. Обширные территории юга республики еще были слабо освоены.

В соответствии с данными государственной статистической отчетности площадь земельного фонда Республики Тыва на 01.01.2010 г. составляет 168.6 тыс. км^2 (Трофимов, 1998). В постсоветский период произошли значительные изменения в структуре земельного фонда с уменьшением площадей земель сельскохозяйственного назначения (рис. 1).

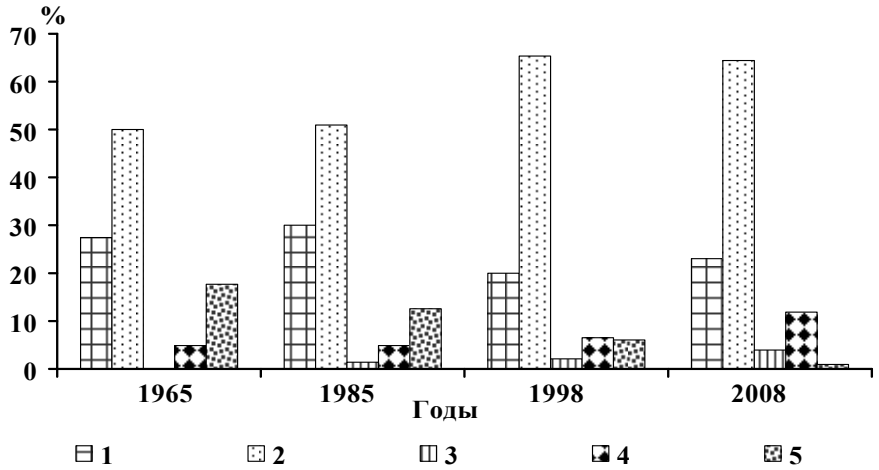

Рис. 1. Динамика структуры земельного фонда Тувы, %. Условные обозначения: 1 – земли селькохозяйственного назначения; 2 – земли лесного фонда; 3 – земли особо охраняемых территорий; 4 – земли госзапаса; 5 – прочие земли. **Fig 1.** Dynamic of the land fund' structure of Tuva, %. Legend: 1 – lands under agriculture; 2 – forest fund lands; 3 – protected lands; 4 – state stock lands; 5 – other lands.

Так, в 1998 г. она составляла 4443.9 тыс. га, 2003 г. – 2587.7 тыс. га, т.е. на 1856.20 тыс. га меньше, 2008 г. – 3164.8 тыс. га. Невысокая доля сельскохозяйственных угодий в общей площади республики объясняется преобладанием обширных площадей лесов, высокогорной

тундры и полупустынных пространств. Земли сельхозназначения переведены в категорию государственного земельного запаса. Увеличение земель госземзапаса (2010 тыс. га) произошло за счет земель ликвидированных крестьянских (аратских) хозяйств и земель сельскохозяйственных предприятий, которые ими не пользуются. Это отразилось на степени деградации земель республики, т.к. часть пахотных земель не обрабатывается, переведена в залежь, поля зарастают бурьянистой растительностью, и это в некоторой степени сдерживает процессы дефляции и эрозии. С 1991 г. по 2000 г. наблюдалось сокращение темпов деградации пастбищ в связи с уменьшением поголовья скота, особенно овец по сравнению с 1980-1990 гг.

Таким образом, переход с планового ведения народного хозяйства к рыночному повлек за собой резкое уменьшение пастбищной нагрузки. В настоящее время в республике сельскохозяйственными угодьями занято 34% территории республики, в составе которых преобладают пастбища – 87.5%, пахотные угодья занимают 5.4% и сенокосы – 6.5% (рис. 2). Из сельскохозяйственного использования выпало 52 тыс. га пашни.

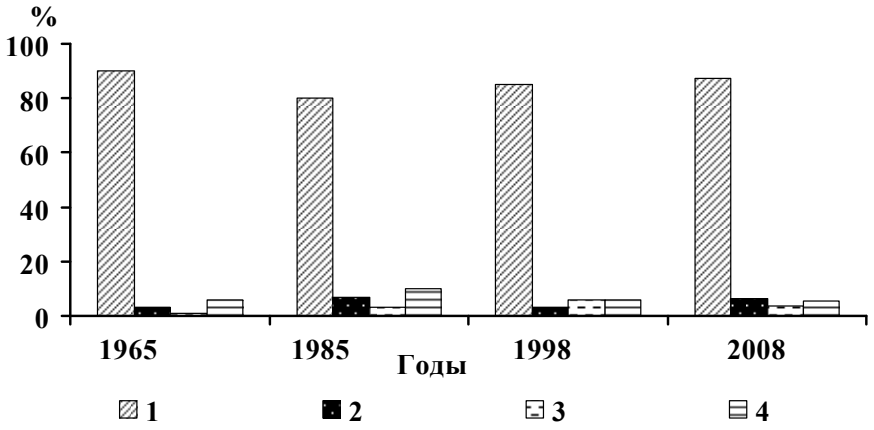

Рис. 2. Динамика структуры сельскохозяйственных угодий Тувы, %. Условные обозначения: 1 – пастбища; 2 – сенокосы; 3 – залежь; 4 – пашня. **Fig 2.** Dynamic of the agricultural lands' structure of Tuva, %. Legend: 1 – pastures; 2 – haymakings; 3 – a long fallow; 4 – an arable.

При оценке трансформации сельхозугодий республики мы сравнивали состояния земель с 1965 г. по 2008 г. Особенно сильно пострадали от деградации сельхозугодья степных межгорных котловин. Более возвышенная северо-восточная часть территории Тувы входит в подтаежную зону, поэтому эрозионными процессами затронута незначительно. Суммарные индексы деградации сельхозугодий на 2005 г. по административным районам республики отображены на рисунке 3. В целом сильная степень деградации сельхозугодий тяготеет к южным и центральным районам республики с индексом аридности 0.16-0.40 (рис. 3).

В результате распашки земель легкого гранулометрического состава 90% пашни подверглось деградации, причем в большей степени – дефляции. Средняя трансформация пахотных угодий в Туве составляет 90.5%, когда в Хакасии он равен 75.4, в южных районах Красноярского края – 4.2 (Субрегиональная национальная …, 2000).

Различными видами деградации в 1995 г. было поражено 3.6 млн. га или 93.3% площади сельхозугодий. Так, ветровой эрозии было подвержено 1057.33 тыс. га или 30% площади сельхозугодий. Из них дефлированных пастбищ 925.1 тыс. га, пашни – 128.77 тыс. га, сенокосов – 3.46 тыс. га.

Эродированных и засоленных почв сравнительно немного. Так, площадь засоленных сельхозугодий в 1995 г. составляла 178.5 тыс. га, из них пашни – 15.7 тыс. га; эродированных сельхозугодий – 17.0 тыс. га, из них пашни – 11.1 тыс. га. Прослеживается довольно четкая

приуроченность широты охвата и степени опустынивания к определенным территориям. Это обусловлено природными (климатическая зональность, геоморфология и др.) и антропогенными (особенности хозяйственной деятельности) факторами. Так, индекс эрозионной деградации закономерно возрастает от аридной к субгумидной биоклиматической зоне, а индекс дефляции и засоления снижается.

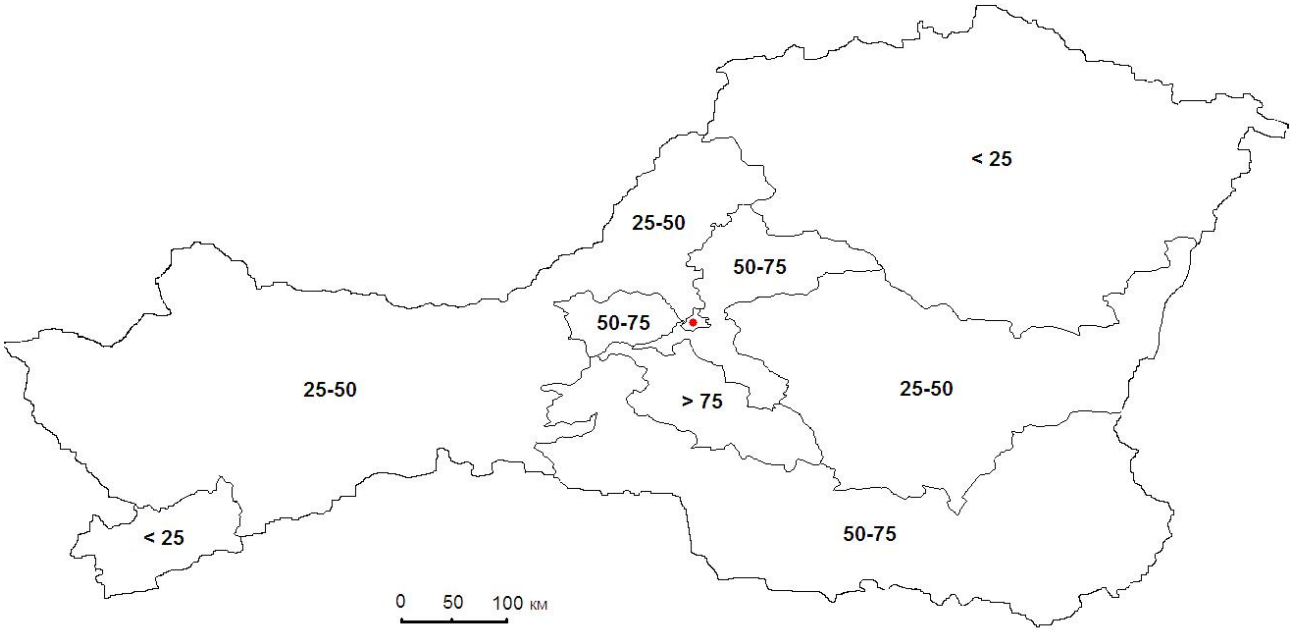

Рис. 3. Суммарные индексы деградации сельхозугодий на территории районов Тувы. Условные обозначения: *слабая степень деградации*, менее 25% – Монгун-Тайгинский, Тоджинский кожууны; *средняя степень деградации*, 25-50% – Барун-Хемчикский, Бай-Тайгинский, Дзун-Хемчикский, Сут-Хольский, Овюрский, Улуг-Хемский, Пий-Хемский, Каа-Хемский, Тере-Хольский кожууны; *сильная степень деградации*, 50-75% – Кызыльский, Тандинский, Чеди-Хольский, Тес-Хемский, Эрзинский кожууны; ● – г. Кызыл. **Fig. 3.** The summary indexes of the degradation (ID) at the area of the regions of Tuva. Legend: *light degree of degradation*, Less than 25% – Mongun-Taygin, Todzhin districts; *middle degree of degradation*, 25-50% – Barun-Khemchik, Bay-Taygin, Dzun-Khemchik, Sut-Kholsk, Oviyrsk, Ulug-Khemsk, Piy-Khemsk, Kaa-Khemsk, Tere-Kholsk districts; *strong degree of degradation*, 50-75% – Kyzyl, Tandin, Chedi-Kholsk, Tes-Khemsk, Ersin districts; ● – the capital – Kyzyl.

Наиболее напряженным состоянием, в сравнении с другими видами сельхозугодий, характеризуется пашня. Площадь деградированной пашни в республике составляет 43.3% от общей её площади. Подчиняясь общим природным закономерностям, опустынивание развивается под влиянием совместного проявления эрозии, дефляции, так и других процессов. Сильной дефляции подвержены 89% пахотных угодий Тувы.

Несколько меньший процент деградации отмечается на пастбищах – 38.2%, менее деградированы сенокосы (18% от общей площади, табл. 1).

Степень засоленности сельхозугодий Тувы незначительна. Индексы засоленности в основном менее 5%. Наибольшая площадь засоленных сельхозугодий приходится на пастбища. В целом, площадь засоленных сельхозугодий составляет всего 2% от общей их площади по республике (табл. 2).

Водной эрозии подвержены 230.74 тыс. га земель сельхозназначения, из них пашни – 47.5 тыс. га, пастбищ – 180.9 тыс. га, сенокосов – 2.34 тыс. га.

Из всех форм деградации земель в Туве максимально развита дефляция, которой

подвержено 30% площади сельхозугодий, из них в южном и центральном районах республики до 50-75% дефлированных сельхозугодий. Средняя степень дефлированности земель отмечается в восьми районах. На остальной территории республики индекс дефлированности всех сельхозугодий не превышает 8.5% (0.99-8.5).

Таблица 1. Средние и суммарные индексы деградации (ИД) основных видов сельхозугодий, тыс. га на 2005 год. **Table 1.** The mean and summary indexes of the degradation (ID) of the main kinds of agricultural lands, t/ha in 2005.

Пашня			Пастбища			Сенокосы		
Общая площадь	Площадь деградации	ИД	Общая площадь	Площадь деградации	ИД	Общая площадь	Площадь деградации	ИД
423.9	183.6	43.3	3033.2	1159.6	38.2	76.5	13.8	18

Таблица 2. Площадь опустынивания сельхозугодий Тувы, тыс. га на 2005 год. **Table 2.** Area of deserted agricultural lands of Tuva, t/ha in 2005.

Пашня	Пастбища	Сенокосы	Все угодья
Засоленные угодья			
15.7	140.4	22.4	178.5
Эродированные угодья			
16.8	25.7	-	42.5
Дефлированные угодья			
342.9	1146.6	6.4	1495.9

Наибольшей степени деградации подвержены пахотные угодья. Их суммарный ИД составляет 43.3%. Этот показатель значительно снизился по сравнению с 1995-1996 годами, когда он составлял 90.5%. Причиной снижения деградации пашни является перевод их в залежь. При этом пахотные угодья зарастают, что частично приостанавливает процессы ветровой и водной эрозии.

Разброс индексов деградации пашни весьма велик: от 0.6% в северо-восточном таежном районе, до 92.1% в западном степном районе республики. Наиболее деградированными являются пашни (50-100%) в центральном и южном районах республики. Центральный район традиционно относится к земледельческому, здесь отмечается максимальная деградация пахотных земель.

Все виды деградации отмечены 38.2% пастбищ. Засоление отмечается на площади 140.4 тыс. га, эродированные пастбища составляют 25.7 тыс. га, дефляции подвержено 925.1 тыс. га. Суммарные ИД пастбищных угодий колеблются в широких пределах – от 1% (центральный район) до 83.9% (южный район). К деградации III-IV стадии подвержены пастбища в преимущественно южных, наиболее засушливых степных и полупустынных районах республики, II стадии – западный и центральный районы. ИД здесь колеблются от 28.5 до 47.5%. И только в трех центральных районах отмечается I стадия деградации пастбищ.

Умеренная пастбищная нагрузка является оптимальной для функционирования степных

экосистем, а перевыпас во всех степных экосистемах приводит к изменению видового состава фитоценоза и снижению его продуктивности.

На процесс формирования различных степных растительных сообществ, их видовой состав, распространение, структуру, запас фитомассы всегда большое влияние оказывал выпас, в особенности домашних животных.

Наблюдаемые участки подверженных деградации степей, согласно классификации А.А. Горшковой и В.М. Сахаровского (1983), могут быть отнесены к переходному типу – от стадии угнетения травостоя при постоянном и усиленном выпасе к стадии сбоя; основанием для этого является небольшая доля в травостое ковылей и обилие змеевки (*Cleistogenes squarrosa*). Деградацию сухостепной растительности под влиянием выпаса можем рассмотреть на примере трех ключевых участков, расположенных на каштановых среднемощных супесчаных почвах в Убсунурской котловине.

На *первом ключевом участке* подверженной деградации сухой степи (урочище Морен), доминирует полынь холодная (*Artemisia frigida*) и осока твердоватая (*Carex duriuscula*). Осока наиболее толерантна к выпасу, т.к. почки возобновления у нее залегают глубоко в почве, формирует устойчивые производные сообщества на месте мелкодерновинных злаковых степей. Степь на данном участке представляет собой более раннюю стадию деградации травостоя, т.к. находится в процессе интенсивного выпаса лишь в последние четыре года. Наиболее длительное и интенсивное пастбищное использование характерно для *второго ключевого участка* сухой степи (окрестности с. Эрзин), где из разнотравья разрастаются несъедобные и практически непоедаемые животными травянистые растения *Potentilla acaulis,* и приспособившиеся к выпасу полукустарнички *Artemisia frigida* и *Ephedra monosperma.* Травостой сильно стравлен, высота его 2-3 см, лишь отдельные ковыли достигают 10 см. Проективное покрытие 40-50%, местами отмечены участки, почти полностью лишенные растительности. В растительных сообществах преобладают: *Cleistogenes squarrosa*, *Veronica incana* и др. Ярусность нарушена, видовой состав растений в среднем составляет 15 видов на 100 м^2.

Крутые южные склоны гор и останцов покрыты петрофитными вариантами злаковых сухих степей. Змеевково-холоднополынное сообщество *на третьем участке деградирующей* степи (урочище Бумба-Даа) возникло, так же как и две предыдущие, как следствие деградации травостоя под воздействием интенсивного выпаса. Доминантами здесь являются также *Artemisia frigida* и *Cleistogenes squarrosa*, растения более устойчивые к выпасу по сравнению с ковылем (*Stipa* spp.), тонконогом (*Koeleria cristata*) и типчаком (*Festuca valesiaca*). К основным содоминирующим и часто встречающимся видам относятся *Potentilla acaulis* и *Ephedra monosperma*. Разреженный травостой сложен типичными ксеропетрофитами: *Alyssum obovatum, Erysimum cheiranthoides, Goniolimon speciosum, Orostachys spinosa* и др. Травостой низкий, средняя высота его не превышает 2-3 см, проективное покрытие достигает 40-50%, в видовом отношении бедный, на участке насчитывается минимальное количество растений (в среднем 9 видов на 100 м^2). Распределение видов неравномерное. Сообщество представляет собой сильно обедненный наиболее ксерофильный вариант сухих степей.

В связи с тем, что лето в 1996-1998 гг. было жарким и сухим, в 1998 г. количество ксерофитов и мезоксерофитов увеличилось. Из травостоя выпали мезофиты и ксеромезофильные виды, а также некоторые ксерофиты: *Artemisia anethifolia, Kochia laniflofa, Oxytropis pilosa* и др. Осенью 1998 г. на участках появилось только 2 новых вида (*Allium senescens*, *Lappula echinata*).

В более увлажненном 2002 г., благоприятном для вегетации растений, в степях, подверженных деградации, зарегистрировано максимальное количество видов. Из травостоя выпадают: *Allium lineare, Astragalus tuvinicus, Veronica incana*. Появляются новые виды:

Allium tenuissimum, Artemisia glauca, A. tomentella, A. santolinifolia, Convolvulus ammanii, Cleistogenes songorica, Ephedra dahurica, Erysimum cheirantoides, Kochia sieversiana, Koeleria cristata, Leymus ramosus, Oxytropis tragacanthoides, Poa attenuata, P. argunensis, P. stepposa, Potenilla bifurca, P. longifolia, Veronica krylovii.

В степях, подверженных деградации, за 13 лет наблюдений выявлено 10 сорных наиболее широко распространенных видов растений: *Artemisia anetifolia, Atriplex littoralis, Ceratocarpus arenarius, Urtica cannabina* и др.

Несмотря на многолетний перевыпас, на участке Эрзин в 2010 г. зарегистрировано максимальное количество видов из всех исследуемых участков – 16/100 м^2. Такое количество видов на пастбище под сильным выпасом можно объяснить особенность биотопа. Участок, расположенный на террасе реки Эрзин, более увлажнен по сравнению с другими.

При влиянии выпаса травостой на исследуемых участках претерпевает изменения в сторону упрощения структуры и ухудшения состояния видов, выпадения злаков. Меняется спектр жизненных форм, отчетливо проявляется тенденция к уменьшению участия дерновинных злаков и увеличение фитоценотической роли полукустарничков, как наиболее засухоустойчивых и пластичных экобиоморф. Увеличивается роль дигрессионноустойчивых видов разнотравья (лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis*), вероника седая (*Veronica incana*) и др.), разрастается осока твердоватая (*Carex duriuscula*). Укорачивается вертикальный профиль (до 2-3 см), понижается проективное покрытие (до 40-50%). Меняются ритмы сезонного развития, преобладают более ранние по срокам развития растения, поскольку большинство дигрессионноустойчивых видов цветут весной. Ускорить или замедлить процесс перехода от одной дигрессионной стадии к другой могут конкретные погодные условия, которые не влияют на общую тенденцию дигрессии.

Происходящая перестройка флористического состава определяется двумя факторами – экологией видов и их поедаемостью. Перевыпас пастбищ приводит к выраженной ксерофитизации растительного покрова в связи с иссушением и перегревом почвы. Как результат, наблюдается перераспределение экологических групп и жизненных форм растений (Самбу, 2001). В результате перевыпаса меняются характер и структура ценоза, происходит замена мезофильных видов более ксерофильными. При этом ухудшается качество кормов: их питательность и продуктивность. На наших участках обильно разрастаются кустарнички, полукустарнички и однолетние растения, особенно сорные, т.е. происходит коренная смена растительного покрова.

Проведенные исследования позволили выяснить основные закономерности в изменении структуры растительного вещества при разных пастбищных режимах. Сравнение по сезонам и годам величин запасов всех изученных компонентов показывает, что запас зеленой фитомассы минимален на пастбищах с перевыпасом (табл. 3). На деградированных пастбищах запас зеленой фитомассы меньше, чем на восстанавливающихся в 1.5-2 раза, ветоши – в 5-7 раз, чем в степных экосистемах без выпаса, подстилки меньше в 2-3 раза. Общий запас надземного растительного вещества на перевыпасемых участках приблизительно в 2.5 раза ниже, чем на участках без выпаса.

Достаточно высокий запас живых подземных органов на этих пастбищах связан с большой долей в составе подземной фитомассы корней ковыля, особенно средней и мелкой фракции. Находясь в числе субдоминантов в надземной части травостоя деградирующих пастбищ, ковыль по-прежнему доминирует в подземной части. Наличие живых корней ковыля указывает на то, что это пастбище быстро восстановится после снятия пастбищной нагрузки. Корневища осочки, доминирующей в травостое, быстро отмирают, т.к. они расположены под поверхностью почвы. Запасы мертвых подземных органов достаточно высоки.

Сенокошение не разрушает травяной покров. При рациональном сенокосном

использовании сохраняется видовой состав фитоценоза, а иногда и его продуктивность, но длительное сенокошение приводит к выносу питательных элементов из почвы и снижению продуктивности растительных сообществ. Площадь сенокосов в республике незначительная. Поэтому их трансформация (средней степени) составляет всего 2.1% от площади сельхозугодий. Наиболее деградированы сенокосы западных районов. Отмечается также засоление на площади 8 тыс. га, что составляет 10.5% сенокосов.

Заключение

Социальные изменения, влияя на экономический уклад, ведут к трансформации земельных ресурсов и, тем самым, к резким изменениям в функционировании степных сообществ. Так, общим следствием антропогенной нагрузки на степные экосистемы Тувы являются нарушение сложившегося энергооборота, снижение продуктивности преобразованных экосистем, увеличение степени обнаженности поверхности земли и, как следствие, общие проявления опустынивания территории.

При распашке целины в 1960-70-х годах прошлого столетия были трансформированы степные экосистемы Тувы. Занятые под пашню участки степей стали объектом деградации почв и ветровой эрозии. Более постепенно, но с не меньшими последствиями для природы степей, оказало влияние развитие скотоводства. В результате, ландшафты степей понесли тяжкий экологический урон. В настоящее время на фоне спада аграрного производства и уменьшения общей площади сельхозугодий (за счет консервации земель) по республике отмечается сокращение темпов деградации земель. Процент деградированных земель сельхозназначения уменьшился с 93.3 до 39.2.

Из всех видов трансформации в площадном отношении от дефляции больше всего пострадали пастбища и пашни. Интенсивность проявления дефляции одинаковая на всей территории и составляет 30.4%.

Пастбищной дигрессии третьей-четвертой стадии подвержена степная растительность (25%). Опасность перевыпаса усиливается тем обстоятельством, что семиаридные и аридные экосистемы чрезвычайно чувствительны к климатическим условиям. Центральноазиатские степи, вероятно, первыми откликнутся на глобальные климатические изменения, имеющие тенденцию к аридизации. Поскольку сильный выпас здесь ведет к опустыниванию. Совместное действие аридизации климата и усиления пастбищного пресса может превратить эти степи в полупустыни.

Общим следствием антропогенного воздействия на степные экосистемы являются замещение их агроэкосистемами, нарушение функционирования и снижение их продуктивности, увеличение степени обнаженности почвы и, как следствие, – признаки деградации земель. Поэтому нужна стратегия равновесного природопользования. Необходим дальнейший мониторинг за процессами опустынивания земель, а также разработка конкретных мероприятий, направленных на их предотвращение в республике Тыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горшкова А.А., Сахаровский В.М. 1983. Восстановление сбитых степных пастбищ при кратковременной изоляции // Вестник сельскохозяйственной науки. № 3. С. 107-109.

Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Республики Тыва за 2000 год. 2001. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 110 с.

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Тыва в 2002 году». 2003. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 96 с.

Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Тыва в 2000 году». 2001. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 111 с.

Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Тыва в 2001году». 2002. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 90 с.

Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Тыва в 1999 году». 2000. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 107 с.

Кальная О.И. 2003. Отчет по разработке нормативных материалов и систем научного обеспечения реализации Субрегиональной национальной программы действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 25 с.

Очерки социального развития Тувинской АССР. 1983. Новосибирск: Наука. 56 с.

Программа действий по борьбе с опустыниванием для Республики Тыва. 2000. Абакан: Фирма Март. 171 с.

Самбуу А.Д. 2001. Влияние выпаса на продуктивность сухих степей Убсунурской котловины в Туве. Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Новосибирск: Институт катализа СО РАН. 23 с.

Социально-экономическое положение Республики Тыва. 2010. Кызыл: Государственный комитет Республики Тыва по статистике. 40 с.

Степи Центральной Азии. 2002. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 299 с.

Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации. 2000. Абакан: Фирма Март. 294 с.

Трофимов И.А. 1998. Проблемы мониторинга опустынивания земель и пути их решения // Достижения науки и техники АПК. № 1. С. 19.

Титлянова А.А. 1977. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах. Новосибирск: Наука, Сибирское Отделение. 219 с.

THE PROBLEMS OF DESERTIFICATION IN REPUBLIC TUVA

© 2012. A.D. Sambuu*, A.B. Dapyldie*, A.N. Kuular*, N.G. Khomushku**

**Tuvinian Institute for the exploration of natural resources*
of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
***Tuvinian State University*
Russia, 667007 Kyzyl, International str., 117a. E-mail: sambuu@mail.ru

Results of studies of changes of the steppe landscapes of Tyva in connection with various use of lands are presented. Under the anthropogenic influence to the steppe native zone transformed natural vegetation and changed the productivity in steppe landscapes of Tyva with changing of the plant cover and replaced some the ecosystems with agricultural ecosystems. With increasing anthropogenic press to the native steppes deflation of the agricultural ecosystems is increased. In Tyva from the all kind of transformation the deflation is very developed. The maximum study of the degradation of the agricultural ecosystems are the arable field and pasture. Consequence of the agrarian assimilation of steppes of Tyva is deserted lands.

Keywords: dedeserted, degradation, salted, deflation, water erosion, transformation, monitoring.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012 том 18 № 4 (53), с. 45-54

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 574.587(26):592

СОСТАВ И СТРУКТУРА МЕЙОБЕНТОСА ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПРИТОКОВ ОЗЕРА ЭЛЬТОН[1]

© 2012 г. В.А. Гусаков, В.Г. Гагарин

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук
Россия, 152742 Борок, Некоузский район Ярославской обл. E-mail: gva@ibiw.yaroslavl.ru

Поступила 17.05.2011

Впервые исследован мейобентос шести притоков гипергалинного оз. Эльтон (Волгоградская обл.) в меженный (август) период. Выявлены новые для науки, России и региона виды. Основу сообщества составляли широко распространенные галофильные и галобионтные организмы. Сообщество характеризовалось сравнительно низким разнообразием и крайне широким размахом численности и биомассы при высокой степени доминирования отдельных представителей. Отмечена тенденция снижения видового богатства с ростом минерализации от мезо- к эу- и гипергалинному уровню.

Ключевые слова: высокоминерализованные реки, мейобентос, таксономический состав, количественные характеристики

Мейобентос – важный компонент водных экосистем, играющий существенную роль в биоразнообразии, количественных характеристиках и трофических взаимосвязях гидробионтов большинства водных биотопов (Курашов, 2007; Giere, 2009 и др.). Основной объем проведенных к настоящему времени исследований донной мейофауны (как на уровне сообщества, так и на уровне отдельных систематических групп) в переходных между пресноводными и морскими условиях солености выполнен в прибрежье морей, лагунах и морских эстуариях (Soetaert et al., 1995; Аладин и др. 2000; Giere, 2009 и др.). Очень немного данных по внутренним солоноватым и соленым озерам и другим непроточным водоемам (Цалолихин, 1985; Alonso, 1990; Warwick et al., 2002 и др.). Фактически отсутствуют сведения по высокоминерализованным рекам вследствие, очевидно, их сравнительной редкости.

На юго-востоке европейской части России располагается уникальный комплекс водно-болотных угодий, относящихся к бассейну гипергалинного оз. Эльтон (Водно-болотные угодья …, 2005). В их составе имеются и впадающие в озеро малые реки с разным уровнем солености. Периодические исследования гидрофауны Приэльтонья ведутся с начала прошлого века. Среди беспозвоночных до сих пор изучались преимущественно сообщества зоопланктона, фауны зарослей и макрозообентоса, а также отдельные таксономические группы водных животных (Бенинг, 1926; Бенинг, Медведева, 1926; Ермаков и др., 1933; Medwedewa, 1926; Отчет …, 2003 и др.). В последние годы проводятся комплексные эколого-гидробиологические исследования притоков оз. Эльтон с подробным изучением макрозообентоса (Зинченко, Головатюк, 2010; Зинченко и др., 2010 и др.). В 2009 г. в реках начато изучение донной мейофауны как единого комплекса организмов (сообщества мейобентоса).

Целью настоящей работы является предварительная оценка состава, разнообразия,

[1] Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке IX Регионального гранта РФФИ № 07-04-96610 и программы Президиума РАН «Биоразнообразие» (раздел «Динамика биоразнообразия и механизмы обеспечения устойчивости биосистем»).

уровня количественного развития мейобентоса и влияющих на них факторов среды в притоках оз. Эльтон в меженный период.

Район, материалы и методы исследований

Крупнейшее самосадочное озеро Европы Эльтон располагается в Волгоградской области в 110 км восточнее р. Волги (рис). Основными окружающими озеро ландшафтами являются опустыненные степи. Климат региона – резко континентальный, засушливый. Среднегодовая температура – +7°С, средняя температура июля – +25°С, января – –11°С. Среднее количество осадков – 280-300 мм/год, что в 2.0-2.5 раза меньше испаряемости с открытой водной поверхности (Климатические данные …, 1951; Водно-болотные угодья …, 2005 и др.).

Рис. Карта-схема района исследований и расположения точек отбора проб. **Fig.** The map of the region of investigations and the scheme of locating the sampling points.

В гидрографическом отношении Приэльтонье относится к Прикаспийскому бессточному бассейну со слабо развитой речной сетью. Общая протяженность впадающих в оз. Эльтон семи рек (рис.) – около 128 км. Это – типичные равнинные водотоки с ассиметричными долинами, извилистыми руслами и медленным течением воды (скорость течения в летнюю межень в устье не превышает 0.2-0.4 м/с). В питании рек основную роль играют подземные воды и атмосферные осадки. Из-за превалирования на водосборе соленосных и карбонатных осадочных пород вода в реках соленая (обычно в пределах 7-32 г/л), преимущественно хлоридного типа. Уровень минерализации, как правило, возрастает от истоков к устью. По преобладающим значениям минерализации все притоки озера можно отнести к двум группам: мезогалинные (реки Ланцуг, Хара, Большая Сморогда и Карантинка) и полигалинные (реки Солянка, Чернавка и Малая Сморогда). Из биогенных элементов в реках

наиболее высокими концентрациями характеризуются аммонийный азот и фосфатный фосфор, величины которого достигают значений, свойственных водам эвтрофного типа (Водно-болотные угодья …, 2005; Некруткина, 2006; Зинченко, Головатюк, 2010 и др.).

Пробы собирали 18-21 августа 2009 г. в 6 реках (Ланцуг, Хара, Чернавка, Б. Сморогда, М. Сморогда, Карантинка). Исследовались устьевые участки и, по возможности, районы среднего и верхнего течения (всего 13 станций; рис.). На каждой стации микробентометром С-1 (Методика …, 1975) с трубкой, имеющей площадь захвата ~10 см^2, осуществляли по три подъема грунта и придонной воды, которые объединяли в одну интегральную пробу и фиксировали 4% формалином. В лаборатории пробы промывали через сито с ячеей 82 мкм и окрашивали красителем Бенгальским розовым по известной методике (Williams, Williams, 1974). Из остатков грунта организмы выбирали вручную (пипеткой), помещая материал небольшими порциями в камеру Богорова и просматривая под бинокулярным микроскопом. После извлечения животных проводилась их идентификация, подсчет, статистическая обработка материала. Химический анализ образцов воды выполнен аккредитованной гидрохимической лабораторией ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды» г. Самара.

Периоду исследований предшествовало длительное (около месяца) отсутствие дождей, вследствие чего верховья большинства рек на значительных участках пересохли, уровень водотоков понизился, р. Карантинка оказалась высохшей почти полностью. В устье р. Чернавки концентрация основных ионов достигла эу-, а в р. М. Сморогда – даже гипергалинного уровня; в остальных реках она оставалась в пределах мезогалинного диапазона (табл. 1). Глубина в точках отбора проб изменялась от нескольких сантиметров до 0.5 м, pH соответствовал нейтральному или слабощелочному уровню, течение чаще всего было слабо выражено, максимально – не превышало 0.2 м/с (табл. 1). Дно исследованных биотопов в большинстве случаев представляло собой полностью или частично покрытые биопленкой (циано-бактериальными матами) отложения черного ила, в р. Ланцуг – черного заиленного песка с биопленкой, в р. Чернавка – в разной степени заиленного песка или серого песчанистого ила (устье). На неглубоких участках (5-15 см) наблюдалось интенсивное выделение газов с поверхности биопленки. Здесь же, как правило, регистрировалось значительное перенасыщение воды кислородом (до 300%; табл. 1). При нарушении биопленки во время отбора проб ощущался сильный запах сероводорода, свидетельствующий о происходящих под ней интенсивных анаэробных процессах.

Результаты исследований

В исследованном материале выявлено 46 таксонов мейофауны видового и надвидового рангов, относящихся к следующим систематическим группам: Nematoda, Oligochaeta, Cladocera, Cyclopoida, Harpacticoida, Ostracoda, Heteroptera, Coleoptera и Diptera (Ceratopogonidae, Chironomidae и др.). Наибольшим разнообразием отличались нематоды (16 таксонов), личинки хирономид (9), циклопы и остракоды (по 5). В остальных группах отмечено не более трех таксонов. В отдельных пробах число представителей варьировало от 1 до 19 (в среднем 9±1; табл. 2). Минимальные значения (≤8 таксонов) были характерны для наиболее соленых рек М. Сморогда и Чернавка и почти полностью пересохшей р. Карантинки. В устье первой реки, где наблюдалась максимальная соленость, встречен только один вид – нематода *Monhystrella parvella* (Filipjev, 1931). Наибольшее богатство фауны (>10 таксонов) зарегистрировано в среднем течении рек Ланцуг и Б. Сморогда и на всех участках р. Хара.

Фауна круглых червей в водоемах Приэльтонья изучалась впервые. В составе мейобентоса рек обнаружены *Adoncholaimus aralensis* Filipjev, 1924, *Diplogaster rivalis*

(Leydig, 1854), *Diplolaimelloides altherri* Meyl, 1954, *Monhystrella parvella*, *Paracyatholaimus intermedius* (de Man, 1880), *Pseudoncholaimus neglectus* Tsalolikhin, 1982, *Tripyloides marinus* (Bütschli, 1874), а также неидентифицированные до вида представители родов *Monhystera*, *Theristus* и семейств Diplogasteridae, Dorylaimidae, Mermithidae, Oncholaimidae и Tobrilidae. Два представителя группы из родов *Calodorylaimus* и *Oncholaimus* оказались новыми для науки. Готовится их описание. Червь *Monhystrella parvella* впервые зарегистрирован в России, а *Paracyatholaimus intermedius* и *Tripyloides marinus* – во внутренних (не морских) водоемах страны.

Таблица 1. Морфометрические характеристики исследованных рек, гидрологические и физико-химические показатели в точках наблюдений в августе 2009 г. **Table 1.** Morphometric description of the explored rivers, hydrological and physicochemical parameters in the sampling points in August 2009.

Показатель	Река					
	Ланцуг	Хара	Чернавка	Большая Сморогда	Малая Сморогда	Каран-тинка
Длина реки (с притоками), км	21.0	59.5	3.3	24.0	10.3	2.4
Площадь водосбора, км^2	126.0	177.0	18.4	130.0	48.7	24.7
Ширина русла в районе станций (min-max), м	5-25	10-25	1-7	7-30	15-50	7
Глубина (min-max), м	0.15-0.25	0.15-0.40	0.05-0.50	0.10-0.30	0.05-0.20	0.03
Скорость течения (min-max), м/с	0-0.15	~0	0-0.20	0-0.20	0.15-0.20	~0
Прозрачность (min-max), м	до дна	0.10-до дна	0.15-до дна	до дна	0.15-до дна	до дна
pH (min-max)	7.6-7.7	7.5-8.7	7.3-7.5	7.8-8.1	7.9-8.1	7.6
Температура (min-max), °C	24.2	25.0-28.0	19.1-24.8	19.1-24.6	26.0-27.3	26.0
Насыщение воды кислородом (min-max), %	40-135	132-300	53-185	96-124	0-81	105
Сумма ионов в устье рек, г/л	15.1	16.7	30.9	13.2	41.1	15.7

В составе других таксономических групп отмечены: олигохеты *Paranais litoralis* (Müller, 1784), *Nais elinguis* Müller, 1773 и ювенильные особи червей семейства Tubificidae; кладоцера *Chydorus sphaericus* (Müller, 1785); циклопы *Apocyclops dengizicus* (Lepeschkin, 1900), *Diacyclops bisetosus* (Rehberg, 1880), *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) и *Megacyclops viridis* (Jurine, 1820); гарпактициды *Cletocamptus confluens* (Schmeil, 1894), *Cletocamptus retrogressus* Schmankewitsch, 1875 и *Nitocra lacustris* (Schmankevitsch, 1895); остракоды *Candona marchica* Hartwig, 1899, *Candona* spp., *Cyclocypris ovum* (Jurine, 1820), *Cyprideis littoralis* (Brady, 1868) и *Cyprinotus salinus* (Brady, 1868). Насекомые были представлены исключительно ранними стадиями личинок макробентических видов, определение которых возможно в лучшем случае до семейства. Только среди хирономид идентифицированы некоторые виды, группы видов и рода: *Chironomus* spp., *Cladopelma* gr. *lateralis*, *Cricotopus* spp., *Cricotopus* gr. *sylvestris*, *Cricotopus salinophilus* Zinchenko, Makarchenko, Makarchenko, 2009, *Microchironomus tener* (Kieffer, 1918) и *Tanytarsus kharaensis* Zorina, Zinchenko, 2009.

Таблица 2. Основные структурные характеристики мейобентоса в реках в августе 2009 г.
Table 2. The main structural characteristics of the meiobenthos in the rivers in August 2009.

Показатель	Река					
	Ланцуг	Хара	Чернавка	Большая Сморогда	Малая Сморогда	Каран-тинка
Число обнаруженных таксонов на станциях (min-max) и в целом для реки (в скобках)	10-19 (23)	11-12 (25)	5-8 (11)	8-12 (16)	1-3 (3)	5 (5)
Индекс Шеннона по численности (min-max), бит	1.5-2.0	0.5-2.7	0.6-1.2	0.3-1.7	0-0.2	0.3
Индекс Шеннона по биомассе (min-max), бит	1.9-2.1	1.5-2.6	0.2-0.3	0.7-1.5	0-0.5	1.7
Численность (min-max), тыс. экз./м^2	188-191	17-2465	297-608	335-2533	4-104	108
Биомасса (min-max), г/м^2	2.06-2.44	0.17-5.62	14.05-34.34	19.35-32.37	<0.00-0.09	0.02

Наиболее широкое распространение в реках имели нематоды (встречаемость 100%), личинки хирономид (92%), гарпактициды (62%) и остракоды (62%). В р. М. Сморогда, где наблюдался дефицит кислорода и максимальная соленость (табл. 1), и в почти полностью пересохшей р. Карантинке (самых экстремальных биотопах) сообщество состояло исключительно из круглых червей и хирономид. Среди отдельных видов по встречаемости в реках выделялись нематоды *Monhystrella parvella* (100%) и *Diplolaimelloides altherri* (46%), гарпактицида *Cletocamptus retrogressus* (54%), остракода *Cyprideis littoralis* (46%). Остальные представители зарегистрированы в 1-4 пробах. Ограниченное количество исследованного материала пока не позволяет достоверно оценить таксономические различия мейобентоса в реках в зависимости от условий среды.

Общая численность и биомасса мейобентоса на станциях изменялись в чрезвычайно широких пределах: соответственно 4-2533 тыс. экз./м^2 (в среднем 641±241 тыс. экз./м^2) и 0.0005-34 г/м^2 (10±3 г/м^2; табл. 2). Не отмечено зависимости величины показателей от степени минерализации. Сравнимые параметры получены во всем исследованном диапазоне солености. Конкретные значения определялись, по-видимому, локальными особенностями всего комплекса основных факторов среды в точках наблюдений (и минерализацией, и физико-химическим составом донных отложений, и газовым режимом, и т.д.). Максимальные значения численности (~2.5 млн. экз./м^2) зарегистрированы в верхнем течении р. Хары и в устье р. Б. Сморогды, минимальные (4-17 тыс. экз./м^2) – в устье р. М. Сморогды и в среднем течении р. Хары. По биомассе (32-34 г/м^2) выделялись среднее течение р. Б. Сморогды и устьевой участок р. Чернавки, в то время как в реках М. Сморогда, Карантинка и в среднем течении р. Хара данный показатель не превышал 0.1 г/м^2. По численности, как правило, превалировали нематоды (в среднем для всех станций 58±11% от общей величины), остракоды (26±11%) и гарпактициды (13±8%), по биомассе – остракоды (36±13%), личинки хирономид (24±9%), гарпактициды (17±8%) и нематоды (13±8%). В большинстве случаев наблюдалось резкое доминирование 1-2 видов над остальными. К

примеру, нематода *Monhystrella parvella* в р. Хара достигала плотности 768-2290 тыс. экз./м^2 (78-93% от общей), гарпактицида *Cletocamptus confluens* в устье р. Б. Сморогда – 2414 тыс. экз./м^2 (95%) и 17 г/м^2 (88%), остракода *Cyprideis littoralis* в устье р. Чернавки – 552 тыс. экз./м^2 (91%) и 33 г/м^2 (97%).

Невысокое видовое богатство вместе с высокой степенью доминирования отдельных видов определяли общее низкое разнообразие донной мейофауны в реках. Средние значения индекса Шеннона составляли 1.0±0.2 бит по численности и 1.2±0.2 бит по биомассе, максимальные не превышали соответственно 2.7 и 2.2 бит (табл. 2).

Обсуждение

Мейобентос тесно взаимосвязан с другими сообществами гидробионтов – зоопланктоном, макрозообентосом, фауной зарослей. Имеется заметное количество видов, которые в результате смены фаз жизненного цикла или образа жизни под воздействием меняющихся условий существования, увеличения размеров тела в результате роста и т.д. учитываются то в одной, то в другой группе беспозвоночных. Особенно это характерно для небольших мелких водоемов, где границы между донными, пелагическими и зарослевыми биотопами чаще всего бывают весьма условными и происходит смешение фаун. Поэтому при предыдущих исследованиях гидрофауны водоемов бассейна оз. Эльтон ряд организмов донной мейофауны уже указывался в списках видов, прежде всего – донные и донно-пелагические низшие ракообразные (кладоцеры, циклопы, гарпактициды и остракоды), олигохеты, личинки насекомых (хирономиды и др.). Так, при первом изучении водных беспозвоночных водоемов Приэльтонья в 1910-1920-х годах было выявлено около 60-70 видов и родов, примерно четверть из которых – донные и придонные рачки. Указаны также отдельные представители олигохет и хирономид (Бенинг, 1926; Бенинг, Медведева, 1926; Ермаков и др., 1933; Medwedewa, 1926). По результатам комплексных работ, проведенных в 2003 г., и с учетом ранее полученных данных в бассейне озера отмечено уже более 170 видов беспозвоночных (Отчет …, 2003). Около половины списка составили водные насекомые, ракообразных указано около 30. Непосредственно в притоках озера обнаружено 57 таксонов. В ходе проведенных в последние годы исследований макрозообентоса рек Приэльтонья зарегистрировано 50 таксонов донных беспозвоночных, из которых 12 – олигохеты, 16 – хирономиды (Зинченко, Головатюк, 2010).

Первое изучение мейобентоса притоков оз. Эльтон, несмотря на небольшое количество собранного материала и работы предыдущих исследователей, позволило выявить новые для региона, России и науки виды. Чуть ранее (Лазарева и др., 2010) в составе пелагической мезофауны рассматриваемых рек впервые для бассейна озера были обнаружены такие виды мейофауны, как олигохета *Nais elinguis*, циклоп *Paracyclops fimbriatus* (Fischer, 1853), гарпактицида *Cletocamptus confluens*, остракоды *Candona marchica* и *Limnocythere dubiosa* Daday, 1903. Таким образом, Приэльтонье безусловно является перспективным регионом для изучения биоразнообразия внутренних водоемов аридной зоны страны, распространения и экологии видов донной мейофауны в градиенте солености. К примеру, ведущиеся в течение нескольких лет исследования макрозообентоса притоков озера позволили выявить уже более 30 новых для их экосистем и фауны России видов, описать новые виды хирономид, которые, возможно, являются эндемиками региона (Зинченко и др., 2009, 2010; Зорина, Зинченко, 2009; Зинченко, Головатюк, 2010; Макарченко, Головатюк, 2010).

Согласно полученным нами предварительным данным в меженный период мейобентос исследованных водотоков состоит главным образом из галофильных и галобионтных организмов, имеющих, как правило, широкое географическое распространение. Большинство обнаруженных видов – обычный компонент мейобентоса олиго- и мезогалинных зон

высокоминерализованных озер, прибрежья морей (включая близлежащие Каспийское и Аральское), прибрежных лагун и морских эстуариев Европы и Азии. Некоторые виды также обитают на Африканском (нематода *Monhystrella parvella*, гарпактициды *Cletocamptus retrogressus* и *C. confluens* и др.) и Североамериканском (циклоп *Apocyclops dengizicus*) континентах (Цалолихин, 1985; Jacobs, 1987; Meisch, 2000; Mielke, 2000, 2001; Монченко, 2003; Freshwater nematodes…, 2006; Семенова, 2007 и др.). Кроме находки в реках Приэльтонья новых для науки видов круглых червей, представляет интерес первое обнаружение в России червя *Monhystrella parvella*. Ранее он был известен в основном из Северной Африки (Эфиопия, Намибия). Одна из географических форм вида описана с Болгарского побережья Черного моря (Jacobs, 1987). Регистрация *M. parvella* на востоке Волгоградской области, причем – в массовом количестве, свидетельствует о значительно более широком распространении вида, чем считалось до сих пор. Червь может быть спутан с близкими по морфологии видами из родов *Monhystrella* и *Eumonhystera*, что, возможно, и объясняет отсутствие указаний на его обитание в других соленых водоемах европейской и азиатской части России.

Регистрация в притоках оз. Эльтон рачка *Apocyclops dengizicus* уточняет границы его ареала. Это, по-видимому, наиболее северная из известных на настоящий момент находок вида в пределах России. Расположение множества высокоминерализованных водоемов в Заволжье и на юге Западной Сибири не исключают обнаружение *A. dengizicus* вплоть до 55° с.ш. (Gusakov, 2011).

На крупном таксономическом уровне сообщество мейобентоса рек Приэльтонья имеет некоторые черты сходства как с пресными водоемами, так и с солоноватыми участками морей и эстуариев. Прежде всего, для всех указанных биотопов обычно характерно превалирование по видовому богатству нематод и низших рачков (если не учитывать некоторые группы простейших, традиционно изучаемых в составе морского мейобентоса). В то же время, отмеченное в мейобентосе рек Приэльтонья сравнительно высокое разнообразие личинок хирономид типично, главным образом, для пресноводных экосистем, а в прибрежье морей, лагунах и эстуариях более разнообразны плоские и кольчатые черви, иногда – клещи-галакариды (Курашов, 1994; Воробьева, 1999; Freshwater nematodes …, 2006; Гусаков, 2007; Giere, 2009 и др.). Если турбеллярии нами не изучались, то клещи не были обнаружены ни в одной из проб, хотя присутствие группы в реках ранее регистрировалось (Ермаков и др., 1933). До сих пор не выявлены в бассейне оз. Эльтон и такие специфичные представители донной мейофауны и пресных, и соленых водоемов, как тихоходки (Tardigrada). Является ли отсутствие клещей и тардиград особенностью исследованных нами биотопов и сезона наблюдений или типично для рассматриваемых водотоков, покажут дальнейшие работы.

Рекогносцировочный характер наших исследований пока не позволяет достоверно проанализировать качественные и количественные особенности мейобентоса рек Приэльтонья в зависимости от факторов среды, из которых особый интерес представляет градиент солености. Известно, что роль минерализации как детерминирующего фактора для биологических сообществ выше при значениях <50 г/л, в то время как при больших величинах она не оказывает преобладающего воздействия по сравнению с другими факторами (Williams, 1998). В нашем случае можно отметить только заметную тенденцию снижения видового богатства от мезо- к эу- и гипергалинному уровню. Совсем неопределенной оказалась взаимосвязь со степенью минерализации количественной структуры сообщества (численности и биомассы). Скорее всего, она завуалирована комплексным воздействием различных факторов среды в точках наблюдений.

Совокупность действия многих факторов и неоднозначность влияния самой солености (в миксо- и эугалинных пределах) на разнообразие и структуру мейобентоса и близких к нему

сообществ (в частности, макрозообентоса) подтверждаются и другими наблюдениями. Так, установлено, что на структуру макрозообентоса рассматриваемых рек влияет не только общая минерализация, но и ионный состав воды, pH, концентрация кислорода, температура, зарастаемость участков. При обобщении данных по всем рекам отмечено снижение видового богатства и разнообразия сообщества с повышением солености от 7 до 32 г/л (Зинченко, Головатюк, 2010; Зинченко и др., 2010). На различных участках Северного Каспия общее количество таксонов мейобентоса резко (более, чем в 3 раза) уменьшается при переходе от пресноводной к олигогалинной зоне, но в мезогалинной опять несколько возрастает. Общая численность практически одинакова в первых двух зонах и резко возрастает в последней из-за увеличения плотности нематод. Биомасса в мезогалинной зоне наоборот снижается, так как из сообщества выпадают остракоды (Аладин и др., 2000). В эстуариях кроме солености основными факторами, влияющими на распределение мейобентоса по биотопам, являются колебания уровня, скорость течения, состав донных отложений, а также антропогенное воздействие. Увеличение амплитуды колебания уровня и скорости течения из-за деятельности человека уменьшает разнообразие, но увеличивает биомассу мейобентоса (Smol et al., 1994; Soetaert et al., 1995; Coull, 1999 и др.).

Выявленные нами в притоках оз. Эльтон сравнительно высокие для мейобентоса показатели численности и биомассы не часто регистрируются в пресноводных и солоноватых водоемах. В первых они связаны в основном со скоплениями диапаузирующих копеподитов планктонных видов циклопов, массовым развитием нематод, мелких кольчатых червей, низших ракообразных и личинок хирономид, во вторых – нематод и низших рачков, иногда турбеллярий и ряда других групп (без учета простейших). В обоих типах водоемов состав доминирующих таксонов зависит не только от характера исследуемых биотопов, но и от сезона наблюдений (Курашов, 1994; Воробьева, 1999; Freshwater nematodes …, 2006; Гусаков, 2007; Giere, 2009 и др.). Высокая плотность мейобентоса при низком видовом богатстве, наблюдаемая на отдельных прибрежных участках морей, в прибрежных лагунах и эстуариях, по мнению O.Giere (2009) характеризует данные биотопы как экстремальные. Низкое разнообразие мейобентоса притоков оз. Эльтон при высоких количественных показателях, очевидно, также являются ответом сообщества на неблагоприятные условия существования в большинстве исследованных биотопов.

Выводы

Впервые исследовано сообщество мейобентоса в высокоминерализованных притоках оз. Эльтон. Определен таксономический состав и количественные параметры сообщества в меженный (август) период. Выявлены новые для науки, России и региона виды гидрофауны. Установлено, что в сезон наблюдений донная мейофауна рек представлена в основном широко распространенными галофильными и галобионтными организмами и характеризуется сравнительно низким таксономическим разнообразием, крайне широким размахом численности и биомассы при высокой степени доминирования отдельных представителей. Отмечена тенденция снижения видового богатства с ростом минерализации от мезо- к эу- и гипергалинному уровню. Количественные показатели сообщества не имеют однозначной зависимости от степени солености, а определяются, по-видимому, комплексным воздействием основных факторов среды.

Благодарности. Авторы глубоко признательны Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк и другим сотрудникам Института экологии Волжского бассейна РАН, сотрудникам природного парка «Эльтонский» за организацию экспедиции и помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аладин Н.В., Филиппов А.А., Петухов В.А., Плотников И.С., Смуров А.О. 2000. Гидробиологические исследования Зоологического института РАН в дельте Волги и Северном Каспии в 1994-1997 годах. Часть 2. Изучение зоопланктона и зообентоса // Каспийский Плавучий Университет. Научный бюллетень. № 1. С. 93-102.

Бенинг А.Л. 1926. О микрофауне некоторых водоемов окр. Эльтона и Баскунчака // Русский гидробиологический журнал. Т. 5. № 3-4. С. 45-48.

Бенинг А.Л., Медведева Н.Б. 1926. О микрофауне водоемов окрестностей Эльтона и Баскунчака // Известия Краеведческого института изучения Южно-Волжской области при Саратовском государственном университете. Т. 1. С.47-85.

Водно-болотные угодья Приэльтонья. 2005. Волгоград: Региональный центр по изучению и сохранению биоразнообразия. Издательство: ООО Видео-Хайтек. 27 с.

Воробьева Л.В. 1999. Мейобентос Украинского шельфа Черного и Азовского морей. Киев: Наукова думка. 301 с.

Гусаков В.А. 2007. Мейобентос Рыбинского водохранилища. М.: Товарищество научных изданий КМК. 155 с.

Ермаков Н.В., Крапін В., Попова А. 1933. Про деякі біоценози соляных річок озера Ельтон // Журнал Біо-зоологічного циклу ВУАН. № 3(7). С. 85-110.

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

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. 2010. Разнообразие и структура сообществ макрозообентоса высокоминерализованной реки Хара (Приэльтонье) // Поволжский экологический журнал. № 1. С. 14-30.

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

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

Климатические данные для междуречья Волги и Урала. 1951. Л.: Гидрометеоиздат. 86 с.

Курашов Е.А. 2007. Мейобентос в пресноводных экосистемах. Его роль и перспективы исследования // Актуальные вопросы изучения микро-, мейозообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов. Нижний Новгород: Вектор ТиС. С. 36-71.

Курашов Е.А. 1994. Мейобентос как компонент озерной экосистемы. С.-П.: Альга-Фонд. 224 с.

Лазарева В.И., Гусаков В.А., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2010. Мезофауна высокоминерализованных рек бассейна озера Эльтон (Волгоградская область) // Экология и морфология беспозвоночных континентальных вод. Махачкала: Издательство Наука ДНЦ. С. 262-291.

Макарченко М.А., Головатюк Л.В. 2010. Новая находка *Cricotopus* (s. str.) *caducus* Hirvenoja (Diptera, Chironomidae, Orthocladiinae) в «солёных» реках бассейна озера Эльтон (Волгоградская обл., Россия) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 9(3). С. 375-378.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука. 240 с.

Монченко В.И. 2003. Северное обнаружение, переописание и галопатия *Apocyclops dengizicus* (Copepoda, Cyclopoida) // Вестник зоологии. Т. 37. № 6. С. 79-84.

Отчет о проведении полевых работ по изучению водно-болотных угодий природного парка «Эльтонский», организованных в рамках проекта PIN-MATRA «Институциональное обеспечение водно-болотных угодий в Волгоградской области». 2003. / Коорд. работ Н.С. Калюжная. Волгоград. 41 с.

Семенова Л.М. 2007. Каталог Ostracoda (Crustacea) пресных водоемов России и сопредельных государств. Нижний Новгород: Вектор ТиС. 148 с.

Цалолихин С.Я. 1985. Нематоды пресных и солоноватых вод Монголии. Л.: Наука. 115 с.

Alonso M. 1990. Anostraca, Cladocera and Copepoda of Spanish saline lakes // Hydrobiologia. Vol. 197. P. 221-231.
Coull B.C. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats // Australian Journal of Ecology. Vol. 24. P. 327-343.
Freshwater nematodes: ecology and taxonomy. 2006. Wallingford, Oxfordshire: CABI Publishing. 752 p.
Giere O. 2009. Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 527 p.
Gusakov V.A. 2011. Contribution to the Study of the Northern Limits of the Range of Apocyclops dengizicus (Lepeschkin, 1900) (Copepoda, Cyclopoida) // Inland Water Biology. V. 4. № 3. P. 397-399.
Jacobs L.J. 1987. Redescription of *Monhystrella parvella* (Filipjev) comb. n. (Nematoda, Monhysteridae) // Zoologica Scripta. Vol. 16. № 2. P. 117-124.
Medwedewa N.B. 1926. Die Mikrofauna der Salzseen Elton und Baskuntschak // Mikrokosmos. № 10. S. 201-203.
Meisch C. 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe // Süßwasserfauna von Mitteleuropa. Bd. 8. Crustacea: Ostracoda. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag. 522 p.
Mielke W. 2001. *Cletocamptus retrogressus* (Copepoda: Harpacticoida) from irrigation and drainage ditches of the Rhone Delta (Camargue, France), a redescription // Vie et Milieu. Vol. 51. P. 1-9.
Mielke W. 2000. A new record of *Cletocamptus confluens* (Schmeil 1894) (Copepoda Harpacticoida) from a small pond in north-west Namibia // Tropical Zoology. Vol. 13. P. 129-140.
Smol N., Willems K.A., Govaere J.C.R., Sandée A.J.J. 1994. Composition, distribution and biomass of meiobenthos in the Oosterschelde Estuary (SW Netherlands) // Hydrobiologia. Vol. 282-283. P. 197-217.
Soetaert K., Vincx M., Wittoeck J., Tulkens M. 1995. Meiobenthic distribution and nematode community structure in five European estuaries // Hydrobiologia. Vol. 311. P. 185-206.
Warwick R.M., Dexter D.M., Kuperman B. 2002. Freeliving nematodes from the Salton Sea // Hydrobiologia. Vol. 473. P. 121-128.
Williams D.D., Williams N.E. 1974. A counterstaining technique for use in sorting benthic samples // Limnology and Oceanography. Vol. 19. № 1. P. 152-154.
Williams W.D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // Hydrobiologia. Vol. 381. P. 191-201.

MEIOBENTHOS COMPOSITION AND STRUCTURE IN HIGH-MINERALIZED TRIBUTARIES OF THE ELTON LAKE

© 2012. V.A. Gusakov, V.G. Gagarin

Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences
Russia, 152742 Borok. E-mail: gva@ibiw.yaroslavl.ru

The meiobenthos of six tributaries of the hypergaline Elton lake (the Volgograd region) in low-flow period (August) has been researched for the first time. New species for science, Russia and the region have been found. The widespread halophilic and halobiontic organisms formed the basis of the community. The community was characterized by the relatively low diversity and the extremely large range of abundance and biomass with the high extent of domination of separate species. The tendency of decrease of species richness with increase of a mineralization from mezo- to eu- and hipergaline level was observed.
Keywords: high-mineralized (salty) rivers, meiobenthos, taxonomic composition, quantitative parameters.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 55-62

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.526+502

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЗАСОЛЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЙ НА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ ЕВРОПЫ

© 2012 г. Н.А. Юрицына

Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук
Россия, 445003 Тольятти, ул. Комзина, д. 10. E-mail: natyur@mail.ru

Поступила 09.08.2011

В статье анализируются сообщества засоленных местообитаний, выявленные и описанные с использованием подхода Ж. Браун-Бланке на юго-восточной границе Европы. Обобщаются характерные для данного региона морфологические, экологические и географические особенности этих сообществ на уровне высших синтаксонов (классов). Рассматривается ценность сообществ с природоохранной точки зрения.
Ключевые слова: растительность, засоленные экотопы, юго-восток Европы, метод Браун-Бланке.

Оказалось, что к настоящему времени с использованием метода Браун-Бланке в районе юго-восточной границы Европы (от Уральских гор до северо-западного побережья Каспийского моря) на засоленных экотопах изучались в основном сообщества, располагающиеся в долинах двух крупных рек региона (Волги и Урала) и на побережье Каспия, а также на прилежащих к этим объектам территориях в радиусе нескольких десятков километров (Голуб, 1985, 1986; Golub, Mirkin, 1986; Голуб, Чорбадзе, 1988; Агелеуов, Голуб, 1989; Golub, Čorbadze, 1989; Golub, 1994-1995; Golub, Tchorbadze 1995; Голуб и др., 1998; Юрицына, 2000-2007; Бармин, 2001; Голуб, Юрицына, 2001; Freitag et al., 2001; Карпов и др., 2003; Карпов, Юрицына, 2006). В настоящий анализ включена территория, расположенная южнее 52° с.ш. – полоса шириной до 20-50 км вдоль долины реки Урал и побережья Каспия, дельта Волги и её долина примерно до 48° с.ш. (рис.).

Район исследования

Климат территории резко континентальный, с долгими жарким летом и холодной зимой, быстротечными "переходными" сезонами года и сильной межгодовой изменчивостью режима осадков, ветров и температур. Многие температурные параметры снижаются с юго-запада на северо-восток: среднегодовая температура – с 9ºС до 5ºС, температура января – с –7ºС до –13ºС, сумма температур выше 10ºС – с 3500ºС до 2700ºС соответственно. Температура июля почти одинакова по всему району – 23-25ºС. Годовая амплитуда температур – 34-38ºС. Количество осадков – около 320 мм/год на севере и 160 мм/год на юге. Среднегодовая испаряемость – 1000-1200 мм, коэффициент увлажнения – 0.3 на севере и 0.1-0.2 на юге (Берг, 1952; Иванов, 1953а; Буяновский и др., 1956; Юго-Восток ..., 1971; Географический атлас, 1980; Исаченко, 1985).

Север Прикаспийской низменности сам по себе имеет слаборазвитую ***гидрографическую сеть.*** При малом (менее 10 мм/год) и неравномерном (90% – в весеннее половодье) поверхностном стоке, скудных дождях и частом отсутствии грунтового питания большинство рек (и озёр) летом практически пересыхают. Вода многих водотоков и водоемов (особенно на юге) соленая. Крупные реки района (Волга и Урал) имеют пресную воду, широкие поймы с протоками, старицами и озерами; в их дельтах происходит нагон

морских вод. Весеннее половодье длится с начала-середины апреля по вторую половину мая, при этом р. Урал активно размывает берега и может внезапно менять свой курс. Она же (и другие крупнейшие реки восточной части Волго-Уральского междуречья) отличается чередованием мало-, средне- и высокопаводковых лет. Крупными водохранилищами поверхностных вод района являются лиманы (Берг, 1952; Иванов, 1953а, б; Юго-Восток ..., 1971).

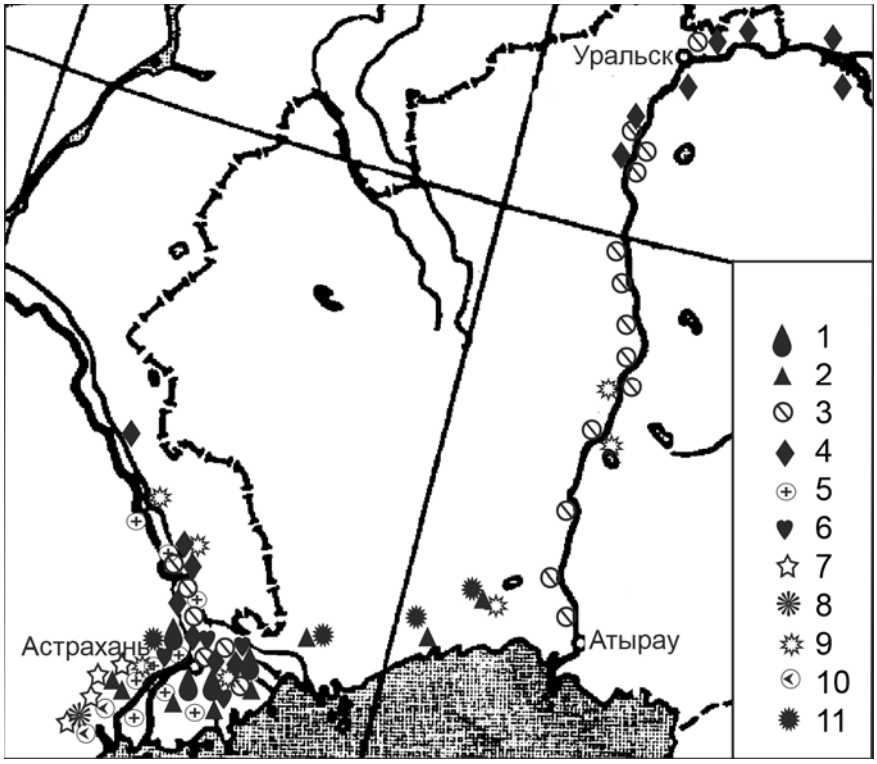

Рис. Распространение высших синтаксонов на юго-восточной границе Европы, М 1: ~60 км. Условные обозначения: 1 – *Artemisietea lerchianae*, 2 – *Crypsidetea aculeatae*, 3 – *Glycyrrhizetea glabrae*, 4 – *Molinio-Arrhenatheretea*, 5 – *Nerio-Tamaricetea*, 6 – *Phragmito-Magno-Caricetea*, 7 – *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici*, 8 – *Scorzonero-Juncetea gerardii*, 9 – *Thero-Salicornietea*, 10 – сообщества в пространстве между классами *Scorzonero-Juncetea gerardii* и *Festuco-Puccinellietea*, 11 – сообщества в пространстве между классами *Thero-Salicornietea* и *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici.* **Fig.** The distribution of the higher syntaxa in the south-east boundary of Europe, M 1: ~60 km. Legend: 1 – *Artemisietea lerchianae*, 2 – *Crypsidetea aculeatae*, 3 – *Glycyrrhizetea glabrae*, 4 – *Molinio-Arrhenatheretea*, 5 – *Nerio-Tamaricetea*, 6 – *Phragmito-Magno-Caricetea*, 7 – *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici*, 8 – *Scorzonero-Juncetea gerardii*, 9 – *Thero-Salicornietea*, 10 – communities in the space between *Scorzonero-Juncetea gerardii* and *Festuco-Puccinellietea*, 11 – communities in the space between *Thero-Salicornietea* and *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici.*

Грунтовые воды залегают близко к поверхности: в северных районах с доминированием плакоров вдоль р. Урал на глубине 3 м, в южных песчаных равнинах (и под депрессиями по всей территории) – менее 1-3 м; а в дельте Волги и западнее ее могут опускаться до глубины 5 м. Преобладает хлоридно-натриево-магниевый тип засоления подземных вод; заметная минерализация начинается с глубины 2-2.5 м и может достигать 200-220 г/л (Ковда, 1940; Буяновский и др., 1956).

Зональными почвами на севере рассматриваемого района являются каштановые (от

темных до светлых), к югу их постепенно сменяют бурые полупустынные[1]. В поймах рек и некоторых крупных депрессиях почвы аллювиальные, лугово-черноземные и лугово-каштановые. Велики площади под солончаками и солонцами, а на юге – из-за интенсивного выпаса в последние два столетия – песчаными массивами без развитого почвенного покрова (Иванов, 1953а, б; Буяновский и др., 1956; Юго-Восток ..., 1971). Подстилающие породы сильно засолены. По химизму и типу засоления почв район относят к провинции хлоридного соленакопления: хлориды натрия и магния значительно превышают сульфаты (Ковда, 1940).

Характеристика растительности

Синтаксономия. На рассматриваемой территории растительность засоленных экотопов характеризуется значительным разнообразием – описано 57 ее низших единиц[2]: 32 ассоциации, 11 субассоциаций, 8 вариантов, 6 сообществ. Они отнесены к 9 классам (*Artemisietea lerchianae* Golub 1994, *Crypsidetea aculeatae* Vicherek 1973, *Glycyrrhizetea glabrae* Golub et Mirkin in Golub 1995, *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937, *Nerio-Tamaricetea* Br.-Bl. et Bolòs 1958, *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici* Mirkin ex Mucina cl. prov., *Phragmito-Magno-Caricetea* Klika in Klika et Novák 1941, *Scorzonero-Juncetea gerardii* Golub et al. 2001, *Thero-Salicornietea* Tx. in Tx. et Oberd. 1958). Незначительная часть низших единиц помещена в межклассовые пространства (*Scorzonero-Juncetea gerardii*/*Festuco-Puccinellietea* Soó ex Vicherek 1973 и *Thero-Salicornietea*/*Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici*) или пока не нашла своего места в определенном высшем синтаксоне и здесь не анализируется. В перечень классов вошли в том числе и не считающиеся «традиционно галофитными».

Высшие единицы рангом ниже класса представлены следующим образом: порядков – 9 (включая 1 неопределенный), союзов – 13 (включая 1 неопределенный), подпорядков и подсоюзов – по одному (список).

Список высших синтаксонов

Класс *Artemisietea lerchianae* Golub 1994
Порядок *Artemisietalia lerchianae* Golub 1994
Союз *Artemision lerchianae* Golub 1994

Класс *Crypsidetea aculeatae* Vicherek 1973
Порядок *Lepidietalia latifolii* Golub et V.Solomakha in Golub 1995
Союз *Lepidion latifolii* Golub et Mirkin in Golub 1995

Класс *Glycyrrhizetea glabrae* Golub et Mirkin in Golub 1995
Порядок *Glycyrrhizetalia glabrae* Golub et Mirkin in Golub 1995
Союз *Glycyrrhizion glabrae* Golub et Mirkin in Golub 1995
Союз *Elytrigio-Aeluropodion* Ageleuov et Golub in Golub 1995

Класс *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937
Порядок *Althaeetalia officinalis* Golub et Mirkin in Golub 1995
Союз *Althaeion officinalis* Golub et Mirkin in Golub 1995
Союз *Euphorbion palustris* Ageleuov et Golub in Golub 1995

---

[1] При характеристике почв используется терминология из работы Классификация и диагностика почв СССР (1977).

[2] Названия и номенклатура установленных синтаксонов соответствуют правилам Международного кодекса фитоценологической номенклатуры (Weber et al., 2000).

Класс *Nerio-Tamaricetea* Br.-Bl. et Bolòs 1958
Порядок *Tamaricetalia ramosissimae* Golub in Barmin 2001
Подпорядок *Tamaricenalia ramosissimae* Golub in Barmin 2001
Союз *Agropyri fragilis-Tamaricion ramosissimae* Golub in Barmin 2001
Союз *Elytrigio repentis-Tamaricion ramosissimae* Golub in Barmin 2001

Класс *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici* Mirkin ex Mucina cl. prov.
Порядок *Halimionetalia verruciferae* Golub et al. 2001
Союз *Artemisio santonici-Puccinelion fominii* Shelyag-Sosonko et al. 1989
Подсоюз *Climacoptero-Suaedienion acuminatae* (Golub et Čorbadze 1989) Golub et al. 2001

Класс *Phragmito-Magno-Caricetea* Klika in Klika et Novák 1941
Порядок *Phragmitetalia communis* Koch 1926
Союз *Phragmition communis* Koch 1926
Союз *Magno-Caricion elatae* Koch 1926

Класс *Scorzonero-Juncetea gerardii* Golub et al. 2001
Порядок?
Союз?

Класс *Thero-Salicornietea* Tx. in Tx. et Oberd. 1958
Порядок *Thero-Salicornietalia* Pignatti 1953
Союз *Salicornion prostratae* Géhu 1992

Синморфология. Сообщества классов *Crypsidetea aculeatae, Scorzonero-Juncetea gerardii*, *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici, Thero-Salicornietea* и находящие в пространстве между двумя последними бедны видами, а прочих – характеризуются разнообразным флористическим богатством. По участию в формировании ценозов всех классов (число видов каждого семейства в сообществе) выделяются семейства *Poaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae*; несколько менее заметная роль у представителей *Fabaceae* и *Cyperaceae*. Ряд сообществ (например, классов *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici*, *Thero-Salicornietea*) фактически состоят только из таксонов сем. *Chenopodiaceae.*

У большинства классов травостой обычно сильно варьирует по плотности: общее проективное покрытие – от менее 10% до 90/100%. Он более разрежен у *Scorzonero-Juncetea gerardii* и *Artemisietea lerchianae*, а более плотен – у *Molinio-Arrhenatheretea*, *Glycyrrhizetea glabrae, Nerio-Tamaricetea, Phragmito-Magno-Caricetea* (до 50% и 40-100% соответственно).

Сильно варьирует в разных классах и высота травостоя, но в целом она не превышает 50 см и только в ценозах *Nerio-Tamaricetea* и *Phragmito-Magno-Caricetea* может быть более 1 м за счет кустарников и *Phragmites australis*[3]. Самыми низкорослыми (10-20 см) являются сообщества *Scorzonero-Juncetea gerardii.* Ярусность характеризует ценозы *Artemisietea lerchianae, Nerio-Tamaricetea* и *Phragmito-Magno-Caricetea.*

Синэкология. ***Топографически*** рассмотренные сообщества занимают чаще всего отрицательные элементы рельефа и прилегающие к ним участки. Это: преимущественно средние, нижние части склонов и шельфы бугров Бэра; участки вокруг озер и лиманов – в дельте Волги и на соседних с нею территориях; гривы разной высоты – в поймах Волги, Ахтубы и Урала; а также разные депрессии, прирусловые валы, прирусловья водотоков (в т.ч. искусственных – каналов), обочины дорог, побережье Каспия и некоторые другие участки. Ряд сообществ развивается и на нарушенных местах. Плакоры и верхние части

[3] Названия сосудистых растений приводятся без авторов и соответствуют Flora Europaea (1964-1993; Flora Europaea, Internet resource, 2007).

склонов возвышенностей могут осваивать ценозы класса *Artemisietea lerchianae*.

Из-за того, что не для всех ценозов описаны ***почвенные условия*** экотопов, сделать полный анализ почвенной составляющей, к сожалению, не представляется возможным.

В основном сообщества встречаются на интразональных почвах [солонцах, солончаках, аллювиальных (аллювиальные дерново-опустынивающиеся карбонатные, аллювиальные луговые)] и только ценозы *Artemisietea lerchianae* – на зональных (бурых полупустынных).

Сообщества *Artemisietea lerchianae*, *Crypsidetea aculeatae, Glycyrrhizetea glabrae, Nerio-Tamaricetea*, *Thero-Salicornietea* и в пространстве *Thero-Salicornietea/Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici* осваивают почвы с разным гранулометрическим составом – от песков до глин.

Большинство классов отмечены на почвах с широкой амплитудой степени засоления в верхнем горизонте[4]:

с высокой и очень высокой – *Crypsidetea aculeatae*, *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici*;

от низкой до средней – *Scorzonero-Juncetea gerardii*;

от низкой до высокой – *Phragmito-Magno-Caricetea*, *Artemisietea lerchianae*;

от низкой/или отсутствия засоления до высокой/очень высокой – *Glycyrrhizetea glabrae, Molinio-Arrhenatheretea*, *Nerio-Tamaricetea,* сообщества в пространстве *Scorzonero-Juncetea gerardii/Festuco-Puccinellietea.*

Тип засоления почв установлен только для нескольких классов: *Glycyrrhizetea glabrae* – хлоридно-сульфатный и сульфатный (обобщенно для дельты Волги), *Nerio-Tamaricetea* – хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный, *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici* – хлоридно-сульфатный, *Artemisietea lerchianae* – доминируют хлориды и сульфаты.

Под ценозами *Nerio-Tamaricetea* степень и тип засоления могут меняться по горизонтам.

Синхорология. Основная часть сообществ была описана на юго-западе рассматриваемого района – преимущественно в дельте Волги (включая примыкающий к ней с запада район Западных подстепных ильменей). Именно здесь и отмечается наибольшее разнообразие растительности засоленных экотопов (рис.).

В восточной («Уральской») части района были отмечены только сообщества *Glycyrrhizetea glabrae, Molinio-Arrhenatheretea* и *Thero-Salicornietea*; в Волго-Уральском междуречье – *Crypsidetea aculeatae*, *Thero-Salicornietea* и в пространстве между *Thero-Salicornietea* и *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici*. Наиболее широкая география у *Thero-Salicornietea, Glycyrrhizetea glabrae* и *Molinio-Arrhenatheretea,* причем союзы двух последних имеют четкую географическую дифференциацию (запад-восток): одни характерны только для долины р. Волга и прилегающих к ней территорий, другие – только для долины р. Урал. Несколько шире, чем показано на карте, распространение ценозов *Nerio-Tamaricetea* и *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici* – фактически они отмечаются и на юге Волго-Уральского междуречья.

Вопросы охраны сообществ

Большинство рассмотренных сообществ располагаются в непосредственной близи от водных объектов и в достаточно плотно населенных районах. На их существование оказывают влияние как природные, так и антропогенные факторы. Важными экологическими факторами, определяющими формирование и развитие этих сообществ, являются прямое и опосредованное влияние изменения уровня Каспийского моря, изменение гидрографической сети (включая русла рек), почвенная эрозия, выпас, сенокошение,

[4] Почвенные анализы выполнены соответственно методике Е.В. Аринушкиной (1961) и ГОСТам.

регулярная распашка лугов, контроль речного стока, выжигание прошлогодней травы, интродукция растений и животных и др. Для ценозов долины Урала немаловажно сильное варьирование межгодовых показателей высоты паводковых вод и изменчивость русла. Для ряда сообществ актуально усиление антропогенного воздействия в результате рекреации, строительства (например, в Астраханской области в последнее время происходит интенсивное освоение и разрушение бугров Бэра).

В рассмотренных сообществах имеются редкие и исчезающие виды, требующие охраны на различных административных уровнях. Их немного – 6; из них 3 (*Allium caspium, Asparagus breslerianus, Tulipa biflora*) включены в Красную книгу Астраханской области (2004), 1 (*Tulipa schrenkii*) – в Красную книгу Казахской ССР (1981) и указан как сокращающий численность и ареал по естественным и/или антропогенным причинам для территории Казахстана в сводке под редакцией Л.А. Тахтаджана (Редкие и исчезающие ..., 1981) и 2 (*Eriochloa succincta, Glycyrrhiza glabra*) также рассматриваются в соответствующем статусе в вышеуказанной сводке: первый – для Юго-Востока Европы, второй – для Казахстана и Юго-Востока Европы.

Указанные виды встречаются в 13 ассоциациях. 5 из них (*Agropyretum fragilis* Ageleuov et Golub in Golub 1995*, Eleocharito-Butometum umbellati* Ageleuov et Golub in Golub 1995, *Elytrigio-Aeluropodetum* Ageleuov et Golub in Golub 1995, *Elytrigio-Beckmannietum eruciformis* Ageleuov et Golub in Golub 1995, *Glycyrrhizo glabrae-Leymetum ramosi* (Ageleuov et Golub) Golub 1995) описаны на территории Казахстана в пойме р. Урал и 8 (*Alismato-Salicornietum* Golub 1985, *Atriplici aucheri-Tamaricetum ramosissimae* Golub et al. 1998, *Cichorio-Lactucetum serriolae* Golub et Mirkin 1986, *Cynancho-Artemisietum santonicae* Golub et Mirkin 1986, *Kochietum prostratae* Golub 1994, *Lepidio-Cynodontetum* Golub et Mirkin 1986, *Polygono-Aeluropodetum pungentis* Golub et Mirkin 1986, *Salsoletum dendroidis* Golub 1994) – в Астраханской области в дельте р. Волга и Волго-Ахтубинской пойме. Их следует рекомендовать для охраны и внесения в региональные Зеленые книги.

Благодарности. Автор благодарит В.Б. Голуба и С.В. Саксонова (Тольятти, ИЭВБ РАН), А.Н. Бармина (Астрахань, АГУ), А.П. Лактионова (Астрахань, АГТУ) – за консультации; М. Алееву и А. Калашникову (Тольятти, ИВЭСЭП), О.А. Плахову (Тольятти, ТГУ) – за помощь в переводе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агелеуов Е.А., Голуб В.Б. 1989. Флористическая классификация лугов р. Урал. М.: ВИНИТИ. 46 с.

Аринушкина Е.В. 1961. Руководство по химическому анализу почв. Учебное пособие для университетов. М.: Изд-во МГУ. 491 с.

Бармин А.Н. 2001. Высшие синтаксоны кл. *Nerio-Tamaricetea* Br.-Bl. et Bolòs 1957 на территории бывшего СССР // Аридные экосистемы. Т. 7. № 14-15. С. 138-146.

Берг Л.С. 1952. Географические зоны Советского Союза. Т. 2. М.: Государственное изд-во географической литературы. 512 с.

Буяновский М.С., Доскач А.Г., Фридланд В.М. 1956. Природа и сельское хозяйство Волго-Уральского междуречья. М.: Изд-во АН СССР. 232 с.

Географический атлас СССР. 1980. М.: ГУГК. 198 с.

Голуб В.Б. 1985. К характеристике ассоциации *Alismato-Salicornietum* в дельте Волги // Антропогенные процессы в растительности. Уфа. С. 35-47.

Голуб В.Б. 1986. Сообщества *Glycyrrhizetea glabrae* на Нижней Волге // Классификация растительности СССР (с использованием флористических критериев) / Под ред. Б.М. Миркина. М.: Изд-во Московского университета. С. 159-172.

Голуб В.Б., Чорбадзе Н.Б. 1988. К синтаксономической характеристике растительных сообществ западных подстепных ильменей дельты р. Волги. М.: ВИНИТИ. 57 с.

Голуб В.Б., Юрицына Н.А. 2001. Некоторые галофитные сообщества Волго-Уральского междуречья // Самарская Лука. Вып. 11/01. С. 29-37.

Голуб В.Б., Кузьмина Е.Г., Юрицына Н.А. 1998. Сообщества с доминированием *Tamarix ramosissima* в долине Нижней Волги // Український фитоценологічний збірник. Вип. 1 (9). Серия А. Фітосоціология. Київ: Фітосоціоцентр. С. 52-60. (На украинском языке).

Иванов В.В. 1953а. Физико-географический очерк Западного Казахстана // Географический сборник. Т. 2. Вопросы степного лесоразведения / Ред. Е.Н. Павловского и др. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 5-52.

Иванов В.В. 1953б. К изучению лесорастительных условий долины р. Урал и прилежащих территорий // Географический сборник. Т. 2. Вопросы степного лесоразведения / Ред. Е.Н. Павловский и др. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 52-116.

Исаченко А.Г. 1985. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во ЛГУ. 320 с.

Карпов Д.Н., Юрицына Н.А. 2006. Растительность засоленных почв Южного Урала и сопредельных территорий / Ред. В.Б. Голуб, С.В. Саксонова. Тольятти. 124 с.

Карпов Д.Н., Лысенко Т.М., Юрицына Н.А. 2003. Галофитная растительность бассейна среднего Урала // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3. Тезисы докладов Международной молодежной конференции. Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 111.

Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М.: Колос. 203 с.

Ковда В.А. 1940. Происхождение и режим засоленных почв. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 576 с.

Красная книга Астраханской области. 2004 / Общ. ред. Ю.С. Чуйков. Астрахань: Изд-во Нижневолжского Центра экологического образования. 356 с.

Красная книга Казахской ССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений Ч. 2. Растения. 1981. Алма-Ата: Наука КазССР. 263 с.

Редкие и исчезающие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране. 1981 / Ред. акад. А.Л. Тахтаджан. Л.: Наука. 264 с.

Юго-Восток Европейской части СССР. 1971 / Под ред. И.П. Герасимова. М.: Наука. 460 с.

Юрицына Н.А. 2000а. Галофитная растительность в Волго-Уральском междуречье // Материалы VII Молодежной конференции ботаников: тезисы докладов. СПб. С. 211.

Юрицына Н.А. 2000б. Галофитные сообщества однолетних суккулентов (кл. *Thero-Salicornietea* S. Pignatti 1953) Волго-Уральского междуречья // Современные проблемы ботаники, географии, картографии, геоботаники, экологии: Международная конференция к 100-летию со дня рождения акад. Е.М. Лавренко. СПб.: БИН РАН. С. 155-156.

Юрицына Н.А. 2003а. Экология и синтаксономия галофитной растительности Волго-Уральского междуречья. Автореферат дис. … канд. биол. наук. Тольятти. 170 с.

Юрицына Н.А. 2003б. Галофитная растительность бассейна нижнего Урала // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3. Тезисы докладов Международной молодежной конференции. Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 336.

Юрицына Н.А. 2004. К вопросу об охране галофитной растительности Северного Прикаспия // Известия Самарского научного центра РАН. Спецвыпуск: Актуальные проблемы экологии. Вып. 3. Самара. С. 125-136.

Юрицына Н.А. 2007. Растительные сообщества и флора депрессий в окрестностях г. Астрахани // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Астраханского государственного университета, 20-25 августа 2007 г. / Сост.: В.Н. Пилипенко, С.Р. Кособокова, Л.В. Яковлева. Астрахань: Издательский дом Астраханский университет. Ч. 2. С. 80-81.

Flora Europaea. Royal Botanic Garden Edinburgh. Published on the Internet; (http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html) accessed November 2007.

Freitag H., Golub V.B., Yuritsyna N.A. 2001. Halophytic Plant Communities in the Northern Caspian Lowlands: 1, Annual Halophytic Communities // Phytocoenologia. Vol. 31. № 1. P. 63-108.

Golub V.B. 1994a. Class *Asteretea tripolium* on the territory USSR and Mongolia // Folia geobotanica et phytotaxonomica. Vol. 29. № 1. P. 15-54.

Golub V.B. 1994б. The desert vegetation communities of the Lower Volga valley // Feddes Repertorium. Vol. 7-8. P. 499-515.

Golub V.B. 1995. Halophytic, desert and semi-desert plant communities on the territory of the former USSR. ToglattiI: EVB RAS. 32 p.
Golub V.B., Čorbadze N.B. 1989. The Communities of the Order *Halostachyetalia* Ţopa 1939 in the Area of Western Substeppe Ilmens of the Volga Delta // Folia geobotanica et phytotaxonomica. Vol. 24. № 2. P. 113-130.
Golub V.B., Mirkin B.M. 1986. Grasslands of the Lower Volga Valley // Folia geobotanica et hytotaxonomica. Vol. 21. № 4. P. 337-395.
Golub V.B., Tchorbadze N.B. 1995. Vegetation communities of western substeppe ilmens of the Volga delta // Phytocoenologia. Vol. 25(4). P. 449-466.
Flora europaea 1-5 & 1 (Ed. 2). 1964-1993. / Eds. T.G. Tutin et al. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
Weber H.E., Moravec J., Theurillat J.-P. 2000. International code of phytosociological nomenclature. 3rd edition // Journal of Vegetation Science. Vol. 11. № 5. P. 739-769.

VEGETATION OF SALINE ECOTOPES IN THE SOUTH-EAST BOUNDARY OF EUROPE

© 2012. N.A. Yuritsyna

Institute of Ecology of the Volga-river basin of the Russian Academy of Sciences
Russia, 445003 Togliatti, Komzin str., 10. E-mail: natyur@mail.ru

In the area of the SE Europe border 57 lower units of saline ecotopes vegetation distinguished with use of the Braun-Blanquet method have been described. They belong to 9 classes (*Artemisietea lerchianae* Golub 1994, *Crypsidetea aculeatae* Vicherek 1973, *Glycyrrhizetea glabrae* Golub et Mirkin in Golub 1995, *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937, *Nerio-Tamaricetea* Br.-Bl. et Bolòs 1958, *Petrosimonio oppositifoliae-Kalidietea caspici* Mirkin ex Mucina cl. prov., *Phragmito-Magno-Caricetea* Klika in Klika et Novák 1941, *Scorzonero-Juncetea gerardii* Golub et al. 2001, *Thero-Salicornietea* Tx. in Tx. et Oberd. 1958) and a few of them are placed in interclass spaces. The families *Poaceae, Chenopodiaceae* and *Asteraceae* participate most actively in the community formation. More often the communities occupy negative relief elements and adjacent sites. Most of the classes occur on intrazonal soils with wide amplitude of a salinization degree in the upper horizon. The communities are located in valleys of two large rivers of the region (the Volga and the Ural) and on the Primorskaya plain as well as in their neighbourhoods (in a radius of dozens of kilometers). Most of them are registered in the south of the study area – mainly in and westwards the Volga-delta, namely here their greatest diversity is observed. The classes *Thero-Salicornietea, Glycyrrhizetea glabrae* and *Molinio-Arrhenatheretea* are geographically more widely distributed. The communities are located mainly nearby water objects and in rather densely populated areas. Both natural and anthropogenic factors determine their existence. The important ones are direct and indirect influence of the Caspian sea level change, change of a hydrographic network, grazing, recreation, construction, soil erosion, destruction of habitats, hay-mowing etc. 13 associations (5 – in Kazakhstan, 8 – in the Astrakhan' region) with rare and endangered species demanding protection at various administrative levels may be recommended for regional Green Books.
Keywords: vegetation, saline ecotopes, south-east of Europe, the Braun-Blanquet method.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013, том 18, № 4 (53), с. 63-72

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК: 57.022:591.524.21

ПАСТБИЩНАЯ АКТИВНОСТЬ ОВЕЦ ПОРОДЫ AWASSI И РАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОХРАНЫ В ПОЛУАРИДНОМ КЛИМАТЕ

© 2012 г. К. Джавасрех*, О. Алкаиси, Ю. Алсатари***, А. Алнсур*****

**Иорданский Университет Науки и техники, сельскохозяйственный факультет*
Иордания, 22110 Ирбит, P.O.Box 3030. E-mail: kijawasreh@Just.edu.jo
***IFCN Международный исследовательский центр молока*
Германия, D-24118 Киль, ул. Шауенбургер, д. 116. E-mail: info@ifcndairy.org
****Национальный исследовательский центр сельского хозяйства и развития (NCARE)*
Иордания, 19381 Бака, P.O Box: 639. Email: Director@ncare.gov.jo

Поступила 18.09.2011

Пастбищная активность наряду с пастбищным кормовым потенциалом являются важными факторами, требующими глубокого понимания для обеспечения кормом выпасаемых животных соответственно их биологическим требованиям и для выбора оптимальной стратегии выпаса. В связи с этим была проведена классификация растительности и исследована пастбищная нагрузка овец породы авасси, которая повышается в экстенсивных условиях полупустыни. Исследование проводилось в заповеднике Твана на юге Иордании. Было выбрано около 40 га на территории заповедника. Пастбищная активность овец авасси фиксировалась в дневное время в течение 9 дней (с 8 часов утра до 18 часов вечера), поведение животных отмечалось с интервалом 6 минут. Были выделены три группы овец по интенсивности пастбищной активности: слабая (L), средняя (M) и сильная (H). На учетных площадках была исследована растительность (видовой состав, проективное покрытие, обилие видов) и подсчитаны частота встречаемости видов, плотность, относительная плотность, индекс видового сходства Шеннона. Также была рассчитана продуктивность растительных сообществ, оценены предельно допустимая продуктивность пастбища (422.5 кг/га) и поголовье скота (9.38, 18.75 и 28.13 голов/га при слабой, средней и сильной пастбищной нагрузке соответственно). Было встречено 76 видов растений, относящихся к 19 семействам. Наиболее представленными семействами стали Cruciferae (15 видов) и Compositae (14 видов). Наибольшее обилие характерно для следующих видов: *Carex divisa*[1], *Sisymbrium irio*, *Torularia torulosa* и *Astragalus* spp. Общее проективное покрытие составило 40%, а дифференцированно по участкам со слабой, средней и сильной интенсивностью выпаса проективное покрытие составило 21%, 60% и 68% соответственно, в то же время содержание сухого вещества составило 47%, 57% и 60% соответственно. Незначительные различия пастбищного поведения животных наблюдались между группами с разной интенсивностью выпаса. При средней интенсивности выпаса в характере поведения преобладают ($p<001$) стравливание, жевание жвачки, водопой. При высокой интенсивности выпаса преобладает ($p<001$) лежание, а при низкой нагрузке преимущественно ($p<001$) стояние. Характер поведения при активной пастьбе значительно ($P<0.01$) различался в разное время дня. Утром стравливание было ниже, чем вечером ($p<0001$), отдых лежа был выше утром, а жевание жвачки чаще наблюдалось вечером. Незначительно отличаются утренний и вечерний периоды наблюдений по активности на водопое и отдыху стоя.

Ключевые слова: овцы породы авасси, виды растений, пастбищная активность, заповедный режим, Иордания.

[1] Латинские названия видов даются на основании работы D.M. Al-Eisawi (1996).

GRAZING BEHAVIOR OF AWASSI SHEEP AND THE BIODIVERSITY OF PLANT SPECIES UNDER SEMI-ARID RESERVED CONDITIONS

© 2012. K. Jawasreh*, O. Alqaisi, Y. Alsatary***, A. Alnsoo*****

**Jordan University of Science and Technology, Faculty of Agriculture, Department of Animal Production*
Jordan, 22110 Irbid, P.O. Box 3030. Email: kijawasreh@Just.edu.jo
***IFCN Dairy Research Center*
Germany, D-24118 Kiel, Schauenburgerstrasse, 116. E-mail: info@ifcndairy.org
****National Center for Agriculture Research and Extension (NCARE)*
Jordan, 19381 Baq'a, P.O. Box 639. Email: Director@ncare.gov.jo

The objectives of this study were to classify plant and vegetation patterns as well as to investigate the grazing behavior of Awassi sheep raised under extensive semi-arid environmental conditions. The study was conducted at Twana reserve. Plant productivity was determined and the allowable productivity and stocking rate were calculated. High variation was observed in native vegetation used for sheep grazing in the reserve. Additionally proper stocking rate should be applied in each grazing scenario in order to avoid overgrazing.
Keywords: Awassi sheep, plant species, grazing behavior, reserved conditions, Jordan

Jordan is a country dominated by semi-arid to arid climate and versatile ecological systems. More than 90% of the land area of Jordan is considered as rangeland. Fat-tailed Awassi sheep are the most widely distributed sheep with a population of nearly 2 million heads (Ministry …, 2006). The majority of small ruminants in Jordan are kept in extensive (20-30%) or semi-intensive systems (45-70%), both systems being more or less transhumant, flock size varied between 10 to 2.500 heads (Hailat, 2005). Sheep are adapted to arid untellable lands and steep slops. The grazing habits of sheep are often maligned as the primary causes of denudation and erosion of vegetated land (Ely, 1994). Therefore, indigenous resources need to be protected and developed (Abu-Zanat, 1997). In terms of local animal feed resources, it is limited, and there is a large gap between available resources and livestock requirements, while Jordan produces less than 25% of feedstuff requirements. However, protecting rangelands is considered as a national task. The utilization of pastures by the grazing animals remains a complex biological process that is not well understood under semi-arid environmental conditions. Observing of grazing animals can provide the sheep breeders in valuable information on the quantity and quality of the available forages in the semi-arid area of Jordan. The same problems are in Russia (Larionov, 2010). The objectives of this study were: 1) to classify plant and vegetation patterns available in the reserved study area and 2) to investigate the grazing behavior of Awassi sheep raised under extensive conditions in semi-arid lands under different grazing densities .

Materials and methods

Characteristics of vegetation cover. *Site description and data collection***.** About 40 hectares were selected at Twana reserve which is located in Tafilah district, and far about 200 km to the south of Amman. Topography of the reserve characterized by formation of mountains and hells with slope fluctuated between 5-10%. The annual rainfall is 150 mm and altitude of 1220 m above sea level. The total area of the reserve is 2500 hectare, about 500 hectare were planted with fodder shrubs (mainly *Atriplex halimus*). Spacing between contour ridges was 12 m while 2.5 m between shrubs. Plant density was 267 shrubs per hectare.

During spring of 2007, and before starting grazing period a plant survey was conducted to describe the plant and vegetation patterns available in the reserve, considering the following features:

Plant List. The list was prepared using line transect method (Ambshat, 1982) to determine this list. Three Transects of 50 m length were selected randomly one inside *Atriplex* area while the other 2 up and below the planted site. Each transect was divided into 5 quadrate of 10 m length and all plant species were recorded and counted. Vegetation coverage percentage (C), species frequency (F), species abundance (A), species density (D), relative density and Shannon diver's index were calculated following the method described by (Ambshat, 1982).

Species relative density (RD) was calculated as the number of individuals of a species in all quadrates

(TSno.) divided by the total number of all species in all quadrates studied (All Sno.) multiplied by 100: $RD = \frac{TSno.}{All\ S}$, no while, Proportion (P) was calculated as the number of individuals of a specie s in all quadrates (TSno.) divided by the total number of all species in all quadrates studied (All Sno.) by the equation ($P = \frac{TSno.}{All\ Sno.}$).

Shannon Diversity Index H' (SDI) was calculated as absolute value of the natural logarithm of the proportion (LNP) multiplied by the proportion (P) by the following equation 1:

$$SDI = LNP \times P \quad (1).$$

Plant Productivity. *Atriplex* productivity: Reference Unit Method (RU; Andrew et al., 1981) was used to estimate shrub biomass. Considering that branch forms about 20% of shrubs size which was selected and shrub biomass was estimated in comparison to RU. Branch weighted, afterward boawsable parts was separated, weighted and dried on oven dry at 72°C for 72 hours and weighted again. Fresh, dry and edible production was calculated for shrubs in the study site and stocking rate was calculated for each grazing density per 1.6 hectare (Table 1).

Vegetation Productivity: it was estimated by using clipping method. Nine transect of 50 m long were selected randomly in each treatment of this experiment, each transect contained 5 quadrates of 0.79 m^2. A total of 45 quadrates were clipped for each treatment and recorded its data. Coverage percentage was estimated visually, annual plants clipped, weighted, dried and weighted again. Latin names of the plant list was adopted from D.M. Al Eisawi (1996).

Table 1. Biomass production for both *Atriplex* and native (indigenous) vegetation (NV) on dry matter (DM) basis at Twanah reserve. **Таблица 1.** Биомасса (сухое вещество – DM в г/ед. площади) представителей рода *Atriplex* и коренной растительности (NV) в заповеднике Твана.

Productivity per treatment (1.6 ha) [Продуктивность на 1.6 га]		
Atriplex yield, g/shrub	Урожайность *Atriplex,* г/куст	82
Total Shrub, no. per 1.6 ha	Общее кол-во кустов на 1.6 га	427
Survival, %	Выживаемость, %	86
Net shrubs, number	Кол-во кустов на модельной площади, ед.	367
Allowable yield per treat (60%)*, kg	Допустимая урожайность (60%), кг	18
Native yield [Урожайность коренной растительности]		
Dry matter (DM), g/sample	Сухое вещество, г/учетную площадь	32.4
Sample, m^2	Учетная площадь, $м^2$	0.79
Yield, kg/ha	Урожайность, кг/га	411
Treat area, ha	Площадь, га	1.6
Native vegetation (NV) Yield, kg	Урожайность коренной растительности, кг	658
Total yield, kg DM/1.6 ha	Общая урожайность, кг сухой массы/1.6 га	676

Note: * – Allowable yield per treatment (60%)=yield (g/shrub)×shrub no. per 1.6 ha×* survival%×60%.
Примечание: * – допустимая урожайность (60%)= урожайность (г/куст)×число кустов на 1.6 га ×выживаемость, % × 60%.

Animal behavior. The experiment was conducted during May, 2007. A fifteen, thirty and forty five non lactating Awassi ewes between 3 and 6 years old were selected randomly and distributed basically on light, moderate and heavy grazing intensity systems, respectively. Average live weight of those ewes was 57 kg. Animals were numbered on both sides using normal spray paint in order to distinguish their grazing behavior.

A special sheet was made to investigate and monitor the required data on grazing, drinking, browsing, ruminating, standing, and laying periods. Observations were made at six minutes intervals (thought daylight),

for three treatments. Three stocking rates were selected to study the grazing management practices and Awassi sheep use.

Collected data were preliminary introduced into excel sheet to calculate the exact time required for the animal activity and during morning (am) and evening (pm) time. Thereafter; data were analyzed using PROC GLM procedure of SAS (SAS, 2004).

The following model was used to analyze the data (2):

$$\mathbf{E_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}} \quad (2).$$

Where $\mathbf{E_{ij}}$ – is the observation values for the i-th treatment, $\mathbf{\mu}$ – is the overall mean, $\mathbf{t_i}$ – is the effect of the treatment(light, moderate and heavy grazing intensities), morning and evening behavior, $\mathbf{e_{ij}}$ – is the random error.

Stocking rate: stocking rate calculated based on the total yield, 15 days grazintg period and 1.5 kg animal intake per day (Table 2).

Results and discussion

Characteristics of vegetation cover. A total of 19 families including 76 species were identified within the experiment site (Table 3). The most encountered families were Cruciferae and Compositae they encountered the highest species number 15 and 14 species respectively. While the families Boraginaceae, Caryophyllaceae, Cestaceae, Cyperaceae, Ephedraceae, Labiatae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Tamaricaceae, Brassicaceae and Scrophulariaceae encountered the lowest species number, each family was encountered one species. Also, the plant survey included the preparation of a plant list contain the family name, genus and species. The frequency, density, relative density, abundance, portion and shanon diversely index for all species encountered were calculated (Table 4). The species with the highest frequency are *Carex divisa*, *Sisymbrium irio, Torularia torulosa* and *Astragalus* spp. They were recorded 80, 73.3, 73.3 and 66.7 respectively. While, the species with the lowest frequency are *Adonis dentate*, *Lolium* spp., *Torularia torulosa, Erodium gruinum*, and *Herniaria hirsute* all of them have the same value 6.7. In previous studies (Ministry ..., 2005) results on plants survey in the reserve showed that the most frequent species were *Poa* spp.*, Iris posti, Anchusa italic, Euphorbia* spp.*, Noaea mucronata.* Those differences could be attributed to the differences in the environmental factors (rainfall precipitation and temperature) and soil topography. Snow accumulation was happened during winter 2007 which is unusual at the study location.

Table 2. Stocking rate density calculations for 1.6 hectare. **Таблица 2.** Плотность поголовья скота, рассчитанная на 1.6 га.

Indicator	Показатель	Unit
Animal intake per day, kg/animal	Потребление в день, кг/животное	1.5
Animal units per treatment, kg=sheep days	Кормоемкость пастбищ, условн. головы	676÷1.5=450
Grazing period, days	Период стравливания, дни	15
Stocking rate (animal/treat)	Поголовье скота, гол.	
Moderate grazing, head	Среднее стравливание, гол	30
Light grazing (–15), head	Слабое стравливание, гол	15
Heavy grazing (+15), head	Сильное стравливание, гол	45

The species with the highest SDI were *Salsola jordanicola*, *Carex divisa*, *Sisymbrium irio, Torularia torulosa* and *Astragalus* spp. they were recorded 0.27, 0.26, 0.24, 0.20 and 0.20, respectively. Those species are characterized by high diversity and they are considered of high economic value within the reserve area because of their palatability and it is nutritive value for sheep. Population of *Salsola vermiculata* under extinct, its highly palatable and preferable by Awassi sheep than other grazing plants. *Noaea mucronata* and *Anabasis syriaca* are invasive plants. In Jordan, the degradation of plant cover due to overgrazing and the absence of control measures have caused a decline in more palatable subshrubs, perennial grasses and legumes such as *Salsola vermiculata, Salsola laneifolia, Stipa barbatagalus* spp. *and Onobrychis* spp.*,*

formerly common in the Jordan steppe area. They have been replaced by less palatable and poisonous plants such as *Noaea mucronata*, and *Peganum harmala.*

Productivity. Table (2) shows productivity of *Atriplex* shrubs and native vegetation before grazing. Results on *Atriplex halimus* yield in Al-Khanasry reserve which is located in the north of Jordan in the year 2006 estimate by 129 kg/1.6 hectare (Al-Satari et al., 2007), while in our study it was estimated by 18 kg/1.6 hectare, which is extremely lower than the productivity in Al-Khanasry reserve, this may explained by the fact that the average rainfall and humidity in the north of Jordan is much higher than in the southern part (where our study was performed). Furthermore *Atriplex halimus* has a considerable forage potential in the arid and semi-arid rangelands. It has been planted in numerous zones in the country, including Twana reserve. It is well known as a tolerant plant for drought and heavy grazing (Nefzaoui, 1997). Forage production was 676 Kg/1.6 ha dry matter including both annuals and shrubs (*Atriplex halimas*) in the study site.

Table 3. Plant families genus and species for the native vegetation survey at Twanah reserve.
Таблица 3. Роды и виды растений естественной растительности заповедника Твана.

Family	Name	Family	Name
Boraginaceae	*Nonea ventricoza*	Cyperaceae	*Carex divisa*
Caryophyllaceae	*Herniaria hirsuta*	Ephedraceae	*Ephedra* spp.
Cestaceae	*Helianthemum ledifolium*	Geraniaceae	*Erodium gruinum*
Chenopodiaceae	*Anabasis syriaca*		*Erodium* spp.
	Atriplex halimus		*Geranium* spp.
	Hammada eigii	Gramineae	*Bromus* spp.
	Noaea mucronata		*Hordeum spontaneum*
	Noaea mucronata		*Hordeum glaucum*
	Salsola jordanicola		*Lolium* spp.
	Salsola jordanicola		*Poa sinaica*
	Salsola vermiculata	Iridaceae	*Crocus aleppicus*
Compositae	*Aaronsohnia factorowskyi*		*C. cancellatus*
	Achillea fragrantisium		*Iris sisyrinchium*
	Anthemis spp.	Labiatae	*Salvia spinosa*
	Artemisia herba-alba	Liliaceae	*Allium* spp.
	Carduus spp.		*Bellevalia* spp.
	Centaurea iberica		*Colchicum tunicatum*
	Filago desertorum		*Gagea reticulata*
	Ifloga spicata		*Gagea* spp.
	Lactuca spp.		*Tulipa* spp.
	Matricaria aurea	Papaveraceae	*Roemeria hybrida*
	Scorzonera judaica	Papilionaceae	*Astragalus* spp.
	Scorzonera papposa		*Medicago* spp.
	Senecio spp.		*Onobrychis cristan*
Cruciferae	*Allysum* spp.		*O. caput-galli*
	Biscutella spp.	Plantaginaceae	*Plantago ovata*
	Hypecoum pendulum	Ranunculaceae	*Ceratocephala falcata*
	Malcolmia aratica		*Adonis aestivalis*
	M. conringioides		*A. dentata*
	Matthiola aspera		*Anemone* spp.
	Matthiola spp.	Tamaricaceae	*Tamarix* spp.
	Sisymbrium irio	Brassicaceae	*Diplotaxis erucoides*
	Torularia torulosa	Umbellefereae	*Caetosciadium* spp.
	Sisymbrium runcinatum		*Umbellicum* spp.
	Torularia torulosa	Scrophulariaceae	*Kickxia* spp.

Coverage percent was calculated during the plant survey and estimated by 40% of the total area. While covering percentage in 2005 in the same reserve was 21%. This was related to the developed protection strategies which allowed better plant growth and coverage. Plant density in the year 2005 was 8.53% plant/m^2, this was the highest for *Eucarea boveana* (Ministry ..., 2005). This result is not in agreement with our current study, since this species is not observed in our site survey. The highest plant density investigated in this study was 10.5% plant/m^2 for Diplotaxis *erucoides*, followed by *Salsola jordanicola* with plant density of 7.2% plant/m$^{2.}$ The large area of the reserve and variation of the topography within its area elucidate why are those differences in the dominant plant species prevalence in the reserve. Table 2 shows stocking rate density results for that are used within the animal behavior study.

Animal behavior. Results on sheep grazing behavior shows that there is significant difference between the three grazing scenarios of the native vegetation use. The vegetation cover decreased significantly under the moderate and heavy grazing intensities (Table 5).

Table 4. Family, scientific name, frequency, abundance, density, relative density, proportion and shinion divers Index (SDI) of the experimental site at twanah reserve in spring, 2007. **Таблица 4.** Встречаемость, обилие, плотность, относительная плотность и индекс Шеннона (SDI) видов растений на экспериментальных участках в заповеднике Твана в сентябре 2007 г.

Family	Scientific name	Frequ-ency	Abun-dance	Den-sity	Relative density	Proportion	SDI
Gramineae	*Poa sinaica*	53.3	4.0	2.1	4.05	0.04	0.13
Chenopodiaceae	*Anabasis syriaca*	53.3	3.0	1.6	3.04	0.03	0.11
Compositae	*Artemisia herba-alba*	20.0	2.0	0.4	0.76	0.01	0.04
Brassicaceae	*Diplotaxis erucoides*	86.7	12.1	10.5	19.87	0.20	0.32
Compositae	*Scorzonera judaica*	40.0	2.0	0.8	1.52	0.02	0.06
Cestaceae	*Helianthemum ledifolium*	40.0	3.7	1.5	2.78	0.03	0.10
Papilionaceae	*Astragalus* spp.	66.7	6.4	4.3	8.10	0.08	0.20
Cruciferae	*Torularia torulosa*	73.3	5.9	4.3	8.23	0.08	0.21
Cruciferae	*Matthiola* spp.	20.0	1.0	0.2	0.38	0.003	0.02
Liliaceae	*Allium* spp.	33.3	2.2	0.7	1.39	0.01	0.06
Gramineae	*Hordeum glaucum*	26.7	1.5	0.4	0.76	0.01	0.04
Cruciferae	*Sisymbrium irio*	73.3	8.0	5.9	11.14	0.11	0.24
Papilionaceae	*Onobrychis cristan*	33.3	3.8	1.3	2.41	0.02	0.09
Liliaceae	*Colchicum tunicatum*	53.3	2.5	1.3	2.53	0.03	0.09
Liliaceae	*Gagea reticulata*	33.3	3.2	1.1	2.03	0.02	0.08
Cruciferae	*Malcolmia conringioides*	40.0	1.2	0.5	0.89	0.01	0.04
Ranunculaceae	*Adonis dentata*	6.7	1.0	0.1	0.13	0.001	0.01
Cyperaceae	*Carex divisa*	80.0	8.6	6.9	13.04	0.13	0.27
Iridaceae	*Crocus cancellatus*	13.3	3.0	0.4	0.76	0.01	0.04
Compositae	*Filago desertorum*	33.3	1.8	0.6	1.14	0.01	0.05
Umbellefereve	*Caetosciadium* spp.	13.3	2.0	0.3	0.51	0.01	0.03
Gramineae	*Lolium* spp.	6.7	1.0	0.1	0.13	0.001	0.01
Chenopodiaceae	*Salsola jordanicola*	26.7	27.0	7.2	13.67	0.14	0.27
Cruciferae	*Torularia torulosa*	6.7	1.0	0.1	0.13	0.001	0.01
Geraniaceae	*Erodium gruinum*	6.7	1.0	0.1	0.13	0.001	0.01
Chenopodiaceae	*Noaea mucronata*	20.0	1.0	0.2	0.38	0.003	0.02
Caryophyllaceae	*Herniaria hirsuta*	6.7	1.0	0.1	0.13	0.001	0.01

This result was expected, since the number of animals is increased per unit area and due to the increase in dry matter intake for the moderate and heavy grazing intensities. The same result was reported by M.K. Ngugi and R.T. Conant (2003) and by D.N. Hyder, R.E. Bement, E.E. Remmenga, D.F. Hervey (1975).

Table 5. Vegetation cover and dry matter use different grazing, %. **Таблица 5.** Проективное покрытие растительности и сухая фитомасса, %.

Grazing	Vegetation cover	Dry matter (DM)
Light	21	47
Moderate	60	57
Heavy	68	60

Table 6 shows that grazing and browsing behavior to be highly significant (P<0.01) differs between the hours of observations. At 18:00 o'clock animals were observed to spend more time in grazing (35.33 minutes) and browsing (5.33 minutes compared with 0:00 at 9:00) than the other hours while it was the lowest during 11:00, 12:00 and 15:00 in grazing, this could be attributed to the fact that the day temperature is lower in the evening than in the mid of the day. Additionally, pasture level and physiological stage influence grazing time (Arnold, 1981). However the sheep's major strategy for meeting their nutritional requirements is to increase total daily grazing time (Gibb, Orr, 1997). This was clear in the evening grazing.

Table 6. Least squares means for animal behavior through the day light. **Таблица 6.** Сравнение пастбищной активности животных (в минутах в течение наблюдаемого часа) за световой период по методу наименьших квадратов.

Status (minutes)	Hours of monitoring (hours of starting at morning)										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Grazing Скусывание	28.23b	15.33c	14.61c	6.13f	5.87f	10.27de	13.2dc	6.93fe	12.13dc	27.89b	35.33a
Browsing Ощипывание	3.14b	0.00d	1.17cd	1.174cd	1.70cd	2.8cb	1.67cd	1.47cd	2.13cb	2.27cb	5.33a
Laying Отдых лежа	1.64e	11.73dc	12.26dc	30.26a	27.91ab	7.733d	14.00c	24.67b	15.87c	2.93e	0.00e
Drinking Водопой	0.00e	0.4ed	1.04cd	0.39ed	4.83a	2.00cb	0.53cd	0.13ed	0.00e	1.73cd	2.53b
Standing Отдых стоя	21.96ec	29.87a	25.96ac	19.57ed	18.39e	29.07a	26.53ab	22.67bd	27.73a	19.47ed	10.40f
Ruminating Пережевывание	5.05bd	2.67ed	4.96bd	2.48ed	3.13ed	8.267a	4.27bd	4.27bd	2.13e	5.73bc	6.4ab

Notes to tables 6-8: Means with the same letter at the same raw are not significantly different. Means in the same raw without a common letters differ (P<0.01). Примечание к таблицам 6-8: Значения с одинаковой буквой в одном ряду различаются незначительно. Значения с разными буквами в одном ряду различаются существенно (P<0.01).

Also during this hour, animals appeared the lowest lying behavior which was 0.00 minutes, compared to 30.26 and 27.91 minutes, respectively at 11:00 and 12:00, which was the highest in lying also. When the shade is lack, animals may show heat stress and walk excessively to optimize evaporative cooling, but this is not the case in Awassi sheep, since this breed of sheep possess a social behavior where they hide their heads under the bodies of the other surrounding sheep. At 12:00 drinking behavior was the highest (4.83 minutes). This may explained by, as the temperature is the highest in the mid of the day and that the grazing time is the lowest during this hour. It could be that the distance animals need to reach the water point and the daily

temperature influence water intake. Water and forage is interrelated, forage intake is well associated with water intake (Hyder et al., 1968). However, through 9:00, 13:00 and 16:00 hour's animals spend the highest time in standing, while ruminating was observed to be the highest in 13:00 (8.27 minutes).

The overall means of grazing behaviors during day light were 15.92±0.57, 2.01±0.17, 13.58±0.66, 1.24±0.16, 22.86±0.48 and 4.47±0.26 minutes/hour, respectively for grazing, browsing, lying, drinking, standing and ruminating. Time of standing, ruminating and laying is higher than what P. Sharp, T.W. Knight and J. Hodgson (1995) has found. This could be attributed to the difference in the experiment location and environmental conditions prevailing in the semi-arid rangelands, and to the fact that Awassi sheep differ from other sheep breeds in laying and standing behavior. Ruminating activity was the highest during the night and decreasing during the day. Increasing in ruminating time could be attributed to the fact that Awassi sheep graze on different shrubs, but not on perennial ryegrasses, this implicate more time for ruminating in the laying time and in the evening. Low browsing may attributed to the high palatability of the annual plants comparing to shrubs.

Non-significant differences were observed between the grazing behavior of the three groups, while the moderate density group have the highest (p<001) browsing, ruminating and drinking behaviors, the heavy density group was significantly (p<001) the highest in lying behavior, while the light density group was observed to behave the highest (p<001) in standing (table 7).

Table 7. Least square means of the effect of grazing density in the animal behavior under light, moderate and heavy stocking rate, minutes/hour. **Таблица 7.** Сравнение влияния выпаса на поведение скота в условиях низкой, средней и высокой плотности поголовья по методу наименьших квадратов, мин./час.

Status (minutes/hour) Поведенческие показатели (мин./час)	Grazing density, степень стравливания		
	Light	Moderate	Heavy
	Среднее стравливание, 30 гол	Слабое стравливание, 15 гол	Сильное стравливание, 45 гол
Grazing, Скусывание	15.116	16.5	16.145
Browsing, Скусывание	1.719 b	2.928 a	1.381 b
Laying, Отдых лежа	12.0 b	12.464 b	16.291 a
Drinking, Водопой	1.866 a	1.286 ab	0.581 b
Standing, Отдых стоя	25.939 a	20.929 b	21.782 b
Ruminating, Пережевывание	3.732 b	5.928 a	3.745 b

Table 8. Animal behavior during morning and evening periods, minutes/hour.
Таблица 8. Характер поведения животных утром и вечером (мин./час).

Status	Part of day	
	Morning (am)	Evening (pm)
Grazing, Скусывание	13.905 b	17.626 a
Browsing, Ощипывание	1.4273 b	2.5111 a
Laying, Отдых лежа	16.811 a	10.867 b
Drinking, Водопой	1.3480	1.1556
Standing, Отдых стоя	23.1278 a	33.6444 a
Ruminating, Пережевывание	3.6476 b	5.1778 a

Morning (8:00-12:00) grazing period (13.98±0.83 minutes/hour) was lower significantly (p<0001) than evening (12:00-18:00) grazing (17.62±0.76), the browsing behavior was observed to be highly significantly (p<001) affected by parts of day light, evening browsing behavior was higher (2.51±0.24) than morning

(1.42±0.26). However, sheep has relatively small mouth and remarkably dexterous lips, they are able to graze closely to the ground and are also able to comfortably adapt to browsing (picking the leaf material from bushes or other plants), this anatomical behavior results in ability of sheep to be extremely selective about what they consume, is reported that if abundance of pasture are available, sheep will be very selective (Gill, 2004). The narrow mouth and flexible lips for sheep allow them to be selective in their grazing by taking individual bites (Weisebrot, 2007). Morning was higher (p<0001; 16.81±0.95) than evening (10.86±0.87) in lying period while evening was higher in ruminating, this is explained as the light determining the rumination rhythm during 24 h. In general small ruminants eat during the day and ruminate during the night (Welch, Hopper, 1988). The same result reported by (Keskin et al., 2005). Non- significant differences were observed between morning and evening drinking and standing behaviors (table 8, fig.).

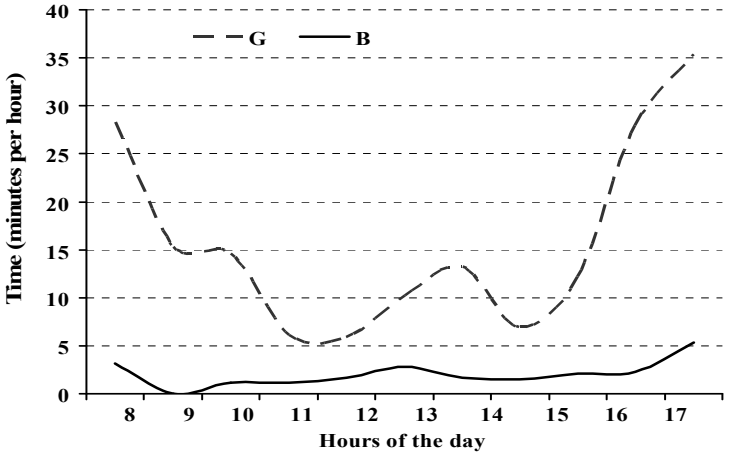

Fig. Daily grazing and browsing times (minutes per hour). Legend: G – grazing; B – browsing.
Рис. Скусывание и ощипывание в дневное время (минуты в час). Legend: G – Скусывание; B – Скусывание.

Conclusion

The study showed that high variation was observed in native vegetation that used for sheep grazing in the reserve. Timing of grazing should be implemented according to sheep grazing behavior as evening grazing is significantly higher than in the morning. Additionally proper stocking rate should be applied in each grazing scenario in order to avoid overgrazing.

Acknowledgement: authors would like to thank ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) for funding this research project. We gratefully acknowledge Dr. Ra'ad Al-Tbaini (Jordanian Badia Research and Development Center, Amman, Jordan) for his assistance in preparation for this study. We would like to thank as well Eng. Ahmad Al-Sharaideh and Mr. Jehad Al-Batta for their assistance in sampling and data collection.

References

Abu-Zanat M. 1997. Global Agenda for Livestock Research // Proceedings of a Consultation on Setting Livestock Research Priorities in West Asia and North Africa (WANA) Region12-16 November. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas Aleppo, Syria. P. 59-65

Al-Eisawi D.M. 1996. Vegetation of Jordan. Cairo: UNESCO – Regional Office for Science and Technology for the Arab States. 462 p.

Al-Satari Y., Jawasreh K., Al-Azeh A., Mudaber M. 2007. Effect of Planting Date and Cultivar on Productivity and Nutritive Values of Some *Atriplex* Species under range conditions of Jordan // The sixth Jordanian Agricultural Scientific Conference 9-12 April. Amman – Jordan. P. A36.

Ambshat R.S. 1982. Plant Ecology. 6Th edition. Students'Friends and Co. Lanka, Varanasi (India). 324 p.

Andrew M.H., Noble I., Lange R.R. T., Jonhnson A.W. 1981. The measurements of shrub forage weight: three methods compared // Australian Rangelands. № 3. P. 74-82.

Arnold G.W. 1981. Grazing behaviour // World Animal Science. B 1. Grazing Animals /Ed. F.H.W. Morley. Amsterdam Elsevier. P. 79-104.

Ely G. 1994. The rule of grazing sheep in sustainable agriculture // Sheep Research Journal. Special issues. P. 38-51.

Gibb M.J., Orr R.J. 1997 Grazing behaviour of ruminants / Ed. Gordon A.J. // IGER Innovations No. 1. P. 54-57.

Gill W. 2004. Applied Sheep Behavior // Agricultural Extension Service. The University of Tennessee. P. 1-24.

Hailat N. 2005. Small Ruminant Breeds of Jordan / Ed. Iñiguez Luis // Characterization of Small Ruminant Breeds in West Asia and North Africa. Vol. 1. North Africa. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo. Syria. P. 31-62

Hyder D.N., Bement R.E., Remmenga E.E., Hervey, D.F. 1975. Ecological responses of native plants and guidelines for management of shortgrass range // United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. Tech. Bulletin Number 1503. US Government printing office, Washington, D. C. 87. P.68

Hyder D.N., R.E. Bement, Norris J.J. 1968. Sampling requirement of the water intake method of estimating forage intake by grazing cattle // Range manage. № 21. P. 392-397.

Keskin M., Shin A., Bicer O., Gul S., Kaya S., Sari A., Duru M. 2005. Feeding behavior of Awassi sheep and shami (Damascus) goats // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. No 29. P. 435-439.

Larionov K.O., Nikonova O.A., Abaturov B.D. 2010. Daily activity of saiga and sheep in semi-desert pastures on Northern Caspian Lowland // Arid ecosystems. V. 16. N 5 (45). P. 111-120. [Ларионов К.О., Никонова О.А., Абатуров Б.Д. 2010. Суточная активность сайгаков и овец на полупустынном пастбище в Северном Прикаспии // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5(45). С. 111-120.]

Ministry of Agriculture (MOA), annual report, department of animal production. 2006. Ministry of agriculture. Amman-Jordan. P. 74-89.

Ministry of Agriculture (MOA), report on national program project for rangeland rehabilitation and development. 2005. MOA. Jordan: Amman. P. 80-95.

Nefzaoui A. 1997. The integration of fodder shrubs and cactus in the feeding of small ruminants in the arid zones of North Africa // Livestock feed resource within integrated farming systems. Second FAO Electronic Conference September 1996 – February 1997. P. 467-483.

Ngugi M.K., Conant R.T. 2003. Application of remote sensing for grassland management: Reconciling satellite and ground data // Presentation at the Shortgrass Steppe Biannual Meeting, Fort Collins. California Botanical Society Biennial Meeting. Oral Presentation.

SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. (Software for statistical analysis).

Sharp P., Knight T.W., Hodgson J. 1995. Grazing behavior of Alpaca and Sheep // Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production. Vol. 55. P. 183-186.

Weisebrot D. 2007. Grazing Management for Sheep Production. Government of Saskatchewan, Division of Agriculture. Canda: Saskatchewan Agriculture. P. 1-7.

Welch J.G., Hooper A.P. 1988. Ingestion of feed and water / Ed. D.C. Church // The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. N.J. P.108-116.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 73-85

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 595.591.524

ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ ПОЗВОНОЧНОЙ ФАУНЫ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЭКСТРААРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2012 г. Х. Ченхуни

Тебесский университет, отдел естественных наук, факультет точных и естественных наук Алжир, 12002 Тебесса. E-mail: chenchouni@yahoo.fr

Поступила 05.01.2012

Кажется парадоксальным говорить о биологическом разнообразии водно-болотных угодий гипераридных территорий. Озеро Аята (155 га) принадлежит к комплексу водно-болотных угодий долины Оуэд Рай в Нижней Сахаре в пределах Алжира. Исследования, проведенные в период с октября 2009 по июнь 2010 года позволили оценить разнообразие позвоночных, живущих в озере и его окрестностях. Фауна включает следующие группы животных: 3 вида рыб, 2 вида амфибий, 6 видов рептилий, 55 видов птиц и 7 видов млекопитающих. Птицы были отнесены к разным фенологическим типам: зимние или летние мигранты, гнездящиеся, оседлые, случайные), что позволило оценить динамику популяций. Чаще птицы приурочены к водоему зимой и наибольшая численность характерна для перелетных, преимущественно водоплавающих видов. Были изучены местообитания исследуемых видов, их пищевые и поведенческие особенности. Состав позвоночных озера Аята и его окрестностей имеет высокое сходство с фауной пустынь Сахарской и Сахаро-Синдской биотических областей, за исключением птиц, среди которых преобладают виды, относящиеся к Палеарктическому биотическому царству. Такой подход помог выделить биологические ресурсы озера Аята и определил его фактическую экологическую ценность. Кроме того, это исследование предлагает некоторые рекомендации по управлению биологическими ресурсами и сохранению биоразнообразия.

Ключевые слова: озеро Аята, низменная Сахара, рыбы, амфибии, рептилии, птицы, млекопитающие, биологическая вариативность, Алжир.

DIVERSITY ASSESSMENT OF VERTEBRATE FAUNA IN A WETLAND OF HOT HYPERARID LANDS

© 2012. H. Chenchouni

Department of Natural and Life Sciences, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, University of Tebessa, Algeria 12002, Tebessa. E-mail: chenchouni@yahoo.fr

A great paradox arises when we talk about biodiversity in wetlands located at hot-hyperarid lands. Ayata Lake (155 ha) belongs to the complex of wetlands of Oued Righ Valley in Algerian Lower-Sahara. Surveys conducted between October 2009 and June 2010 has allowed assessing vertebrate diversity living in the lake and its surrounding areas. Several methods and techniques were used for sampling and censing each group of vertebrate (fish, amphibians, reptiles, birds and mammals). Inventories revealed the existence of 03 fish, 02 amphibians, 06 reptiles, 55 birds, and 07 mammals. Phenological types (winter or summer migrant, breeder, sedentary, occasional visitor) were attributed to birds then population dynamics were discussed. Birds used generally the waterbody in winter where migrants, mainly waterbirds, were abundant. We investigated for most inventoried species the specific

habitats occurring in that respond to their behavioural and diet ecology. Biogeography status of vertebrate species revealed a desert affinity, which is represented mainly by Saharan and Saharo-sindian bio-models; except for birds which revealed dominance of Palaearctic biogeographical categories. This approach helped to highlight the biological resources of Ayata Lake and determine its actual ecological value. Furthermore, this study proposes some suggestions for management and conserva*tion.*
Keywords: Ayata Lake, Lower-Sahara, fish, amphibians, reptiles, birds, mammals, biodiversity, Algeria.

The Sahara is the largest hot-desert in the world and occupies about 10% of the African Continent. Although species richness and endemism are low, some highly adapted species do survive with extraordinary adaptations (Le Houérou, 2001). The ecoregion includes the arid northern portion of the Sahara where rainfall occurs during the cooler winter, nourishing a variety of plants that rapidly flower before the hot-dry summer. Furthermore, the flora of the Northern-Sahara Desert is very poor considering the huge extent of the area (Ozenda, 1983).

North Africa has wetlands with rare typology and ecology in the world (Llewellyn, 2002). Algeria includes a multitude of wetlands of international importance where 50 sites are classified as Ramsar sites. However, very original and diverse aquatic habitats in the Sahara, which owns 80% of the country land area, still be little studied to assess their biological resources and ecological values. Besides, the special geographic position of the Lower-Sahara (Saharan low lands), its physical configuration and its original hydrogeology give it an important asset in wetlands, both in number and type (Chenchouni, Si Bachir, 2010). Considering the hyper-arid conditions, the fauna of the Lower-Sahara is richer than is generally believed (WWF, McGinley, 2007). Within the Lower-Sahara there are 04 species of fishes (Toumi, 2010), 04 amphibians, and around 32 species of reptiles (Le Berre, 1989; Mouane, 2010). There are also 80 species of resident and migrant birds, (Isenmann, Moali, 2000; Chenchouni, Si Bachir, 2010) and 19 species of mammal (Le Berre, 1990). Arthropods are also numerous in particular in wetlands and oases (Bekkari, Benzaoui, 1991; Bouzid, 2003). However, given the vast size of the region, the number of endemic species is very small as well as species richness is low.

Since, wetlands are rare-type-ecosystems in Sahara (Chenchouni, Si Bachir, 2010); we chose wetlands as a key-habitat model to assess and monitor wildlife biodiversity within general contexts of arid lands. Because the presence of water in these areas, which are subject to a harsh changing climate and tending toward desertification, makes water bodies attracting and concentrating the majority of animal species, both those that are aquatic as those that are not (Roshier et al., 2001).

Our current scientific understanding of vertebrate fauna community living in Algerian Lower-Sahara is poor. Thus, our knowledge of trends in fauna biodiversity in this area remains ill-known with regarding its ecological status. Indeed a huge lack in common understanding of aspects such as ecological impact and interactions and/or spatial and temporal distribution was found. Moreover, even the ephemeral habitats of the Sahara, which only develop following rainfall, are not highly threatened by human activities. The more persistent pressures are found in areas of permanent water (oases), or in areas where water comes close to the surface nearby urban (Marzluff, 2001; WWF, McGinley, 2007). Therefore outlining the ecological impacts of anthropic disturbances, such introductions of alien species, would provide reliable information more accessible for managers and conversationalists.

We were motivated to conduct this study because the wildlife of this biome should be further studied in this vast desert since species are rare, endemic or original. In addition, the fauna of wetland ecosystems is thus more appropriate to be studied and surveyed, as these environments are unique, original and rare in the arid Saharan territory.

Here, we assess vertebrate (fishes, amphibians, reptiles, birds, mammals) species diversity and explore how this knowledge can guide conservation efforts. It is important to remember that abiotic differences, human pressure and land use, invasive and anthropogenic species, disturb the study area (Ayata Lake, Lower-Sahara) differently in time and space. Our study provides the first data on fauna vertebrate diversity and provides important information for conservation scientists and land managers concerned with preserving wildlife of wetlands at arid-lands.

Materials and metods

Study area. The Ayata Lake belongs to the complex of wetlands in Lower-Sahara. The site is located near the town of Sidi Amrane (Djamaa) at 150 km west of the wilaya (province) of El Oued (Souf). The lake is located on National Road No. 3 at about 6 km after Djamaa in direction to Touggourt city (fig. 1). The site has an area of about 155 ha, with an average altitude of 31 m. it is bounded by the following geographic coordinates: Longitude: 33°29'17" N and 33°29'48" N, Latitude: 05°59'10" E and 05°59'37" E. The soil has sandy texture and it is rich in limestone with more or less high concentration of salinity and low rate of organic matter (Chenchouni, Si Bachir, 2010). In addition, the water body of Ayata Lake is fed by surplus irrigation water flooding from a channel draining the agricultural area of palm groves of Chemora and Tamerna localities to the main channel of Oued Righ, which collects water from the Valley of Oued Righ and reject it into Chott Merouane then into Chott Malghir (Belhadj, Gasmi, 2005). According I. Toumi (2010), waters of the lake are characterized by a brackish quality and slightly alkaline pH, with rich rate of dissolved oxygen and low turbidity.

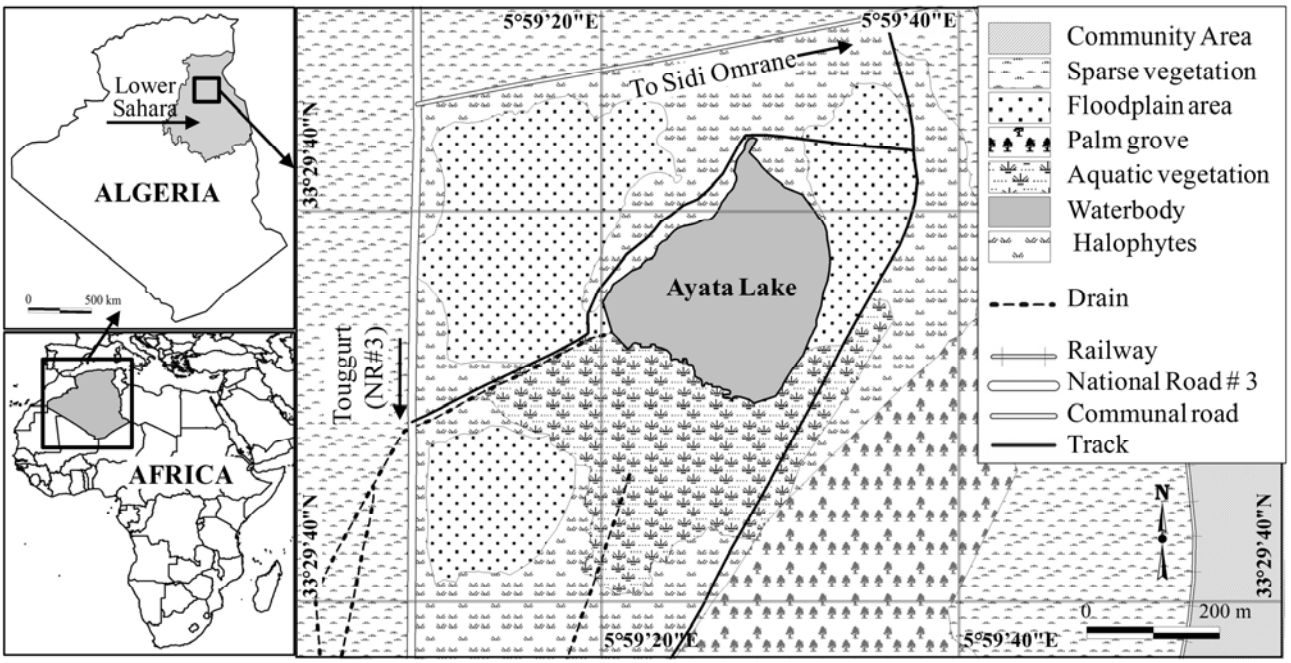

Рис. 1. Местоположение озера Аята на географической карте (долина вади Рай) с показателями вегетационных индексов. Затемненная область на карте Алжира – низменная чать пустыни Сахара. **Fig. 1.** Geographical location map of Ayata Lake (Valley of Oued Righ) with board-types of vegetation/land-cover classes. The shaded region in the map of Algeria is the Lower-Sahara.

The climate is typically Saharan with the dry period extending throughout the year, with mean annual temperatures exceeding 25°C. Precipitations, mostly observed in winter (~2 months), are characterized by a great inter-annual and inter-monthly irregularity. The coldest month is January and the warmest month is July where temperatures rise often over 47°C (fig. 2). The area is also windy. Hot, dust-filled winds create dust devils which can make the temperatures seem even hotter.

The natural vegetation is represented by halophytes such as *Salicornia fruticosa* (Forssk.), *Suaeda vermiculata* (Forssk.), *Arthrocnemum glaucum* (Del.), *Halocnemum strobilaceum* (Pall.), *Traganum nudatum* (Del.), *Anabasis articulata* (Forssk.). Characteristic hydrophilic species such as *Juncus maritimus* (L.), *Phragmites communis* (Trin.) are present. Sparse spontaneous plantations of *Limoniastrum guyonianum* (Dur.), *Tamarix gallica* (L.), and *Zygophyllum album* (L.) are also recorded (fig. 1; Chenchouni, 2012).

Data collection.Field investigations were carried out during 2009-10 in order to determine the actual ecological value of Ayata Lake. This study was mainly based on field survey of vertebrates at the lake and at

its surrounding areas including halophytic and sparse vegetation landscapes, date palm groves (*Phoenix dactylifera*), and neighbouring urban. The vertebrate survey has two components: the first is a qualitative inventory for fish, amphibians, reptiles and mammals. The second includes quantitative data on both aquatic and not-aquatic bird populations.

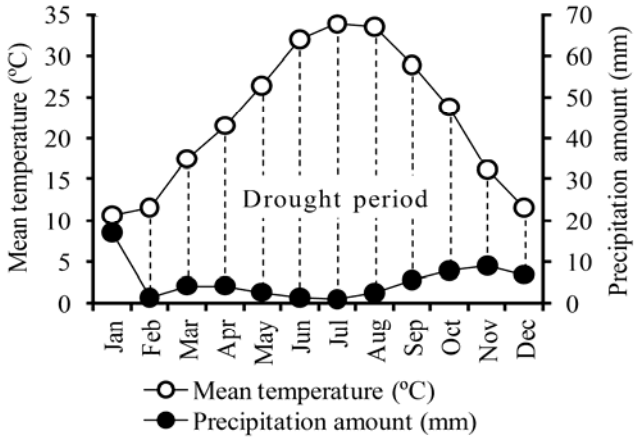

Рис. 2. Климаграмма за 10-и летний период (1999-2008 гг.) для региона исследований. **Fig. 2.** Ombrothermic diagram of Bagnouls and Gaussen established from a 10-year period (1999-2008) applied for the study site.

Vertebrate species were inventoried then species richness (S) was assessed for each taxonomic class as the total number of species occurring along a given number of samples. Furthermore, we assigned the protection status for each species to assess its conservation degree according to contexts of the study area. Therefore, we based on animal species listed as protected in Algeria by the decree 83-509 issued on August 20th, 1983 for the national-scale protection. For the international level, we referred to the IUCN Red List (Vié et al., 2008).

Fishes. Before proceeding to the identification, fish must be collected in good condition. It is therefore necessary to use adequate techniques of catch and fishing which allow survey of the fish community in the study area (Leveque et al., 1992; Lévêque, Paugy, 2006). We investigated three different stations: (i) the drains that feed the lake, (ii) the channel of the outfall, and (iii) the reedbed and drains occupied by vegetation and with standing water. Furthermore, we used two methods of fishing where fish were trapped using a bottom gill net for small fish and with a dredge (gillnet pole) for the capture of attentive species. The caught fish were identified and classified systematically according to C. Leveque, D. Paugy and G.G. Teugels (1992), C. Lévêque and D. Paugy (2006).

Amphibians and Reptiles. Since these two categories of animals are very difficult to capture due to the absence of suitable traps, we have simply used hunting at sight techniques for sampling them. Captured individuals were stored in vials filled with diluted formalin. For the identification and systematic classification, we referred to J. Bons and P. Geniez (1996) and H.H. Schleich, W. Kästle and K. Kabisch (1996).

Birds. Bimonthly censuses were conducted to study birds in their natural habitats. These censuses were starting in the early morning before dawn until the afternoon. Counts were made during the period between October 2009 and June 2010. A pair of binoculars was used to observe, identify and count bird species. To ensure that identification is accurate at the time of observation, we used a field guide (Heinzel et al., 2004).

The technique we followed during counts of waterbirds in Lake Ayata is described in the following steps: Waterfowl groups located at a distance of less than 200 m, and which do not exceed 200 individuals, were processed by a single counting. But if bird population size is more than 200 individuals or if the group is distant (>200 m) a quantitative estimate was considered. In this case, the visual field was divided into several bands, then the number of birds of a mid-band counts is reported as many times as bands. This method has a error margin of 5 to 10% (Lamotte, Bourlière, 1969) because a difference still exists between the number of birds detected by the observer and the number actually present (Tamisier, Dehorter, 1999). Besides the census of waterfowl, other species, found in the site and its surroundings, were also recorded. For each recorded bird species, we reported its complete classification (order, family and binomial name) and its English name according to B.L. Monroe and C.G. Sibley (1997).

Mammals. Since most mammals in Saharan regions have nocturnal activity and discrete behaviour (Le Berre, 1990), and due to lack in night observation equipment and adequate traps for their capture; we

drew on the method of direct observation *in situ* using a field guide that identifies some mammalian species from their presence indices, droppings, burrows and traces (Bang, Dahlstrom, 2004). Moreover, surveys within visitors of the lake and people from the town of Sidi Amrane (nearest urban area) were carried out to have details confirming the identification of some mammals that frequent neighbouring areas of the lake. In addition, vegetation clumps of *Salicornia fruticosa*, *Tamarix gallica*, *Juncus maritimus* and *Phragmites communis* were investigated in search of small mammals that use these forms of vegetation as refuge for their burrows (Le Berre, 1990). Taxonomic classification of inventoried mammal species follows that of T. Halternorth and H. Diller (1985).

Results

Inventories of vertebrate species of the lake consists of two parts. The first is a qualitative inventory of fishes, amphibians, reptiles and mammals. The second includes quantitative data on bird populations.

Fishes. Catches of fish allowed us to identify three different species: the mosquitofish (*Gambusia affinis*) and two Tilapia species: Peter's fish (*Tilapia Zilli*) characterized by a reddish colour and another species of the genus *Tilapia* (with a yellowish colour) not determined (table 1 A). These species belong to one class (*Actinopterygii*), two orders and two different families (table 2). Tilapias were caught in the flowing drains that feed the lake and in the outfall channel, but the mosquitofish were captured in drains with standing water.

Таблица 1. Систематический список видов позвоночных, зарегистрированных в районе Озере Аята. Условные обозначения: * – виды подлежащие охране в Алжире, ▪ – виды подверженные угрозе уничтожения из красной книги IUCN, PT – фенологические типы для птиц, B – гнездящиеся виды птиц, OV – случайно встреченные виды, S – оседлые виды, SM – летние мигранты, WM – зимние мигранты. **Table 1.** Systematic list of vertebrate species recorded in Lake Ayata with their common English name (Species followed by (*) is protected in Algeria; and by (▪) is cited as threatened species on IUCN's red list categories. Bird phenological types "PT": B – breeder, OV – occasional visitor, S – sedentary, SM – summer migrant, WM – winter migrant.

(A) Fishes (S=3)			
Family	**Species**	**English name**	
Poeciliidae	*Gambusia affinis* (Girard, 1859)	Mosquitofish	
Cichlidae	*Tilapia zilli* (Gervais, 1848)	Peter's fish	
	Tilapia sp.	Tilapia	
(B) Amphibians (S=2)			
Family	**Species**	**English Name**	
Bufinidae	*Bufo viridis* (Laurenti, 1768)	Green Toad	
Ranidae	*Rana saharica* (Pallas, 1771)	Laughing Frog	
(C) Reptiles (S=6)			
Family	**Species**	**English Name**	
Geckonidae	*Tarentola deserti* (Boulenger, 1891)*	Desert Wall Gecko	
	Tarentola mauritanica (Linnaeus, 1758)	Moorish Wall Gecko	
Scincidae	*Chalcides ocellatus* (Forskal, 1775)	Oscillated Skink	
	Scincopus fasciatus (Peters, 1864)	Peters' Banded Skink	
	Scincus scincus (Linnaeus, 1758)	Sandfish	
Viperidae	*Cerastes cerastes* (Linnaeus, 1758)	Saharan horned viper	
(D) Birds (S=55)			
Family	**Species**	**English Name**	**PT**
Ardeidae	*Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758)	Cattle Egret	WM
	Egretta alba (Linnaeus, 1758)	Great white heron	OV
	Egretta garzetta (Linnaeus, 1758)	Little egret	WM
	Ardea cinerea (Linnaeus, 1758)	Grey Heron	WM
Ciconiidae	*Ciconia ciconia* (Linnaeus, 1758) *	White stork	OV

Продолжение **таблицы 1.** Prolongation of **table 1.**

Family	Species	English Name	PT
Phoenicopteridae	*Phoenicopterus roseus* (Pallas, 1811) *	Greater Flamingo	WM
Anatidae	*Tadorna tadorna* (Linnaeus, 1758) *	Common Shelduck	WM
	Tadorna ferruginea (Pallas, 1764) *	Ruddy shelduck	SB
	Anas penelope (Linnaeus, 1758)	Eurasian Wigeon	WM
	Anas strepera (Linnaeus, 1758)	Gadwall	WM
	Anas acuta (Linnaeus, 1758)	Northern Pintail	WM
	Anas crecca (Linnaeus, 1758)	Common Teal	WM
	Anas platyrhynchos (Linnaeus, 1758)	Mallard	WM
	Anas clypeata (Linnaeus, 1758)	Northern Shoveler	WM
	Marmaronetta angustirostris (Rei., 1853) *,■	Marbled duck	WM
	Aythya ferina (Linnaeus, 1758)	Pochard	WM
	Aythya nyroca (Güldenstädt, 1770) ■	Ferruginous Duck	WM
Accipitridae	*Circus aeruginosus* (Linnaeus, 1758)	March harrier	SB
Falconidae	*Falco biarmicus* (Temminck, 1825) *	Lanner Falcon	SB
Rallidae	*Rallus aquaticus* (Linnaeus, 1758) *	Water Rail	WM
	Gallinula chloropus (Linnaeus, 1758)	Common Moorhen	SB
	Fulica atra (Linnaeus, 1758)	Common Coot	WM
Recurvirostridae	*Himantopus himantopus* (Linnaeus, 1758) *	Black-winged stilt	SB
Charadriidae	*Charadrius dubius* (Scopoli, 1786)	Little ringed plover	WM
	Charadrius hiaticula (Linnaeus, 1758)	Common Ringed Plover	WM
	Charadrius alexandrinus (Linnaeus, 1758)	Kentish plover	SB
Scolopacidae	*Calidris minuta* (Leisler, 1812)	Little stint	WM
	Gallinago gallinago (Linnaeus, 1758)	Common Snipe	WM
	Tringa erythropus (Pallas, 1764)	Spotted redshank	WM
	Tringa nebularia (Gunnerus, 1767)	Greenshank	WM
	Tringa ochropus (Linnaeus, 1758)	Green sandpiper	WM
Laridae	*Larus ridibundus* (Linnaeus, 1766)	Common Black-headed Gull	WM
Columbidae	*Columba livia* (Linnaeus, 1758)	Rock Dove	SB
	Streptopelia decaocto (Frivaldszky, 1838)	Eurasian Collared Dove	SB
	Streptopelia turtur (Linnaeus, 1758)	European turtle-Dove	SM
	Streptopelia senegalensis (Linnaeus 1766)	Laughing Dove	SB
Meropidae	*Merops persicus* (Pallas, 1773)	Blue-cheeked Bee-eater	WMB
Upipidae	*Upupa epops* (Linnaeus, 1758) *	Hoopoe	SB
Alaudidae	*Alaemon alaudipes* (Desfontaines, 1789)	Greater Hoopoe-Lark	SB
	Calandrella brachydactyla (Leisler, 1814)	Short-toed Lark	SB
	Galerida cristata (Linnaeus, 1758)	Crested Lark	SB
	Alauda arvensis (Linnaeus, 1758)	Sky-Lark	SB
Hirundinidae	*Delichon urbica* (Linnaeus, 1758)	Common House-Martin	SM
Motacillidae	*Motacilla flava* (Linnaeus, 1758)	Yellow-Wagtail	WM
	Motacilla alba (Linnaeus, 1758)	White-Wagtail	WM
Muscicapidae	*Luscinia svecica* (Linnaeus, 1758)	Bluethroat	WM
Muscicapidae	*Oenanthe deserti* (Temminck, 1825)	Desert Wheatear	SB
Sylviidae	*Cisticola juncidis* (Rafinesque, 1810)	Zitting Cisticola	SB
	Phylloscopus sibilatrix (Bechstein, 1793)	Wood Warbler	WM
(D) Birds (S=55)			
Family	**Species**	**English Name**	**PT**
	Phylloscopus collybita (Vieillot, 1817)	Northern Chiffchaff	WM
Laniidae	*Lanius meridionalis* (Linnaeus, 1758)	Great Grey Shrike	SB
	Lanius senator (Linnaeus, 1758)	Woodchat Shrike	SB
Ploceidae	*Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)	House sparrow	SB

Продолжение **таблицы 1.** Prolongation of **table 1.**

Family	Species	English Name	PT
Corvidae	*Corvus ruficollis* (Lesson, 1830)	Brown-necked Raven	SB
	Corvus corax (Linnaeus, 1758)	Common Raven	SB
(E) Mammals (S=7)			
Family	**Species**	**English Name**	
Leparidae	*Lepus capensis* (Linnaeus, 1758)	Cape Hare	
Gerbillidae	*Meriones shawi* (Duvernoy, 1842)	Shaw's Jird	
Muridae	*Rattus rattus* (Linnaeus, 1758)	Black Rat	
	Mus spretus (Lataste, 1883)	Small Rodent	
	Mus musculus (Linnaeus, 1758)	House mouse	
Canidae	*Fennecus zerda* (Zimmermann, 1780)*	Fennec fox	
Suidae	*Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)	Wild Boar	

Amphibians and reptiles. The herpetofauna cebsed in the lake includes two species of amphibians and six species of reptiles (table 1 B and 1 C). The 08 surveyed species are divided into 2 classes, 3 orders, 5 families, 7 genera. Amphibians are represented by the order of *Anura*, which includes two different families: the family *Bufonidae* and *Ranidae* with one species for each family. Reptiles include two orders, *Squamata* and *Ophidia*. The Squamata are represented by families of *Geckonidae* and *Scincidae* with respectively two and three species. The Ophidian contain the *Viperidae* family with one species (*Cerastes cerastes*). All the species reported are not protected in Algeria (table 2).

Birds. A set of 16 bimonthly censuses allowed the inventory of 55 bird species frequenting the study area; among these 9 species are protected in Algeria (7 waterbirds). According to IUCN Red List criteria, the lake holds a "vulnerable" species that is the Marbled Duck (*Marmaronetta angustirostris*) and another has the status "Near Threatened" that is Ferruginous Duck (*Aythya nyroca;* table 1 D). The 55 bird species recorded are spread over 10 orders, 23 families and 37 genera. The Passeriformes order was best represented with 8 families and 17 species, followed by Anseriformes (one family and 11 species) and Charadriiformes (3 families and 9 species; table 2).

Both values of species richness (S=55) and bird abundance (N=4.084) have the same fluctuation shape (1-Way ANOVA: F=46.01; p<0.0001). These values reached their peak in winter (Dec-Feb) and decreased progressively from the end of wintering period (fig. 3).

Numbers of winter-migrants increased along winter to reach the peak in late December then experience a fast drop marking the end of wintering period where numbers of sedentary birds started to augment (fig. 4).

Wintering migrants followed by sedentary birds hold highest species richness values. Winter-migrants were more diverse during the rainy season which extended from early December and late February. Occasional visitors appeared almost in January with a single species. Summer migrants come by the end of winter with a single species, mainly during the months of March and April (fig. 5).

Mammals. Wild mammalian fauna of Lake Ayata includes seven species that are divided into 4 orders, 5 families and 6 genera. One species of mammals is protected in Algeria, it is the Fennec (*Fennecus zerda;* table 1 E). Mammals inventoried in the region is better represented by the order of rodents that holds four species belonging to two families. The remaining orders are represented by one species for each (table 2).

Discussion

Fish. Fishes recorded in Ayata Lake are widely distributed in north Algerian Sahara; they were reported in the valley of Oued Righ (Le Berre, 1989; Toumi, 2010) and also in Chott Ain El-Beida at Ouargla city (Bekkari and Benzaoui, 1991; Bouzid, 2003).

The spatial distribution of species reveals existence of a territoriality between species of the genus *Tilapia* that are living in flowing-deep waters and the mosquitofish that occur particularly in stagnant water of drains occupied by dense vegetation, usually of reeds (*Phragmites communis*). It should be noted that the abundance of fish in Lake Ayata attracts piscivorous waterbirds such as Great white heron (*Egretta alba*), the Little Egret (*Egretta garzetta*) and Grey Heron (*Ardea cinerea*). Indeed, the latter two species visit regularly

habitats where fish are in abundance.

Таблица 2. Распределение видов позвоночных животных Озера Аята (алжирская пустыня Сахара) по порядкам, семействам и родам. **Table 2.** Number and proportions of vertebrates species identified in Ayata Lake (Algerian Sahara) according to orders, families and genera.

Classes	Orders	Families	Genera	Species	
				Number	%
Pisces	*Cyprinodontiformes*	1	1	1	33.3
	Perciformes	1	1	2	66.7
	Total	2	2	3	100
Amphibia & Reptila	*Anoura*	2	2	2	25
	Squamata	2	4	5	62.5
	Ophidia	1	1	1	12.5
	Total	5	7	8	100
Aves	*Ciconiiformes*	2	4	5	9.1
	Phoenicopteriformes	1	1	1	1.8
	Anseriformes	1	4	11	20
	Falconiformes	2	2	2	3.6
	Gruiformes	1	3	3	5.5
	Charadriiformes	3	5	9	16
	Lariformes	1	1	1	1.8
	Columbiformes	1	2	4	7.3
	Coraciiformes	2	2	2	3.6
	Passeriformes	8	13	17	31
	Total	22	37	55	100
Mammalia	*Lagomorpha*	1	1	1	14
	Rodenta	2	3	4	57
	Carnivora	1	1	1	14
	Artiodactyla	1	1	1	14
	Total	5	6	7	100

The introduction of fish species has sometimes been justified by the creation of new aquatic habitats (Gozlan et al., 2010). Besides, the introduction of some fish species has been performed to fight against disease vectors (Gozlan, 2008). As well, some species such as *Gambusia affinis* was and still be used in different regions of Africa, in Algerian Sahara particularly, to control the mosquitoes that transmit malaria (Hammadi et al., 2009). Accordingly, decline in population of native species and disturbance in ecological nets are common results when Mosquitofishs are introduced as a biological controlling agent in freshwaters (Hamer et al., 2002). It is to note that *Gambusia affinis* has become naturalized all over studied Saharan sites, affecting therefore aquatic ecosystems and will probably exercising heavy predation on endemic small fishes (Chaïbi et al., 2012).

Amphibians and reptiles. The batrachofauna of Lake Ayata, which was represented by two species of the genera *Bufo* and *Rana*, is common in Saharan humid environments (Bekkari, Benzaoui, 1991; Bouzid, 2003; Mouane, 2010). Similarly, the herpetofauna recorded in the lake indicates a clear desert affinity, especially with the presence of characteristic species like *Tarentola deserti*, *Tarentola mauritanica*, *Scincopus fasciatus, Cerastes cerastes* that have Saharan or Saharo-sindian in biogeographical origins (Mouane, 2010). Indeed, several authors have noted these pecies in different regions in the northern Algerian Sahara: in the Valley of Oued Righ and Souf (Le Berre, 1989), in Ouargla (Bekkari, Benzaoui, 1991; Bouzid, 2003), and in Erg Oriental (Souf and Touggourt; Mouane, 2010). On the other hand, most of censed species are invertebrate feeders except *Cerastes cerastes* which (family of *Viperidae*) is carnivorous and venomous.

The abundance of reptile species and rarity amphibians can learn about the richness of reptiles in arid regions. This difference in richness can be also justified as a better acclimatization and adaptation of reptiles

to conditions of aridity that reign in deserts. Moreover, the occurrence of amphibians is closely linked to the existence of humid habitats and the presence of water in, which is considered as scarce resource in xeric lands (Dayton, Fitzgerald, 2006; Mouane, 2010). Moreover, H.-A. Blain, S. Bailon and G. Cuenca-Bescós (2008) emphasize on variations in the quantitative and qualitative composition of herpetofaunal successions (in amphibians and squamate reptiles) can be used recognize climatic and environmental changes. There is only one endemic species at the lake i.e. *Tarentola deserti* which is endemic at Sahara scale (Schleich et al., 1996).

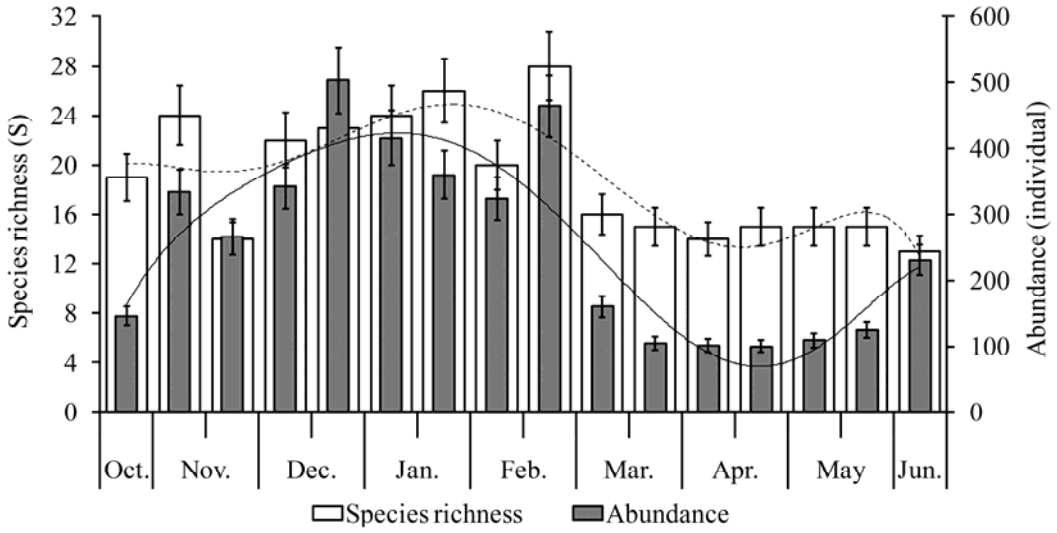

Рис. 3. Изменения богатства и обилия видов птиц во времени на озере Аята (столбики ±1SE): непрерывная кривая представляет модель регрессии обилия видов и прерывистая кривая – регрессию богатства видов. **Fig. 3.** The temporal variations in species richness and abundance of birds at Ayata Lake (bars ±1SE). Continuous curve represents the polynomial regression model fitted to abundance data, and discontinuous curve is polynomial regression of species richness data.

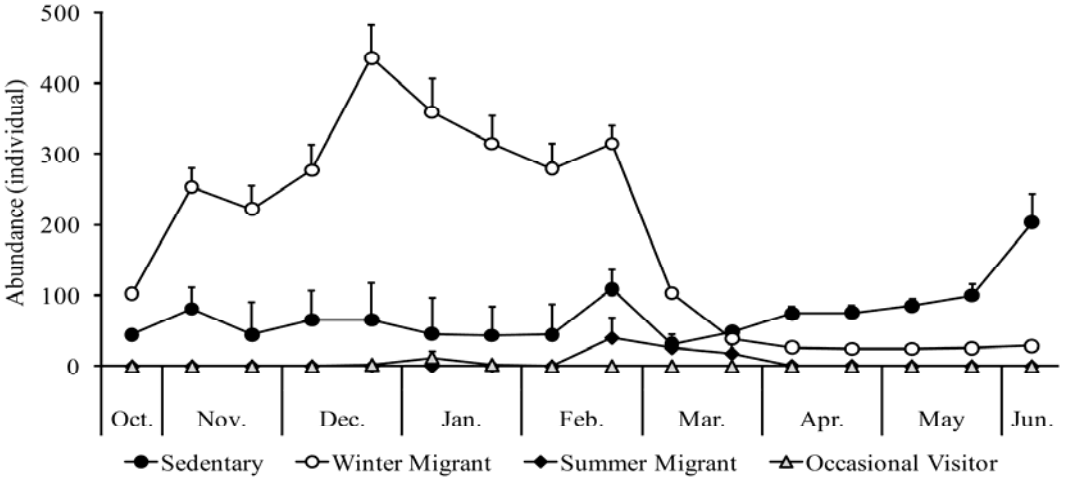

Рис. 4. Изменения обилия птиц по фенологическим типам во времени (вертикальная линия – стандартное отклонение – SD). **Fig. 4.** Temporal variation of bird phenological guild abundances (vertical line = SD).

Birds. All birds censed in this study have been already described for Algeria in the literature. The recorded avifauna is almost the seventh of birds in Algeria (406 species listed by Isennman, Moali, 2000). It

also includes almost half of the orders described in the country (Ledant et al., 1981). Families reported in the Lake represent 40% of all known families in Algeria. The Lake holds over one-fifth of genera reported nationally (Ledant et al., 1981; Isenmann, Moali, 2000). In addition, species richness recorded in Lake Ayata is quite similar compared to some wetlands in Northeast Algeria (Van Dijk, Ledant, 1983; Bouzid, 2003; Belhadj and Gasmi, 2005) and to other Algerian IBA wetlands (Fishpool, Evans, 2001; Samraoui, Samraoui, 2008).

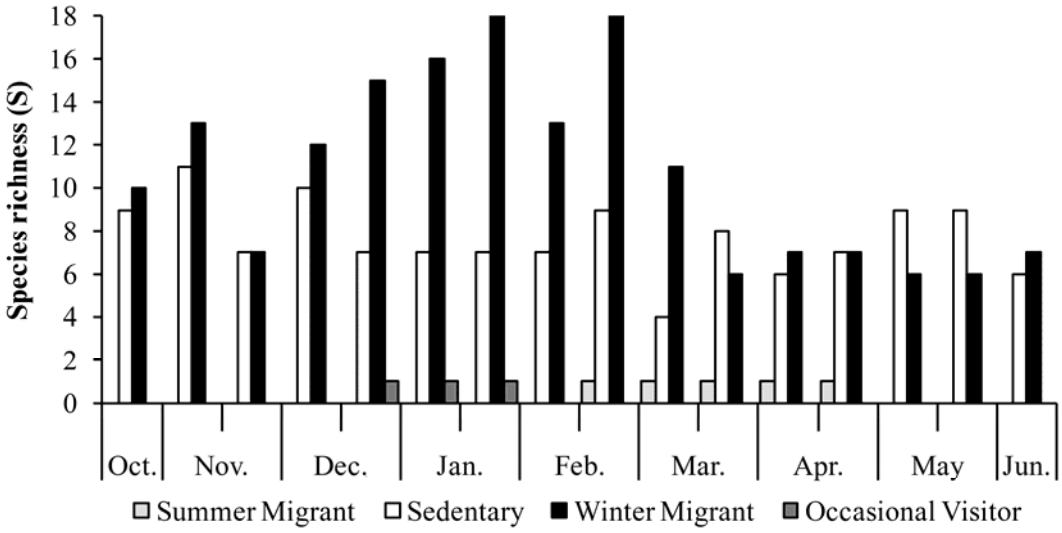

Рис. 5. Изменения видового богатства птиц по фенологическим типам во времени. **Fig. 5.** Temporal variation of species richness applied for bird phenological guilds.

Since the search for food is the main reason of bird migrations (Blondel, 1979), the monitored successions in phenological guilds give an indication on the dynamics of food supplies in both quantitative and qualitative varieties. Indeed, A. Tamisier and O. Dehorter (1999) claim that bird diet determines phenological character including sedentary or migratory traits.

Basically, dynamics of phenological guilds follow that in Western Palearctic, although wintering is much earlier and ends earlier than what is known in Eurasian and coastal North African regions (Thorup et al., 2007). Indeed, winter-migrants are being replaced after the end wintering-period by sedentary species, which were present throughout the study period but with their numbers are increasing significantly during the breeding season. The predominance of winter-migratory birds, in particular Anatidae, reflects the importance of this wetland for hosting waterbirds especially on wet habitats located in hot-hyperaridlands where water is a very scarce resource (Roshier et al., 2001; Chenchouni, Si Bachir, 2010).

Moreover, the presence of certain endemic species to North African Sahara (such as *Merops persicus*, *Alaemon alaudipes* and *Oenanthe deserti*) in the lake provide information on avifauna biogeography trends. It should be noted North Sahara including Lake Ayata is considered as transitional region between the Palaearctic and Afrotropical because it includes, besides birds of these two ecoregions, species that are not defined by Voous' faunal type classification (Voous, 1960).

Mammals. The recorded Mammals are characterized by a dominance of the order *Rodentia*, which includes two different families: the family *Gerbillidae* with a species and family *Muridae* with three species. Even though desert ecosystems are known to be qualified as healthy biotopes, the presence of certain species belonging to the category of rodents such as *Rattus rattus*, *Mus spretus*, *Mus musculus*, ... as well as other species like *Sus scrofa*, demonstrates that these natural hyper-arid habitats are anthropologically influenced, which inducing the introduction of invasive species (Loope et al., 1988). Moreover, these species, in majority, have an omnivorous diet, which facilitates their adaptation to hostile environmental conditions of the region. Moreover, these mammals have a diet composed by as well plants and animals, but they feed generally on different parts of plants, digging up roots and tubers, and eat fallen seeds. They may therefore, in case of outbreak and absence of natural predators, become harmful to natural vegetation. However, they

also can cause significant damage to nearby crops, especially crops underlying date palm. Indeed, other studies (Bekkari, Benzaoui, 1991; Bouzid, 2003) revealed the existence of invasive mammalian species in the vicinities of wetlands nearby oases and urban areas in the Lower-Sahara.

The Fennec (*Fennecus zerda*) is an endemic species for north Sahara desert (Le Berre, 1990; Cusin, 1996) which is protected in Algeria in order to sustain its vital ecological role this species plays in Saharan ecosystems (Incorvaia, 2005). Since Fennec feeds on a diverse range of animal prey (vertebrate and invertebrate) but also plant parts (Khechekhouche et al., 2011). These authors state also that the fennec's diet is dominated in terms of species by insects and dates (fruits of *Phoenix dactylifera*); however, in terms of biomass vertebrates (rodents, birds and lizards) are most abundant, which gives it the status of a carnivorous-predator. Unfortunately, this species has declined greatly throughout its distribution area at the Sahara Desert (WWF, McGinley, 2007).

It is noteworthy that study site could hold a further diverse mammalian fauna, particularly rare species and those with nocturnal and/or discrete behaviour as well as species using the site for brief visits. Therefore, this inventory should be enriched by additional investigations that would reveal the existence of other species, particularly if appropriate sampling techniques could be applied.

Conclusion and perspective

This study provides the first qualitative inventory of vertebrate fauna of Ayata Lake, which would be the most exhaustive and accurate. All species identified and recorded in this study have been already described for Algeria in the literature. Although this inventory remains far from being the most exhaustive, given the short period during which the study was conducted; our results suggest that knowing species composition as well understanding their temporal dynamics could be relevant to identify and to outline future conservation decisions.

Finally, it is important to emphasize the presence in the Lake Ayata of several protected species in Algeria and internationally, which also deserve more attention to carry out specific studies. The site is particularly important in hosting an abundant avian population, despite its small area, including wintering Anatidae which include also Marbled Duck (VU) and Ferruginous Duck (NT). The mere presence of all these protected and rare species suggests a direction of researches to conservation studies to guide policy makers and managers to mitigate deterioration and threatening factors.

REFERENCES

Bang P., Dahlstrom P. 2004. Guide des traces d'animaux, les indices de présence de la faune sauvage. [Guide of animal tracks, evidence of presence of wildlife]. Les guides du naturaliste. Ed. Delachaux et Niestlé : Paris. 264 p.

Bekkari A., Benzaoui S. 1991. Contribution à l'étude de la faune des palmeraies de deux régions du Sud-Est algérien (Ouargla et Djamaa). [Contribution to the study fauna of palm groves of two regions of southeastern Algeria (Ouargla and Djamaa)]. Engineer Dissertation. University Ouargla. Algeria. 134 p.

Belhadj A., Gasmi Y. 2005. Écologie et occupation spatio-temporelle de l'avifaune aquatique du lac de Sidi Amrane (Ecology and spatiotemporal distribution of aquatic avifaune at Lake Sidi Amrane). Engineer Dissertation. University Ouargla. Algeria. 67 p.

Blain H.-A., Bailon S., Cuenca-Bescós G. 2008. The Early-Middle Pleistocene palaeoenvironmental change based on the squamate reptile and amphibian proxies at the Gran Dolina site, Atapuerca, Spain // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Vol. 261. P. 177-192.

Blondel J. 1969. Sédentarité et migration des oiseaux de la garrigue méditerranéenne // Terre et Vie. Vol. 3. P. 294-295.

Bons J., Geniez P. 1996. Amphibians and reptiles of Morocco (occidental Sahara included) // Biogeographical Atlas. Edition Asoc. Herpetológica Española, Barcelona, Spain. 320 p.

Bouzid A. 2003. Bioécologie des oiseaux d'eau dans les chotts d'Ain El-Beida et d'Oum Er-Raneb (Région d'Ouargla). [Bio-ecology of waterbirds in chotts of Ain El-Beida and Oum Er-Raneb (Ouargla Region)]. Magister Dissertation. INA, El Harrach, Algeria. 136 p.

Chenchouni H., Si Bachir A. 2010. Zones humides et biodiversités – Classification et typologie des zones humides du Bas-Sahara algérien et caractérisation de la biocénose du Lac Ayata "Vallée d'Oued Righ" [Wetlands and biodiversities – Classification and typology of Algerian Lower-Sahara with characterisation of biocoenosis at Lake Ayata "Oued Righ Valley"]. Ed. Editions Universitaires Européennes. 145 p.

Chenchouni H. 2012. Diversité floristique d'un lac du Bas-Sahara algérien, Acta Botanica Malacitana. Vol. 37. in press.

Cuzin F. 1996. Réparation actuelle et statut des grands mammifères sauvages du Maroc (Primates, Carnivores, Artiodactyles) // Mammalia. Vol. 60. P. 101-124.

Dayton G.H., Fitzgerald L.A. 2006. Habitat suitability models for desert amphibians // Biological Conservation. Vol. 132. P. 40-49.

Fishpool L.D.C., Evans M.L. 2001. Important Bird Areas in Africa and associated islands: Priority sites for conservation // BirdLife Conservation Series. № 11. Pisces Publications and BirdLife International. Newbury and Cambridge, UK. 1144 p.

Gozlan R.E., Britton J.R., Cowx I., Copp G.H. 2010. Current knowledge on non-native freshwater fish introductions // Journal of Fish Biology. Vol. 76. P. 751-786.

Gozlan R.E. 2008. Introduction of non-native freshwater fish: is it all bad? // Fish and Fisheries. Vol. 9. P. 106-115.

Halternorth T., Diller H. 1985. Mammifères de l'Afrique du Nord et de Madagascar. [Mammals of North Africa and Madagascar]. Ed. Delachaux et Niestlé, France. 397 p.

Hamer A.J., Lane S.J., Mahony M.J. 2002. The role of introduced mosquitofish (Gambusia holbrooki) in excluding the native green and golden bell frog (Litoria aurea) from original habitats in south-eastern Australia, Oecologia. Vol. 132. P. 445-452.

Hammadi D., Boubidi S.C., Chaib S.E., Saber A., Khechache Y., Gasmi M., Harrat Z. 2009. Le Paludisme au Sahara algérien // Bulletin de la Société de pathologie exotique. Vol. 102. P. 185-192.

Heinzel H., Fitter R., Parslow J. 2004. Oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen Orient. [Birds of Europe, Middle East and North Africa]. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. 384 p.

Incorvaia G. 2005. Etude des facteurs potentiellement limitant de la répartition des fennecs Fennecus zerda dans le Sud-tunisien. [Study of factors potentially limiting the distribution of fennecs Fennecus zerda in southern Tunisia] / Doctorate Thesis. National School of Veterinary of Lyon, France. 150 p.

Isenmann P., Moali A. 2000. The birds of Algeria – Les oiseaux d'Algérie // Society of Ornithological. Studies France, MNHN, Paris. 336 p.

Khechekhouche E.A., Brahmi K., Mostefaoui O. 2011. Étude du régime alimentaire du fennec (Fennecus zerda) dans la région du Souf et dans la Cuvette d'Ouargla (Algérie). [Study of fennec diet (Fennecus zerda) in the region of Souf and Ouargla (Algeria)]. Proceedings of SIBFA Conference (22-24 Nov. 2009). Ouargla, Algeria. Vol. 2. P. 215-224.

Lamotte M., Bourliere F. 1969. Problème d'écologie: L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. [Problem of ecology: Sampling of animal populations of terrestrial environments]. Éd. Masson et Cie, Paris. 304 p.

Le Berre M. 1989. Faune du Sahara – I : Poissons, Amphibiens, Reptiles. [Fauna of Sahara – I: Fishes, Amphibians, Reptiles]. Ed. Lechevalier-Chabaud, Paris. 332 p.

Le Berre M. 1990. Faune du Sahara – II : Mammifères. [Fauna of Sahara – II: Mammals]. Ed. Lechevalier-Chabaud, Paris. 359 p.

Le Houérou H.N. 2001. Biogeography of the arid steppeland north of the Sahara // Journal of Arid Environments. Vol. 48. P. 103-128.

Ledant J.P., Jacob J.P., Jacobs P., Malher F., Ochando B., Roche J. 1981. Mise à jour de l'avifaune algérienne // Le Gerfaut. Vol. 71. P. 295-398.

Lévêque C., Paugy D. 2006. Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. // Fish of African continental waters: diversity, ecology, human use. 2nd Edition, IRD Editions. 564 p.

Leveque C., Paugy D., Teugels G.G. 1992. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest // Fishes fauna of fresh and brackish African waters. Tome 1 et 2. Ed. ORSTOM. 902 p.

Llewellyn O.A. 2002. The WCPA regional action plan and project proposal for North Africa and the Middle East // Parks. Vol. 10. P. 2-10.

Loope L.L., Sanchez P.G., Tarr P.W., Loope W.L., Anderson R.L. 1988. Biological invasions of arid land nature reserves // Biological Conservation. Vol. 44. P. 95-118.

Marzluff J.M. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds // Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World / J.M. Marzluff, R. Bowman and R. Donnelly (Eds.). Kluwer Academic Publishers, MA, USA. P. 19-47.

Monroe B.L., Sibley C.G. 1997. A World Checklist of Birds. Yale University Press. 416 p.

Mouane A. 2010. Contribution à l'étude bio-écologique de l'herpétofaune de la région du Souf, Algérie. [Contribution to the bioecological study of herpetofauna of Souf region, Algeria]. Magister Dissertation, Univ. Biskra, Algeria. 87 p.

Ozenda P. 1983. Flore du Sahara (Flora of the Sahara). 2nd edition. Ed. CNRS, Paris. 622 p.

Roshier D.A., Robertson A.I., Kingsford R.T., Green D.G. 2001. Continental-scale interactions with temporary resources may explain the paradox of large populations of desert waterbirds in Australia // Landscape Ecology. Vol. 16. P. 547-556.

Samraoui B., Samraoui F. 2008. An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species // Wildfowl. Vol. 58. P. 71-98.

Schleich H.H., Kästle W., Kabisch K. 1996. Amphibians and Reptiles of North Africa. Koeltz, Koenigstein. 627 p.

Tamisier A., Dehorter O. 1999. Camargue, Canards et Foulques. Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver. [Camargue, ducks and coots. Functioning of a prestigious wintering quarter]. Ornithological Centre of Gard, Nîmes, France. 369 p.

Thorup K., Tøttrup A.P., Rahbek C. 2007. Patterns of phenological changes in migratory birds // Oecologia. Vol. 151. P. 697-703.

Toumi I. 2010. Contribution à l'étude bioécologique du peuplement ichtyologique de la région du Souf. [Contribution to the study of ichtyological populations of Souf region, Algeria]. Magister Dissertation, univ. Biskra, Algeria. 114 p.

Van Dijk G., Ledant J.-P. 1983. La Valeur ornithologique des zones humides de l'est Algérien // Biological Conservation. Vol. 26. P. 215-226.

Vié J.-C., Hilton-Taylor C., Stuart S.N. 2008. The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Gland, Switzerland. 155 p.

Voous K.H. 1960. Atlas of European Birds. Ed. Nelson, London. 284 p.

WWF—World Wildlife Fund, McGinley M. 2007. Sahara desert // Encyclopedia of Earth. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment / C.J. Cleveland (Eds). Washington, D.C. URL: http://www.coearth.rg/

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 86-96

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.526+502

РАЗНООБРАЗИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И РОЛЬ *LEPTADENIA PYROTECHNICA* В СОСТАВЕ БИОМАССЫ И НАКОПЛЕНИИ УГЛЕРОДА В АРИДНОЙ ЗОНЕ ИНДИИ

© 2012 г. Г. Сингх, К. Сингх, Д. Мишра, С. Шакла

Научный институт аридных лесов, отделение лесной экологии
Индия, 342005 Джодхпур, Новая Дорога Пали. E-mail: gsingh@icfre.org, singh_g_dr@yahoo.co.in

Поступила 30.07.2011

Статья посвящена изучению разнообразия деревьев и кустарников, произрастающих совместно с *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Decne, продуктивности вида и содержанию углерода в растениях. Исследования проводились в пустыне Тар (Индия) в трёх агроклиматических районах: засушливая западная равнина (AWP), равнина транзита внутреннего стока (TID) и транзитная равнина бассейна реки Луни (TLB). Целью было оценить вклад *L. pyrotechnica* в общую биомассу и запасы содержания углерода в засушливых районах. Были подсчитаны такие показатели, как количество особей и площадь сечений стволов, которые оказались выше для кустарников, чем для деревьев. Значительная часть площади сечений стволов пришлась на *L. pyrotechnica* – около 40%. Содержание углерода в *L. pyrotechnica* варьировало в пределах 43.32-45.86% (в сухом остатке стеблей) и 39.45 к 42.51% (в сухом остатке корней), в то время как содержание азота изменялось от 0.41 до 2.21% и 0.57 до 1.69% в сухом остатке стеблей и корней соответственно. Большее число видов деревьев и кустарников характерно для районов TID и AWP, при этом общая площадь сечения стволов была самой высокой в районе TLB. Видовое богатство древесных форм оказалось выше, в то время как равномерность распределения выше у кустарников во всех агроклиматических районах. Высота растений вида *L. pyrotechnica* больше в районе TLB, толщина стволов (диаметр основания) в районе TID, а наибольшее число побегов – в зоне AWP. Соотношение высоты (H) и обхвата основания ствола (G) показало степенную зависимость (R^2=0.683, P<0.001) с надземной и сложную зависимость (R^2=0.552, P<0.001) с подземной биомассой. Как подземная, так и надземная биомасса были самыми высокими в районе TLB и самыми низкими – в TID. Соотношение корней и побегов схоже в районах AWC и TID, но значительно больше (1.25) в районе TLB, что свидетельствует о большей биомассе корней. Таким образом, популяция *L. pyrotechnica* вносит существенный вклад в растительность пустыни Тар, занимая обширную площадь и формируя значительную фитомассу, причем большая её часть располагается под землей, что защищает почвы от эрозии и связывает углерод.

Ключевые слова: агроклиматический район, количество биомассы, содержание углерода, Пустыня Тар.

VEGETATION DIVERSITY AND ROLE OF *LEPTADENIA PYROTECHNICA* IN BIOMASS CONTRIBUTION AND CARBON STORAGE IN ARID ZONE OF INDIA

© 2012. G. Singh, K. Singh, D. Mishra, S. Shukla

Arid Forest Research Institute, Division of Forest Ecology
India, 342005 Jodhpur, New Pali Road. E-mail: gsingh@icfre.org, singh_g_dr@yahoo.co.in

We studied diversity of tree-shrubs and productivity and carbon storage capacity of *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Decne in Indian Desert in three agro-climatic zone namely Arid western plain

(AWP), Transitional plain of inland drainage (TID) and Transitional plain of luni basin (TLB) with a view to monitor the contribution of *L. pyrotechnica* in biomass production and carbon storage in arid areas. Population and basal area were greater for shrubs than for the tree species. The contribution of *L. pyrotechnica* in basal area was about 40%. Carbon content of *L. pyrotechnica* varied from 43.32 to 45.86% and 39.45 to 42.51%, whereas nitrogen content varied from 0.41 to 2.21% and 0.57 to 1.69% in oven dry stem and roots, respectively indicating relatively greater carbon and nitrogen in stem than in roots. The highest population of tree and shrubs was in TID and AWP, respectively but total basal area was highest in TLB zone. Species richness was highest for tree, whereas species diversity and evenness were highest for shrub in all agro-climatic zones. Species dominance was highest in AWP zone for both tree and shrubs. Plants of *L. pyrotechnica* were taller in TLB, thicker (collar diameter) in TID and with highest numbers of tillers in AWP. Height (H) and collar girth (G) showed power relations (R^2=0.683, P<0.001) with above-ground and compound relations (R^2=0.552, P<0.001) with below-ground biomass. Both the above-ground and belowground biomasses were the highest in TLB and lowest in TID zone. Root/shoot ratio was similar in AWS and TID zones but was significantly greater (1.25) in TLB zone suggesting greater biomass allocation to roots. Conclusively, *L. pyrotechnica* has significant contribution in vegetation population, basal area and biomass production and showed greater biomass allocation to roots that help in stabilizing soil and sequestering carbon.
Keywords: agroclimatic zone, biomass partitioning, carbon storage, Indian desert.

Deserts occupy regions of very low or highly seasonal precipitation and are found in most of the continent i.e., Africa, southern and northern America, Asia and Australia. In desert, plant growth tends to be highly sporadic and plants invest heavily in protecting themselves against water loss and herbivores by making their tissues tough and resistant to decomposition. Lack of water decelerates decomposition rates, leading to the accumulation of carbon-rich dead plant material in the soil. Amundson (2001) estimated about 14 and 100 tonnes per ha carbon content in desert soils, but the carbon stored in the vegetation is around 2-30 tones per ha. Study of G. Wohlfahrt, L.F. Fenstermakerw and J.A. Arnone (2008) indicated that carbon uptake by deserts is much higher than the previously thought by which it may contribute significantly to the terrestrial carbon sink. But due to considerable uncertainties in these calculations, verification by quantifying above- and below-ground carbon pools over time was suggested (Schlesinger et al., 2009). Warming-up of deserts by 0.2-0.8ºC per decade (1976 to 2000) with an average increase of 0.5-2ºC combined with increased evapo-transpiration, lower precipitation and land degradation may reduce soil moisture and vegetation diversity leading to carbon loss from the soil (IPCC, 2001). Because of differences in the biochemical pathways, some species may be more responsive to elevated CO_2 or new habitat than others leading to changes in plant community structure (Morgan et al., 2001; Smith et al., 2000; Gunin et al., 2012) and carbon assimilation. The changes in vegetation composition and density will inevitably alter the carbon budget with uncertain feedback effects on the regional climate.

The Great Indian Desert spreads across the state of Rajasthan and parts of Gujarat in western India covers about 2 00 000 km^2, the desert is interspersed with hillocks, gravel, salt marshes and some lakes. About 61% of the Indian Desert is in Rajasthan covering 12 districts. The natural vegetation of this dry area is classed as Northern Tropical Thorn Forest (Champion, Seth, 1968) occurring in small clumps scattered more or less openly and composed of tree, shrubs and herbs. The number of tree species is very limited and the region is dominated mainly by shrubs like *Leptadenia pyrotechnica*, *Calligonum polygonoides*, *Calotropis procera*, *Acacia jacquemontii*, *Z. nummularia* etc (Naval et al., 2006). Many of these species are suffering of overexploitation for their varying uses resulting in shrinkage of their habitats and loss of land phytomass (Lebedeya et al., 2011). Some of them are *Calligonum polygonoides* (utilized for its valued high calorific fuelwood) and *L. pyrotechnica* presently used in brick manufacturing industries in the region and can be utilized particle board making (Bhaduri, Mojumder, 2008). *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne is an erect, much branched generally leafless shrub, generally 0.6-2.5 m tall. This species is medicinally important but is also used for making ropes, thatching hamlets and as fodder in the Indian desert (Bhaduri, Mojumder, 2008). Root system of a small *Leptadenia* bush reported to penetrate to a depth of 11.5 m and has a lateral extension of 10 m, exploiting about 850 m^3 of soil (Batanouny, Wahab, 1973) and reported to improve soil calcium and phosphorus concentration (Karim et al., 2009). Removal of this species under

overexploitation not only leads to land degradation but also affect ecology and carbon stock of the aridisol as this species has a good potential to assimilate carbon that is then available for sequestering into the soil.

In view of this, a study was conducted on biodiversity and productivity associated with *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Decne to (i) observed diversity status of *L. pyrotechnica* dominated habitats in different agro-climatic zone of Indian Desert, and (ii) contribution of *L. pyrotechnica* in biomass production and carbon sequestration in this desert region.

Methodology, site description and analysis

Vegetation survey was conducted in western part of Rajasthan covering the hot arid regions of India lie between 24° and 29° N latitude, and 70° and 76° E longitude, covering an area of 31.70 million ha. The arid regions of Rajasthan, Gujarat, Punjab, and Haryana together constitute the Great Indian Desert "The Thar", which accounts for about 89.6% of the total hot arid regions of India. The Thar Desert is subdivided into four sectors based on rainfall and edaphic characteristics. We have considered (i) arid western plain (AWP); (ii) transitional plain of inland drainage (TID), and (iii) transitional plain of Luni basin (TLB) for this study (fig. 1), because the fourth one cover almost irrigated area of Shri Ganganagar and Hanumangarh districts.

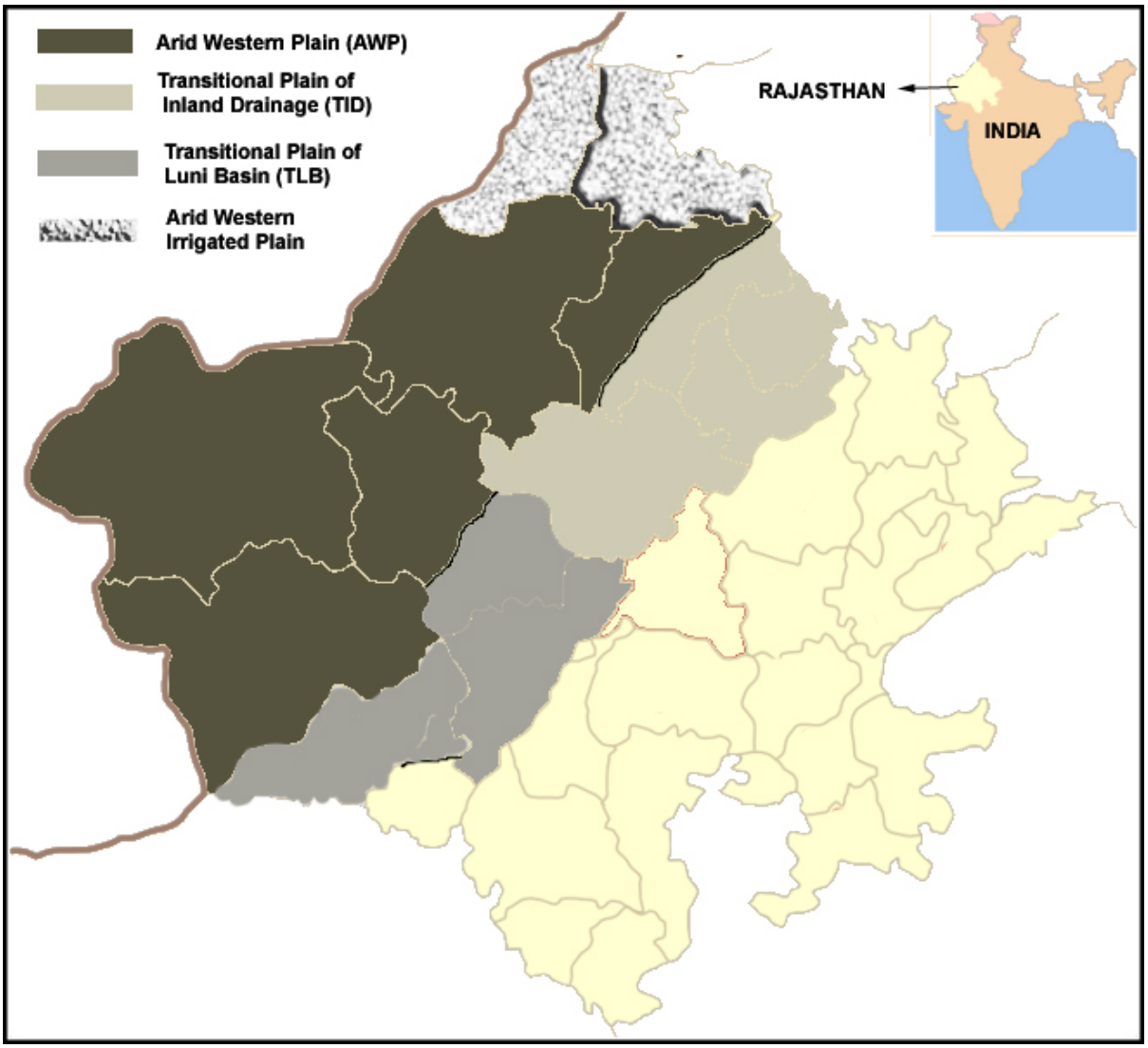

Рис. 1. Расположение различных агро-климатических районов в западном Раджастане (Индия).
Fig. 1. Distribution of different agro-climatic zone in western Rajasthan, India.

The AWP comprises of all tehsils of Bikaner, Jaisalmer and Barmer districts, Phalodi, Shergarh, Osian and Jodhpur tehsils of Jodhpur district and Dungargarh, Sujangarh, Ratangarh and Sardarshahar tehsils of Churu district. This is the most arid part of the state with annual rainfall between 100 to 400 mm, which is quite often erratic, so much so, that the entire rainfall of the year may fall on a single day and the rest of the year may be dry. Summer temperatures are always high and the diurnal range exceeds even 20°C. During summer temperatures may be as high as 49°C, whereas in winters, the day temperatures are higher but the night temperatures may be near freezing point. Winters are of short duration, not exceeding two months – December and January. The TID zone (transitional plain of inland drainage) comprises all tehsils of Nagaur, Sikar and Jhunjhunu districts and Taranagar, Churu and Rajgarh tehsils of Churu district. This area is covered with sand dunes and inter-dunal sandy plains. Drainage is not well developed and streams, which flow in the rainy season, disappear in sandy fields after covering some distance. Climatically, this zone is slightly better as compared to Arid Western Plain. Rainfall is slightly higher, temperatures in summer months do go very high but the winters are very cold. The "Transitional Plain of Luni Basin" lies between the Aravalli ranges and western arid region encompassing the entire districts of Jalor and Pali, Reodhar and Sheoganj tehsils of Sirohi district, and Bilara and Bhopalgarh tehsils of Jodhpur district. The region has semi-arid climate with an annual rainfall of 300 to 500 mm. It is drained by the river Luni which is seasonal and flows only during rainy season. The western part of the region is dotted with sand dunes, interspersed in alluvial soil. Luni and its tributaries, like Sukri, Mithri and Jawai have made this area productive. The climatic conditions are almost the same as in the western arid region except that the rainfall is slightly higher. The region is generally occupied by sparse vegetation comprising perennial and annual grasses, other herbaceous plants, shrubs and small trees. The number of tree species is very limited and the region is dominated by shrubs like *Leptadenia pyrotechnica*, *Calligonum polygonoides*, *Calotropis procera*, *Acacia jacquemontii*, *Z. nummularia* etc. The native plant species have adaptations that enable them to reproduce, grow and survive in the most inhospitable edapho-climatic conditions.

The survey was done adopting simple random sampling in forest areas of Bikaner, Jaisalmer, Barmer, Jalore, Ngaur, Sirohi and Pali forest divisions of Rajasthan during June 2009 to November 2010. Quadrates of 0.1 ha area was laid in forest block existing in the defined agroclimatic zones. Data on number of tree species and their population recorded and their growth i.e., height and circumference at breast height measured. In addition number shrub species and their population were also recorded and their height, number of tiller and the circumference of tillers are measured. One plant of *L. pyrotechnica* was harvested and root was excavated up to 0.5 cm diameter for total biomass recording. Fresh biomass of aboveground part (i.e., stem) and belowground part (i.e., root) was recorded at the time of harvesting. Plant height, number of tillers, crown diameter, root length and root diameter measured (photo 1). Samples of both above-ground and belowground plant parts were taken for estimation of dry biomass and fresh biomass recorded.

These plant samples were dried in an oven at 80°C for about 48 hrs and dry biomass recorded and converted to total plant dry biomasses for stem and roots. Above-mentioned stem and root samples were grounded using a Willey-Mills and plant carbon and nitrogen was estimated using Elementar CNS Analyser model Vario EL Cube.

Plants were identified as per taxonomy classification using standard literatures (Shetty, Singh, 1993). These species were counted manually and categorized into number of species and their population. Species richness, diversity, dominance, evenness and frequency were calculated using different literatures (Magurran, 1988; Pielou, 1966; Shannon, Wiener, 1963; Simpson, 1949). Data were statistically analyzed using the MS-EXCEL software and SPSS statistical package. Data were analyzed using statistical package "Window 2000". The variable considered was different climatic zone from where vegetation survey was done and sample collected, these data were analyzed using one way ANOVA. Different agroclimatic zone was considered as the main factor.

Results

Species population and diversity. A total number of 19 trees/shrub species were recorded during the field study. In this, there were 9 tree and 10 shrub species belonging to 12 families (table 1).

Among these species, *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Decne, *Prosopis cineraria* (L.) Druce. and *Zizyphus nummularia* (Burm.f) Wt were observed in all agroclimatic zones. *Acacia nilotica(L.)* Del., *Acacia jacquemontii* Benth., *Butea monosperma (*Lam.) Kuntze, *Euphorbia caducifolia* Hains and Kandel

(unidentified species) were observed only in transition plain of Luni basin (TLB), whereas *Calligonum polygonoides* L., *Capparis decidua (*Forsk.) Edgew., *Lycium barbarum* and *Maytenus emarginata* Willd. were recorded only in AWP zone. *Falcourtia indica* and *Salvadora oleoides* Decne. were recorded only in the transitional plain of inland drainage (TID). Variations in tree and shrub population and basal area of tree did not vary (P>0.05) between different agroclimatic zones. But basal area of shrubs approached a significant level (P=0.083) due to the agro-climatic zones (table 2). Trees population was highest in TID zone and lowest in TLB zone, but shrubs population and the population of *L. pyrotechnica* as well was highest in AWS zone. The combined basal area of trees and shrubs were highest in TLB zone but the lowest basal area was in TID zone. However, the lowest basal area was in TLB zone for trees and TID zone for shrubs. Contribution of *L. pyrotechnica* to the total basal area ranged from 50.7% in TID to 33.6% in TLB zone.

Фото 1. *Leptadenia pyrotechnica* в естественных условиях совместного произрастания с другими видами растений: *Calligonum polygonoides* (беловатый стебель, связанный с *L. pyrotechnica* на переднем плане с левой стороны) и *Acacia jacquemontii* (на заднем плане с правой стороны). **Photo 1.** *Leptadenia pyrotechnica* in natural conditions along with the associated species i.e., *Calligonum polygonoides* (whitish stem associated with *L. pyrotechnica*, left) and *Acacia jacquemontii* at right end corner.

Tree and shrub diversity variables did not vary significantly (P>0.05) between the agro-climatic zones except for shrub richness (P<0.01) and species diversity (P=0.078), which were highest in TLB zone (table 2). Species richness, species diversity and species evenness were highest in TLB zone for both trees and shrubs. Species dominance was highest in AWS and the lowest values were in TID for tree and in TLB for shrubs. Tree and shrubs richness were lowest in AWP zone, the diversity values were lowest in AWP and TID zone, respectively. Tree species evenness was lowest in TID, whereas AWP zone was less even for shrub species.

Growth variables and biomass of *L. pyrotechnica.* Plants of *L. pyrotechnica* were taller and wider in crown diameter in TLB zone but were thicker in TID zone. But plant height and crown diameter were relatively less in AWP zone, whereas collar diameter was lesser in TLB zone as compared to the other zones (table 3). The number of tiller (i.e., 23.3 numbers) was greater in relatively harsh AWP zone, whereas the lowest number of litters was in TLB zone, which is relatively better in rainfall and climatic condition as compared to the other zones. In root growth variables, *L. pyrotechnica* exhibited longer and thicker roots in TLB zone. Root length was shorter in TID zone but shorter root diameter was observed in AWP zone.

Total dry biomass (stem + root) of *L. pyrotechnica* plants ranged from 193.37 kg ha^{-1} in TLB to 78.88 kg ha^{-1} in TID zone. Both the above-ground biomass and root biomasses were highest in TLB and

lowest in TID zone (table 3). Interestingly, the root biomass was lesser than above-ground biomass in AWP and TID zone, but a reverse trend was observed in TLB zone, where root biomass was relatively greater than that in other two zones. Ratio of root to above-ground biomass was highest (i.e., 1.23) in TLB zone, whereas it was 0.69 in other two zone. We found significant ($P<0.05$) increase in above-ground and root biomasses with height/ collar diameter and their linear multiplication. Though plant height showed best fit to predict aboveground and root biomasses (table 4), but we selected $G\times H^2$ (here G is collar girth and H is height of plant), because of frequent variation in height due to harvesting of aboveground biomass for different uses. $G\times H^2$ is related with power equation for aboveground and compound equation with root biomass.

Таблица 1. Сообщества деревьев и кустарников, произрастающих совместно с *L. pyrotechnica* в различных агро-климатических районах пустыни Тар. **Table 1.** Trees and shrubs associated with *L. pyrotechnica* in different agro-climatic zone in Thar desert.

S.No.	Species	Habit	Family	Zone of occurrence
1	*Acacia nilotica(L.)* Del.	Tree	Mimosaceae	TPB
2	*Acacia senegal* (L.) Willd	Tree	Mimosaceae	TPB, TID
3	*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne	Tree	Mimosaceae	AWP, TID
4	*Acacia jacquemontii* Benth.	Shrub	Mimosaceae	TPB
5	*Aerva pseudotomentosa* Blatt.& Ha*lb*	Shrub	Emaranthaceae	AWP, TID
6	*Butea monosperma (*Lam.) Kuntze	Tree	Fabaceae	TPB
7	*Calligonum polygonoides* L.	Shrub	Polygonaceae	AWP
8	*Calotropis procera* (Ait.) R.Br.	Shrub	Asclepiadaceae	AWP, TID
9	*Capparis decidua (*Forsk.) Edgew.	Shrub	Capparaceae	AWP
10	*Euphorbia caducifolia* Hains	Shrub	Euphorbiaceae	TPB
11	*Flacortia indica*	Tree	Flacourtiaceae	TID
12	*Kandel (Undentified)*	Tree		TPB
13	*Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Decne	Shrub	Asclipiadaceae	AWP, TID, TPB
14	*Lycium barbarum*	Shrub	Solanaceae	AWP
15	*Maytenus emarginata* Willd.	Shrub	Celastraceae	AWP
16	*Prosopis cineraria* (L.) Druce.	Tree	Mimosaceae	AWP, TID, TPB
17	*Prosopis juliflora* (Swartz.) DC.	Tree	Mimosaceae	TID, TPB
18	*Salvadora oleoides* Decne	Tree	Salvadoraceae	TID
19	*Zizyphus nummularia* (Burm.f) Wt.	Shrub	Rhamanaceae	AWP, TID, TPB

Примечания к таблицам 1-3: AWP – засушливая западная равнина, TID – транзитная равнина внутреннего дренажа, TPB – транзитная равнина бассейна р. Лани, ** = значимый ($P<0.01$), NS = не значимый ($P<0.05$). Notes to table 1-3: AWP=Arid western plain, TID= Transitional plain of inland drainage, TPB= Transitional plain of Luni basin, ** = significant ($P<0.01$), NS = not-significant ($P<0.05$).

Carbon and nitrogen concentration in *L. pyrotechnica.* Concentrations of carbon did not differ between different agro-climatic zones, though it varied from 44.36% to 45.19% in aboveground and 41.60% to 43.06% in the root oven dry biomass. The carbon concentration was relatively greater in TID zone as compared to the other zones. While considering aboveground and below ground carbon concentrations, it was relatively greater above-ground than in the root (table 5). Nitrogen concentration in stem and root varied significantly between agro-climatic zones. It was highest in the plants of AWP for both stem and roots of *L. pyrotechnica*. In stem, the lowest N concentration was in the plants of TLB zone, whereas the nitrogen concentration in root was lowest in the plants of TID zone.Interestingly, the nitrogen concentration was relatively greater in roots of the plants in TID and TLB zones, whereas N concentration in stem was relatively greater in AWP zone as compared to the plants of the other zones. Carbon to

nitrogen ratio in stem increased from 35.06 in AWP 97.34 in TLB, whereas in root it varied from 41.17 in TLB to 64.20 in TID zone.

Таблица 2. Показатели плотности деревьев и кустарников в сообществах *L. pyrotechnica*, их базальной площади, видового богатства, доминирования и распределения видов в различных агроклиматических районах западного Раджастана (значение переменной – среднее±SE из 10-ти повторностей). **Table 2.** Population, basal area and diversity variables of trees and shrubs associated with *L. pyrotechnica* in different agro-climatic zone of western Rajasthan. Values are mean ±SE of ten replicates.

Plant variable	**Vegetation**	**Agro-climatic Zone**			**One way ANOVA**	
		AWP	TID	TLB	F value	P value
Population (no. /0.1 ha)	Tree	9.2±2.59	14.3±7.88	8.7±5.24	0.38	NS
	Shrub	70.6±13.40	39.5±24.25	30.3±24.41	1.52	NS
	L. protechnica	31.2±5.43	23.8±9.33	14.7±6.39	1.19	NS
Basal area (m^2 per 0.1 ha)	Tree	0.23±0.09	0.19±0.11	0.04±0.03	0.61	NS
	Shrub	0.30±0.05	0.17±0.09	0.67±0.34	2.99	0.08NS
	Total	0.53	0.36	0.71	-	-
% of *L. pyrotechnica* to total basal area	-	41.2±8.14	50.7±17.51	33.6±21.78	0.29	NS
Species richness	Tree	0.55±0.09	0.68±0.03	0.97±0.41	1.50	NS
	Shrubs	0.31±0.03	0.32±0.08	0.71±0.16	8.28**	0.008
Species diversity	Tree	0.15±0.08	0.37±0.26	0.51±0.41	0.93	NS
	Shrubs	0.63±0.13	0.27±0.20	1.04±0.05	3.07	0.08NS
Species dominance	Tree	0.86±0.18	0.56±0.23	0.73±0.23	0.53	NS
	Shrubs	1.29±0.69	0.83±0.16	0.34±0.05	0.35	NS
Species evenness	Tree	0.42±0.17	0.32±0.00	0.63±0.33	0.30	NS
	Shrubs	0.77±0.07	0.98±0.00	0.88±0.05	0.73	NS

Таблица 3. Средние величины параметров растений (высота, диаметр кроны, количество побегов, диаметр стволов, длина корней) и биомассы (надземной, подземной, общей) *L. pyrotechnica* в различных агроклиматических районах западного Раджастана (значение переменной – среднее±SE из 10-ти повторностей). **Table 3.** Average growth variables and biomass partitioning of *L. pyrotechnica* in different agroclimatic zone of western Rajasthan. Values are mean ±SE of ten replicates.

Plant variable	**Agro-climatic Zone**			**One way ANOVA**	
	AWP	**TID**	**TLB**	**F value**	**P value**
No. of tillers (per plant)	23.3±5.78	11.8±2.78	11.7±2.73	4.28**	0.03
Height (cm)	132.7±14.21	146.3±12.31	146.7±44.47	0.17	NS
Collar dia. (cm)	5.42±1.26	6.80±2.24	5.02±2.29	0.20	NS
Crown dia. (cm)	119.2±11.46	139.9±32.60	202.8±92.86	1.48	NS
Root length (cm)	185.1±14.93	150.0±29.07	231.0±42.51	1.92	NS
Root dia. (cm)	3.16±0.78	3.23±1.21	4.13±2.28	0.15	NS
Above ground biomass (kg ha^{-1})	78.94±17.49	46.73±17.08	80.40±70.63	0.37	NS
Root biomass (kg ha^{-1})	49.83±10.67	31.45±10.92	112.97±99.97	1.22	NS
Total biomass (kg ha^{-1})	128.77±27.55	78.88±27.98	193.37±170.58	0.63	NS
Root/Shoot ratio	0.69±0.94	0.69±0.18	1.23±0.34	3.44	0.06NS

Таблица 4. Уравнения регрессии для надземной и подземной биомассы с переменными роста *L. pyrotechnica*. **Table 4.** Regression equations for above ground biomass (stem) and below ground (root) biomass with growth variables of *L. pyrotechnica*.

Dependent variables	Independent variables	Curve fit	Regression constants		R^2	SE	*F* value	*P* value
			a_0	a				
Above ground biomass (stem)	Height (H)	Compound	5.49	1.03	0.73	0.80	44.85	0.00
	Girth (G)	Power	5.58	1.44	0.46	0.43	14.37	0.01
	G x H	Power	0.03	1.21	0.63	0.94	28.39	0.00
	G x H^2	Power	0.002	0.96	0.68	0.86	36.65	0.00
Below ground biomass (root)	Height	Compound	7.36	1.03	0.59	0.97	24.23	0.00
	Girth	Compound	61.04	1.07	0.34	1.23	8.59	0.01
	G x H	Compound	66.10	1.00	0.51	1.05	17.94	0.01
	G x H^2	Compound	82.22	1.00	0.55	1.01	20.95	0.00

Таблица 5. Содержание углерода и азота (%) в различных частях *L. pyrotechnica* в разных агроклиматических районах западного Раджастана. **Table 5.** Carbon and nitrogen content (%) in different part of *L. pyrotechnica* influenced by agro-climatic zone in western Rajasthan.

Agro-climatic Zone	Aboveground (%)		Root (%)		C:N ratio	
	C	N	C	N	Stem	Root
Arid Western plain	44.97	1.410	41.60	1.075	35.06	42.13
Transitional plain of inland drainage	45.19	0.510	43.057	0.677	90.73	64.20
Transitional plain of Luni basin	44.360	0.460	42.170	1.020	97.34	41.17

Discussion

Species population and diversity- The vegetation of this region is the most dry deciduous type and scrub indicating the dominance of shrubs species. Occurrence of *L. pyrotechnica* along with *P. cineraria* and *Z. nummularia* in all studied agro-climatic zone (throughout the desert) with varying soil conditions indicating its wide adaptability in the region, though *P. cineraria* and *Z. nummularia* area socially acceptable species. K. Nawal, N. Al-Amin, C.J. Stigter and A. El-Tayeb Mohammed (2006) during their study on survival and growth of different tree, shrubs and grasses including *L. pyrotechnica* in central Sudan, where the variation of soil conditions with depth on a small scale influenced the growth differences in *Acacia tortilis* and *Prosopis juliflora*, this difference in soil physical and chemical properties did not affect *L. pyrotechnica*, which performed better in final survival as compared to than *A. tortlis*. Study of S. Kumar and V. Shankar (1985) showed that the sprinkling of trees and shrubs in different grass cover areas in Indian Desert varies in composition and density, by and large, according to the soil texture and the relief (GoR, 2010). However, wide variability in population and diversity variables of shrubs and trees in different agro-climatic zone was due to climatic conditions but more importantly the soil characteristics and the availability of soil water and nutrients. In a study carried out in a part of Barmer district, frequency of occurrence of *L. pyrotechnica* varied from 19.2% to 64.3%, whereas abundance varied from 5.9 to 195.2 number per ha in different land uses like agriculture, community and forest lands, whereas frequency of occurrence of tree species was relatively less except for *P. cineraria* and *T. undulata* (Singh, 2008). Occurrence of *A. nilotica*, *A. jacquemontii* and *Butea monosperma* in TLB zone only was probably due greater rainfall and the conducive soil and climatic conditions, but occurrence of *C. polygonoides*, *Capparis decidua*, *L. barbarum* and *M. emarginata* in AWP zone only showed adaptability of these species to hard environmental conditions of aridisol. Highest population of trees in TID zones and those of shrubs in AWP zone suggested that shrubs had better adaptability to arid conditions as compared to the tree. This was also supported by less tree richness in AWP zone. Satyanarayan (1963) grouped the plant communities of central Luni basin into

five formations depending upon soil characteristics. However, lowest contribution in basal area by *L. pyrotechnica* in TLB indicated occurrence of other shrub species indicated by the highest species richness, species evenness and species diversity of shrubs in this zone. The highest basal area of trees and shrubs combined in TLB, despite of relatively less population was probably due to better growth of the growing vegetation. But the highest species richness of tree in TLB suggested that this zone have relatively better resource availability influencing growth of both tree and shrub species. S. Kumar (1996) found strong correlation of vegetation groupings with soil texture, moisture holding capacity but a low correlation with pH and electrical conductivity that suggested the possible importance of soil physical properties in affecting vegetation composition.

Growth variables and biomass of *L. pyrotechnica.* Growth and biomass production in arid region depends upon soil water though rainfall, which influenced nutrient availability for plant uptake. For example G. Singh (2004a, b) observed a reduction in growth and biomass production of *A. tortilis* and *Calligonum polygnoides* due to reduced soil water under competitive effects of *Dactyloctenium sindicum* grass that extracted and utilized soil water more efficiently. Relatively greater height and crown diameter of *L. pyrotechnica* in TLB zone was probably due to greater rainfall and probably soil water and nutrients influencing growth and biomass production. However, reduced growth variables of *L. pyrotechnica* in AWP zone was certainly due to aridity and less availability of soil water and nutrients but favoured increased number of tillers (the highest number of tiller in this zone). *L. pyrotechnica* exhibited longer and thicker roots in TLB zone to exploit available resource for enhanced biomass production and carbon accumulation. But, the smallest root diameter in AWP zone was due to water stress giving more emphasis on fine roots development in surface soil layer to exploit whatsoever soil resources are available. K.H. Batanouny and A.M. Abdel Wahab (1973) observed that the distribution of the roots and their branching in *L. pyrotechnica* is closely related to the availability of the soil moisture in the different strata, though this plant exhibits some characteristics (i.e., probably high concentrations of minerals/ solutes in root cells), which help it to keep its water balance positive through increased absorption.

The highest biomass for both above-ground and root in TLB zone than in the other zone was due relatively greater rainfall and soil water availability favouring growth and biomass production of *L. pyrotechnica*. Increased root biomass was to extract soil water to support growing aboveground biomass, but mild stress influenced root growth because of biomass partioning towards root resulting in greater root to shoot ratio. Relatively lesser root biomass in AWP was due to severe soil water stress in this zone and/ or due to fibrous root formation. The highest root to shoot ratio of *L. protechnica* plants in TLB zone might be due to climatic and edaphic conditions, though it varied on age of the plants also. Literatures suggests that tree under afforestation showed a progressive reduction in root to shoot ratio specially after canopy closure, where a steady increase in stem biomass contrast with biomass turnover of canopy and roots predominates in determining root to shoot ratio (Atwell et al., 1999). M.A. Bolinder, D.A. Angers, G. Bélanger, R. Michaud and M.R. Laverdière (2002) also observed variation in shoot to root ratio of forage crops due to locations and climatic conditions, but their results suggested that average shoot: root biomass of about 1.30 (values ranged from 1.01 to 1.72) in the first production year and 0.60 (values ranged from 0.43 to 0.87) in the second production year could be used as a first approximation to estimate the amount of root biomass left in the soil to a depth of 45 cm from forage crops in eastern Canada. Peichl, Arain (2007) also observed a decrease in toot to shoot biomass ratio from 0.32 in the 2-year-old stand to 0.24, 0.16, and 0.22 in the 15-, 30-, and 65-year-old stands of *Pinus strobes* L., respectively, and this decrease was during the first few decades after stand establishment.

Carbon and nitrogen concentration in *L. pyrotechnica.* Though plants maintain almost a constant concentration of carbon but relatively greater carbon concentration in TID zone was due to variations in uptake of other minerals influenced by their availability in soil. However, relatively greater carbon concentration in stem than in root was probably due to variation in tissue chemical composition and mineral accumulation. B. Didier and D. Frederic (2006) observed a large variation in the carbon concentration between compartments that showed a quadratic relationship with relative height in the four stem compartments and in branches and buds of *Pinus pinaster* but a negative exponential relation with root diameter. The carbon concentration variations were in accordance with the tissue chemical composition observed in literature and the weighted mean carbon concentration reached 53.6% in the shoots and 51.7% in the roots with an average value of 53.2% at tree level (Didier, Frederic, 2006). H. Poorter and P. Pothmann

(1992) observed variations in carbon concentration between the species and found that the carbon content per unit total plant dry weight was higher for *Deschampsia flexuosa* (L.) than for *Holcus lanatus* L. and the dry weight: fresh weight ratio of total biomass was also much higher for *D. flexuosa*, and this was associated with a higher dry matter percentage in both leaves, stem and roots. However, the variation in the carbon concentration in roots and above-ground biomass was probably due to the concentrations of other minerals. There were significant variations in nitrogen concentration in both stem and root between agro-climatic zones but the concentration is similar to the findings of T.S. Ksiksi, A. Elkeblawy, F. Al-Ansari and G. Alhadrami (2006), who analyzed a number of species for their fodder quality potential and *Leptadenia pyrotechnica*, *Cyperus conglomeratus*, *Dipterygium glaucum* and *Pennisetum divisum* were found better than other species and *L. pyrotechnica* showed about 6.1% of crude protein. However, variation in plant nitrogen content among different agro-climatic zones was probably depended upon soil availability of NH_4-N and NO_3-N and their uptake by the plants. B.W. Touchette, J.M. Burkholder and Jr.H.B. Glasgow (2003) observed that increased temperature promoted total carbon content of leaf tissue but increased nitrate concentration increased the nitrogen per cent in belowground tissue of *Zostera marina* L. and depressed the C/N ratio in aboveground tissues.

Conclusions

Dry conditions favoured population and basal area of shrubs as compared to tree species and the contribution of *L. pyrotechnica* to the total basal area was about 42.1%. The carbon and nitrogen contents were relatively greater in stem than in roots. Species richness was highest for tree, but species diversity, dominance and evenness were highest for shrubs. Variations in climatic and edaphic conditions influenced the population of tree and shrubs as well as growth of and carbon and nitrogen concentration in *L. pyrotechnica* plants. Relatively greater population and number of tillers in *L. pyrotechnica* plants in arid western plain and highest biomass in TLB zone suggested its wide adaptability and competitive utilization of resources and biomass production contributing to the carbon stock in the region. However, *L. pyrotechnica* showed compartmentalization in carbon and nitrogen accumulation probably an adapatation mechanism of this species in this arid environment. Conclusively, *L. pyrotechnica* has significant contribution in vegetation population, basal area, biomass production and carbon accumulation, but interesting greater biomass allocation to roots may be helpful in increasing soil carbon and stabilizing wind prone soil.

Acknowledgement. We express our sincere thank to the Director Arid Forest Research Institute, Jodhpur for providing facilities.

REFERENCES

Amundson R. 2001. The carbon budget in soils // Annual Review of Earth and Planetary Science. No. 29. P. 535-562.

Atwell B.J., Kriedemann P.E., Turnbull, C.G.N. 1999. Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation. McMilan Publisher, Australia Pvt Ltd. 206 p.

Batanouny K.H., Abdel Wahab A.M. 1973. Eco-physiological studies on desert plants // Oecologia. No. 11. P. 151-161.

Bhaduri S.K., Mojumder P. 2008. Medium density particle board from khimp plant // Natural Product Radiance. No. 7. P. 106-110.

Bolinder M.A., Angers D.A., Bélanger G., Michaud R., Laverdière, M.R. 2002. Root biomass and shoot to root ratios of perennial forage crops in eastern Canada // Canadian Journal of Plant Sciences. No. 82. P. 731-737.

Champion H.G., Seth S.K. 1968. A Revised Survey of the Forest Types of India. New Delhi: The Manager of Publications. 404 p.

Didier B., Frédéric D. 2006. Carbon concentration variations in the roots, stem and crown of mature *Pinus pinaster* (Ait.) // Forest Ecology and Management. No. 222. P. 279-295.

Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Dmitriev I.A., Drobyshev Y.I., Kazantseva T.I., Miklyaeva I.M., Ogureeva G.N., Slemnev N.N., Titova S.V., Ariunbold E., Battseren C., Jargalsaikhan L. 2012. Expansion of *Ephedra sinica* Stapf. in the arid steppe ecosystems of Eastern and Central Mongolia // Arid Ecosystems. No. 18. P. 26-46.

GoR. 2010. Government of Rajasthan. Water Resource Department. http://waterresources.rajasthan.gov.in/1climate.htm. Accessed on 14th December 2010. 242 p.

IPCC. 2001. Climate Change 2001. Working Group I, Third Assessment Report. Cambridge Cambridge: University Press. 1075 p.

Karim B., Mukhta A., Mukhtar H., Athar M. 2009. Effect of the canopy cover on the organic and inorganic content of soil in Cholistan desert // Pakistan Journal of Botany. No. 41. P. 2387-2695.

Ksiksi T.S., Elkeblawy A., Al-Ansari F., Alhadrami G. 2006. Artificial Forest Ecosystems of the UAE are hot spots for plant species // World Journal of Agricultural Sciences. No. 2. P. 359-366.

Kumar S. 1996. Trends in structural compositional attributes of dune-interdune vegetation and their edaphic relations in the Indian desert // Vegetatio. No. 124. P. 73-93.

Kumar S., Shankar V. 1985. Vegetation ecology of the Guhiya catchment in the upper Luni basin – India // Tropical Ecology. No. 26. P. 1-11.

Lebedeva N.V., Ilyina L.P., Ponomarev A.V., Savitsky R.M. 2011. The effect of grazing intensity on the transformation of arid-steppe ecosystems in the Manych Valley//Arid Ecosystems. No. 1. P.251-259.

Magurran A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton NJ: Princeton University Press. 110 p.

Monger H.C., Martínez-Ríos J.J. 2000. Inorganic carbon sequestration in grazing lands // The Potential of U.S. Grazing Landsto Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect /Eds. R.F. Follett, J. Kimble and R. Lal. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers. P. 87-118

Morgan J.A., Lecain D.R., Mosier A.R., Milchunas D.G. 2001. Elevated CO_2 enhances water relations and productivity and affects gas exchange in C_3 and C_4 grasses of the Colorado short grass steppe // Global Change Biology. No. 7. P. 451-464.

Nawal K., Al-Amin N., Stigter C.J., El-Tayeb Mohammed A. 2006. Establishment of trees for sand settlement in a completely desertified environment // Arid land Research and Management. No. 20. P. 209-227.

Pielou E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections // Journal of Theoretical Biology. No. 13. P. 145-163.

Peichl M., Arain M.A. 2007. Allometry and partitioning of above- and belowground tree biomass in an age-sequence of white pine forests // Forest Ecology and Management. No. 253. P. 68-80.

Poorter H., Pothmann P. 1992. Growth and carbon economy of a fastgrowing and a slow-growing grass species as dependent on ontogeny // New Phytologist. No. 120. P. 159-166.

Satyanarayan Y. 1963. Ecology of the central Luni basin, Rajasthan // Annals of Arid Zone. No. 2. P. 82-100.

Schlesinger W.H., Belnap J., Marion G.M. 2009. On carbon sequestration in desert ecosystems // Global Change Biology. No. 15. P. 1488-1490.

Shannon C.E., Weiner W. 1963. The mathematical theory of communication. Urbana, USA: University of Illinois press. 177 p.

Shetty B.V., Singh V. 1987-1993. Flora of Rajasthan. Howara Kolkata, India: Botanical survey of India. Vol. I. 1987. P. 1-545. Vol. II. 1991. P. 546-860. Vol. III. 1993. P. 861-1246.

Simpson E.H. 1949. Measurements of diversity // Nature. No. 163. P. 683-688.

Singh G. 2004a. Influence of soil moisture and nutrient gradient on growth and biomass production of *Calligonum polygonoides* in Indian desert affected by surface vegetation // Journal of Arid Environment. No. 56. P. 541-558.

Singh G. 2004b. Growth, biomass production and soil water dynamics in relation to habitat and surface vegetation in hot arid region of Indian desert//Arid Land Research and Management. No. 17. P. 1-17.

Smith S.D., Huxman T.E., Zitzer S.F., Charlet T.M., Housman D.C., Coleman J.S., Fenstermaker L.K., Seemann J.R., Nowak R.S. 2000. Elevated CO_2 increases productivity and invasive species success in an arid ecosystem // Nature. No. 408. P. 79-82.

Touchette B.W., Burkholder J.M., Glasgow Jr. H.B. 2003. Variations in eelgrass (*Zostera marina* L.) morphology and internal nutrient composition as influenced by increased temperature and water column nitrate // Estuaries. No. 26. P. 142-155.

Wohlfahrt G., Fenstermakerw L.F., Arnone J.A. 2008. Large annual net ecosystem CO_2 uptake of a Mojave Desert ecosystem // Global Change Biology. No. 14. P. 1475-1487.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 97-101

ХРОНИКА

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО СТЕПЕВЕДЕНИЯ (ИНФОРМАЦИЯ О VI МЕЖДУНАРОДНОМ СИМПОЗИУМЕ «СТЕПИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ»)

© 2012 г. А.Г. Рябуха, А.А. Чибилёв, С.В. Левыкин

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
Россия, 46000 Оренбург, ул. Пионерская, д. 11. E-mail: orensteppe@mail.ru

Степные ландшафты и связанные с ними биологические виды – важная часть глобального биоразнообразия, представляющая ценность для всего мира. Ответственность за их сохранение лежит на странах, располагающих основными степными территориями, в числе которых Россия, Казахстан и Украина. Для многих регионов России, а еще более для Казахстана и Украины, степные экосистемы образуют основу природной среды, обеспечивают экологические услуги, критически важные для жизни людей и ведения хозяйства. В настоящее время степные экосистемы во всем мире и в России относятся к числу наиболее нарушенных человеком и наименее обеспеченных специальной охраной, они в сильнейшей степени зависят от сельскохозяйственной деятельности. Проблема уничтожения степного биома имеет в Северной Евразии двухвековую историю и укоренена в культуре. Поэтому общественное признание ценности степей и связанное с ним политическое решение следует признать первичными по отношению ко всем частным действиям (изменениям законодательства и административной практики, экономическим мерам и т. д.). Инструменты сохранения степей должны соответствовать многообразию форм прав на степные участки в ситуациях, когда с каждым участком связано, как правило, множество заинтересованных лиц. Действия по сохранению и восстановлению степей должны максимально использовать экономические стимулы для правообладателей земельных участков. Ключевое значение для сохранения степей в последние годы получили институты управления сельским хозяйством, а также инструменты территориального планирования. Проблема сохранения ряда ключевых степных видов может рассматриваться отдельно от сохранения степных сообществ, но она тесно увязана с сохранением биоразнообразия сельскохозяйственных ландшафтов в целом.

Решению выше обозначенных проблем был посвящён **VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «СТЕПИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ»**[1], состоявшийся 18-23 июня 2012 г. в г. Оренбурге. Организаторы – Институт степи УрО РАН, Природоохранительная комиссия Русского географического общества. Симпозиум проходил при содействии Российского фонда фундаментальных исследований и Проекта ПРООН/МПР/ГЭФ «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России». В его работе приняло участие более 180 ученых из 9 стран (Франция, Нидерланды, Турция, Венгрия, Чехия, Монголия, Украина, Казахстан, Россия), в том числе из 24 регионов России.

Научный комитет возглавили ученые, представляющие Российскую академию наук (чл.-корр. РАН А.А. Чибилёв, д.г.н. А.А. Тишков, д.б.н. В.А. Демкин, д.г.н. Ю.М. Семенов, д.б.н. И.Н. Сафронова, д.г.н. А.Н. Золотокрылин, д.г.н. Н.И. Коронкевич), Биосферный заповедник «Аскания-Нова» (к.б.н. В.С. Гавриленко), Западно-Казахстанский центр истории и археологии (д.и.н. М.Н. Сдыков), Центр экологических исследований Венгерской академии

[1] Степи Северной Евразии. Материалы VI международного симпозиума и VIII международной школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов» / Под ред. чл-корр. РАН А.А. Чибилева. Оренбург: ИПК «Газпромпечать» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2012. 940 с.

наук (Мольнар Зольт), Академию наук Чешской республики (Я. Вондрак)и др. ученые. В работе симпозиума принимал участие широкий круг специалистов, исследующих степную зону – ландшафтоведов, географов, экологов, ботаников, зоологов, почвоведов, историков, археологов и т.д.

К началу работы симпозиума подготовлен и издан сборник «Материалы VI международного симпозиума «Степи Северной Евразии» и VIII международной школы-семинара молодых ученых «Геоэкологические проблемы степных регионов», где опубликовано 272 доклада, в которых охвачены фундаментальные проблемы современного степеведения.

Круг научных интересов, затронутых участниками симпозиума весьма разнообразен. Представленные доклады отразили результаты исследований по следующим основным направлениям: актуальные вопросы исторического степеведения; природное и историко-культурное наследие степей; биологическое и почвенное разнообразие степных регионов; стратегия степного природопользования и проблемы экологической реабилитации степных ландшафтов; эколого-географические исследования степей и смежных территорий: эволюция, структура и антропогенная трансформация ландшафтов.

На пленарном заседании были представлены исследования в разных областях знаний. Открыл пленарное заседание директор Института степи УрО РАН чл.-корр. РАН, д.г.н. А. А. Чибилёв, осветивший в своём докладе «Степные юбилеи 2012 г.» важнейшие для Степи, Оренбургского края и естествознания юбилейные даты: 300-летие со дня рождения первого члена-корреспондента Российской академии наук П. И. Рычкова и 250-летие со дня выхода его «Топографии Оренбургский»; 220-летие со дня рождения писателя-оренбуржца С. Т. Аксакова; 100-летие со дня рождения историка и географа Л. Н. Гумилева; 100-летие со дня образования Постоянной Природоохранительной комиссии Императорского Русского географического общества. Подводя итог степным юбилеям, А. А. Чибилёв отметил, что ученые в начале XXI века продолжают и должны продолжать исследования и дела по обустройству и гармонизации степного ландшафтного пространства, начатые нашими предшественниками.

Директор Биосферного заповедника «Аскания-Нова» В. С. Гавриленко (Украина) сделал доклад о современном состоянии и перспективах сохранения природных экосистем в старейшем степном заповеднике «Аскания-Нова». Доклад Б. Б. Родомана (Российский НИИ культурного и природного наследия, г. Москва) был посвящен проблемам физической и ментальной реабилитации степей ввиду перекоса русской культуры в сторону лесистого Севера. Представитель французской делегации Фредерик Джоли (Научный центр по охране водно-болотных угодий Средиземноморья) на примере экологического региона Гоби доложил об исследованиях сезонного перемещения скота вместе с монгольским кочевым населением посредством картирования стоянок. В частности был сделан вывод, что экологические сдерживающие факторы (рельеф), играют решающую роль в выборе места для размещении сезонных стоянок скота, что привело к специфическому использованию угодий: на обширных участках исследуемой территории стоянки не появлялись совсем. Поскольку овец, коз и КРС монгольские пастухи держат рядом со своими стоянками, 43% остается свободной для выпаса других копытных, как домашних (верблюды, лошади) так и диких.

Особый интерес вызвал доклад Мольнара Зольта (Центр экологических исследований Венгерской академии наук) о том, что пастухи национального парка «Хортобадь» имеют хорошее представление о флоре и растительности галофитных степей. Их знания в большинстве случаев, не основываются на научных суждениях, однако они различают, по меньшей мере, 162 таксона растений и 47-66 типов местообитаний, кроме того, глубоко

понимают особенности динамики и истории ландшафтов.

Принципы теории и технологий реальной экологической реставрации степей Евразии и предотвращения их опустынивания, новым методом агростепей нашли отражение в докладе Д. С. Дзыбов (Ставропольский НИИ сельского хозяйства РАСХН). Данные исследования особенно важны, так как метод агростепей позволяет реально и в короткое время – за два – три года возродить некогда уничтоженную многовидовую травянистую степь. В. А. Дёмкин с соавторами (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино) посвятил свое выступление палеопочвам и климату Волго-Донских степей в эпохи энеолита, бронзы и раннего железа (IV тыс. до н.э. – IV в. н.э.). Н. И. Коронкевич (ИГ РАН, г. Москва) проанализировал особенности формирования стока в степной зоне в пределах Русской равнины, уделяя особое внимание его смене под влиянием сельскохозяйственной деятельности на водосборных бассейнах.

Одной из важнейших проблем любой науки является ее терминологический аппарат. Это относится и к степеведению. Уточнению терминов – степной тип растительности и его подтипы, подзоны и их названия, зональный тип и его зонально-экологические варианты был посвящен доклад И. Н. Сафроновой (БИН РАН, г. Санкт-Петербург).

Секционные доклады отличались широким спектром обсуждаемых вопросов. Насыщенной оказалась работа секции «Биологическое и почвенное разнообразие степных регионов». Наибольший интерес и дискуссию вызвали доклады, посвященные проблемам луговых степей, раскрытые Л. А. Новиковой (Пензенский ГПУ), Н. И. Бобровской (БИН РАН, г. Санкт-Петербург), Г. Н. Лысенко (Нежинский государственный университет, Украина), А. Я. Григорьевской (Воронежский гос. университет) и др. учеными. Блок докладов иностранных ученых был посвящен изучению лишайников – Я. Вондрак (Институт ботаники ЧАН, Чехия), Г. Галиджи (Эрджиейский университет, Турция), И. В. Фролова (Университет Южной Богемии, Чехия). Практически во всех докладах секции были затронуты вопросы экологической реставрации и проблемы восстановления и охраны степных ландшафтов. Методические подходы к картированию сохранившихся и восстановившихся степных массивов на территории России, с использованием дистанционных методов были раскрыты в докладах А. А. Тишкова с соавторами и О. В. Прохоровой (Воронежский госуниверситет). Межгорным котловинам Северного Кавказа, как потенциальным территориям особого природоохранного и культурного значения был посвящен доклад Е. А. Белоновской (ИГ РАН, г. Москва). Н. А. Соболев (ИГ РАН, г. Москва) на примере распространения видов общеевропейского значения доложил о разнообразии и антропогенной трансформации природных ландшафтов в лесостепной полосе Европейской России и эффективности обеспечения функций ключевых территорий лесостепи в Панъевропейской экологической сети.

Значительное внимание уделялось вопросам эколого-географических исследований степей. Особый интерес вызвал новационный доклад Т. С. Демкиной «Отражение палеоклиматических условий в состоянии микробных сообществ палеопочв археологических памятников Нижнего Поволжья». Был сделан вывод, что особенности изменчивости микробиологических параметров в связи с вековой динамикой климата за историческое время оказались синхронными и однонаправленными, хотя исследованные палеопочвы были приурочены к различным почвенно-географическим зонам, природным районам и элементам рельефа. Блок докладов был, посвящен процессам антропогенной трансформации ландшафтов: З Х. Ахметжановой (Казахский национальный университет) – Прикаспийского региона; Е. А. Гороховой (Воронежский госуниверситет) – Курской области; С. В. Пашкова (Северо-Казахстанский госуниверситет) – Северо-Казахстанской области и др. регионов.

В работе секции «Актуальные вопросы исторического степеведения; природное и

историко-культурное наследие степей» живой отклик вызвал доклад Н. Н. Спасской посвященный сохранению культа коня у народов Северной Евразии в современное время. Важные вопросы охраны природного и культурного наследия путем создания этнографического ландшафтного парка-музея «Евразийский перекресток» затронуты в докладе А. В. Голубева (Общественный фонд «Евразийский союз ученых», Казахстан). Т. С. Жумаганбетов (Актюбинский госуниверситет, Казахстан) посвятил свой доклад вопросам номадного способа производства на примере государства «Золотая Орда» и сделал вывод, что скотоводческая экономика, будучи главным элементом государствообразования не исключает других хозяйственных укладов в границах одного государства.

У молодых ученых, работавших на симпозиуме в рамках VIII международной школы-семинара молодых ученых «Геоэкологические проблемы степных регионов», наибольший интерес вызвали доклады д.б.н. И. Н. Сафроновой, представившей классическую экологию степей, растительного покрова и определения зональности, и д.г.н. Б. Б. Родомана – о судьбе России. Концепция сообщения заключалась в поиске компромисса: стать стране «заповедником» или «общемировой информационной, экологической, социальной помойкой» и вызвала почти двухчасовую дискуссию.

Среди своих коллег молодые ученые отметили доклады А. М. Шаповалова (ИС УрО РАН, Оренбург), рассмотревшего особенности распределения ряда видов жесткокрылых в пределах Оренбургской области с позиций их связи с определенными ботанико-географическими зонами и подзонами, и Н. Уйхази (Венгрия) об актуальнейшей проблеме этой европейской страны – сохранении пастбищ. Но и в целом работа школы-семинара, в которой приняли участие аспиранты, молодые ученые и специалисты из ведущих научных центров России, Чехии и Венгрии, прошла на высоком научном уровне, что подтвердило качество сделанных докладов.

В рамках симпозиума состоялось рабочее заседание в Правительстве Оренбургской области по теме «Восстановление степных экосистем Оренбуржья: реинтродукция лошади Пржевальского, развитие адаптивного мясного животноводства». В ходе заседания было подчеркнута необходимость восстановления лошади Пржевальского в природе путем создания нескольких природных популяций этого вида. В связи с этим проект реинтродукции лошади Пржевальского в Оренбургской области приобретает международное значение.

Участник симпозиума отметили, что ситуация, возникшая в России, Казахстане и Украине в последние годы в связи с вовлечением в оборот большой доли степных залежных земель ставит под угрозу планы и перспективы развития здесь сети новых ООПТ и сохранения степного биоразнообразия Евразии. Все это происходит на фоне продолжающихся климатических изменений, которые вносят существенные изменения в задачи территориальной охраны степей, их флоры и фауны.

В связи с вступлением России в ВТО обостряется проблема продовольственной безопасности страны, устойчивого производства сельхозпродукции, что во многом зависит от состояния степных земель, правильно организованной структуры степного агроландшафта, севооборота и оптимизации состава сельскохозяйственных культур. В выступлениях участников симпозиума было отмечено, что повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, плодородия почв, устойчивости к засухам и другим негативным процессам обеспечивается в степной зоне во многом за счет выведения из использования и зацелинения эродированной и деформированной пашни, оптимального насыщения посевных площадей многолетними травами (25-35%), увеличения площадей пастбищ и сенокосов, участков охраняемых степей с разнообразием аборигенной биоты.

В период между V и VI симпозиумами в России и Казахстане стартовали крупные

международные проекты ПРООН/ГЭФ по сохранению и устойчивому управлению степными экосистемами. VI симпозиум стал информационной площадкой для обсуждения промежуточных результатов проектов в Казахстане и России – «Сохранение и устойчивое управление степными экосистемами» и «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России», что позволило уточнить некоторые подходы и методы, используемые проектами, внести корректировку в их планы и привлечь новых экспертов для реализации проектов. В 2011 г. Управляющим советом РГО принято решение о воссоздании Постоянной природоохранительной комиссии РГО и учреждении Золотой медали РГО имени академика И.П. Бородина за заслуги в сохранении природного наследия. В 2012 г. по инициативе РГО в г. Оренбурге стартовал многоэтапный экспедиционный исследовательский проект «Степной мир Евразии», рассчитанный на 3 года (2012-2014 гг.) и ориентированный на выявление объектов природного и культурного наследия степных регионов от Венгрии до Монголии.

После плодотворной работы на пленарных и секционных заседаниях, для участников симпозиума была организована научная экскурсия «Природное и культурное наследие Оренбургского Предуралья». Ученым без сомнения было интересно посетить ландшафты сразу двух природных стран – Уральских гор и Европейской равнины. Ученые-ботаники особое внимание уделяли степным участкам, сравнивая их со своими регионами, обсуждали разную степень антропогенной освоенности и формы использования территории.

Широкое представительство на симпозиуме ландшафтоведов, географов, экологов, ботаников, зоологов, почвоведов из научных организаций и вузов России и зарубежья, а также участие в работе симпозиума научной молодежи позволяют надеяться, что обсуждение обозначенных на симпозиуме проблем вызвало интерес, а его результаты внесут вклад в дальнейшее развитие степного природопользования, изучения и сохранения ландшафтного и биологического разнообразия степей в XXI веке.

CURRENT IMPORTANT PROBLEMS OF THE MODERN STEPPE SCIENCE (INFORMATION ABOUT THE VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM «STEPPE OF NORTHERN EURASIA»)

© 2012. A.G. Ryabukha, A.A. Chibilyov, S.V. Levykin

Institute of Steppe of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Russia, 460000 Orenburg, Pionerskaya str., 11. E-mail: orensteppe@mail.ru

The VI International symposium «Steppe of Northern Eurasia» took place in Orenburg on June 18-23, 2012. It was organized by the Institute of Steppe Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Nature protection committee of the Russian Geographical Society, with the assistance of the Russian foundation for basic research, and the UNDP / MNR / GEF project "Improvement of the mechanisms and management of protected areas in the steppe biome of Russia”. The purpose of the Symposium was to address urgent problems in the steppe of natural resources, study and preservation of landscape and biological diversity of the steppes in the 21st century. Over 180 scientists from 9 countries (France, the Netherlands, Turkey, Hungary, the Czech Republic, Ukraine, Kazakhstan, and Russia) attended the VI International symposium «Steppe of Northern Eurasia» including from 24 regions of Russia. More than 80 papers were presented in two plenary sessions and four case ones. The reports to reflect the results of research in the following areas: emerging issues of historical steppe science, culture and natural heritage of steppes, biological and soil diversity of steppe regions, steppe nature use strategy and problems of ecological rehabilitation for steppe landscapes, ecological and geographical research of steppes and adjacent areas: evolution, structure and anthropogenic transformation of landscapes.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 102-103

ХРОНИКА

К ЮБИЛЕЮ ЕКАТЕРИНЫ ИВАНОВНЫ РАЧКОВСКОЙ

Екатерина Ивановна Рачковская – известный ботанико-географ, геоботаник, специалист в области изучения растительности аридных регионов, доктор биологических наук, одна из лучших знатоков растительного покрова степей и пустынь Азии. 17 сентября 2007 года ей исполнилось 85 лет. Научные интересы Екатерины Ивановны многогранны – это биология пустынных растений, структура растительного покрова, картографирование и районирование растительности, ареалогия, ботаническая география, экология и др. Ее экспедиционные маршруты охватили огромную территорию внутренней части Евразиатского континента (Казахстан, Средняя Азия, Монголия, Китай, Израиль) и Японии, Европы (Австрия, Великобритания, Германия). После окончания обучения в Ленинградском государственном университете в 1950 г., завершившегося дипломной работой «Дубравы Закарпатья» под руководством В.Б. Сочавы, Екатерина Ивановна была принята в аспирантуру Ботанического института им. В.Л. Комарова (БИН) АН СССР, где и начала свои исследования в аридных районах Средней Азии. Под руководством Л.Е. Родина, ею в 1953 г. была успешно защищена кандидатская диссертация на тему: «Биология пустынных полукустарничков». Казахстан стал основным районом исследований Екатерины Ивановны, и именно здесь она начала свою деятельность в области геоботанического картографирования и районирования. Она принимала активное участие в коллективной работе «Природное районирование Северного Казахстана». Результаты первого опыта комплексных исследований в СССР при ее участии опубликованы в монографии «Биокомплексные исследования в Казахстане» в 3 книгах (1969-1976 гг.). В монографии «Ботаническая география степной части Центрального Казахстана» (1973), написанной совместно с З.В. Карамышевой, обсуждены важные теоретические проблемы ботанико-географического районирования: объем и содержание основных единиц районирования; геоботанические и флористические критерии выделения единиц; соотношение ботанико-географического и природного районирования и др.

С 1971 г. начинается новый этап в исследованиях Екатерины Ивановны – работа в составе Советско-Монгольской комплексной биологической экспедиции АН СССР и АН МНР. Екатерина Ивановна посвятила более двух десятилетий изучению растительности этого региона. Результаты этих интереснейших исследований нашли отражение в докторской диссертации, успешно защищенной в 1989 г., а также в «Карте растительности Монгольской Народной Республики» (1990), монографиях «Растительность гобийских пустынь Монголии» (1993), «Фитоэкологические исследования в южной Гоби» (в соавторстве с И.О. Байтулиным и Ю.Г. Евстифеевым, 1993), «Карте экосистем Монголии» М 1:1000 000 (1995), коллективной монографии «Экосистемы Монголии» (1995) и многочисленных публикациях.

В 1985 г. Екатерина Ивановна переезжает в г. Алматы (Казахстан) и становится заведующей лабораторией в Институте ботаники Казахской ССР, где благодаря ее неутомимому труду, высокому профессионализму и новаторству в применении новых современных технологий (космические снимки и т.п.) оформилось и укрепилось новое направление фитоэкологического картографирования. Разработанные и опубликованные Екатериной Ивановной карты имеют большое научное значение не только как источник знаний о растительном покрове какого-либо региона, но и в вязи с разработкой и апробированием теоретических представлений о пространственной структуре растительного покрова, способах и методах геоботанического картографирования. Опубликованная в 1975 г. «Карта растительности степной части Казахского мелкосопочника» М 1:1 500 000 до настоящего времени

остается актуальной, так как на ней нашли отражение новые представления показе на картах закономерностей пространственной организации растительного покрова как структурно-динамической системы и об основных хорологических единицах, отражающих структуру растительного покрова в наиболее широко используемом масштабе. Одним из крупных картографических произведений является Карта растительности Семиречья М 1: 500 000, охватывающая обширный регион Балхаш-Алакольского бассейна, разработанная (авторский макет) большим коллективом казахстанских геоботаников под ее руководством. В 1999 г. совместно со специалистами-картографами БИН РАН (Е.А. Волкова, В.Н. Храмцов) была создана электронная версия карты «Растительность Казахстана и Средней Азии». Развернутый анализ полученной карты, выполненный под руководством Екатерины Ивановны, нашел отражение в коллективной монографии «Ботаническая география Казахстана и Средней Азии» (2003), опубликованной на русском и английском языках. Широта взглядов, глубокие знания природы Центральной Азии, причем не только флоры и растительности, но и геологии, геоморфологии, почвенного покрова, климатических закономерностей позволили Е.И. Рачковской разработать новую схему ботанико-географического районирования Центральной Азии (2005).

В настоящее время Е.И. Рачковская продолжает плодотворно работать, принимает участие в полевых исследованиях в рамках проектов по международным научным грантам. Она является автором (совместно с Ю.Г. Евстифеевым, Н.П. Огарь и др.) таких картографических работ, как карта экосистем Центральной Азии (2004, WWF), карты растительности и экосистем Казахстана, созданных в 2006-2007 гг. для нового Национального атласа Республики.

Редколлегия и читатели журнала желают дорогому юбиляру доброго здоровья, неиссякаемой энергии, счастья и воплощения своих многолетних трудов в новые монографии и картографические произведения.

TOWARDS ANNIVERSARY OF EKATERINA RACHKOVSKAYA

Ekaterina Ivanovna Rachkovskaya is well-known botanical-geographer, geobotanist, specialist in the sphere of arid land vegetation, doctor of biological sciences, one of the best experts in vegetation of steppes and deserts of Asia. On September 17, 2007 she was 85. Scientific interests of Ekaterina Ivanovna are multifaceted – biology of desert plants, vegetation structure, cartography and zoning of vegetation, teaching about habitats, botanical geography, ecology, etc. Her expeditions covered the vast territory of the inner part of Eurasia (Kazakhstan, Central Asia, Israel, Mongolia, China, Japan,), Europe (Austria, Great Britain, Germany).

She graduated from the Leningrad State University and completed the postgraduate at Botanical Institute of the USSR Academy of Sciences. Kazakhstan became the principal region of her research works. It is here she began the research works in the sphere of geobotanical mapping and zoning. As the results of her studies the monographs were written in collaboration with other well-known botanists: “Natural zoning of the North Kazakhstan”, “Complex biological researches in Kazakhstan” in 3 volumes (1969-1976), “Botanical geography of the steppe zone of Central Kazakhstan” (1973), “Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia” (2003) as well as maps: “Map of vegetation of the steppe part of Kazakhstan low-hill land” Scale 1: 500 000 (1975), “ Map of vegetation of Semirechie” Scale 1: 500 000, that covered the vast region of Balkhash-Alakol’s basin, electronic map “Vegetation of Kazakhstan and Central Asia”.

Ekaterina Ivanovna devoted more than two decades to studying of Mongolian vegetation. Results of these very interesting researches implemented into doctoral thesis which was successfully defended in 1989 as well as into “Map of vegetation of Mongolian People’s Republic” (1990), into monographs “Vegetation of the Goby deserts of Mongolia” (1993), “Phyto-ecological researches in the Southern Goby”(in collaboration with I.O. Baitulin and U.G. Evstifeev, 1993), “Map of Ecosystems of Mongolia” Scale 1:1 000 000 (1995), into collective monograph “Mongolian ecosystems” (1995) and multiple other publications.

Beginning from 1985 E.I. Rachkovskaya is the worker of the Botanical Institute of Kazakhstan. At the present time E.I. Rachkovskaya continues to work productively, takes part in field researches within international scientific grants. She is the author (in collaboration with U.G. Evstifeev, N.P. Ogar et al.) of such works as the map of ecosystems of Central Asia (2004, WWF), map of vegetation and ecosystems of Kazakhstan created in 2006-2007 for the new National Atlas of Republic of Kazakhstan.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 104-106

НОВЫЕ КНИГИ ИНСТИТУТА ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА РАН

NEW BOOKS OF THE INSTITUTE OF ECOLOGY OF THE VOLGA RIVER BASIN RAS

Зинченко Т.Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги (Атлас). Тольятти: Кассандра. 2011. 258 с.

Обобщены материалы многолетних оригинальных исследований по экологии и распространению хирономид (Diptera: Chironomidae) в водотоках и водоемах бассейна Средней и Нижней Волги. Дана оценка современного состояния хирономидофауны, отмечены изменения, произошедшие за последние годы с момента первого издания книги в 2002 г. Представлен аутэкологический портрет («экологический спектр») более 230 видов и личиночных форм хирономид. Показана роль хирономид как биоиндикаторов в мониторинге поверхностных вод. Приводятся карты-схемы распространения хирономид в реках Самарской области. Полученные результаты исследований фауны, биологии и экологии хирономид могут быть использованы при составлении кадастра гидробионтов Волжского бассейна, чтении лекционных курсов по гидроэкологии и санитарной гидробиологии в высших и средних учебных заведениях. Книга представляет интерес для экологов, специалистов хирономидологов, лимнологов и гидробиологов, работников рыбного хозяйства и гидрометеослужбы.

Библиогр. 733 назв.; ил. 13 + 228 (прил.); табл. 12.

Zinchenko T.D. Ecological and faunal review of chironomids (Diptera, Chironomidae) small rivers in Middle and Low Volga basin (Atlas). Togliatti: Kassandra. 2011. 258 p.

Book contains summarized materials of many years of original research on ecology and distribution of chironomids (Diptera: Chironomidae) in water bodies and lades of Middle and Lower Volga basin. Contemporary condition of chironomids fauna is assessed, changes occurred since first publications in 2002 year are noted. Autecological description (“ecological spectrum”) of more than 230 chironomid species and larval forms is presented. Bioindication role of chironomids in surface water monitoring is shown. Schematic maps representing chironomid distribution in rivers of Samara region are adduced. Data obtained on chironomid fauna biology and ecology can be used for compiling Volga basin hydrobionts cadastre, delivering lections on hydroecology and sanitary hydrobiology in institute of higher and secondary education. Book holds interest for ecologists, chironomidologists, limnologists and hydrobiologists, workers of fishing industry and hydrometeorological service.

Bibliog. 733 items.; ill. 13 + 228 (appx.); tables 12.

Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / Под ред. Г.С. Розенберга, Т.Д. Зинченко; Институт экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти: ООО «Кассандра». 2011. 322 с.

В книге обобщены результаты полевых и экспериментальных исследований одной из равнинных рек Волжского бассейна – реки Сок и ее притоков, некоторые из которых являются эталонными. Приводятся обширные сведения о географическом положении и природных условиях; геологическом и тектоническом строении бассейна р. Сок,

антропогенной нагрузке на водосборную площадь; гидрологических и морфометрических характеристиках малых рек и родников. Изучены структурные характеристики планктонных и донных сообществ, состав ихтиофауны. Приведены данные по различным аспектам исследований флоры и растительности долины реки и территории бассейна, включая результаты исследований почв, растительного покрова (с учетом данных по засоленным экотопам). Представлены результаты биохимической оценки водорослей. Приводятся материалы современного состояния гельминтофауны низших наземных позвоночных, амфибий и пресмыкающихся бассейна реки.

Рассматриваются методические аспекты оценки видового богатства сообществ лотических систем и различные статистические закономерности организации таксономической структуры сообществ. Приводится паспорт р. Сок как интегральная оценка экологического состояния реки. Книга представляет интерес для гидробиологов, гидроэкологов, специалистов рыбохозяйственной науки и охраны окружающей среды.

Small rivers in the Volga basin: freshwater ecosystems characteristics / Eds. G.S. Rozenberg, T.D. Zinchenko. Togliatti: IEVB RAS, OOO «Kassandra». 2011. 322 p.

The book generalizes the results of field and experimental researches of one of the plains rivers in the Volga basin – the river Sok and its tributaries some of which are reference patterns. There are given the extensive data on geographical description, geological and tectonic structure of the Sok river basin, anthropogenic load on the collecting area; hydrological and morphometric characteristics of small rivers and springs. Structural characteristics of planktonic and ground communities, fish fauna structure are studied. Data on various aspects of researches of flora and vegetation of the river valley and the basin territory, including the research results of soils, vegetative cover (taking into account data on saline ecotopes) are provided. The results of biochemical assessment of algae are presented. There is given the information of modern state of the helminth fauna of the lower tetrapods - amphibians and reptiles – in the river.

Methodical aspects of assessment of species diversity in the communities of lotic systems and various statistical mechanisms of organization of taxonomic communities' structure are considered. The river Sok passport – as the integral estimation of its ecological condition – is provided. The book is of interest for hydrobiologists, hydroecologists, experts of fishery science and environmental protection.

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

В книге рассматриваются современные теоретические концепции анализа видовой структуры бентосных сообществ лотических экосистем. Подробно представлены структурные схемы статистической обработки данных гидроэкологического мониторинга с использованием различных методов макроэкологии. Особое внимание уделяется описаниютипов и способов применения нуль-моделей и непараметрических методов проверки статистических гипотез на основе процедур рандомизации и ресамплинга (бутстреп, «складной нож», перестановки и т.д.). Методическая часть подробно иллюстрируется расчетами, выполненными на основе единого массива данных гидробиологической съемки донных организмов на малых реках степной и лесостепной зон Среднего Поволжья. Описаны схемы разложения показателей видового богатства и разнообразия на альфа- и бета-составляющие, а также методы статистически корректной оценки их величин по моделям разрежения в зависимости от величины выборочного усилия. Сделан подробный анализ различных метрик вложенности (nestedness) структурных фрагментов и статистических методов оценки взаимно согласованной встречаемости таксономических групп. Обсуждаются современные подходы к моделированию ранговых распределений обилия видов. Подробно рассматриваются методы ординации и другие процедуры, позволяющие оценить изменчивость видовой структуры гидробионтов по шкале

продольного градиента водотока, чтобы проверить статистическую гипотезу о закономерном континууме донных сообщества против альтернативы о стохастической «мозаике пятен». Вводится понятие «экологических последовательностей местообитаний» и обсуждаются проблемы их статистического анализа. Книга ориентирована на широкий круг специалистов в области теоретической экологии, гидробиологии, биогеографии, рационального использования ресурсов водоемов, а также может быть использована в качестве учебного пособия по статистическим методам для студентов и аспирантов высших учебных заведений, изучающих и специализирую щихся по экологии.

Shitikov V.K., Zinchenko T.D., Rozenberg G.S. Macroecology of river communities: concepts, methods, models. Togliatti: Kassandra. 2011. 255 p.

The book considers modern theoretical concepts of analysis of specific structure of benthos communities of lotic ecosystems. Here is given the detailed account of the structure charts of statistical data processing of hydro-ecological monitoring using various methods of macroecology. The special attention is given to the description of types and ways of null-models application and nonparametric examination methods of statistical hypotheses on the basis of randomization and resampling procedures (bootstrap, "penknife", shifts etc.). The methodical part is in detail illustrated by the calculations executed on the basis of the uniform data array of hydrobiological survey of ground organisms in the small rivers of steppe and forest-steppe zones of the Average Volga region. The book describes the decomposition schemes of indicators of species diversity and the variety on alpha- and beta-components, as well as the methods of statistically consistent assessment of their sizes on dispersion on models depending on size of selective effort. The detailed analysis of various nestedness metrics of structural fragments and statistical methods of assessment of mutually coordinated occurrence of taksonomic groups is made. Modern approaches to modeling of rank distributions of species abundance are discussed. Here in detail are considered the ordination methods and other procedures, allowing the estimation of the variability of specific structure of hydrobionts on a scale of longitudinal gradient of a waterway in order to check the statistical hypothesis of natural continuum of ground communities against the alternative of stochastic "spots mosaic”. The concept of «ecological sequences of habitats» is introduced and problems of their statistical analysis are discussed. The book is focused on a wide range of experts in the field of theoretical ecology, hydrobiology, biogeography, rational use of resources of reservoirs, and also can be used as the manual on statistical methods for students and graduate students of the higher educational institutions studying and specializing on ecology.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2012, том 18, № 4 (53), с. 107-108

ПОТЕРИ НАУКИ

Елена Григорьевна Мяло

(24 марта 1933 г. – 06 сентября 2012 г.)

6-го сентября скоропостижно скончалась Елена Григорьевна Мяло – профессор кафедры биогеографии. Елена Григорьевна была выдающимся ученым, преподавателем с большой буквы. Ее считают своим Учителем десятки выпускников кафедры, которым она посвятила годы своей жизни. Именно ее лекции по биогеографии открывали для первокурсников факультета мир живой природы, становившийся в дальнейшем для многих из них объектом изучения.

Елена Григорьевна была ученицей и соратницей А.Г. Воронова. Она активно способствовала развитию школы биогеографии Московского университета. В течение многих лет Елена Григорьевна читала спецкурсы лекций «Историческая биогеография», «Биогеография мира», «Растительность мира». Е.Г. Мяло – автор многочисленных научных статей, монографий, учебников, ставших классическими. Во всех работах Елены Григорьевны находили отражение наблюдения, полученные в экспедициях – от тундр до тропических лесов Вьетнама. Под ее руководством успешно было защищено множество интересных дипломов, кандидатских и докторских диссертаций.

Много сил и времени Елена Григорьевна отдавала учебно-методической работе на кафедре и географическом факультете, помогала молодым преподавателям.

Елена Григорьевна всегда была внимательна к проблемам студентов, аспирантов, коллег. Она находила время выслушать, помочь и поддержать любого, обратившегося к ней с профессиональной или личной проблемой. Острый ум, проницательность, замечательное чувство юмора, способность к самоиронии делали общение с Еленой Григорьевной ярким и незабываемым. Образ одаренного человека, любившего жизнь, истинного ученого, талантливого преподавателя – Елены Григорьевны Мяло – навсегда останется в памяти учеников, коллег, друзей.

Elena Grigorievna Mialo

(March 24, 1933 – September 06, 2012)

Elena Grigorievna Mialo – Professor of the Biogeographical department is gone.Elena Grigorievna was an outstanding scientist and teacher. Dozens of the department alumni name her as their Teacher. She devoted many years of her life to her pupils. Her lectures opened the world of living nature for the first-grade students of geographical faculty, for many of them it became the object of study for the whole life.

Elena Grigorievna was the pupil and follower of A.G. Voronov. She contributed a lot to the development of the school of biogeography at Moscow State University. For many years Elena Grigorievna read such courses of lectures as “Historical Biogeography”, “World Biogeography”, “World Vegetation”. E.G. Mialo is the author of many scientific papers, monographs, textbooks that became classical. All works of Elena Grigorievna reflected her field observations and studies which she obtained at the expeditions from tundra to the tropical rainforests of Vietnam. She leaded many diploma, candidate and doctoral works.

A lot of time and enthusiasm Elena Grigorievna devoted to educational-methodical work at the biogeographical department and geographical faculty, she helped young teachers a lot.

Elena Grigorievna was always considerate to the problems of students, PhD students and all her colleagues. She always found time to listen, help and support everybody who addressed her with professional or private problem. Sharp intellect, spiritual insight, bright sense of humor, ability for self-irony made communication with Elena Grigorievna very bright and unforgettable. The image of gifted person who loved life, real scientist, talented teacher – Elena Grigorievna Mialo – will remain forever in the memory of her pupils, colleagues and friends.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2012. Т. 18. № 4 (53)

JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2012. Vol. 18. № 4 (53)

Учредители: Учреждение Российской академии наук Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН (ПИБР ДНЦ РАН), Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН (ИВП РАН).

Свидетельство о регистрации в Роскомнадзоре – ПИ № ФС77-36951 (Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций).

ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60х 84 $^{1}/_{8}$	Объем 6.5 п.л.
Тираж 200 экз.	Заказ №

115598, Москва, ул. Ягодная, 12

Типография Россельхозакадемии

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)