Том **13** **Номер** **32** **Январь** **2007**
Volume **Number** **January**

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 of General Biology Department Bureau of Russian Academy of Sciences (RAS). The results of fundamental and practical 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
MOSCOW

2007

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCES
DAGHESTAN SCIENTIFIC CENTER
PRICASPIYSKIY INSTITUTE OF BIOLOGICAL RESOURCES

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

ARID ECOSYSTEMS

Vol. 13, № 32, 2007 JANUARY
Journal is founded in January 1995
Issued 4 times per year

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

Editorial Board:
Prof. Dr. S.-W. Breckle (Germany), Prof. M. G. Glants (USA),
Dr. E. Lioubimtseva (USA), Prof. Dr. B.A. Abaturov, Prof. Dr. P. D. Gunin,
Prof. Dr. I. S. Zonn, Prof. Dr. R.V. Kamelin, Prof. Dr. G. S. Kust,
Prof., Dr. V. M. Neronov, Prof. U. Safriel (Israel), Prof. I. V. Springuel (Egypt),
Prof. Song Yudong (China), Prof. Dr. F.A. Chibilev,
Prof. Dr. Z. Sh. Shamsutdinov, Dr. T. V. Dikariova (*executive secretary*),
Responsibilities for issue:
Prof. Dr. N. M. Novikova* (*deputy editor*), Dr. J. V. Kouzmina*

Editorial soviet:
M. Z. Zalibekova**, M.B. Shadrina*,
P. M.-S. Muratchaeva**

Addresses:
*119991, Moscow, Goubkina str., bild. 3, IWP RASN,
Tel.: (495) 135-70-41. Fax: (495) 135-54-15,
E-mail: novikova@aqua.laser.ru

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

MOSCOW
2007

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

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 13, № 32, 2007, январь
Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

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

Редакционная коллегия:
С.-В. Брекле (Германия), М. Г. Глянц (США), Е. Любимцева (США),
Б. Д. Абатуров, П. Д. Гунин, И. С. Зонн, Р.В. Камелин, Г. С. Куст,
В. М. Неронов, У. Сафриель (Израиль), И. В. Спрингель (Египет),
Сун Юуй-дун (Китай), А. А. Чибилев, З. Ш. Шамсутдинов,
Т. В. Дикарева (*Ответственный секретарь*)
Ответственные за выпуск:
Н. М. Новикова* (*Заместитель главного редактора*), Ж. В. Кузьмина*

Редакционный совет
М. З. Залибекова **, М. Б. Шадрина*,
П. М.-С. Муратчаева**

Адрес редакции:
*119991, Москва, ул. Губкина, 3
Телефон: (7 - 095) 135 -70-41, Fax: (7 - 095) 135 - 54 - 15,
E-mail: novikova@aqua.lazer.ru,
mab.ru@relcom.ru

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

Москва
2007

© Журнал основан в 1995 г.
Издается при финансовой поддержке
Прикаспийского института биологических ресурсов
Дагестанского научного центра Российской академии наук
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 was established in 1995.
It is published thanks to financial support of
Pricaspiyskiy Institute of Biological resources
Daghestan Scientific Center Russian Academy of Sciences
and assistance of regional departments of section:
"Problems of arid ecosystems and combat desertification",
Scientific council "Problems of biosystems ecology"
Department of General biology Russian Academy of Sciences

СОДЕРЖАНИЕ

Том 13, номер 32, 2007 январь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Геостатистический анализ сообществ почвенных животных на границе двух растительных ассоциаций в степи Центрально-Черноземного заповедника

А.Д. Покаржевский, К.Б. Гонгальский 5-18

Хорологический метод в решении проблем филогенеза и систематики евразийских представителей семейства *Chenopodiaceae*

А.П. Сухоруков 19-33

Оценка уязвимости гидротермических условий и зональных границ аридных территорий при различных сценариях изменения климата

Н.А. Шумова 34-46

Анализ многолетних метеорологических трендов на Юге России и Украины (от лесостепи до пустынь)

Ж.В. Кузьмина 47-61

Солеустойчивость разных органов растений и их реакция на засоление

З.М. Алиева, А.Г. Юсуфов 62-68

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Оценка продуктивности саженцев вяза мелколистного *Ulmus pumila L.* в Канзасе

В.А. Геер, Л. Ириарт, Р. Куннингхем 69-79

Зависимость плотности *Cyamophila dicora* от растительных параметров *Astragalus glaucacanthus* в семиаридных регионах Исфахана, Иран

М. Месдаги, М. Азими, М. Фарахпур, Г.А. Дианати Тилаки 80-86

Изменение содержания тяжелых металлов в почвах побережья Каспия под влиянием сгонно-нагонных процессов

Яхиев М.-П.А. 87-91

ХРОНИКА

Международная конференция по биосолевому сельскому хозяйству и высокой солеустойчивости и I Международный симпозиум по управлению Сабха

Н.З. Шамсутдинов 92-95

РЕЦЕНЗИИ

Важная веха в развитии ландшафтной экологии. Рецензия на монографию “Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы”

Е.А. Востокова, П.Д. Гунин 96-99

Рецензия на коллективную монографию “Засоленные почвы России”

П.Д. Гунин 100-102

Правила для авторов 103-106

“Аридные экосистемы” в библиотечных фондах России и за рубежом 107-109

CONTENTS

Vol 13, Number 32, 2007 JANUARY

SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES

A geostatistical analysis of soil animal communities at a border of two plant associations in the steppe of the central chernozem reserve

A.D. Pokarzhevskiy, K.B. Gongalskiy 5-18

Application of chorological method for solving the problems of phylogenesis and systematics (a case study of arid Eurasian *Chenopodiaceae*)

A.P. Sukhorukov 19-33

The assessment of vulnerability of hydrothermal conditions and zone boundaries of arid territories due various climate change scenario

N.A. Shumova 34-46

The Analysis of the Long-Term Meteorological Trends on the South Russia and Ukraine (from Forest-Steppe to Deserts)

Zh.V. Kuz'mina 47-61

Tolerance of ufferent perts of plants to salt

Z.M. Alieva, A.G. Yusufov 62-68

BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

Ulmus pumila L. seed source performance in Kansas

W.A. Geyer, L. Iriarte, R. Cunningham 69-79

The relationship between the density of *Cyamophila dicora* and vegetation parameters of *Astragalus glaucacanthus* in semi-arid region of Isfahan, Iran

M. Mesdaghi, M. Azimi, M. Farahpour, Gh.A. Dianati Tilaki 80-86

Change of concentration of hard metals in soils of the Caspian seaside in conditions of cattle breeding processes

M.-P.A. Yahiev 87-91

CHRONICLE

International Conference on Biosaline Agriculture & High Salinity Tolerance and I International Symposium on Sabkha Management

N.Z. Shamsutdinov 92-95

REVIEWS

Significance to the development of the landscape ecology Review of the monography "Evalution of the impact of the superficial water regime changes on terrestrial ecosystems"

E.A. Vostokova, P.D. Gunin 96-99

Review of the monography "Salt-affected soils in Russia"

P.D. Gunin 100-102

Guidelines to Authors 103-106

"Arid Ecosystems" In Library Funds of Russia and Abroad 107-109

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2007, том 13, № 32

УДК 547:72; 631.82

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ГРАНИЦЕ ДВУХ РАСТИТЕЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ В СТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА

© 2007 г. А.Д. Покаржевский, К.Б. Гонгальский

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071 Москва, Ленинский просп., 33, E-mail: kocio@mail.ru

Реферат. Смена сообществ надземных и почвенных беспозвоночных животных на границе лесных и травянистых растительных ассоциаций хорошо известна, а для экосистем одного типа существование таких границ найти значительно сложнее. Исследование методами геостатистики на стыке периодически косимой и абсолютно заповедной степи в Центрально-Черноземном заповеднике выявило совпадение границ сообществ почвенных животных и границ растительных ассоциаций. Вариограммы и построенные на их основе схемы распределения сообществ животных указывают на то, что границы между сообществами животных проходят вдоль границы степных участков двух режимов заповедания. Однако, размер агрегаций в сообществах животных, судя по вариограммам и показателю *I* Морана, не меньше, чем размер рассмотренных участков ассоциаций. По показателю X SADIE и тесту Мантеля обнаружено соответствие между распределением массы подстилки и параметрами сообществ животных, которое модифицируется как глубиной поверхностного слоя почвы (масса пробы), так и количеством корней. Таким образом, собственно почвенные показатели (pH) оказались менее существенным фактором в формировании границ между сообществами почвенных беспозвоночных, чем состав растительных ассоциаций. В статье приводится обзор геостатистических методов, применяемых в почвенно-зоологических исследованиях, и набор программ для их расчета и интерпретации.

Ключевые слова: Почвенные беспозвоночные, сообщество, границы, растительные ассоциации, геостатистика, вариограмма, показатель *I* Морана, показатель X SADIE, тест Мантеля.

Введение

Биогеографическая и экологическая интерпретация динамики биоразнообразия или биологических ресурсов заметно зависит от знания пространственного распределения почвенных организмов в пределах ландшафта. Для почвоведения существенно определить вклад почвенной биоты в естественную пестроту почвенного покрова (Webster, 1985; Добровольский, Трофимов, 2004), в том числе и на границах фитоценозов или рельефа, где возникают биогеохимические барьеры и границы биологического круговорота (Перельман, Касимов, 1999). Вместе с тем, при наличии заметных изменений почвенной биоты в катене (Гиляров, 1965; Dunger, 1978), взаимопроникновение сообществ почвенных организмов на границах растительных ассоциаций не рассматривается, так как считается, что характеристики более или менее однородны в пределах сообществ, а на их границе меняются скачкообразно (Sisk et al., 1997; Анализ данных …, 1999). Поэтому пространственное распределение почвенных обитателей исследуют внутри ассоциаций, а не на их границах (Lavelle, Spain, 2001; Gongalsky et al., 2005; Ifoulis, Savopoulou-Soultani, 2006). Однако границы между растительными ассоциациями могут и не совпадать с границами сообществ почвенных обитателей. Совпадение, по-видимому, характерно для границ экосистем открытого и закрытого типа - леса и луга, или леса и поля, и т.д., которые к тому же обычно

сильно затронуты антропогенной деятельностью (Чернова, Чугунова, 1967; Чернышев, 2001; Molnar et al., 2001). Сложнее предположить существование таких границ между ассоциациями внутри экосистем одного типа – лесных или травянистых. Мы предполагаем, что такое совпадение может наблюдаться на границах участков разного режима заповедания в степи, которые сильно различаются по геоботаническим показателям. Эта гипотеза и легла в основу нашего исследования.

Для проверки гипотезы необходимо выяснить распределение показателей сообществ почвенных организмов в пределах участков и между ними; степень их автокорреляции и пятнистости на границе ассоциаций при помощи методов геостатистики, применяемых в почвоведении, биогеографии (Webster, 1985; Goovaerts, 1997; Анализ данных …, 1999; Кузякова и др., 2001) и почвенной экологии (Rossi et al., 1995; Rossi, 1996; Ettema, Wardle, 2001).

Материал и методы

Материал был собран 30 июля 2004 г. на границе между абсолютно некосимой и косимой в 4-летнем обороте (три года кошения и один год залежи) степью на Стрелецком участке Центрально-Черноземного заповедника (51°34’24”с.ш, 36°06’29”в.д). На двух площадках, расположенных на расстоянии 35 м друг от друга, по регулярной сетке со стороной ячеи 5 м отобрали по 50 проб (25 - в некосимой и 25 - в косимой части). Некосимая часть была представлена вейниково-прямокостровой, а косимая – типчаково-ковыльной ассоциациями на обеих площадках (рис. 1). Косимая часть была под залежью в год, предшествовавший исследованию и ее выкосили только после отбора проб. Первые 5 рядов проб отбирались в косимой степи, остальные 5 рядов - в некосимой. Пробы двух центральных рядов (5 и 6) рассматривались как пробы в экотоне (рис. 1). Две площадки были выбраны для того, чтобы избежать мнимых повторностей при интерпретации данных (см: Козлов, 2003). Пробы отбирали буром диаметром 9.5 см (площадь пробы 76 см^2) до глубины 15 см, так как 75-97% всех почвенных беспозвоночных встречаются в этом слое (Pokarzhevskij, Titisheva, 1982). Температура приземного воздуха во время отбора колебалась от 25° до 28°С, а верхнего 10 см слоя почвы - от 17° до 19°С. Относительная влажность приземного слоя воздуха была 60%.

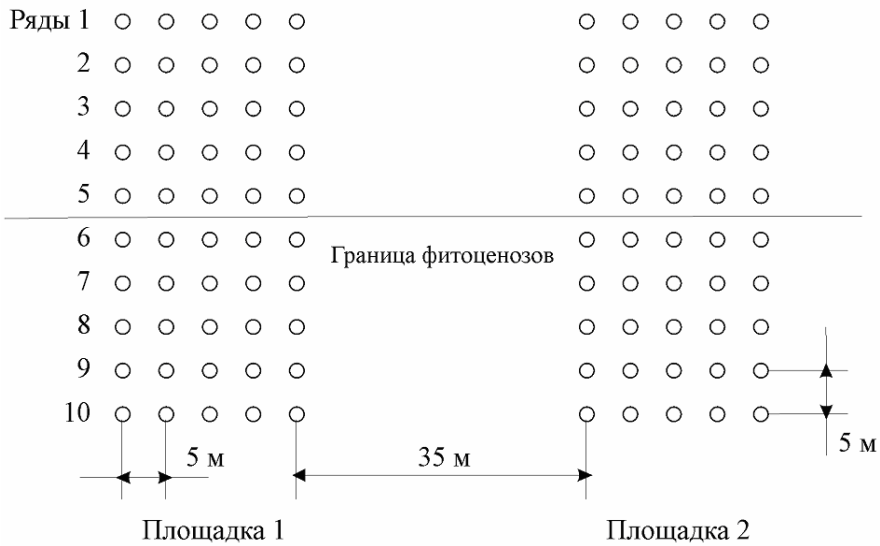


Рис. 1. Схема взятия проб на двух площадках на границе фитоценозов в луговой степи Центрально-Черноземного заповедника: 1-5 – ряды в некосимой степи, 6-10 – в косимой степи. **Fig. 1**. Sampling design of two plots at a border of plant associations in the meadow steppe of the Central Chernosem Reserve: 1-5 – rows in unmown steppe, 6-10 – rows in mown steppe.

Почвенные пробы сразу же после отбора помещали в пронумерованные полиэтиленовые пакеты и животных выбирали вручную в лаборатории. Животных определяли до групп, в основном на уровне рода или семейства. В почвенных пробах измеряли массу подстилки, почвы и pH. Для взвешивания использовали портативные весы “Петровес” с пределами взвешивания 250 и 500 г и точностью определения массы соответственно 50 и 100 мг.

В качестве показателей сообществ использовали число видов и общее число животных в пробе, а также индексы биоразнообразия Шеннона (H) и выровненности E, рассчитанные для каждой пробы. В нашей работе правильнее применять термин ассамблея организмов, а не сообщество, так как трудно говорить о взаимодействующих организмах внутри пробы, тем не менее, мы используем термин “сообщество” как более привычный.

Прежде чем перейти к анализу данных, приведем краткий обзор используемых геостатистических терминов.

Автокорреляция – это пространственная зависимость между показателями в разных точках отбора проб. Другими словами, при автокорреляции измеряемый параметр в соседних точках различается меньше, чем в отдаленных.

Вариограмма, или полувариограмма - показатель, широко используемый в геостатистике, позволяет оценить степень автокорреляции показателей между точками отбора. Вариограмма описывается уравнением:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left[z(x_i) - z(x_i + h) \right]^2$$

, где $\gamma(h)$ – вариограмма; h – шаг выборки; $z(x_i)$ – значение исследуемого показателя в точке i; $z(x_i + h)$ - значение исследуемого показателя в точке отстоящей от точки i на шаг h; N – общее число точек, отстоящих от точки i на шаг h. Вариограммы рассчитывают, увеличивая шаг выборки на целое число, в результате чего происходит увеличение ее абсолютного значения до определенного порога (от англ. sill) при определенном значении шага выборки. Используя разные модели для описания приращения вариограммы, определяют, на каком расстоянии от точки i ее значения достигают порога. Это расстояние (от англ. range или length) и есть радиус «пятна», внутри которого существует пространственная автокорреляция показателей. Вариограмма есть половина дисперсии разности $z(x_i) - z(x_i + h)$. Величина вариограммы в точке (0; 0) не всегда равна нулю, так как существует определенная случайная вариация переменной z, и вариограмма, вернее график модели в точке (0; 0) пересекает ось $\gamma(h)$ при положительном значении $\gamma(h)$, равном этой величине вариации. Случайная вариация или «шум» получила название самородок (от англ. nugget), так как геостатистика исходно была связана с поиском полезных ископаемых. При отсутствии тренда у вариограммы, т.е. отсутствии определенной пространственной структуры она описывается прямой, параллельной оси шага выборки при значении $\gamma(h)$ равной самородку (Анализ данных …, 1999). Мы использовали величину стандартизованной вариограммы, равную:

$$\gamma_S(h) = \frac{\gamma(h)}{\sigma_{-h} \cdot \sigma_{+h}},$$

где $\gamma(h)$ вариограмма отдельного вектора h; σ_{-h} – дисперсия значений z в точке x_i; а σ_{+h} – дисперсия значений z в точке $x_i + h$.

Показатель I *Морана*, наряду с вариограммой, указывает на расстояние, охватываемое «пятном» того или иного показателя и наличие связи между «пятнами». Величина I рассчитывается из уравнения:

$$I = n\frac{\sum_{ij} w_{ij}(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{W\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2},$$

где y_i является значением переменной в точке i; n – число точек; w_{ij} характеризует пространственные отношения между точками i и j (в нашем случае основанное на эвклидовой матрице расстояний); $\sum_{ij} w_{ij}$ обозначает двойную сумму между всеми i и j, где $i \neq j$; $W = \sum_{ij} w_{ij}$ сумма значений в матрице. Показатель I Морана сродни коэффициенту корреляции, и его значение обычно колеблется от -1 до 1, а ожидаемое значение равно -1/(n-1) и в большинстве случаев близко к 0. Положительное значение показателя говорит о положительной автокорреляции, а отрицательное об отрицательной, т.е. об ее отсутствии (Rosenberg, 2001).

Наличие автокорреляции при анализе пространственного распределения не позволяет использовать показатель линейной корреляции Пирсона между рядами данных из-за пространственной зависимости. Поэтому используются модифицированные оценки достоверности корреляции пространственно распределенных данных. Применяют показатель I Морана для оценки автокорреляции и корректировки числа степеней свободы для сравниваемых величин, по П.Клиффорду (Clifford et al., 1989) или на основе расчета числа степеней свободы для данного метода по Дутийе (Dutilleul, 1993).

В отличие от коэффициента корреляции, показатель X в *SADIE анализе* указывает на совпадение в пространстве кластеров двух характеристик и, соответственно, учитывает не только линейные, но и нелинейные связи. Показатель X (прописная χ) является средним для показателей χ_p, представляющих собой величину совпадения кластерных индексов двух переменных z_{p1} и z_{p2} в пробе p. Эти кластерные индексы не имеют размерности и рассчитываются достаточно сложным методом (Perry, Dixon, 2002). Основу составляет так называемое расстояние регулярности D или минимальное расстояние, на которое должен «передвинуться» тот или иной показатель из оцениваемой точки, чтобы распределение было случайным. Термин «передвинуться» выбран авторами не случайно, так как они исходно исследовали агрегированность насекомых-вредителей (и их хищников) на тех или иных культурах.

Тест Мантеля имеет определенное сходство с показателем линейной корреляции, но в отличие от него оперирует матрицами расстояний, для которых рассчитывается коэффициент корреляции r Мантеля, а затем на основе пермутаций матриц и распределения показателя r Мантеля, получаемого также на основе пермутаций, определяется его значимость. Поэтому для одних и тех же значений показателя r Мантеля достоверность может заметно отличаться.

Статистика Мантеля основана на векторном элементе $z = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij} y_{ij}$ и в нормализованном виде равна:

$$r = \frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{(x_{ij} - \bar{x})}{s_x}\cdot\frac{(y_{ij} - \bar{y})}{s_y},$$

где x и y – переменные, измеренные в местообитаниях i и j; n – число элементов в матрицах расстояния (n=m(m-1)/2 для m мест отбора); s_x и s_y - стандартные отклонения для переменных x и y. Нормализованное уравнение позволяет рассматривать переменные в разных единицах измерения внутри тех же самых рамок, преобразуя статистику к размаху традиционного коэффициента корреляции, ограниченного интервалом [-1, 1]. На практике отрицательная корреляция Мантеля встречается редко. Иногда этот показатель для двух переменных может контролироваться каким-либо неизвестным фактором, связанным с

распределением переменных в пространстве. Достоверность показателя для двух переменных может быть истинной или иллюзорной, т.е. корреляция может зависеть от третьего фактора, связанного в нашем случае с пространственным распределением. В этой связи наряду с простым тестом Мантеля при исследовании показателей, распределенных в пространстве, необходимо провести частный тест Мантеля по аналогии с частным коэффициентом корреляции, рассматривающим три матрицы расстояний, включая пространственную матрицу.

Расчет индексов разнообразия вели при помощи надстройки Diversity.xla (Burn, 2004) к MS Excel 2002. Статистическую обработку данных, расчет геостатистических показателей вели при помощи MS Excel 2002 и свободно распространяемых программ PopTools 2.6.6 (Hood, 2005), Variowin 2.2 (Pannatier, 1996; вариограмма), SADIEShell 1.22 (Conrad, 2001; показатель X SADIE), PASSAGE 1.1 (Rosenberg, 2001; тест Мантеля, модифицированный коэффициент корреляции, показатель *I* Морана). Схемы распределения построены с помощью программы Surfer 6 (Golden Software, Inc).

Результаты

Показатели почв и сообществ почвенных животных разных площадок. Масса пробы на площадке 2 была выше. Для отдельных частей площадок различия были достоверны для массы пробы, подстилки, корней – в некосимой части, для массы пробы и pH – в косимой части (табл. 1). Однако, различия между косимой и некосимой частями обеих площадок были более выражены, особенно для массы подстилки: в некосимой части она составляла 3.6-7.1 г на пробу, а в косимой – 1.6-1.7 г.

Таблица 1. Численность (экз./м^2), индексы разнообразия сообществ почвенных животных и показатели почв на изученных площадках (среднее ± стандартная ошибка). **Жирным** шрифтом выделены величины, достоверно различающиеся между соответствующими частями разных площадок, *курсивом* выделены величины, достоверно различающиеся между частями одной площадки. Уровень достоверности: $p < 0.05$. **Table 1.** Abundance of soil animal groups (individuals m^{-2}), parameters of soil animal communities and soil parameters in two plots (mean ± SE). Significantly different values between the plots are **in bold**. Significant different values between the sub-plots within a plot are *in italic* . Significance level is $p<0.05$.

Группы животных	Площадка 1		Площадка 2	
	Косимая	Некосимая	Косимая	Некосимая
Дождевые черви	**0**	**0**	78.6±16.1	68.4±15.3
Диплоподы	*57.9±13.2*	278.9±29.1	*57.9±13.2*	221.1±23.9
Костянки	*0*	10.5±5.2	*0*	21.1±7.0
Геофилиды	5.3±3.7	36.8±8.5	36.8±8.5	84.2±13.9
Мокрицы	**10.5±5.2**	5.3±3.7	*0*	10.5±5.2
Пауки	52.6±10.7	52.6±15.2	*21.1±7.0*	89.5±13.9
Жесткокрылые и их личинки	173.7±24.5	205.3±22.8	210.5±30.4	231.6±27.5
Личинки мух	15.8±6.2	163.2±96.3	*5.3±3.7*	36.8±8.5
Другие группы	52.6±13.2	100.0±22.3	57.9±17.1	84.2±13.0
Всего животных	*368.4±38.4*	852.6±108.4	*468.4±39.1*	847.4±55.7
Число таксономических групп	28	29	25	28
Индекс Шеннона (H')	2.99	2.55	2.84	2.67
Выровненность по Шеннону (E)	0.90	0.76	0.88	0.80
Число пустых проб	4	0	1	0
Масса пробы	**563.0±20.9**	**485.2±18.0**	*678.6±23.8*	564.3±18.2
Масса подстилки, г	*1.6±0.04*	**7.1±0.53**	*1.7±0.02*	3.6±0.40
Масса корней, г	7.0±0.51	**8.1±0.68**	5.5±0.58	5.7±0.62
pH почвы	***6.3±0.13***	5.3±0.08	5.7±0.11	5.9±0.14

Численность животных в косимой части степи составляла – 418.4 ± 39.0, в некосимой – 850.0 ± 84.7 экз./м^2, число таксономических групп 40 и 34 соответственно (при общем числе - 47), что соответствовало ранее полученным данным (Гиляров, 1965; Гонгальский и др., 2005). Обе учетные площадки практически не отличались по общей численности, разнообразию таксономических групп и показателям разнообразия (табл. 1). Бросающимся в глаза фактом было отсутствие дождевых червей в пробах как в косимой, так и некосимой частях площадки 1, тогда как на площадке 2 численность червей соответствовала известной из упомянутых выше исследований на этих же участках степи. Большинство особей дождевых червей в некосимой степи принадлежало виду *Eisenia nordenskioldi* (84%), а в косимой - *Aporrectodea rosea* (40%), но большинство здесь представляли молодые особи *Aporrectodea* (47%). В некосимой степи молодых особей червей не встречено. Вид *A. caliginosa* обнаружен только в некосимой степи – 8% (Покаржевский и др., 2006). Далее в данной статье мы ограничимся анализом функциональных показателей сообществ.

На границе между растительными ассоциациями численность отдельных групп обычно выше, чем внутри ассоциаций. Изменение коэффициента вариации для показателей сообществ на границе (рис. 2а, 2б) говорит о том, что по мере приближения к границам между ассоциациями их изменчивость увеличивается, несмотря на то, что общая изменчивость на некосимом участке в несколько раз больше.

Вариограмма. Определенные различия в величинах показателей сообществ заметны при рассмотрении различных частей площадок, и следует полагать, что их пространственное распределение не изотропно. Вариограммы показывают, что на обеих площадках пространственное распределение почвенных животных описывается Гауссовой моделью (если для площадки 1 не рассматривать пробу с гнездом бибионид) с радиусом автокорреляции 30-35 м, а только для червей – экспоненциальной с радиусом автокорреляции 5 м (табл. 2). Следовательно, внутри площадки 2 дождевые черви распределялись слабо агрегировано, так как соотношение пространственной и случайной вариации достаточно мало – 0.18. Очевидно, что величина случайной вариации по отношению к пространственной изменчивости относительно невелика, если рассматривать ее внутри отдельных ассоциаций (число рассматриваемых шагов равно 5). Это указывает на то, что границы между сообществами существуют, но связаны ли они с границами фитоценозов, могут показать только схемы распределения, построенные на основе вариограмм.

Таблица 2. Параметры моделей стандартизованных вариограмм пространственного распределения почвенных животных на площадках и дождевых червей на площадке 2. C_0 – случайная вариация; C – пространственная вариация; R – расстояние автокорреляции, м; *IGF* –достоверность сходства модели и экспериментальных данных (по Покаржевскому и др., 2006, с изменениями). **Table 2.** Parameters of models of standardized variograms of the spatial distribution of soil animals on both plots and those of earthworms on plot 2. C_0 – nugget, C – sill-nugget, C/C_0 – sill-nugget ratio, R – range, IGF – indicative goodness of fit (after Pokarzhevskii et al., 2006, with changes).

	Модель	C_0	C	C/C_0	R	*IGF*
Животные пл.1	Экспоненциальная	0.66	0.44	0.67	28.6	0.002
Животные пл.1 (без учета гнезда бибионид)	Гауссова	0.67	0.59	0.88	31.0	0.003
Животные пл.2	Гауссова	0.76	0.49	0.65	35.5	0.014
Дождевые черви пл.2	Экспоненциальная	0.88	0.16	0.18	5.0	0.005

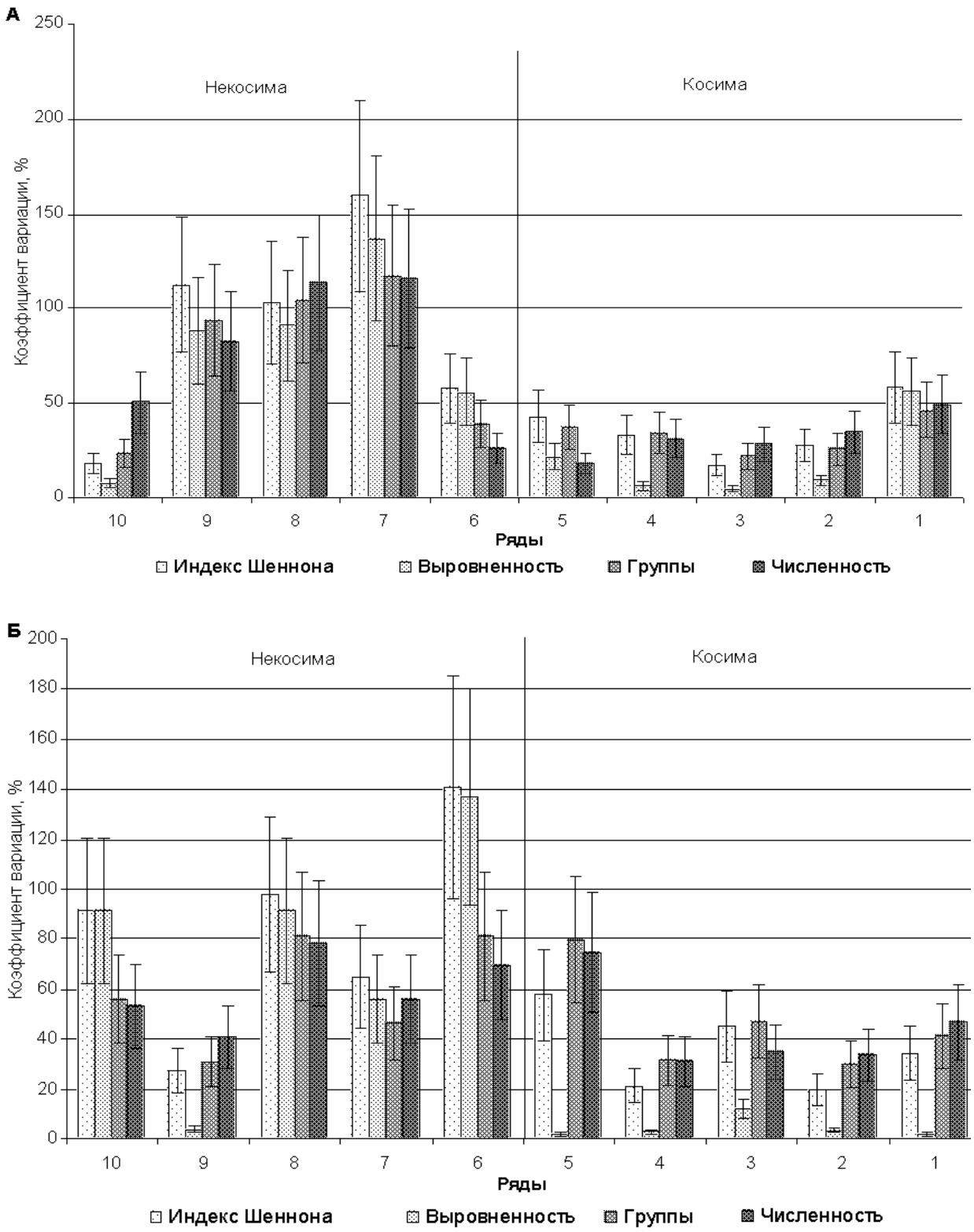


Рис. 2. Коэффициент вариации % и его ошибка для исследованных показателей в рядах проб: 1-5 – ряды в некосимой степи, 6-10 – в косимой степи. А – площадка 1, Б – площадка 2. **Fig. 2.** Coefficient of variation (CV, %) and standard error for the parameters studied in the rows of samples: 1-5 – rows in unmown steppe, 6-10 – rows in mown steppe. A – plot 1, B – plot 2.

Распределение почвенных животных в пространстве площадок. Схемы распределения почвенных характеристик показывают, что для них границы существуют (рис. 3) и проходят

они по границе фитоценозов: в частности, на участке косимой степи подстилки значительно меньше, а на участке некосимой степи уровень pH почвы несколько выше. Для числа видов, числа особей на пробу, показателей разнообразия Шеннона и выровненности (рис. 4), разделение между сообществами почвенных организмов также проходит по границе между фитоценозами. По изменению числа видов и числа особей в пробе границы между сообществами проходят в экотоне двух ассоциаций: это полоса от 5 до 6, а иногда от 4 до 7 ряда. Очевидно, что разнообразие сообществ почвенных животных выше на границе ассоциаций (рис. 4в), но граница между сообществами, по-видимому, шире, чем можно предположить исходя из границ растительных ассоциаций. Для того, чтобы найти причины такого расширения – «вторжения» сообществ, следует обратиться к другому статистическому методу оценки пространственного распределения - показателю *I* Морана.

Показатель I *Морана.* На рисунке 5 представлены графики изменения показателя Морана для измеренных параметров на площадках 1 и 2. Очевидно, что и численность животных, и число видов, и индексы разнообразия образуют пятна размером 18-27 м (точка, где графики пересекают ось 0), т.е., по-видимому, существует определенная пространственная зависимость сообществ почвенных животных внутри растительных ассоциаций, а не на их границе. В отличие от вариограмм, индекс *I* Морана указывает на пространственные взаимодействия внутри ассоциаций, между показателями сообществ и почвенными показателями, которые можно сравнить с помощью коэффициентов корреляции и таких показателей как X SADIE и тест Мантеля (табл. 3).

Корреляции между факторами почвенной среды и сообществами животных. Корреляции Пирсона между отдельными показателями почвы, численностью групп и показателями разнообразия оказались достоверными для массы подстилки и показателей разнообразия на обеих площадках, для массы корней и большинства показателей разнообразия на площадке 1. Частный тест Мантеля полностью совпадает с коэффициентом корреляции, поэтому в таблице он не приведен. Учет нелинейных связей при помощи показателя X SADIE показывает, что масса подстилки и корней заметно влияют на агрегированность животных в пространстве, тогда как масса пробы и pH влияют на их дисагрегированность. Очевидно, что доминирующим фактором распределения, достоверным для обеих площадок, является масса подстилки.

Обсуждение

Данные геостатистического анализа говорят в первую очередь о том, что границы растительных ассоциаций и сообществ почвенных беспозвоночных совпадают, по крайней мере, при использовании данной сетки отбора проб. Сравнение показателей сообществ методами описательной статистики, казалось бы, указывает на то, что переход наблюдается именно на границе между ассоциациями, но все это, по-видимому, зависит от способа группирования данных: вероятно, граница между сообществами почвенных животных выражена менее контрастно. Тем не менее, и число видов на пробу, и общая численность животных и отдельных групп выше на границе на обеих площадках, что совпадает с широко распространенным мнением, что разнообразие и численность организмов в экотоне выше, чем в отдельной ассоциации. Показатели сообществ животных более изменчивы в рядах проб, относимых к границе ассоциаций (рис. 2), что подтверждает мнение о том, что их изменчивость должна быть выше на границах из-за взаимопроникновения видов (Fortin et al., 2000; Wagner, Fortin, 2005). Величина коэффициента вариации для одной из рассмотренных площадок (5), скорее снижается к границе ассоциаций, чем увеличивается. Построенные на основе вариограмм схемы распределения сообществ животных (рис. 4) подтверждают, что границы между сообществами животных проходят, практически, по границам растительных ассоциаций.

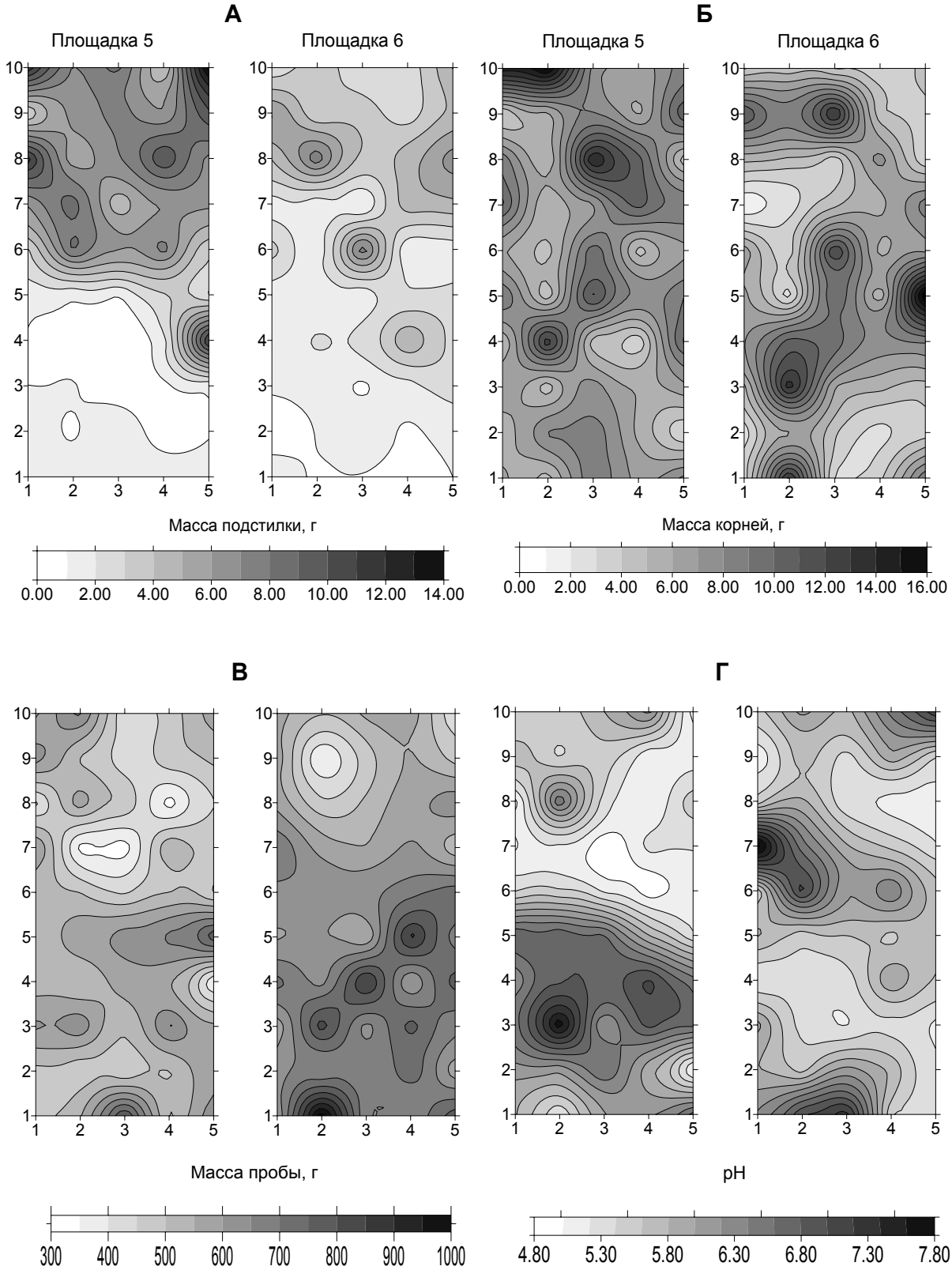


Рис. 3. Распределение показателей почвы на площадках. Цифры на оси слева указывают номера рядов (с 1 по 10), на оси внизу – номера проб (с 1 по 5). **Fig. 3.** Distribution of soil parameters in the sampling plots. Y axis indicate row numbers (from 1 to 10), those on X axis sample numbers (from 1 to 5). A – litter mass (g), B – root mass (g), C – sample mass (g), D – pH.

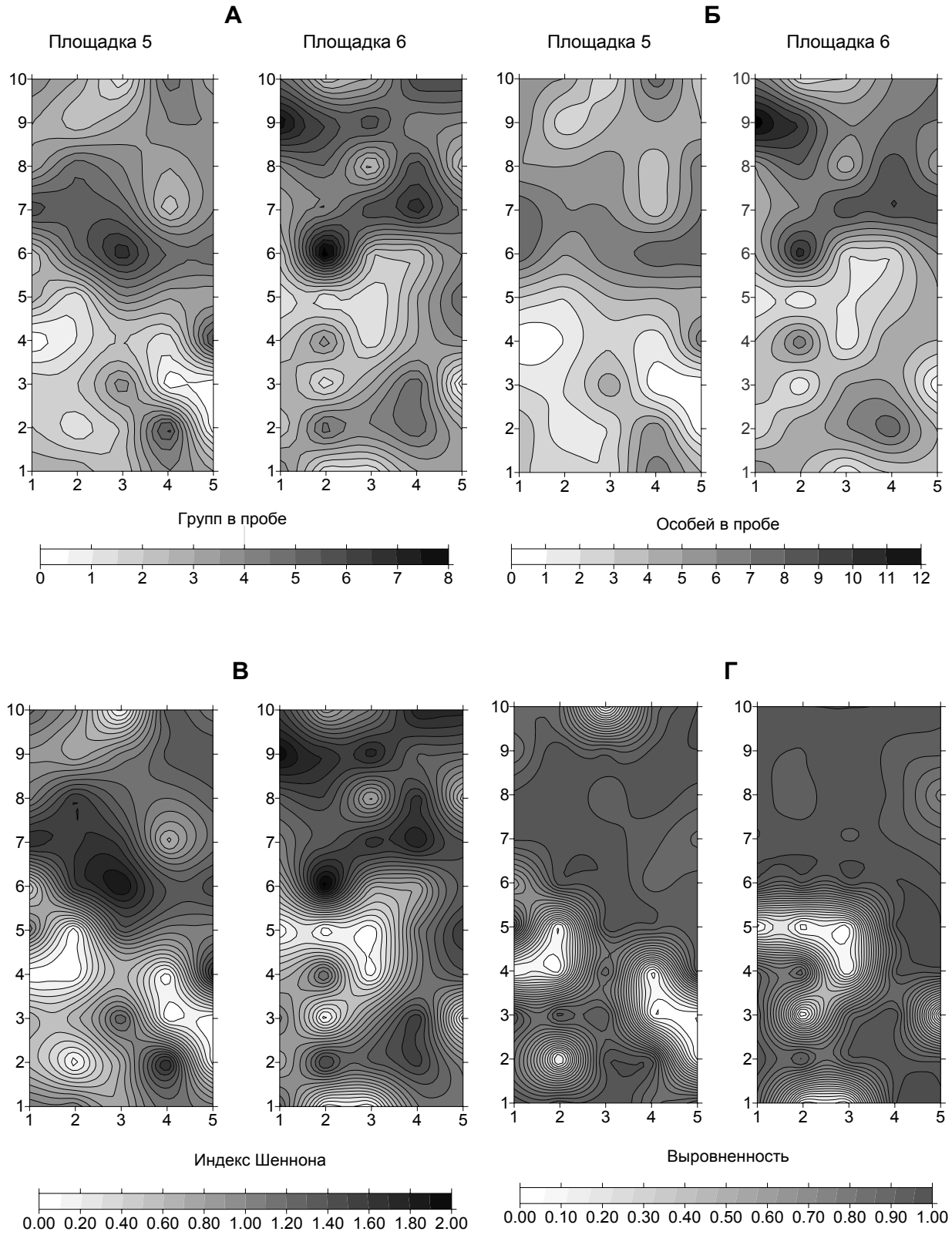


Рис. 4. Распределение показателей сообществ на площадках. Цифры на оси слева указывают номера рядов (с 1 по 10), на оси внизу – номера проб (с 1 по 5). **Fig. 4.** Distribution of the parameters of soil animal communities in the sampling plots. Y axis indicate row numbers (from 1 to 10), those on X axis sample numbers (from 1 to 5). A – species number, B – abundance (animal number), C – Shannon H index, D – evenness index.

Таблица 3. Значения коэффициента корреляции Пирсона и показателя X SADIE между показателями популяций животных и почвенными параметрами. **Жирным шрифтом** выделены достоверные коэффициенты корреляции Пирсона с учетом пространственного распределения (p<0.05) и показатели X SADIE (p<0.025 для положительных корреляций или >0.975 для отрицательных). *Курсивом* выделены коэффициенты корреляции, достоверные с поправкой на автокорреляцию по П.Клиффорду (Clifford et al., 1989) и П.Дутийе (Dutilleul, 1993); *подчеркнутым курсивом* коэффициенты корреляции, недостоверные по П.Клиффорду, но достоверные по П.Дутийе.

Table 3. Pearson *r* coefficient and X SADIE parameter between soil and soil animal parameters. Significant correlation coefficients involving spatial correlation corrections (p<0.05) and X SADIE (p<0.025 for positive correlations and >0.975 for negative correlations) are **in bold.** Correlation coefficients significant with both Clifford et al. (1989) and Dutilleul (1993) spatial correlation corrections are *in italic*. Those significant with Clifford et al. (1989), but insignificant with Dutilleul (1993) spatial correlation corrections are *in underlined italic*.

	Площадка 1				Площадка 2			
	Масса пробы	Масса подстилки	Масса корней	pH	Масса пробы	Масса подстилки	Масса корней	pH
Коэффициент корреляции *r* Пирсона								
Число особей в пробе	*-0.32*	**0.44**	**0.32**	-0.50	-0.35	**0.44**	**0.09**	0.12
Число видов в пробе	*-0.44*	**0.48**	0.21	-0.42	-0.30	**0.40**	-0.01	0.07
Индекс Шеннона	*-0.48*	**0.40**	**0.38**	-0.55	-0.34	**0.40**	-0.07	-0.02
Выровненность по Шеннону	*-0.45*	**0.44**	**0.39**	-0.54	-0.61	**0.44**	-0.03	0.04
Показатель X SADIE								
Число особей в пробе	**-0.32**	**0.44**	**0.32**	**-0.50**	**-0.35**	**0.48**	0.08	0.13
Число видов в пробе	**-0.44**	**0.48**	0.22	**-0.42**	-0.30	**0.40**	-0.01	0.07
Индекс Шеннона	**-0.48**	**0.40**	**0.38**	**-0.55**	**-0.34**	**0.40**	-0.07	-0.02
Выровненность по Шеннону	**-0.45**	**0.44**	**0.39**	**-0.54**	**-0.61**	**0.43**	-0.03	0.04

Вариограммы и показатель *I* Морана указывают, что размер агрегаций в сообществах животных не меньше, чем размер рассмотренных площадок, что затрудняет анализ. По данным теста Мантеля и показателя X SADIE, существует достаточно четкое соответствие между распределением массы подстилки и животных, которое модифицируется глубиной взятой пробы (масса пробы снижает достоверность, т.к. большинство животных обитает в верхнем слое почвы). Сильная отрицательная связь распределения животных с pH почвы (по показателю X SADIE на площадке 1) говорит об определенном вкладе в распределение животных и этого фактора, который также влияет на совпадение границ сообществ животных с границами растительных ассоциаций. Очевидно, что распределение разных почвенных животных определяется разными факторами, в том числе и размерными. Как глубоко проникают виды-эдификаторы вглубь соседних ассоциаций, вопрос, нерешенный не только для почвенных животных, но и для растений (Marchand, Houle, 2006), которые значительно лучше исследованы с этой точки зрения. Для биогеографии почвы (Криволуцкий, 2004) важно установить, насколько широка полоса соответствия границ растительных ассоциаций и сообществ почвенных животных, и можно ли пренебречь ею при биогеографическом картографировании.

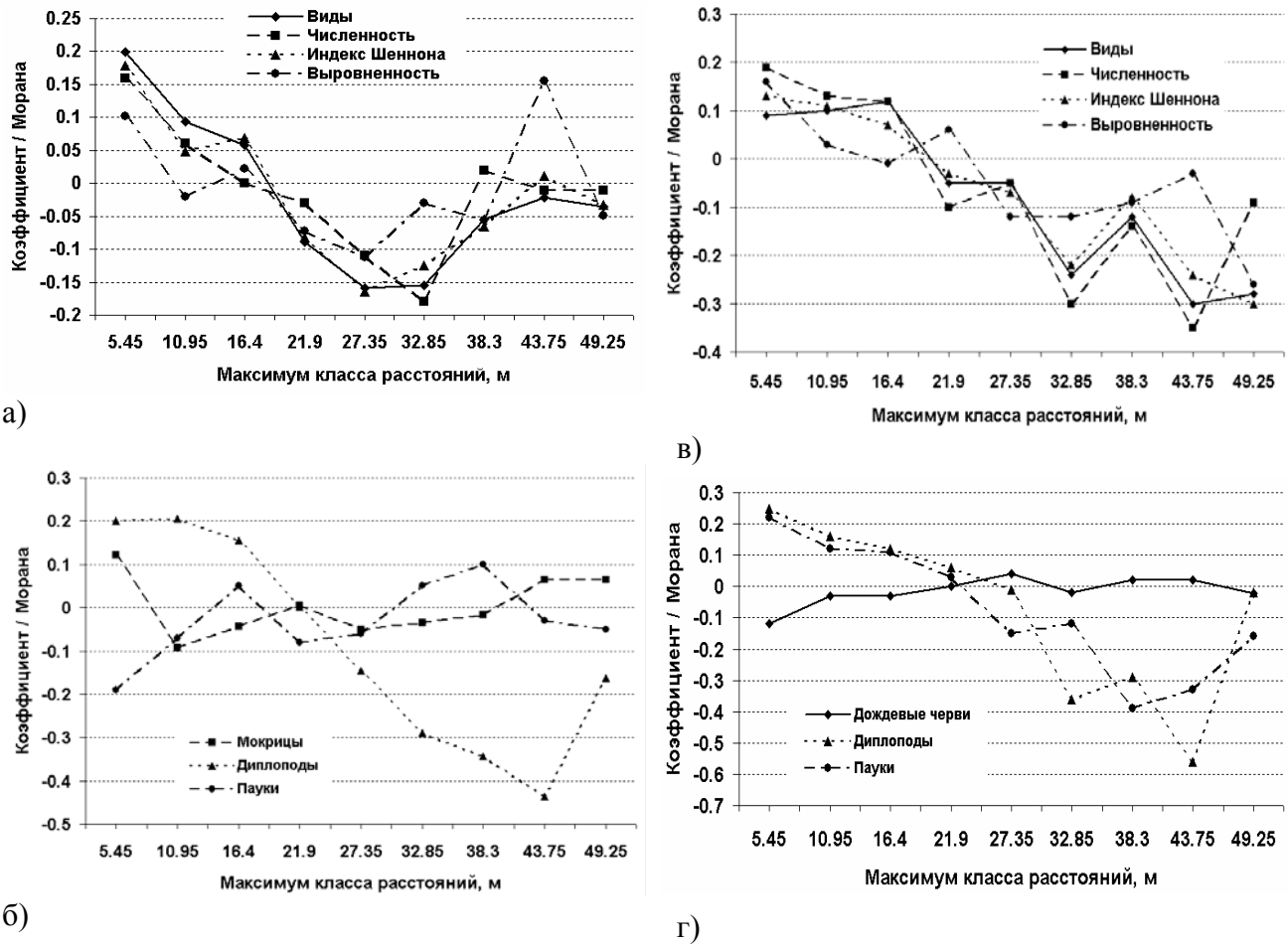


Рис. 5. Коррелограммы показателя *I* Морана для исследованных показателей. Положительные значения показателя указывают на автокорреляцию, отрицательные на ее отсутствие: а, б – показатели для площадки 1; в, г – для площадки 2. **Fig. 5.** Moran's I correlograms for the parameters studied. Positive values of the coefficient indicate autocorrelation: а, б – parameters of plot 1; в, г – those pf plot 2.

Авторы благодарны А.Н. Власову и О.И. Беляковой (ЦЧГБЗ) за помощь в организации исследований, А.С. Зайцеву за помощь в отборе проб и Ф.А. Савину (ИПЭЭ) за помощь в лабораторной обработке проб. Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-05-64902) и Фонда содействия отечественной науке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. Ред. Джонгман Р.Г.Г., Тер Браак С.Дж.Ф., Ван Тонгерен О.Ф.Р. (ред.) Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М.: РАСХН, 1999. 306 с.
2. *Гиляров, М. С.* Зоологический метод диагностики почв. Москва,.: Наука., 1965. 278 с.
3. *Гонгальский К.Б., Покаржевский А.Д., Савин Ф.А.* Влияние выпаса на пространственное микрораспределение почвенных животных в луговой степи Центрально-Черноземного заповедника // Аридные экосистемы. 2005. Т. 11. С. 71-76.
4. *Добровольский Г.В., Трофимов С.Я.* Этот удивительно организованный мир // Природа. 2004. № 3. С. 3-11.

5. *Козлов М.В.* Мнимые повторности (Pseudoreplication) в экологических исследованиях: Проблема, не замеченная российскими учеными // Журнал общей биологии. 2003. Т. 64. С. 292-307.
6. *Криволуцкий Д.А.* Становление биогеографии почвы // Вестн. МГУ. Сер. 5, геогр. 2004. №6. С. 10-16.
7. *Кузякова И.Ф., Романенков В.А., Кузяков Я.В.* Применение метода геостатистики при обработке результатов почвенных и агрохимических исследований // Почвоведение. 2001. № 11. С. 1365-1376.
8. *Перельман Н.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрея-2000, 1999. 763 с.
9. *Покаржевский А.Д., Гонгальский К.Б., Зайцев А.С., Белякова О.И., Савин Ф.А.* «Пустоты» в пространственном распределении дождевых червей в луговой степи // Докл. РАН. 2006. Т. 408. С. 426-429.
10. *Чернова Н.М., Чугунова М.Н.* Анализ пространственного распределения почвообитающих микроартропод в пределах одной растительной ассоциации // Pedobiologia. 1967. Bd. 7. S. 67-87.
11. *Чернышев В.Б.* Экологическая защита растений. Членистоногие в агроэкосистеме. М: Изд-во МГУ, 2001. 136 с.
12. *Burn R.W.* Diversity Index Calculator (an add-in for MS-Excel). Statistical Services Centre. The University of Reading. 2004. URL www.rdg.ac.uk/ssc/software/diversity/diversity.html
13. *Clifford P., Richardson S., Hémon D.* Assessing the significance of the correlation between two spatial processes // Biometrics. 1989. V. 45. P.123-134.
14. *Conrad K.F.* SADIEShell. Version 1.22. IACR Rothamsted 2001. URL www.iacr.bbsrc.ac.uk/pie/sadie.
15. *Dunger W.* Parameter der Bodenfauna in einer Catena von Rasen-Okosystemen // Pedobiologia. 1978. V. 18. S. 310-340.
16. *Dutilleul P.* Modifying the t-test for assessing the correlation between two spatial processes // Biometrics. 1993. V. 49. P. 305-314.
17. *Ettema C.H., Wardle D.A.* Spatial soil ecology // Trends in Ecology and Evolution. 2002. V. 17. P. 177-183.
18. *Fortin M.J., Olson R.J., Ferson S., Iverson L., Hunsaker C., Edwards G., Levine D., Butera K., Klemas V.* Issues related to the detection of boundaries // Landscape Ecology. 2000. V. 15. P. 453-466.
19. *Gongalsky K.B., Savin F.A., Pokarzhevskii A.D., Filimonova Z.V.* Spatial distribution of isopods in an oak-beech forest // European Journal of Soil Biology. 2005. V. 41. P. 117-122.
20. *Goovaerts P.* Geostatistics for natural resources evaluation. New York: Oxford University Press, 1997. 487 p.
21. *Ifoulis A.A., Savopoulou-Soultani M.* Use of geostatistical analysis to characterize the spatial distribution of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in Northern Greece // Environmental Entomology. 2006. V. 35. P. 497-506.
22. *Hood G.M.* PopTools version 2.6.6. URL www.cse.csiro.au/poptools. 2005.
23. *Lavelle P., Spain A.V.* Soil ecology. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 2001. 654 p.
24. *Marchand P., Houle G.* Spatial patterns of plant species richness along a forest edge: What are their determinants? // Forest Ecology and Management. 2006. V. 223. P. 113-124.
25. *Molnar T., Magura T., Tothmeresz B., Elek Z.* Ground beetles (Carabidae) and edge effect in oak-hornbeam forest and grassland transects // European Journal of Soil Biology. 2001.V. 37. P. 297-300.
26. *Pannatier Y.* VARIOWIN: Software for Spatial Data Analysis in 2D". Berlin: Springer Verlag, 1996. 91 p.
27. *Perry J.N., Dixon P.M.* A new method to measure spatial association for ecological count data // Ecoscience. 2002. V. 9. P. 133-141.

28. *Pokarzhevskij A.D., Titischeva N.G.* The population dynamics of earthworm *Eisenia nordenskioldi* in medow steppe habitats in the USSR // Pedobiologia. 1982. V. 23. P. 266-267.
29. *Rosenberg M.S.* PASSAGE. Pattern Analysis, Spatial Statistics, and Geographic Exegesis. Version 1.0. Tempe: Arizona State University, 2001. 141 p.
30. *Rossi J.P., Lavelle P., Tondoh J.E.* Statistical tool for soil biology. X. Geostatistical analysis // European Journal of Soil Biology. 1995. V. 31. P. 173-181.
31. *Rossi J.P.* Statistical tool for soil biology. XI. Autocorrelogram and Mantel test // European Journal of Soil Biology. 1996. V. 32. P. 195-203.
32. *Sisk T.D., Haddad N.M., Ehrlich P.R.* Bird assemblages in patchy woodlands: Modeling the effects of edge and matrix habitats // Ecological Applications. 1997. V. 7. P. 1170-1180.
33. *Wagner H., Fortin M.-J.* Spatial analysis of landscapes: concepts and statistics // Ecology. 2005. V. 86. P. 1975-1987.
34. *Webster R.* Quantitative spatial analysis of soil in the field // Advances in Soil Science. 1985. V.3. P. 2-70.

A GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF SOIL ANIMAL COMMUNITIES AT A BORDER OF TWO PLANT ASSOCIATIONS IN THE STEPPE OF THE CENTRAL CHERNOZEM RESERVE

© 2007. A.D. Pokarzhevskiy, K.B. Gongalskiy

Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119071 Moscow, Leninskiy prospekt, 33, E-mail: kocio@mail.ru

The shift in aboveground and belowground communities of soil invertebrates at border between forested and opened ecosystems is well-known, but the existance of such borders between ecosystemst of similar type is much more difficult to unravel. A geostatistical study in mown and absolutely unmown steppe in Central Chernozem Researve (Kursk Region, Russia) revealed coincidence between plant and soil animal communities' borders. Variograms and the maps of spatial distriution indicated that the border between communities lay along the border of the steppe plots of variuos conservation status. Estimated on variograms and Moran's I, the size of animal communities agregations is not smaller than the size of the plots sampled. X SADIE and Mantel test revealed correlation between distribution of litter mass and parameters of soil animal communities, wich are modified by the depth of soil layer (sample mass) and root mass. Soil parameters (namely, pH) were less important factor to form borders between soil animal communities than the plant communities' borders. In the article, a brief review of geostatistical methods applied in soil zoological studies, and software for their calculation and interpretation is provided.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2007, том 13, № 32

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 581.9: 582.662

ХОРОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ФИЛОГЕНЕЗА И СИСТЕМАТИКИ ЕВРАЗИЙСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА *CHENOPODIACEAE*

© 2007 г. А.П. Сухоруков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, 119992 Москва, Воробьевы горы, д. 1, корп. 12, E-mail: suchor@mail.ru

Реферат. Обрисован генезис некоторых таксонов семейства *Chenopodiaceae*, выявлены некоторые особенности в характере заложения их ареалов, прослежена корреляция между первичной областью распространения и выработкой определенных морфолого-анатомических признаков растений. Показаны специфичные черты маревых в сложении аридных растительных сообществ.
Ключевые слова: *Chenopodiaceae*, *Atriplex*, *Corispermum*, хорология, систематика, филогенез, морфология, флора, растительность.

Хорология занимается географическими особенностями становления таксонов, их дальнейшего расселения и является одной из важнейших наук, способствующей пониманию процессов филогенеза и эволюции растений. В последнее десятилетие хорологический метод исследования редко используется систематиками или флористами для разработки представлений о характере ареалов таксонов, выявления области их формирования (первичного ареала) и интерпретации полученных результатов. Ареалогический метод прежде часто рассматривался как косвенный способ исследования и был сопряжен с риском представления надуманных догм и гипотез. Теоретическая концепция в хорологии, безусловно, не может не присутствовать, однако ряд открытий, сделанных за последнее время в самых различных научных областях, еще раз подтверждает ценность хорологии для эволюционных построений. В свою очередь, решение сложных вопросов филогенеза напрямую связано с изучением процессов образования флор, в том числе пустынных, и многие обозначенные ранее проблемы флорогенеза еще требуют обстоятельного исследования (Камелин, 1973).

В предложенной публикации делается попытка обрисовать генезис таксонов, выявить некоторые особенности в характере заложения их ареалов, проследить корреляцию между первичной областью распространения и выработкой определенных морфолого-анатомических признаков на примере некоторых групп *Chenopodiaceae* и показать их специфичные черты в сложении аридных растительных сообществ.

Возраст представителей семейства *Chenopodiaceae* и некоторые этапы развития палеофлор аридных районов Евразии

На древность всего семейства *Chenopodiaceae Vent.* указывал еще М.М. Ильин (1937), датируя его возникновение верхним мелом. Находки пыльцы представителей семейства, оцененные верхнемеловым–нижнетретичным возрастом, подтверждают это предположение (Heklau, 1992). Весьма интересны выводы М.И. Фальковича (1996) и В.В. Аникина (2002) о древнем происхождении маревых, сделанные на основе анализа трофических связей молей-чехлоносок (*Coleophoridae*, *Lepidoptera*) с видами семейства, выражающихся в узкой пищевой специализации многих насекомых (олигофагов) и наличии сопряженной эволюции

отдельных их представителей. К сожалению, более точно проследить ранние стадии развития *Chenopodiaceae* в настоящее время представляется затруднительным. Во-первых, условия аридного климата не способствуют фоссилизации растительных остатков в виде макрообъектов (листьев или других крупных органов растений). Кроме того, пыльцевые зерна маревых по своему строению до сих пор считаются достаточно однородными (сфероидальные, радиально-симметричные, мелкие, диаметром 15–35 мкм, панпоратные; более подробные описания см., к примеру, у Моносзон, 1973), хотя в последние несколько лет исследования ультраскульптуры и ультраструктуры пыльцы позволили сделать ряд важных выводов, касающихся некоторых таксонов семейства как в систематическом аспекте, так и в свете изучения их роли в становлении палеофлор (Мосякін, Цимбалюк, 2002; Безусько и др., 2003; Мосякін, Цимбалюк, 2004).

При изучении ареалов крупных надродовых таксонов можно высказать предположение, что некоторые подсемейства (п/с) *Chenopodiaceae* (п/с *Chenopodioideae*, *Camphorosmioideae A.J.Scott*, *Salicornioideae Ulbr.*, *Suaedoideae Ulbr.*) более древние, чем п/с *Salsoloideae Ulbr.* (Zhu, 1996). Чрезвычайно обширные ареалы, связанные с разными континентами Земли, имеют роды *Chenopodium L.*, *Atriplex L.* (*Chenopodoiodeae*), *Bassia All., Kochia Roth* (*Camphorosmioideae*), *Salicornia L.* (*Salicornioideae*), *Suaeda* (*Suaedoideae*) и многие другие таксоны, в то время как подавляющее большинство представителей из п/с *Salsoloideae* имеют явно евразийское происхождение. Отметим также тот факт, что некоторые морфолого-анатомические признаки у *Salsoloideae* считаются эволюционно более продвинутыми (меньшее число слоев перикарпия и спермодермы, отсутствие питательной ткани в семени, некоторые высокоспециализированные признаки строения листа и т.д.), и вопрос о древности некоторых “членистых” представителей этого подсемейства (Ресурсы…, 1984) еще требует своего решения.

Прежде чем перейти к хорологическому анализу некоторых маревых, обрисуем в кратких чертах геолого-палеоботаническую летопись аридных территорий России и среднеазиатских республик начиная с третичного геохронологического периода.

Этапы развития палеофлор в третичном периоде на территории России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) подробно рассмотрены В.И. Барановым (1959). Он указывает, что в верхнем эоцене (около 45 млн. лет назад) в Северном Приаралье наряду с пыльцой мезофильных растений (*Aceraceae*, *Betulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lauraceae*, *Palmae*, *Ulmaceae* и других семейств) найдены пыльцевые зерна, относимые к родам, тяготеющим к аридным и семиаридным регионам (*Haloxylon spp., Calligonum spp.*). Во второй половине олигоцена (около 35 млн. лет назад) климат в Средней Азии становится более засушливым, что, вероятно, способствовало постепенному расселению галофильных растений. Однако, в целом, климат третичного периода был более влажным, в том числе в Средней Азии, с преобладанием сообществ, относящихся к лесным типам растительности (Коровин, 1934).

Начало расцвета современных групп *Chenopodiaceae* происходит, по-видимому, в верхнем миоцене (около 10–15 млн. лет назад; неогеновый период) вместе с иссушением климата. В.И. Баранов (1959, с. 334) пишет: “Скудные растительные остатки (преимущественно пыльца и споры), так и литологическое изучение мио-, плиоценовых отложений на юге Сибири, в Казахстане и Средней Азии показывают, что континентальный режим для этих территорий установился уже с середины неогена, а может быть и раньше”.

В этой связи отметим, что исследования процессов аридизации климата на территории современной Австралии свидетельствуют о миоценовом возникновении и дивергенции многих австралийских таксонов (Shepherd et al., 2004; Kadereit et al., 2005). Примечательно, что к этому же времени значительно увеличивается процент цветковых растений, имеющих особый, C_4– тип фотосинтетического метаболизма (Ковалев, 2000). Он известен сейчас среди многих групп магнолиофитов, в частности, у многих маревых, преимущественно представителей п/с *Camphorosmioideae A.J. Scott, Salicornioideae Ulbr., Suaedoideae Ulbr.* и

Salsoloideae Ulbr. (Winter, 1981; Гамалей, Вознесенская, 1986; Гамалей и др., 1992).

В плиоценовых отложениях степных районов Восточной Европы (а также из фоссилий более поздних эпох) найдены семена представителей некоторых родов маревых (Ископаемые…, 2005). Добавим, что обнаруженные семена, принадлежащие преимущественно родам из п/с *Chenopodioideae*, неплохо сохранились благодаря мощной спермодерме (толщиной 30-120 мкм), свойственной подавляющему числу родов этого подсемейства. Однако такие находки, несмотря на большую научную значимость, все же не позволяют оценить степень участия маревых в сложении палеофлор, поскольку покровы плодов и семян многих представителей менее мощные и быстро разлагаются. Вследствие этого остатки перикарпия или спермодермы почти всех *Salsoloideae Ulbr., Camphorosmioideae A.J.Scott* или некоторых *Salicornioideae Ulbr.* едва ли могут быть найдены среди фоссилий, что существенно усложняет изучение генезиса и расселения некоторых объемных и таксономически разнообразных родов, к примеру *Salsola L.* (Бочанцев, 1969) или *Climacoptera Botsch.* (Пратов, 1986).

В четвертичный период в Евразии неоднократно происходили гляциальные процессы, повлиявшие в основном на территории севернее 48^0 широты. Равнинные регионы Древнего Средиземноморья, где развивались многие современные группы семейства *Chenopodiaceae*, остались практически незатронутыми оледенением. Формирование современного рельефа, в том числе крупнейших песчаных массивов (Быков, 1979), а также самобытной флоры и фауны этого региона проходило, по-видимому, непрерывно в условиях продолжавшейся аридизации климата и постепенного отступления Тетиса (Никольский, 1947; Сафронова, 1996). К началу этого геохронологического периода относится возникновение современной растительности древнеаральской террасы (Димеева, 1995). Однако и в перигляциальной зоне обнаружены пыльцевые зерна маревых, причем эти находки связаны с совершенно различными местообитаниями (Моносзон, 1985).

Наиболее богата представителями *Chenopodiaceae* Ирано-Туранская область Древнего Средиземноморья (в понимании А.Л. Тахтаджяна (1978), охватывающая территорию от Каспийского моря на западе до пустынь Центральной Азии. Основное разнообразие таксонов наблюдается в пустынях Средней и Передней Азии (роды *Girgensohnia Bunge, Horaninowia Fisch. et C.A. Mey., Anthochlamys Fenzl, Alexandra Bunge, Physandra Botsch., Climacoptera Botsch.* и др., ряд внутриродовых категорий *Salsola L.*, *Suaeda Forsk.*, *Chenopodium L.*). Справедливо мнение В.И. Грубова (1966) о том, что число видов, имеющих генезис в аридных районах Китая и Монголии, сравнительно невелико и в процентном отношении значительно уступает таксонам туранского происхождения.

Критерии выявления первичных центров формирования таксонов

Для ряда обзорных аналитических или систематических работ отнесение таксонов к элементам или Древнего Средиземноморья, или Ирано-Турана вовсе недостаточно. Вследствие этого обстоятельства более точное выявление центров формирования групп растений, имеющих в настоящее время обширную область распространения, представляется крайне актуальной задачей, для решения которой важен сравнительный анализ морфолого-анатомических признаков. В свою очередь, хорологические выводы могут дать ценные представления о выработке морфологических типов или определенного специфического комплекса признаков растений.

При выявлении первичных центров формирования таксонов (к примеру, секций или подродов какого-либо рода) первоначально следует оценить современные границы ареала составляющих их видов и выделить из общей области распространения конкретного вида его *первичный* ареал. Под *первичным ареалом вида*, согласно А.И. Толмачеву (1974), следует понимать пространство, к которому приурочены эволюционные преобразования,

завершающиеся становлением данного вида. Для выделения этой территории в пределе общего ареала использовались три главных критерия (Сухоруков, 2002), позволяющих отнести вид к понятию аутохтонный или аллохтонный:

• степень участия вида в сложении *естественных* растительных сообществ в пределах различных природных зон и частота его встречаемости в каждой из них;

• степень селективности занимаемых видом экотопов в пределах всего его ареала;

• изучение фенотипа вида и систематически близких таксонов.

Для оценки первых двух критериев первостепенное значение приобретают наблюдения в природе. Рассмотрение всех трех критериев в совокупности дает представление о *первичном*, но не *ценотическом* ареале таксона. В этом отношении показательно поведение южноевропейского вида *Atriplex patula L.* (лебеды раскидистой), ценотический ареал которого расположен в пределах вторичного ареала – неморальной зоны Европы, хотя его экотопическая активность (по Б.А. Юрцеву, 1982) нередко наблюдается и в степных районах европейской России.

Занимаясь в рамках диссертации систематикой и распространением видов рода *Atriplex L.* (п/с *Chenopodioideae*) в России и сопредельных государствах (Сухоруков, 2003), автор проанализировал первичные ареалы групп рода и выявил ряд корреляций между характером их заложения и комплексом определенных морфолого-анатомических признаков. Ниже даны хорологические разработки автора, преимущественно на основе изучения ареалов евразийских групп рода *Atriplex L.*

Возраст и генезис евразийских таксонов рода *Atriplex* (лебеда)

Древность анцестральных групп рода *Atriplex s.l.* (incl. *Obione Gaertn.*, *Halimione Aellen*) косвенно подтверждается хорологическим методом исследования. Представители рода распространены на всех континентах (кроме Антарктиды), причем каждый материк характеризуется специфичным видовым составом (если не считать нескольких видов, проникших из Передней Азии в Северную Африку, а также случаев непреднамеренного трансконтинентального заноса в последнее столетие или дичания некоторых интродуцентов за пределами естественного ареала).

Процесс формирования предковой группы рода *Atriplex* может быть датирован верхним мелом, т.е. более 80 млн. лет назад, во времена существования единого материка Пангеи, и связан с *равнинными* территориями, характеризовавшимися аридными климатическими условиями. Отмечено, что уже в меловом периоде существовали участки суши с выраженным ксеротермным режимом (Вульф, 1944; Ильин, 1947; Мейен, 1987). К числу таких в целом неблагоприятных условий обитания можно отнести сильную инсоляцию, минимальную влажность воздуха, незначительное количество осадков, засоление субстрата. Об изначально экстремальных природных факторах свидетельствуют морфолого-анатомические и экологические особенности по крайней мере большинства евразийских таксонов (гетероспермия, склерифицированность прицветничков, кранцевая структура листа и C_4–тип фотосинтетического метаболизма, обильное количество солевыводящих и одновременно снижающих влияние солнечной радиации пузыревидных волосков, анемофилия, анемохорный способ распространения диаспор), а также явное тяготение практически всех рецентных групп рода к аридным и семиаридным регионам Земли[1].

Представляется вероятным, что одними из первичных экотопов предковых групп рода могли быть супралиторальные полосы морей и океанов с разреженным растительным

[1] Именно совокупность специфических признаков дает основание для такого предположения. Каждый критерий, рассмотренный в отдельности, уменьшил бы достоверность гипотезы, в зависимости от "веса" каждого из признаков. Даже формирование C_4-типа метаболизма иногда не связывают с эколого-географическими характеристиками таксонов (Тимонин, Озерова, 2002).

покровом. Сторонником литорального происхождения ряда групп семейства был М.М. Ильин (1947). Эта гипотеза представляется весьма правдоподобной исходя из (факультативной!) встречаемости многих широко распространенных видов (*A. tatarica L., A. patula L., A. pedunculata L.* и др.) на прибрежных участках морей и генезиса некоторых более молодых таксонов именно на приморских территориях *(A. fominii Iljin, A. pratovii Sukhor., A. littoralis L., A. calotheca (Rafn) Fries, A. nudicaulis Bogusl., A. praecox Huelph.* и др.). Следует, однако, отметить, что заселение растениями литоральных полос морей и океанов может быть вторичным явлением, к примеру, инвазия *A. patens (Litv.) Iljin* на Тихоокеанское побережье умеренных районов Дальнего Востока (вторичность этого явления основывается на карпологических признаках) или проникновение *A. sphaeromorpha Iljin* на освобождающуюся вследствие регрессии морских пространств сушу (Галиева, 1984).

Наиболее древние – полукустарничковые представители. В пользу этого предположения указывает, в частности, преобладание на других континентах видов именно с этой формой роста. Полукустарничковые евразийские виды морфологически обычно маловариабельны; многие из них произрастают на литоральных полосах (см.: Boulos et al., 1991). Несомненный интерес представляют ареалы таких галофильных видов, как *A. cana C.A. Mey.* и *A. verrucifera M.Bieb.*, свидетельствующие о становлении этих таксонов задолго до завершения альпийского орогенеза в конце третичного периода (около 4 млн. лет назад), не давших никаких новых форм в условиях горных систем Кавказа и Тянь-Шаня и произрастающих там большей частью по солончаковым равнинам в нижнем поясе.

Полученные автором результаты анализа хорологического распределения групп дополняют систематические выводы, с применением морфолого-анатомического метода исследования (Сухоруков, 1999 б). Так, первичный ареал секции *Teutliopsis Dumort.* – южностепные регионы Азии, крайнего юго-востока Европы (рис. 1), и, кроме того, вторичные центры разнообразия наблюдаются в умеренных районах Дальнего Востока, Тихоокеанского побережья Северной Америки, в Западной и Северной Европе (по супралиторалям). Из общего числа видов секции лишь некоторые проявляют тенденцию к расширению области распространения. В наибольшей степени это коснулось *A. patula L., A. prostrata Boucher ex DC., A. oblongifolia Waldst. et Kit., A. laevis C.A. Mey., A. patens (Litv.) Iljin, A. micrantha C.A. Mey.*

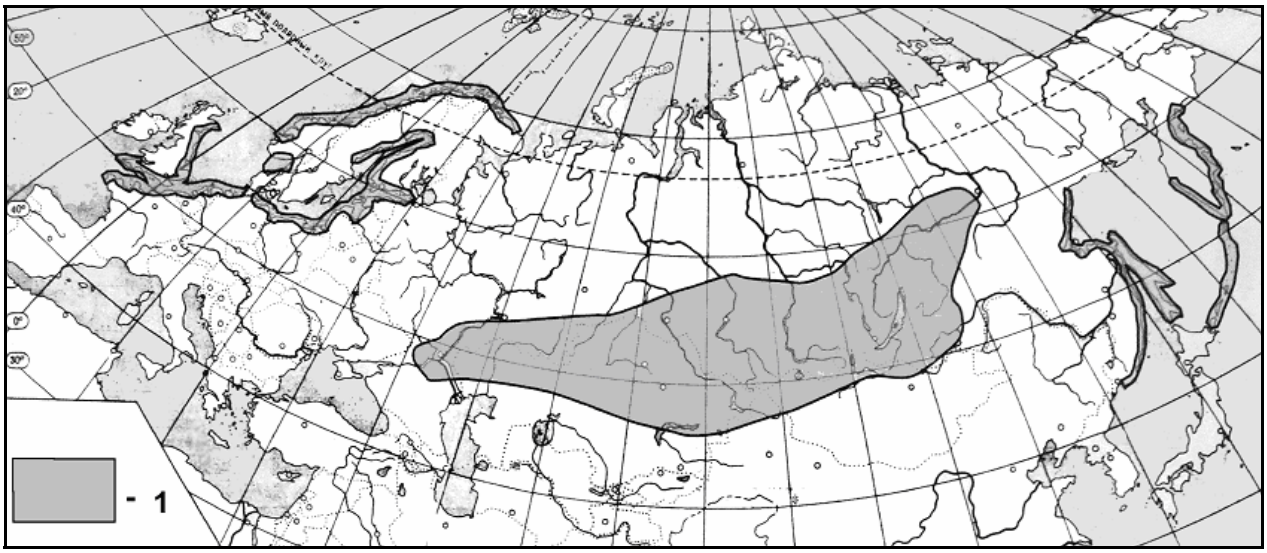


Рис. 1. Первичный ареал секции *Teutliopsis* рода *Atriplex* (1) со вторичными центрами разнообразия на Балтийском, Северном морях и на Дальнем Востоке. **Fig. 1.** Initial range (steppe and semideserts, principally) of *Atriplex* (1) sect. *Teutliopsis* with secondary centers of diversity in the Baltic, North Sea and Far East.

Более древними в секции *Teutliopsis* автор считает виды с широким ареалом (*A. micrantha C.A. Mey.*, *A. prostrata Boucher ex DC.* и др.), некоторые из которых дали в четвертичный период ряд близкородственных и морфологически не всегда четко отграниченных таксонов. Анцестральные группы, от которых произошли современные виды секции *Teutliopsis*, могли произрастать как по супралиторалям северного, западного и восточного участков Тетиса, так и в разреженных растительных сообществах, сформированных на равнинных засоленных экотопах с высоким уровнем грунтовых вод (например, пойменные луга) на некотором удалении от Тетиса в условиях семиаридного континентального климата. Такие условия, в целом не экстремальные, способствовали закреплению менее ксерофильных черт в строении растений, что подтверждается характером первичного ареала секции.

Наиболее молодыми можно считать облигатно литоральные западноевропейские виды из родства *A. prostrata* (*A. glabriuscula Edmondst.*, *A. longipes Drej.*, *A. praecox Huelph., A. gmelinii C.A. Mey.*, *A. subcordata Kitag.*). Возникновение северных европейских литоральных видов датируется 5–8 тысяч лет назад, после последнего Валдайского оледенения, вместе с начавшимся процессом становления современной структуры бореальной флоры (Цвелев, 2000), и окончательное формирование морфологических признаков многих литоральных европейских видов (например *A. longipes*, *A. glabriuscula*) до сих пор не закончено, с чем может быть связано образование гибридов между ними (*A. glabriuscula* x *A. longipes*; *A. glabriuscula* x *A. prostrata*; *A. longipes* x *A. praecox*; *A. longipes* x *A. calotheca* и др. – Gustafsson, 1976; Garve, 1982; Basset et al., 1983; Taschereau, 1986; Gustafsson et al., 2001). Менее активно в четвертичном периоде происходил генезис таксонов из секции *Teutliopsis* во внутриконтинентальных районах Азии. Из более молодых видов здесь следует отметить приаральский эндемик *A. iljinii Aellen.* Интересен факт отсутствия новообразований в условиях горного пояса.

Весьма проблемны вопросы проникновения представителей секции *Teutliopsis* на литорали Балтийского, Северного, Охотского, Японского морей и дальнейшего протекания там формообразовательных процессов. Миграцию видов к северу следует связать, видимо, с орнито- и гидрохорным расширением ареалов некоторых представителей (*A. intracontinentalis Sukhor. nom. provis.*, *A. prostrata Boucher ex DC.* и некоторых других), происходящим также в настоящее время (Сухоруков, 1999а) и последующим образованием гибридогенных (и отчасти стабилизировавшихся) таксонов в новых геоморфологических и климатических условиях (Попов, 1963).

Типично южностепными элементами являются также *A. fera (L.) Bunge* (sect. *Durae Sukhor. nom. provis.*[2]), *A. verrucifera M.Bieb.* (sect. *Halimus S.F. Gray*) и *A. pedunculata L.* (sect. *Pedicellatae Sukhor. nom. provis.*), последний таксон встречается также на литоральных полосах Западной и Средней Европы, где, по-видимому, расположен его вторичный ареал.

Первичные ареалы секций *Sclerocalymma Asch.* и *Psammophila Sukhor. nom. provis.* занимают более южные, пустынные регионы (южные пустыни) Ирано-Туранской флористической области, причем первичными экотопами двух составляющих секцию *Psammophila* видов – *A. dimorphostegia Kar. et Kir.* и *A. ornata Iljin* – являются песчаные пустыни.

Из трех видов секции *Obione (Gaertn.) C.A. Mey.* два близких таксона – *A. sibirica L.* и *A. centralasiatica Iljin* – имеют происхождение, связанное с пустынями Центральной Азии. Лишь *A. belangeri Moq.* характеризуется более западным типом ареала (Туран) и встречается

[2] Валидное название этих групп рода, отмеченных в статье как nom. provis. (nomen provisorum), должно быть опубликовано в обзорной статье [Suchorukow A.P. Zur Systematik und Chorologie der *Atriplex*–Arten (*Chenopodiaceae*) in Russland und benachbarten Staaten], сданной в печать еще в 2002 г. в "*Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien"*, но, к сожалению, до сих пор окончательно не отредактированной издателем несмотря на положительную рецензию.

чаще в составе тугайной растительности.

Переднеазиатское происхождение имеют виды секции *Stylosa Aellen* и подрода *Pterotheca nom. provis.* (*A. moneta Bunge*, *A. flabellum Bunge*)

Из всех евразийских таксонов рода наибольший расцвет в миоцен–плиоцене затронул секцию *Sclerocalymma Asch.* Ее первичный ареал сформирован в пределах пустынных равнинных регионов Азии (рис. 2). Судя по ареалогическим данным и геологической истории Арало-Каспийского моря, позднеплиоценовый или плейстоценовый возраст имеют равнинные представители *A. sphaeromorpha Iljin* и *A. pungens Trautv*. Очень молодыми, возникшими уже в четвертичном периоде представляются облигатно ореофильные эндемичные таксоны *A. pamirica Ilijn, A. schugnanica Iljin, A. altaica Sukhor., A. megalotheca Popov, A. tianschanica Pratov,* сформировавшиеся уже в горных условиях после завершения альпийского орогенеза в четвертичном периоде (Белоусов, 1962), вероятно, из дериватов предковых равнинных форм *A. tatarica L.* Интересно, что образование таких очень близких друг другу аллопатрических видов, как *A. altaica* и *A. pamirica* происходило, по всей вероятности, политопно (Suchorukow, 2000). Схожая ситуация характерна для пары *A. rosea L. – A. sphaeromorpha Iljin.*

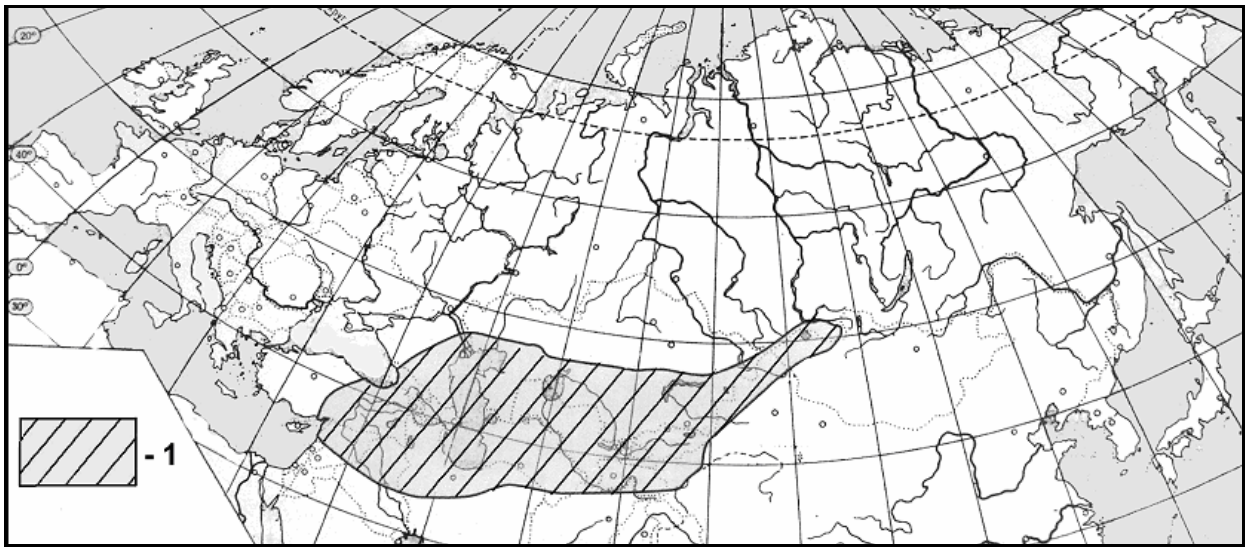


Рис. 2. Первичный ареал секции *Sclerocalymma* рода *Atriplex* (1). **Fig. 2.** Initial range of *Atriplex* sect. *Sclerocalymma* (1).

Своеобразны горные симпатрические таксоны *A. megalotheca Popov* и *A. tianschanica Pratov.* Наличие очень длинной суженной части (“ножки”) прицветничков, являющейся результатом срастания черешков этих листовидных образований, могло бы свидетельствовать о примитивности этих таксонов. Однако “ножка” таких окружающих плод фолиарных структур является, видимо, атавизмом.

Из всех видов секции *Sclerocalymma Asch.* западносредиземноморское происхождение имеет лишь *A. laciniata L.*, откуда она мигрировала в Западную Европу.

Генезис видов типовой секции рода (sect. *Atriplex*) связан с семиаридными районами Евразии (рис. 3). Не совсем ясна область формирования *A. hortensis L.*, но, по-видимому, нет причин считать этот вид индостанским или гималайским (Ulbrich, 1934), где он культивировался (Hooker, 1890). Скорее всего, это южноевропейский таксон, приуроченный к более гумидному климату, чем *A. sagittata Borkh.* и *A. aucheri Moq.* В последнее время древность и относительная примитивность видов типовой секции (Медведева, 1991), имеющих цветки как с прицветничками, так и только с околоцветником (что сближает их с видами рода *Chenopodium L.*), оспаривается (Schwarz, 2003), что, по-видимому, не лишено

оснований.

Отметим также, что *A. sagittata Borkh.* и *A. aucheri Moq.* характеризуются отчасти перекрывающимися ареалами, однако *первичные* экотопы этих видов различны. Для *A. sagittata* первичными местообитаниями, согласно моим исследованиям, являются влажные и незасоленные участки по берегам рек в южных степях, в то время как *A. aucheri* – изначально более галофильный вид, встречающийся по краям солончаков, другим солесодержащим субстратам и имеющий первичную область формирования в средне- и переднеазиатских пустынях.

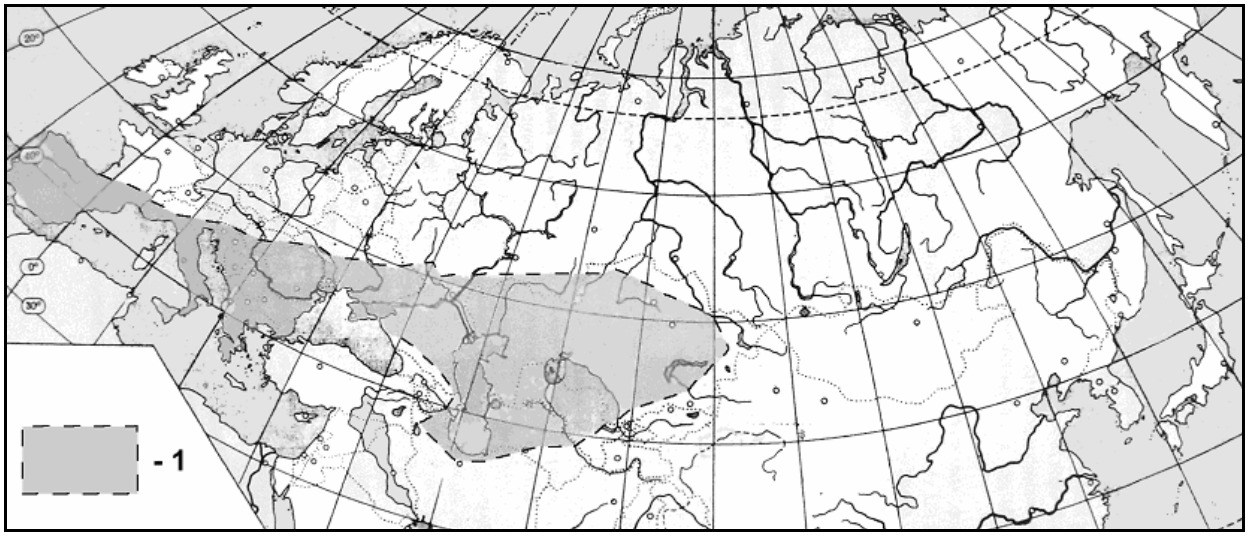


Рис. 3. Первичный ареал секции *Atriplex* (1). **Fig. 3.** Initial range of the sect. *Atriplex* (1).

Следует еще раз подчеркнуть, что процессы формирования таксонов происходят, безусловно, гетерохронно, поэтому в состав какой-либо одной группы растений чаще всего входят виды как древнего, так и более молодого возраста.

Корреляция морфолого-анатомических признаков и характера первичного ареала таксонов

Выявленные хорологические особенности генезиса секций типового подрода и подрода *Pterotheca* рода *Atriplex* согласуются с определенным комплексом их морфолого-анатомических признаков. Так, более южный (по сравнению с секциями *Teutliopsis Dumort., Halimus S.F. Gray*, *Durae Sukhor. nom. provis.*, *Pedicellatae Sukhor. nom. provis.*) характер ареала секций *Sclerocalymma*, *Psammophila*, *Obione* типового подрода и подрода *Pterotheca Sukhor. nom. provis.* способствовал формированию “эуксерофильных” черт в строении растений. Назовем следующие признаки: фотометричность, или реакция растений на сильную инсоляцию, обильное опушение листьев пузыревидными волосками и возможность их дополнительного образования на более поздних стадиях развития листьев (Reimann, 1992), склерифицированность и большая спаянность прицветничков как дополнительный способ защиты плода и соответственно семени от неблагоприятных абиотических факторов, коронарная структура листа и обычно связанный с ней C_4-тип фотосинтетического метаболизма. На зависимость характера [первичного] ареала и типа метаболизма указывали также, к примеру, Х. Ахани (Akhani et al., 1997) и О.В. Ковалев (2000).

Следует отметить, что поиски “более практичного” типа фотометричности, т.е. расположения листовых пластинок как под минимальным углом к свету (sect. *Teutliopsis*, *Durae*, *Halimus*, *Pedicellatae*), так и их сворачиваемости на брюшную сторону (остальные

секции типового подрода), лишено смысла. Тип фотометричности связан в первую очередь с характером опушения листьев на протяжении всего вегетационного периода.

Взаимосвязь морфолого-анатомического и хорологического методов исследования подтверждается также на примере одного из сложнейших с таксономической и систематической точки зрения представителей семейства – рода *Corispermum L.* Разработанная в настоящее время предварительная классификация таксонов рода (Mosyakin, 1997), основанная только на морфологических признаках, требует новой ревизии с привлечением анатомических данных по строению плодов (Sukhorukov, 2007). Как показало недавнее исследование, морфотипы плодов различных групп рода могут быть одинаковыми (к примеру, *C. filifolium C.A. Mey. ex Becker* и *C. marschalii Stev.*, относимые автором соответственно к анатомическим типам *Nitidum* и *Marschallii*). Однако, распределение видов с использованием новых карпологических признаков (число слоев механической ткани в средней части плода, форма и ширина крыла на поперечных срезах, наличие волосков и/или папилл, вторичная ультраскульптура поверхности перикарпия, характер отслоения и толщина его внешнего слоя), позволивших отнести более 60 исследованных таксонов рода к 13 анатомическим типам, во многих случаях подтверждает их хорологическое родство. К примеру, *C. aralo-caspicum Iljin, C. laxiflorum Schrenk, C. caucasicum (Iljin) Iljin*, причисленных автором к "*Aralo-Caspicum"* анатомическому типу плодов, являются арало-каспийскими элементами. Центральноазиатское происхождение имеют *C. declinatum Steph. ex Iljin, C. bardunovii Popov ex Lomonosova, C. tylocarpum Hance, C. gmelinii Bunge* (тип *Declinatum*), так же как и виды типа *Heptapotamicum* (*C. heptapotamicum Iljin, C. mongolicum Iljin, C. chinganicum Iljin* и др.; рис. 4). Протяженный ареал некоторых представителей рода (в частности, *C. declinatum* и *C. nitidum*) является, несомненно, следствием расширения их области распространения за последние сто лет (Ильин, 1928; Сухоруков, 1999а), а не результатом мозаичного распространения в пределах их естественного ареала (Скворцов, 1973). Дизъюнктивный и, видимо, более древний ареал имеют виды типа *Macrocarpum* (*C. macrocarpum Bunge, C. ochotense Ignatov, C. navicula Mosyakin, C. welshii Mosyakin*). Несмотря на то что проблема генезиса таксонов из родства групп "*Marschallii*" (*C. marschallii Stev., C. intermedium Schweigg., C. algidum Iljin, C. crassifolium Turcz.* etc.) и "*Hyssopifolium*" (*C. hyssopifolium L.*, *C. orientale Lam.*, *C. pallasii Stev.* etc.) еще требует дополнительного исследования, следует отметить их встречаемость почти исключительно севернее 43^0 северной широты.

Некоторые фитоценотические особенности представителей семейства *Chenopodiaceae*

Представители семейства играют исключительно важную роль в сложении современных фитоценозов, особенно в южных степях и пустынях. При оценке степени участия видов в образовании растительного покрова следует различать две ее составляющие – *таксономическую представленность* и *ценотическую степень участия*. Под таксономической представленностью понимают число таксонов (родов или видов) в определенном сообществе. Напротив, ценотическая степень оценивает количество особей в нем (популяционный анализ).

Участие маревых в растительном покрове безлесных аридных территорий существенно как в таксономическом, так и ценотическом плане. Их роль становится особенно заметной во второй половине вегетационного периода, когда многие растения из других семейств (*Poaceae*, *Brassicaceae* и др.) уже полностью закончили свой жизненный цикл (эфемеры и эфемероиды) или находятся в завершающей стадии онтогенеза.

В южных степях представители маревых произрастают чаще всего на микроповышениях с засоленными почвами, в составе полынных (*Artemisia pauciflora Web., A. lercheana Web.,*

A. santonica L.) формаций, детально описанных на примере Джаныбекского биологического стационара (Каменецкая, 1952; Гордеева, Ларин, 1965). Характерными элементами естественных галофильных сообществ являются *Kochia prostrata (L.) Schrad.*, (как содоминант), *Camphorosma monspeliaca L.*, а также *Atriplex sphaeromorpha Iljin, Salsola foliosa (L.) Schrad., S. laricina Pall., Petrosimonia monandra (Pall.) Bunge, P. triandra (Pall.) Simonk.* Антропогенная трансформация биотопов в условиях южных степей и пустынь может создавать как благоприятные условия для увеличения численности особей многих однолетников из семейства *Chenopodiaceae*, так и способствовать элиминации отдельных, преимущественно стенотопных, элементов (Сухоруков, 2005; Оценка…., 2005). Вследствие этого, проблема большей уязвимости между собственно флорой и естественными сообществами (Камелин, 1987) более касается фитоценозов.

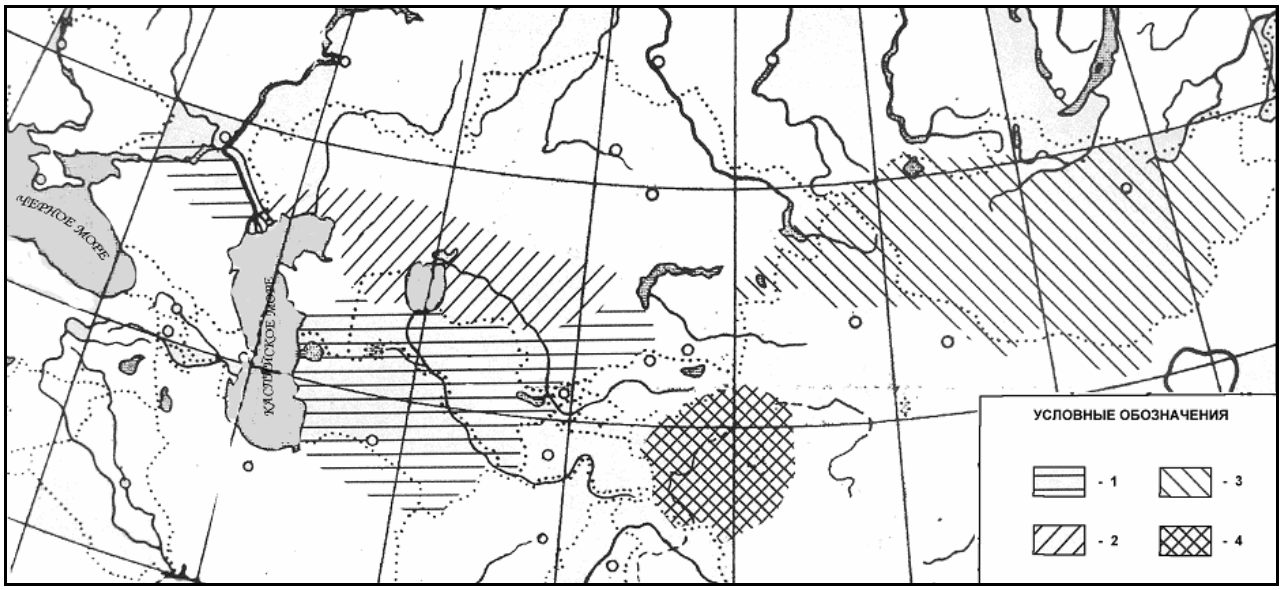


Рис. 4. Центры происхождения некоторых групп рода *Corispermum*: 1 – тип Filifolium; 2 – тип Aralo-Caspicum; 3 – типы Declinatum и Heptapotamicum; 4 – тип Dutreuilii. **Fig. 4. I**nitial ranges of some groups of the gen. *Corispermum*: 1 – Filifolium-type; 2 – Aralo-Caspicum-type; 3 – Declinatum- and Heptapotamicum-types; 4 – Dutreuilii-type.

Очень оригинальны растительные сообщества с участием маревых на сорах и в солончаковых котловинах. Часто они являются “строителями” формаций (Freitag et al., 2001), в которых их участие как в таксономическом, так и ценотическом плане очень велико. Кроме того, распределение видов в зависимости от водного режима и солевого баланса солончаков нередко носит концентрический характер, хорошо описанный на примере растительности Эльтонской котловины (Ильин, 1927).

При оценке роли представителей *Chenopodiaceae* в бореальной зоне следует говорить об их ценотическом участии, преимущественно в сложении вторичных, как правило, рудеральных (но не сегетальных) группировок (залежи, пустыри, железные дороги и пр.). Число видов маревых в таких сообществах относительно невелико; из таксонов, наиболее часто встречающихся в подзоне широколиственных лесов, отметим *Chenopodium album L. s.l.*, *C. glaucum L.*, *C. rubrum L.*, *Atriplex sagittata Borkh., A. patula L.*, *A. oblongifolia Waldst. et Kit., A. tatarica L., Kochia scoparia (L.) Schrad.* и некоторые другие), нередко создавая на рудеральных местах “маревый аспект”.

Отметим еще одну фитоценотическую особенность растений, проявляющуюся в их определенной экотопической приуроченности в разных природных зонах, на примере *Chenopodium rubrum L.* (Березуцкий и др., 2000). Если в пустынной зоне этот вид является

типично аллювиальным, то в подзоне лесостепи (северной степи) он чаще входит в состав коренной растительности пойменных засоленных лугов на суглинистых почвах. В лесной зоне (где *C. rubrum* является уже либо адвентивным растением, либо аллохтонным представителем аборигенной флоры) эта марь предпочитает вторичные, хорошо увлажненные местообитания (к примеру, залежные земли).

Многие виды, не проявляющие тенденцию к расширению своей области распространения, на границах ареалов более избирательны по отношению к субстрату. Так, почти все местонахождения *Petrosimonia monandra (Pall.) Bunge* или *Krascheninnikovia ceratoides (L.) Gueldenst.* в степной зоне связаны с меловыми и известняковыми обнажениями. Некоторые другие виды (*Atriplex patens (Litv.) Iljin, A. laevis C.A. Mey.*), имея в пределах естественной области распространения сходные экологические условия произрастания, обладают в условиях вторичного ареала селективностью по отношению к эдафическим факторам (Сухоруков, 1998).

Требует дополнительного исследования факт трансзонального переноса и дальнейшей активности таксонов, проявляющийся в проникновении и расселении растений в несмежные с естественным ареалом природные зоны.

Автор выражает глубокую благодарность С.А. Баландину, Н.М. Новиковой и И.Н. Сафроновой за полезное обсуждение материалов настоящей статьи. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 04–04–49010, 05–04–49107, 05–04–49143).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аникин В.В.* Пищевые связи молей-чехлоносок (*Lepidoptera*, *Coleophoridae*) в семействе маревых (*Chenopodiaceae*) на территории региона Нижней Волги // Бюл. бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2002. Вып. 1. С. 38–42.
2. *Баранов В.И.* Этапы развития флоры и растительности в третичном периоде на территории СССР. М.: Высшая школа, 1959. 364 с.
3. *Безусько Л.Г., Мосякін С.Л., Цимбалюк З.М.* Пилок родини *Chenopodiaceae Vent.* – індикатор природних та антропогенних змін рослинного покриву України в голоцені // Наукові записки (Природничі науки). 2003. Т. 22. С. 392–395.
4. *Белоусов В.В.* Основные вопросы геотектоники. 2-е перераб. изд. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 608 с.
5. *Березуцкий М.А., Мавродиев Е.В., Сухоруков А.П.* О новых, редких и критических таксонах флоры юго-востока Европы // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2000. Т. 105. Вып. 2. С. 63–65.
6. *Бочанцев В.П.* Род *Salsola L.*, краткая история его развития и расселения // Бот. журн. 1969. Т. 54. № 7. С. 989–1001.
7. *Быков Б.А.* Очерки истории растительного мира Казахстана и Средней Азии. Алма-Ата: Наука, 1979. 126 с.
8. *Вульф Е.В.* Историческая география растений. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1944. 546 с.
9. *Галиева Л.А.* К вопросу о распространении *Atriplex fominii* (*Chenopodiaceae*) // Бот. журн. 1984. Т. 69. Вып. 10. С. 1414–1416.
10. *Гамалей Ю.В., Вознесенская Е.В.* Структурно-биохимические типы C_4–растений // Физиол. раст. 1986. Т. 33. Вып. 4. С. 802–819.
11. *Гамалей Ю.В., Глаголева Т.А., Колчевский К.Г., Чулановская М.В.* Экология и эволюция типов C_4-синдрома в связи с филогенией семейств *Chenopodiaceae* и *Poaceae* // Бот. журн. 1992. Т. 77. Вып. 2. С. 1–12.
12. *Гордеева Т.К., Ларин И.В.* Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства. М.-Л.: Наука, 1965. 159 с.
13. *Грубов В.И.* Растения Центральной Азии. Вып. 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1966. 135 с.

14. *Димеева Л.А.* Эколого-исторические этапы формирования приморской растительности Приаралья // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1995. Т. 100. Вып. 2. С. 72–84.
15. *Ильин М.М.* Растительность Эльтонской котловины // Изв. Гл. бот. сада. 1927. Т. 26. Вып. 4. С. 371–414.
16. *Ильин М.М. Corispermum declinatum Stephan* как новый сорняк в посевах Европейской части СССР // Тр. прикл. ботаники, генетики и селекции. 1928. Т. 19. Вып. 2. С. 69–72.
17. *Ильин М.М.* К происхождению флоры пустынь Средней Азии // Сов. ботаника. 1937. Т. 6. С. 95–109.
18. *Ильин М.М.* Флоры литоралей и пустынь в их взаимосвязях // Сов. ботаника. 1947. Т. 15. Вып. 5. С. 249–267.
19. Ископаемые цветковые растения России и сопредельных государств. Т. 4. *Nyctagynaceae–Salicaceae* / Под ред. Л.Ю. Буданцева. М.-СПб: КМК, 2005. 466 с.
20. *Камелин Р.В.* Флорогенетический анализ естественной флоры Средней Азии. Л.: Наука, 1973. 356 с.
21. *Камелин Р.В.* Процесс эволюции растений в природе и некоторые проблемы флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Материалы II совещ. по сравнит. флористике. Л.: Наука, 1987. С. 36–42.
22. *Каменецкая И.В.* Естественная растительность Джаныбекского стационара // Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. 1952. Т. 2. Вып. 3. С. 101–162.
23. *Ковалев О.В.* Эволюция C_4-синдрома фотосинтеза у цветковых растений // Бот. журн. 2000. Т. 85. Вып. 11. С. 7–20.
24. *Коровин Е.П.* Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. М., Ташкент, 1934. 480 с.
25. *Медведева Н.А.* Род *Atriplex* во флоре европейской части СССР и на Кавказе. Дис… канд. биол. наук. Л., 1991. 253 с.
26. *Мейен С.В.* Основы палеоботаники. М.: Недра, 1987. 403 с.
27. *Моносзон М.Х.* Определитель пыльцы видов семейства маревых. М.: Наука, 1973. 96 с.
28. *Моносзон М.Х.* Флора маревых в плейстоценовых отложениях европейской территории СССР // Палинология четвертичного периода. М.: Наука, 1985. С. 25–44.
29. *Мосякін С.Л., Цимбалюк З.М.* Новий тип пилку у родіні *Chenopodiaceae* Vent. // Укр. бот. журн. 2002. Т. 59. № 2. С. 159–163.
30. *Мосякін С.Л., Цимбалюк З.М.* Паліноморфологічні особливості роду *Dysphania R.Br. emend. Mosyakin & Clemants* (*Chenopodiaceae*) // Укр. бот. журн. 2004. Т. 61. № 6. С. 3–13.
31. *Никольский А.М.* Роль ледникового периода в истории фауны палеарктической области // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1947. Т. 52. Вып. 5. С. 3–14.
32. Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы / Под ред. Н.М. Новиковой. М.: Наука, 2005. 365 с.
33. *Попов М.Г.* Основы флорогенетики. М.: Изд-во АН СССР , 1963. 135 с.
34. *Пратов У.* Род *Climacoptera Botsch.* (Систематика, география, филогения и вопросы охраны). Ташкент: ФАН, 1986. 68 с.
35. Ресурсы биосферы пустынь Средней Азии и Казахстана / Под ред. Н.Т. Нечаевой. М.: Наука, 1984. 192 с.
36. *Сафронова И.Н.* Пустыни Мангышлака (Очерк растительности) // Труды Бот. ин-та им. В.Л. Комарова РАН. Вып. 18. СПб., 1996. 221 с.
37. *Скворцов А.К.* Новые данные об адвентивной флоре Московской области I // Бюл. Гл. бот. сада. 1973. Т. 87. С. 5–11.
38. *Сухоруков А.П.* Виды рода *Atriplex L.* (*Chenopodiaceae*) в средней полосе европейской части России // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1998. Т. 103. Вып. 3. С. 54–58.
39. *Сухоруков А.П.* Маревые Средней России. М.: Диалог-МГУ, 1999 а. 35 с.

40. *Сухоруков А.П.* О хорологическом аспекте в систематике однолетних представителей рода *Atriplex L.s.l.* (*Chenopodiaceae*) // 6-ая Междунар. конф. по морфологии растений памяти И.Г. Серебрякова: Тез. докл. / Под ред. А.Г.Еленевского. М.: Изд-во МПГУ, 1999 б. С. 200–201.
41. *Сухоруков А.П.* Выявление генетических компонентов флоры на примре Центрального Черноземья // Флора и растительность Черноземья. Тез. докл. Курск: Изд. КГПУ, 2002. С. 38–40.
42. *Сухоруков А.П.* Систематика и хорология видов рода *Atriplex L. s.l.* (*Chenopodiaecae*), произрастающих в России и сопредельных государствах. Дисс… канд. биол. наук. М., 2003. 180 с. + 97 илл.
43. *Сухоруков А.П.* Конспект видов сосудистых растений Джаныбекского биологического стационара и его окрестностей. М.: Макс-Пресс, 2005. 34 с.
44. *Тахтаджян А.Л.* Флористические области Земли. Л.: Наука, 1978. 247 с.
45. *Тимонин А.К., Озерова Л.В.* Основы географии растений. М.: Изд. МГОПУ, 2002. 136 с.
46. *Толмачев А.И.* Введение в географию растений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. 244 с.
47. *Фалькович М.И.* Пищевые связи чехлоносок (*Lepidoptera*, *Coleophoridae*) I // Энтомол. обозр. 1996. Т. 65. Вып. 4. С. 732-755.
48. *Цвелев Н.Н.* Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб.: Изд-во СПХФА, 2000. 781 с.
49. *Юрцев Б.А.* Флора как природная система // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1982. Т. 87. Вып. 4. С. 3–22.
50. *Akhani H., Trimborn P., Ziegler H.* Photosynthetic pathways in *Chenopodiaceae* from Africa, Asia and Europe with their ecological, phytogeographical and taxonomical importance // Plant Syst. Evol. 1997. Vol. 206. P. 187–221.
51. *Basset I.J., Crompton C.W., McNeill J., Taschereau P.M.* The genus *Atriplex* (*Chenopodiaceae*) in Canada // Monograph. 1983. N 31. 72 p.
52. *Boulos L., Friis I., Gilbert, M.G.* Notes on the *Chenopodiaceae* of Ethiopia, Somalia and Southern Arabia // Nord. J. Bot. 1991. T. 11. N 3. P. 309–316.
53. *Freitag H., Golub V.B., Yuritsyna N.A.* Halophytic plant communities in the Northern Caspian lowlands: 1, annual halophytic communities // Phytocoenologia. 2001. Vol. 31. № 1. P. 63–108.
54. *Garve E.* Die *Atriplex*-Arten (*Chenopodiaceae*) der deutschen Norseeküste // Tuexenia. 1982. Bd. 2. S. 287–333.
55. *Gustafsson M.* Evolutionary trends in the *Atriplex prostrata* group of Scandinavia. Taxonomy and morphological variation // Opera Botanica. 1976. T. 39. 63 p.
56. *Gustafsson M., Jonsell L., Uotila P., Karlsson, Gen T. Atriplex* // Flora Nordica. Vol. 2. Stockholm, 2001. P. 32–47.
57. *Heklau H.* Beiträge zum anomalen sekundären Dickenwachstum im Spross einiger annueller *Atriplex*- und *Chenopodium*-Arten // Flora. 1992. Bd. 186. H. 1–2. S. 23–36.
58. *Hooker J.D.* The Flora of British India. Vol. 5. London: Reeve & Co., 1890. 910 p.
59. *Kadereit G., Gotzek D., Jacobs S., Freitag H.* Origin and age of Australian *Chenopodiaceae* // Organism, Diversity & Evolution. 2005. Vol. 5. P. 59–80.
60. *Mosyakin S.L.* New subsections in *Corispermum L.* (*Chenopodiaceae*) // Thaiszia. 1997. Vol. 7. P. 9–15.
61. *Reimann C.* Eine vergleichende Untersuchung des Induments mitteleuropäischer *Atriplex*-Arten // Flora. 1992. Bd. 186. H. 3–4. S. 225–235.
62. *Schwarz O.C. Atriplex micrantha C.A. Mey.* in Ledeb. und andere Meldearten. Nomenklatur, Morphologie, Verbreitung, Ökologie und Taxonomie // Jh. Ges. Naturkunde Württemberg. 2003. Bd. 159. S. 113–195.
63. *Shepherd K.A., Waycott M., Calladine A.* Radiation of the Australian *Salicornioideae* (*Chenopodiaceae*) – based on evidence from nuclear and chloroplast DNA sequences // Am. J.

Bot. 2004. Vol. 91, № 9. P. 1387–1397.
64. *Suchorukow A.P. Atriplex altaica Sukhor.* – eine neue Art aus der Flora des Altai-Gebirges // Fedd. Repert. 2000. Bd. 111, H. 3–4. S. 175–179.
65. *Sukhorukov A.P.* Types of fruit anatomical structure in the genus *Corispermum L.* (*Corispermoideae, Chenopodiaceae*) // Willdenowia. 2007. Vol. 37 (in press).
66. *Taschereau P.M.* Hybridization in the genus *Atriplex* section *Teutliopsis* (*Chenopodiaceae*) // Watsonia. 1986. Vol. 16. P. 153–162.
67. *Ulbrich E.* Fam. *Chenopodiaceae* // Die Natürlichen Pflanzenfamilien. Red. A.Engler, A.Harms. 2 ed. Bd. 16c. Leipzig, 1934. S. 379–584.
68. *Winter K.* C_4 plants of high biomass in arid regions of Asia – Occurrence of C_4 photosysthesis in *Chenopodiaceae* and *Polygonaceae* from the Middle East and USSR // Oecologia. 1981. T. 48. N 1. P. 100–106.
69. *Zhu G.-L.* Origin, differentiation and geographical distribution of the *Chenopodiaceae* // Acta Phytotax. Sinica. 1996. Vol. 34. № 5. P. 486–504 (на кит., с англ. резюме).

APPLICATION OF CHOROLOGICAL METHOD FOR SOLVING THE PROBLEMS OF PHYLOGENESIS AND SYSTEMATICS (A CASE STUDY OF ARID EURASIAN *CHENOPODIACEAE*)

© 2007. A.P. Sukhorukov

Mocsow Lomonosov State University, Dept. Higher plants, Biological faculty, Russia, 119992 Moscow, Vorobjovy gory 1, korp. 12. E-mail: suchor@mail.ru

An attempt was undertaken to depict a genesis of several *Chenopodiaceae* taxa, to reveal some peculiarities of their ranges, to observe a correlation between initial range and development of certain morphological and anatomical features, and to show the peculiarities of *Chenopodiaceae* species role in plant communities in arid regions.

Pollen records evidently show the Upper Cretaceous to Lower Tertiary age of the ancestral groups of *Chenopodiaceae*. Analysis of trophic relations of some *Lepidoptera* with *Chenopodiaceae* species is an indirect evidence of family antiquity. This is expressed in strict food specialisation of oligophagous insects and presence of co-evolution of plants and insects. It was shown by investigations of climatic aridisation in Australia that the origin and divergence of many taxa is connected in the main with Miocene. Percentage of flowering plants with C_4–photosynthetic pathway known in many groups of *Chenopodiaceae* sufficiently increased at that time. Seeds of *Chenopodium*, *Atriplex*, etc. species from subfam. *Chenopodioideae* were found in Pliocene sediments of steppe regions of Eastern Europe. But this fact does not prove the absence of species from other subfamilies in palaeofloras of that time, because seeds of former species were well preserved due to thick spermoderm, which is peculiar for majority of *Chenopodioideae* and not characteristic for many taxa from other groups of the family.

It is assumed on the basis of chorological characters of major suprageneric taxa ranges, that species of several subfamilies (*Chenopodioideae*, *Camphorosmoideae*, *Salicornioideae*, *Suaedoideae*) are more ancient than taxa from *Salsoloideae*. This assumption is confirmed by the fact, that some morphological and anatomical features in *Salsoloideae* species are evolutionary advanced.

It is necessary to estimate modern range limits of all species of the taxon, distinguishing in the range of each species its *primary* range while revealing the forming centre of a supraspecific taxon. Three criteria are used for distinguishing of certain area inside the total range of the species: species role and frequency in *natural* plant communities in different geographical zones; species habitat selectivity throughout the total range; study of species phenotype and phenotype of related taxa.

A number of correlations between chorological features of species ranges and a complex of morphological and anatomical features is revealed while analysis of primary ranges of the Eurasian groups of *Atriplex*, a large genus. Primary ranges of four sections (*Teutliopsis*, *Durae*, *Halimus*, *Pedicellatae*) are connected with semideserts of the Irano-Turanian floristic region, while primary ranges of the sections

Sclerocalymma and *Psammophila* are laid within the limits of southern deserts of the same region. Development of the primary ranges of the latter two sections in more extreme climatic conditions caused an appearance of true xeromorphic features in the plants of these groups.

Interrelation of all "classic" methods of studies is confirmed also by a case study of *Corispermum*, one of the most taxonomically and systematically complicated genus of the family.

Some coenotic peculiarities of the *Chenopodiaceae* species are discussed in the end of the paper. *Chenopodiaceae* species are playing very sufficient taxonomic and coenotic role in plant communities of woodless arid areas. Plant communities with *Chenopodiaceae* in depressions with salt-marshes ("sors" and "solonchaks" in Middle Asia) are very peculiar. Evaporation regime and salt balance of habitats lead to the forming of concentric strips of plant communities.

A case study of *Chenopodium rubrum* shows an originality of habitat restriction of plants in different zones. A lot of species, which do not have a tendency for range expansion, are becoming more selective in the choice of a substratum near the limits of their geographic ranges.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2007, том 13, № 32

УДК 551.5

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ЗОНАЛЬНЫХ ГРАНИЦ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА[1]

© 2007 г. Н.А. Шумова

Институт водных проблем Российской академии наук
Россия, 119991 Москва, ул. Губкина, д. 3, E-mail: shumova@aqua.laser.ru

Реферат. Оценивается адекватность прогнозируемых величин температуры воздуха и осадков, полученным по моделям общей циркуляции атмосферы GISS, GFDL, CCCM и UKMO условиям засушливых земель Прикаспийского региона. На основании рассчитанных величин коэффициента увлажнения и гидротермического коэффициента показаны тенденции и масштабы возможного изменения гидротермических условий и возможного сдвига южной границы степи исследуемого региона при ожидаемом изменении климата.
Ключевые слова: климат, гидротермические условия, агроценозы.

Рост интенсивности антропогенной деятельности и связанное с ним увеличение сжигания топлива способствует повышению концентрации углекислого газа в атмосфере, поглощающего длинноволновое излучение Земли. Такими же свойствами обладают фреоны, метан, окислы азота, которые попадают в атмосферу вследствие промышленной деятельности. В результате возрастает поглощение теплового излучения Земли, а, следовательно, радиационный баланс, что в свою очередь влечет за собой глобальное повышение температуры воздуха и изменение атмосферной циркуляции. Все это приводит к региональным перераспределениям глобальной температуры и атмосферных осадков.

В настоящее время среди специалистов нет единого мнения относительно масштабов и сроков возможных изменений климата. Более того, по мнению ряда ученых (Кондратьев, 1990; Кондратьев, Демирчян, 2001; Бомер-Кристиансен, 2003) парниковая гипотеза глобального потепления климата необоснованно сфокусирована на антропогенном факторе (и упрощена до углеродного учета), количественная оценка вклада которого в настоящее время отсутствует, а данные наблюдений не подтверждают глобальное потепление. Поэтому разработанные сценарии изменения климата не следует рассматривать как прогноз. Эти сценарии только помогают определить возможное направление изменения тех или иных исследуемых элементов и величину их возможного изменения за определенные сроки.

Ощутимые, а тем более значительные изменения климата могут привести к соответствующим изменениям региональных гидротермических условий и возможному сдвигу зональных границ на север. Однако региональный отклик растительности и в целом ландшафтов на глобальные климатические изменения весьма неоднозначен. Известные в настоящее время прогнозно-экологические разработки носят в основном весьма схематичный характер и направлены преимущественно на оценку будущего состояния биосферы как планетарной системы по ограниченному набору метеорологических параметров (Коломыц, 2006). Региональный уровень прогнозирования до сих пор остается слабо разработанным по причине недостатка фактического материала и методических трудностей перехода от глобального прогноза к региональному.

Информация глобальных моделей об изменениях климатических характеристик весьма схематична и представлена в основном данными об ожидаемых изменениях среднемесячных

[1] Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №06-05-64159.

значений температуры воздуха и атмосферных осадков с довольно схематичным их распределением по территории. Исходя из, этого для оценки гидротермических условий в данной работе используются коэффициент увлажнения − индекс Г.Н. Высоцкого (Высоцкий, 1960) и гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (1958), для расчетов которых достаточно располагать указанной выше информацией. Необходимо добавить, что эти коэффициенты широко используются специалистами, что дает возможность сравнивать результаты, полученные другими авторами.

Из сказанного вытекают две основные задачи. Первая задача – оценить адекватность прогнозируемых величин температуры воздуха и осадков, полученным по моделям общей циркуляции атмосферы, условиям исследуемого региона. В данном случае – это область засушливых земель Прикаспийской низменности, которая по Л.С. Бергу (1947; 1952) определяется зонами степей и пустынь. Вторая задача – оценка тенденций и масштабов возможного изменения гидротермических условий и возможного сдвига южной границы степи исследуемого региона при ожидаемом изменении климата.

Как было отмечено выше, температура воздуха и осадки являются теми характеристиками климата, изменение которых в настоящее время является объектом прогноза при использовании самых различных методов прогнозирования климатических изменений. Наиболее обоснованными признаются оценки изменения климата, выполненные с помощью моделей общей циркуляции атмосферы или так называемых моделей высокого разрешения (Climate Change, 1990). Они рассматривают широкий спектр физических процессов, характеризующих климатическую систему, и оценивают влияние увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере на климат. Эти модели дают возможность оценить предполагаемые локальные изменения температуры воздуха и осадков в различных регионах при удвоении концентрации содержания CO_2 в атмосфере.

В настоящей работе используются климатические оценки, полученные на основе моделей GISS (Hansen et al., 1983), GFDL (Manabe, Wetherald, 1987), CCCM (Climate Change, 1990), UKMO (Wilson, Mitchell, 1987) и сценария климата (Climate) за период 1951-1980 (Carter et al., 1992), основные характеристики которых приведены в таблице 1. Указанные модели позволяют получить средние месячные величины температуры воздуха и осадков при современной концентрации углекислого газа в атмосфере ($1xCO_2$) и при ее удвоении ($2xCO_2$), а также их климатические нормы за тридцатилетний период (Climate). При этом следует отметить, что по данным Межправительственной комиссии по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change) удвоение концентрации углекислого газа в атмосфере может быть достигнуто к 2075 году (Tegart, Sheldon, 1992).

Проведем оценку того, насколько корректно указанные климатические модели отражают климатические условия исследуемого региона. Для этого нами из климатических моделей GISS, GFDL, CCCM и UKMO были получены суммы среднесуточных положительных температур воздуха и годовые суммы осадков при современной концентрации углекислого газа в атмосфере ($1xCO_2$) и их климатические нормы из модели Climate для 23 агрометеорологических станций Прикаспийского региона и прилегающих территорий (рис. 1). Результаты сравнения, представленные в таблице 2, показали, что наиболее близки к климатическим данным значения температуры, полученные по моделям и GFDL, CCCM и UKMO. Значения температуры, полученные по модели GISS, в среднем занижены на 9%. К этому хотелось бы добавить, что данные по температуре, полученные по сценарию Climate, полностью согласуются со средними многолетними данными наблюдений, полученными для метеорологических станций Прикаспийского региона (отношение величин сумм среднесуточных положительных температур воздуха $\Sigma T_{метео}$, полученных по материалам наблюдений метеорологических станций Прикаспийского региона, к их климатическим нормам из модели Climate $\Sigma T_{Climate}$ равно единице). Что касается годовых величин осадков,

то их значения, полученные по моделям GFDL и UKMO, больше чем на 30% занижены по сравнению со сценарием Climate. По моделям GISS и CCCM годовые суммы осадков завышены по сравнению со сценарием Climate на 27 и 16% соответственно.

Таблица 1. Основные характеристики климатических моделей.
Table 1. The main characteristics of climate models.

Климатическая модель	Разрешение, град.	Верти-кальные уровни, кол-во ед.	Увеличение глобальной температуры при удвоении CO_2, °C	Увеличение глобальных осадков при удвоении CO_2, %
GISS (Goddard Institute for Space Sciences)	7.83 x 10.0	9	4.2	11
GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory)	2.22 x 3.75	9	4.0	8.3
CCCM (Canadian Climate Center Model)	3.75 x 3.75	10	3.5	3.8
UKMO (United Kingdom Meteorological Office)	2.50 x 3.75	11	3.5	9.0

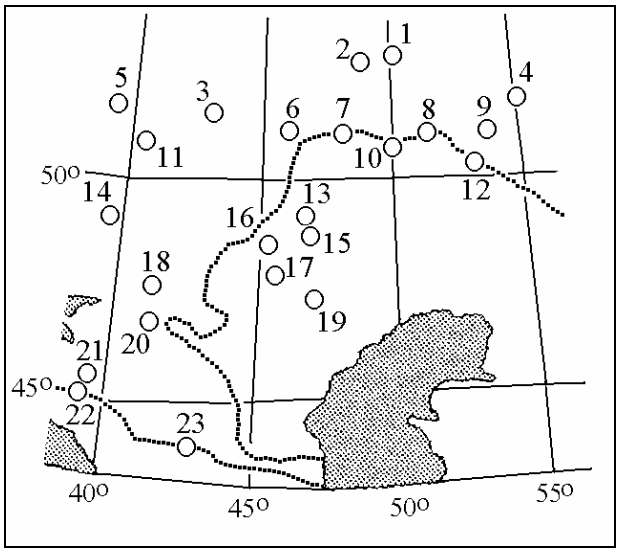


Рис. 1. Карта расположения метеорологических станций. 1 – Самара, 2 – Безенчук, 3 – Ростоши, 4 – Оренбург, 5 – Воронеж, 6 – Саратов, 7 – Ершов, 8 – Уральск, 9 – Чингирлау, 10 – Каменка, 11 – Каменная Степь, 12 – Белогорка, 13 – Джаныбек, 14 – Беловодск, 15 – Эльтон, 16 – Капустин Яр, 17 – Черный Яр, 18 – Константиновский, 19 – Харабали, 20 – Гигант, 21 – Кореновск, 22 – Краснодар, 23 – Золотушка. Здесь и далее точечные линии – границы степной зоны по Л.С. Берг (1947; 1952).
Fig. 1. Map of meteorological station location. 1 – Samara, 2 – Bezenchuk, 3 – Rostoshi, 4 – Orenburg, 5 – Voronezh, 6 – Saratov, 7 – Ershov, 8 – Uralsk, 9 – Chingirlau, 10 – Kamenka, 11 – Kamennaya Step, 12 – Belogorka, 13 – Dzhanybek, 14 – Belovodsk, 15 – Elton, 16 – Kapustin Yar, 17 – Chernyi Yar, 18 – Konstantinovskii, 19 – Kharabali, 20 – Gigant, 21 – Korenovsk, 22 – Krasnodar, 23 – Zolotushka.
Hear and in the following dotted lines indicate boundaries of steppe zone (Берг, 1947; 1952).

При этом годовые суммы осадков, полученные по материалам наблюдений агрометеорологических станций исследуемого региона, на 22% меньше аналогичных значений, полученных по сценарию Climate (отношение годовых сумм осадков, полученных по материалам наблюдений метеорологических станций Прикаспийского региона $P_{метео}$, к их климатическим нормам из модели Climate $P_{Climate}$ равно 0.78). Анализируя результаты сравнения нельзя сказать однозначно какая из этих моделей лучше отражает современное состояние климата региона ($1xCO_2$) и является предпочтительнее для оценок в Прикаспийском регионе. Поэтому далее мы будем использовать данные всех четырех моделей для оценок влияния изменения климата на гидротермические условия и уязвимость зональных границ исследуемой территории.

Таблица 2. Адекватность климатических моделей условиям Прикаспийского региона (ΣT_{1xCO_2} и P_{1xCO_2} – сумма среднесуточных положительных температур воздуха и годовые суммы осадков из климатических моделей при современной концентрации углекислого газа в атмосфере ($1xCO_2$), $\Sigma T_{Climate}$ и $P_{Climate}$ – климатические нормы сумм среднесуточных положительных температур воздуха и годовых сумм осадков из модели Climate). **Table 2.** Adequacy of climate models to Caspian Sea region conditions (ΣT_{1xCO_2} and P_{1xCO_2} – average positive daily air temperature sum and annual precipitation from climate models due the present day atmospheric concentration of carbon dioxide ($1xCO_2$), $\Sigma T_{Climate}$ and $P_{Climate}$ – climate rate of average positive daily air temperature sum and annual precipitation from Climate model).

Климатическая модель	$\frac{\Sigma T_{1xCO_2}}{\Sigma T_{Climate}}$	$\frac{P_{1xCO_2}}{P_{Climate}}$
GISS	0.91	1.27
GFDL	1.02	0.69
CCCM	1.01	1.16
UKMO	1.02	0.68

Используя указанные выше модели общей циркуляции атмосферы, были получены прогнозируемые величины температуры воздуха и осадков при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере ($2xCO_2$). Для Прикаспийского региона ожидаемое увеличение сумм среднесуточных положительных температур воздуха по данным разных моделей может составить в среднем от 35 до 51%. Ожидаемое изменение годовых сумм осадков в исследуемом регионе по разным моделям может составлять в среднем от –3% до 21%. При этом по модели GISS предполагается их увеличение для всей исследуемой территории. Остальные три модели изменения климата предполагают некоторое увеличение осадков в степной зоне исследуемой территории и их уменьшение в зоне пустыни. Более детальные данные приведены в таблице 3.

Для оценки современных гидротермических условий в Прикаспийском регионе и при ожидаемых изменениях климата нами используются условные показатели увлажнения, которые представляют собой отношение ресурсов влаги к потребности во влаге, определяемой через испаряемость, или к фактору, ее заменяющему. Это коэффициент увлажнения (Высоцкий, 1960) и гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (Селянинов, 1958).

Коэффициент увлажнения представляет собой отношение годовой суммы осадков к испаряемости:

$$КУ = P / EO \quad (1)$$

где $КУ$ - коэффициент увлажнения, P – осадки, EO - испаряемость.

Для расчета коэффициента увлажнения используются годовые суммы осадков, а испаряемость определяется в зависимости от температуры воздуха по соотношению:

$$EO = a(\sum T) \quad (2)$$

где $\sum T$ - сумма средних многолетних суточных положительных температур воздуха, $a = 0.28$.

Для определения параметра a была построена эмпирическая зависимость между суммами средних многолетних суточных положительных температур воздуха, измеренных на метеорологических станциях лесостепной и степной зон, и величинами испаряемости, рассчитанными по зависимостям (Будаговский, 1964):

$$EO = b_1 D_{LAI} \Phi_1 d + b_2 (R - B), \quad (3)$$

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

$$\varphi = \frac{24513}{(235 + T)^2} e^{\frac{17.1T}{235+T}}, \quad (5)$$

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

$$\Phi_1 = (1 - e^{-LAI}), \quad (7)$$

где EO – испаряемость (потенциально возможное испарение), b_1 и b_2 – функция температуры воздуха, φ – производная насыщающей упругости водяного пара от температуры воздуха, T – температура воздуха на высоте 2 м, D_{LAI} – функция скорости ветра, u – скорость ветра на высоте 2 м, $\tilde{u}$ – функция скорости ветра, c_1 и c_2 – коэффициенты, определяемые на основе полевых исследований, Φ_1 – функция относительной площади листьев, LAI – относительная площадь листьев, d – дефицит влажности воздуха на высоте 2 м, R – радиационный баланс, B – теплообмен в почву.

Таблица 3. Средние величины отношений сумм среднесуточных положительных температур воздуха $\sum T_{2xCO_2}$ и осадков за год P_{2xCO_2} при возможном удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере к соответствующим величинам в современных климатических условиях $\sum T_{1xCO_2}$ и P_{1xCO_2} (в скобках даны минимальные и максимальные значения). **Table 3.** Average values of ratio average positive daily air temperature sum $\sum T_{2xCO_2}$ and annual precipitation P_{2xCO_2} due possible doubling atmospheric concentration of carbon dioxide to appropriate values due the present day climate condition $\sum T_{1xCO_2}$ and P_{1xCO_2} (in brackets are minimal and maximum values).

Модель	$\frac{\Sigma T_{2xCO_2}}{\Sigma T_{1xCO_2}}$	$\frac{P_{2xCO_2}}{P_{1xCO_2}}$
GISS	1.35 (1.30-1.43)	1.21 (1.08-1.30)
GFDL	1.37 (1.31-1.45)	1.08 (0.92-1.21)
CCCM	1.44 (1.37-1.51)	0.97 (0.93-1.13)
UKMO	1.51 (1.37-1.63)	1.09 (0.93-1.24)

В основе расчета коэффициента увлажнения лежат данные климатических моделей GISS, GFDL, CCCM и UKMO по температуре воздуха и осадкам для условий современной концентрации углекислого газа в атмосфере ($1xCO_2$) и при ее удвоении ($2xCO_2$). Величина испаряемости определялась в зависимости от температуры воздуха по соотношению (2). Затем, используя полученные данные по осадкам и испаряемости, по уравнению (1) были оценены значения коэффициента увлажнения для условий современной концентрации углекислого газа в атмосфере ($1xCO_2$) и при ее удвоении ($2xCO_2$). Однако впрямую использовать полученные величины коэффициента увлажнения при $1xCO_2$ и $2xCO_2$ мы считаем недостаточно корректным, так как данные по температуре и осадкам, полученные по климатическим моделям при $1xCO_2$ (современные климатические условия), не вполне согласуются с данными метеорологических станций исследуемого региона, о чем было сказано выше. Поэтому нами было найдено отношение между величинами коэффициента увлажнения при $2xCO_2$ и $1xCO_2$, показывающее насколько изменится коэффициент увлажнения при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере. Величина этого отношения составила по разным сценариям ожидаемого изменения климата соответственно 0.90 (GISS), 0.84 (GFDL), 0.76 (CCCM) и 0.74 (UKMO). Как видно из приведенных данных во всех случаях имеет место уменьшение коэффициента увлажнения. Что с экологической точки зрения свидетельствует о возрастании аридности климата. Для получения абсолютных возможных величин коэффициента увлажнения при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере за основу были взяты значения коэффициента увлажнения для современных климатических условий, полученные на основании средних многолетних измеренных на метеорологических станциях данных, и величины полученных выше отношений.

На рисунке 2 представлены величины коэффициента увлажнения $КУ$ в современных климатических условиях (Метео) и при ожидаемом удвоении углекислого газа в атмосфере по различным сценариям изменения климата. Темными кружками выделены метеостанции, на которых $КУ < 0.3$, то есть выделена зона пустыни (Хромов, Мамонтова, 1974). В современных климатических условиях метеостанции, коэффициент увлажнения которых соответствует зоне пустыни, расположены в основном за пределами южной границы степной зоны, определенной по Л.С. Бергу (1947; 1952). При ожидаемом удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере коэффициенты увлажнения уменьшаются на 10-26% в зависимости от климатической модели и наблюдается некоторое продвижение зоны пустыни к северу. Здесь необходимо отметить, что величина уменьшения коэффициента увлажнения при глобальном изменении климата находится в пределах его (коэффициента увлажнения) межгодовой изменчивости в современных климатических условиях. Аналогичная, хотя и в разной степени выраженная тенденция уменьшения коэффициента увлажнения (доминирующий термоаридный климатический тренд) показана в работе Э.Г. Коломыц (2006).

В отличие от коэффициента увлажнения, для оценки которого используются годовые суммы осадков и испаряемости, Г.Т. Селянинов (1958) рассматривает период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°С, т.е. период с активными температурами воздуха, условно говоря – период вегетации.

Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова ($ГТК$) определяется по соотношению

$$ГТК = \frac{10P}{\sum T} \tag{8}$$

где P – сумма осадков в миллиметрах за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°С, $\sum T$ – сумма среднесуточных температур воздуха в градусах за то же время. По Г.Т. Селянинову (Хромов, Мамонтова, 1974), южная граница степной зоны хорошо совпадает с изолинией $ГТК = 0.5$.

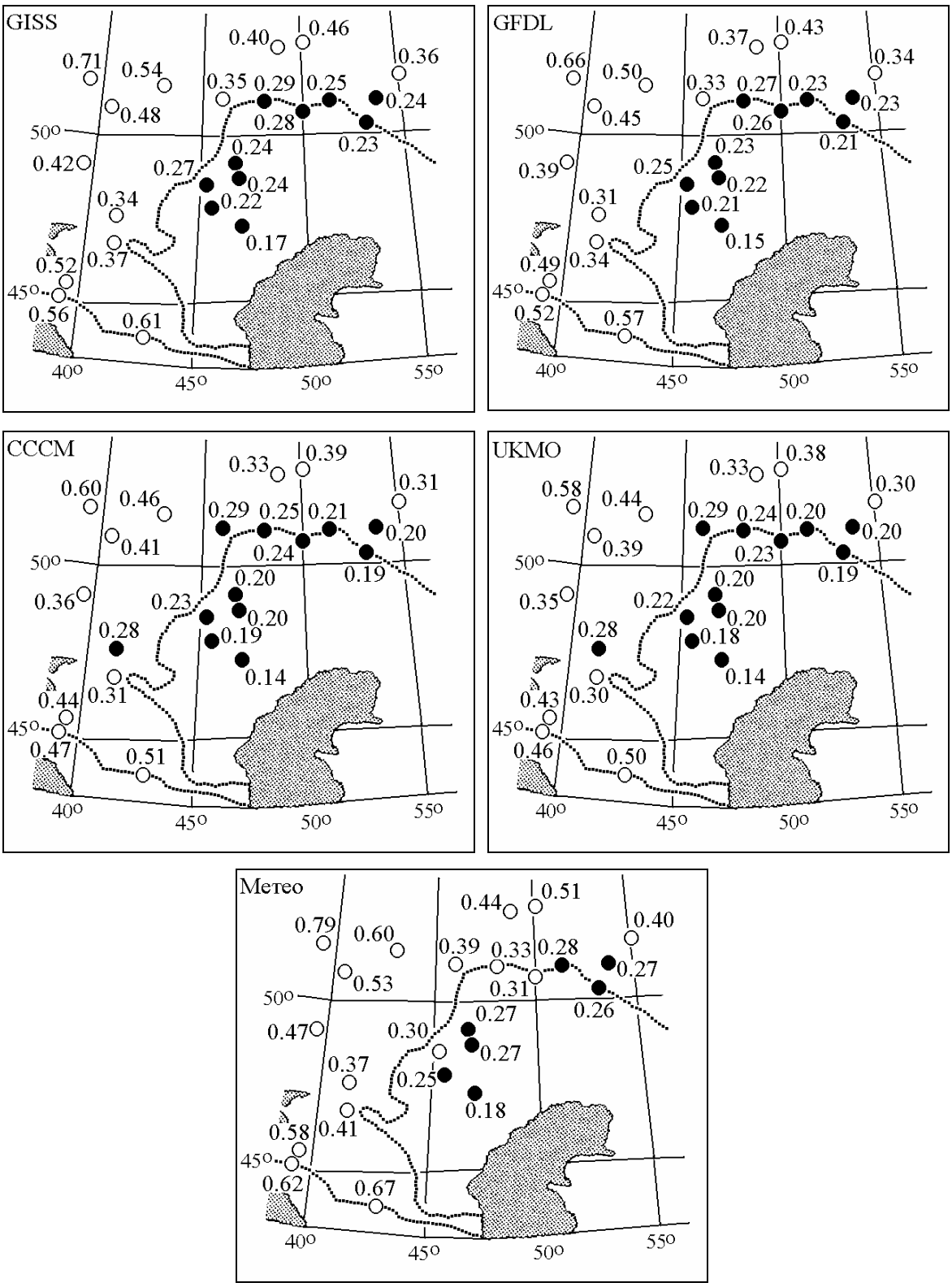


Рис. 2. Коэффициент увлажнения ($КУ$) при современной концентрации углекислого газа в атмосфере (Метео) и при ожидаемом ее удвоении по различным сценариям изменения климата. Темными кружками показана зона пустыни.

Fig. 2. Moistening coefficient due the present day atmospheric concentration of carbon dioxide (Meteo) and due its possible doubling at various climate change scenario. Full cycles show desert zone.

Для расчета гидротермического коэффициента в современных климатических условиях были использованы средние многолетние измеренные на метеорологических станциях суммы осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°С и суммы среднесуточных температур воздуха в градусах за то же время. Используя полученные из климатических моделей данные по осадкам и температуре воздуха были оценены значения гидротермического коэффициента для условий современной концентрации углекислого газа в атмосфере ($1xCO_2$) и при ее удвоении ($2xCO_2$). Далее, как и в случае с коэффициентами увлажнения (и по той же причине) были определены соотношения между величинами гидротермического коэффициента при $2xCO_2$ и $1xCO_2$, показывающие насколько изменится гидротермический коэффициент при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере. Величина этих отношений для гидротермического коэффициента составила 1.10 (GISS), 0.98 (GFDL), 0.88 (CCCM) и 0.98 (UKMO). Отметим, что в случае удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере гидротермический коэффициент согласно модели GISS может возрасти на 10%, практически без изменения остается гидротермический коэффициент при его оценках по сценариям GFDL и UKMO. Согласно модели CCCM уменьшение значений гидротермического коэффициента при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере может составить 12%. Используя за основу, как и в случае с коэффициентом увлажнения, значения гидротермического коэффициента для современных климатических условий, полученные на основании средних многолетних измеренных на метеорологических станциях данных, и соответствующие величины отношений, были вычислены величины гидротермического коэффициента при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере при различных сценариях изменения климата.

Результаты оценок гидротермического коэффициента в современных климатических условиях (Метео) и при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере по различным сценариям климата приводятся на рисунке 3. Темными кружками выделены метеостанции, на которых гидротермический коэффициент опускается ниже $ГТК < 0.5$, что соответствует условиям пустыни. Гидротермический коэффициент в случае удвоения концентрации углекислого газа согласно модели GISS может возрасти на 10%, практически не изменится согласно моделям GFDL и UKMO, и лишь по модели CCCM его уменьшение может составить 12%. Иными словами по моделям GISS и CCCM при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере отмечаются совершенно противоположные тенденции изменения гидротермических условий Прикаспийского региона.

Проведенные оценки показывают, что гидротермический коэффициент $ГТК$, характеризующий в большей степени период вегетации, менее подвержен влиянию глобального изменения климата. Однако какая либо тенденция изменения гидротермического коэффициента при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере не прослеживается.

В современных климатических условиях метеостанции, гидротермический коэффициент которых соответствует зоне пустынь, расположены в основном в пределах ландшафтно-географической зоны пустыни, определенной по Л.С. Бергу (1947; 1952). Согласно климатическим моделям GFDL и UKMO, гидротермический коэффициент при ожидаемом удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере практически сохраняется на современном уровне. При расчетах на основании данных модели GISS выявляется тенденция некоторого отступления зоны пустыни на юг. Согласно данным модели CCCM ожидается некоторое продвижение зоны пустыни на территорию современной степи.

Оценки урожая, полученные для различных сценариев изменения климата с использованием гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (Шумова, 2005), подтвердили выводы, сделанные в работе Дж. Алькамо и др. (2003), что ожидаемые климатические изменения в среднем не будут негативно влиять на сельскохозяйственное производство в степной зоне – одном из основных зернопроизводящих районов России.

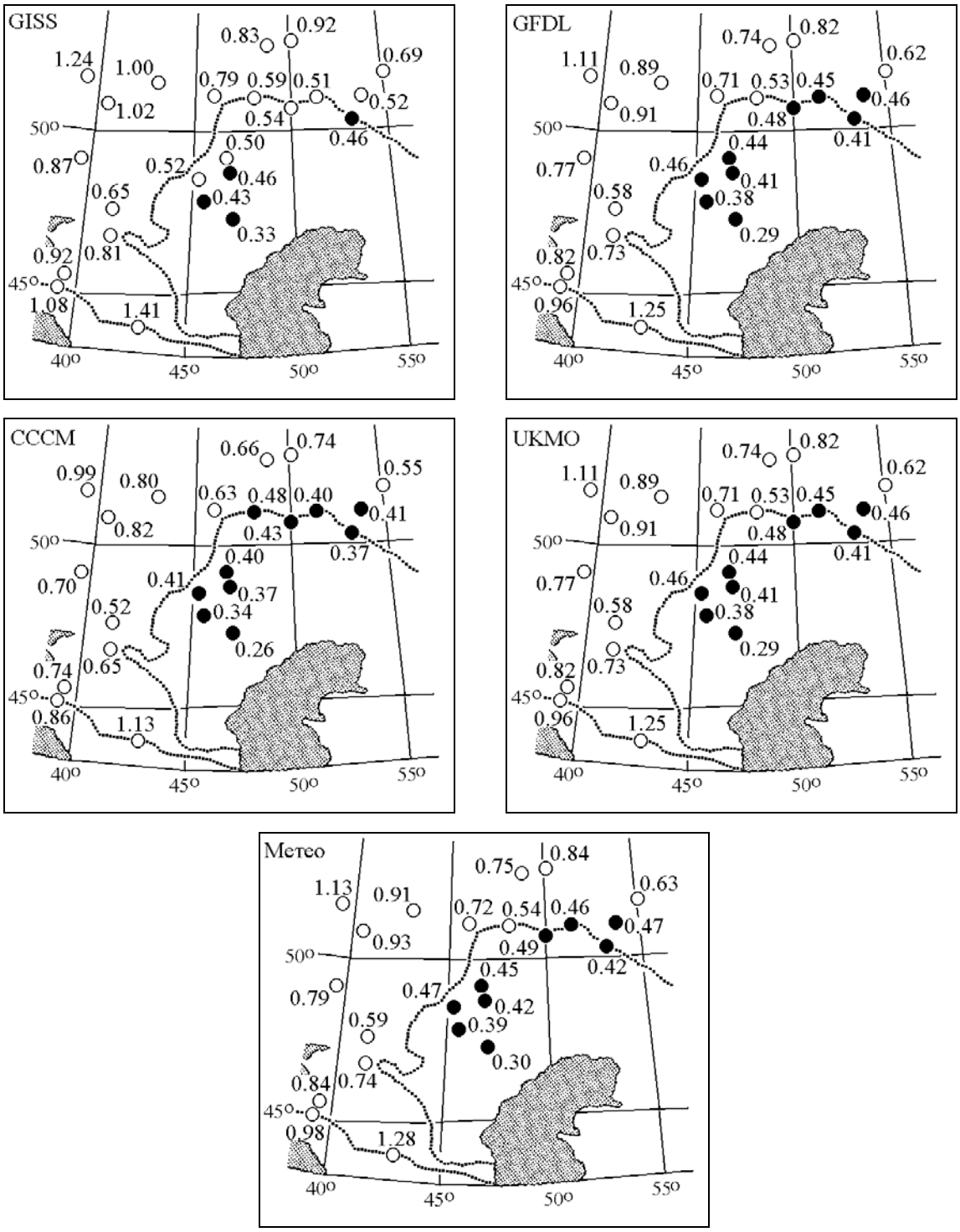


Рис. 3. Гидротермический коэффициент (*ГТК*) при современной концентрации углекислого газа в атмосфере (Метео) и при ожидаемом ее удвоении по различным сценариям изменения климата. Темными кружками показана зона пустыни.
Fig. 3. Hydrothermal coefficient due the present day atmospheric concentration of carbon dioxide (Meteo) and due its possible doubling at various climate change scenario. Full cycles show desert zone.

Оценивая влияние возможного изменения климата на гидротермические условия Прикаспийского региона и возможный сдвиг зональных границ можно сделать вывод, что

наиболее уязвимыми являются оценки увлажнения, которые описываются через коэффициент увлажнения *КУ* и являются интегральным годовым показателем. Величины гидротермического коэффициента *ГТК*, которые являются показателем периода со среднесуточными температурами воздуха выше 10°С, дают неоднозначную картину возможных изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алькамо Дж., Дронин Н., Эндеян М., Голубев Г., Кириленко А.* Новый взгляд на воздействия изменений климата на сельское хозяйство и водные ресурсы России // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата. М.: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2003. С. 80-81.
2. *Берг Л.С.* Географические зоны Советского Союза. М.: Географгиз, 1947. 397 с.
3. *Берг Л.С.* Географические зоны Советского Союза. М.: Географгиз, 1952. Т.2. 510 с.
4. *Бомер-Кристиансен К.С.* Что движет Киото: наука или интересы // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата. М.: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2003. С. 659-660.
5. *Будаговский А.И.* Испарение почвенной влаги. М.: Наука, 1964. 244 с.
6. *Высоцкий Г.Н.* Избранные труды. М.: Сельхозгиз, 1960. 435 с.
7. *Коломыц Э.Г.* Прогнозные и палеогеографические сценарии зональных гидроклиматических и биотических условий Волжского бассейна // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 2. С. 206-223.
8. *Кондратьев К.Я.* Ключевые проблемы глобальной экологии // Итоги науки и техники. Теоретические и общие вопросы географии. М.: ВИНИТИ, 1990. Т. 9. 454 с.
9. *Кондратьев К.Я., Демирчян К.С.* Глобальные изменения климата и Киотский протокол // Вестник Российской академии наук. 2001. № 11. С. 1-20.
10. *Селянинов Г.Т.* Принципы агроклиматического районирования СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: МСХ СССР, 1958. С. 7-14.
11. *Хромов С.П., Мамонтова Л.И.* Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 568 с.
12. *Шумова Н.А.* Прогноз воздействия возможных изменений климата на гидротермические условия и урожай сельскохозяйственных культур лесостепной и степной зон // Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы. М.: Наука, 2005. С. 71-107.
13. *Carter T.R., Parry M.L., Nishioka S., Harasawa H.* Preliminary guidelines for assessing impacts of climate change // Environmental change unit. Oxford, United Kingdom, and Center for Global Environmental Reseach. Tsukuba, Japan. 1992. 28 p.
14. Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge, United Kingdom, 1990. 365 p.
15. *Hansen J., Russell G., Rind D., Stone P., Lacis A., Lebedeff S., Ruedy R., Travis L.* Efficient three-dimensional global models for climate studies: models I and II // Monthly Weather Review. 1983. No III. P. 609-662.
16. *Manabe S., Wetherald R.T.* Large-scale changes in soil wetness induced by an increase in carbon dioxide // Atmospheric Sciences. 1987. No 44. P. 1211-1235.
17. *Tegart W.J.McG., Sheldon G.W.* Climate change 1992 // The Supplementary Report to The IPCC Impacts Assessment. Canberra, Australia. 1992. 112 p.
18. *Wilson C.A., Mitchell F.B.* A doubled CO_2 climate sensitivity experiment with a global climate model including a simple ocean // Journal of Geophysics Research. 1987. No 92. P. 13315-13343.

THE ASSESSMENT OF VULNERABILITY OF HYDROTHERMAL CONDITIONS AND ZONE BOUNDARIES OF ARID TERRITORIES DUE VARIOUS CLIMATE CHANGE SCENARIO

© 2007. N.A. Shumova

WaterProblems Institute Russian Academy of Sciences
Russia, 119991 Moscow, ul. Gubkina, 3, E-mail: shumova@aqua.laser.ru

Rise of intensity of anthropogenic activity and close to it increase of fuel burn lead to increase of carbon dioxide concentration in atmosphere, absorbing long wave Earth radiation, that entails global rise of air temperature and change of atmosphere circulation. All this causes corresponding change of regional hydrothermal conditions and possible change of zonal borders to the North.

Information of global models about climatic characteristics change is quite schematic and presented by the data of expected changes of average monthly meaning of air temperature and atmosphere precipitation with quite schematic distribution on the territory. Proceeding from this, for assessment of hydrothermal conditions in this work moistening coefficient is used (Visotskiy, 1960) and hydrothermal coefficient (Selianinov, 1958), for calculation of which is enough to passes by information, mentioned below.

The main aims of this work are assessment of adequacy of prognosing quantity of air temperature and precipitation, found out by the models of the common atmosphere circulation, conditions of dried areas of the Caspian lowland (zones of steppes and deserts) and assessment of trends and scales of possible change of hydrothermal conditions and South borders of the steppe of studied regions by expected climate change.

Assessment of climate change are considered to be best grounded, carried out with the help of models of common circulation of atmosphere or so-called models of high solution (Climate change, 1990). They consider wide specter of physical processes, characterizing climatic system and appreciate the influence of consideration of carbon dioxide increase in atmosphere on climate. These models make possible to value considered local changes of air temperature and precipitation in condition of concentration reduplication of $C0_2$ contain in atmosphere in different regions.

In the work climatic values, based on models GISS are used (Hansen et al., 1983), GFDL (Manabe, Wetherld, 1987), CCCM (climate change, 1990), UKMO (Wilson, Mitchell, 1987) and scenario of climate for the period 1951-1980 (Carter et al., 1992). Indicated models let us get monthly average value of air temperature and precipitation in modern concentration of carbon dioxide in atmosphere ($1\ x\ C0_2$) and in its reduplication ($2x\ C0_2$), as well as their climatic norms for thirty-year period (Climate). By the way, we have to note, that according the data of Intergovermental Panel on Climate change reduplication of concentration of carbon dioxide in atmosphere can be reached to 2075 year (Tegart, Sheldon, 1992).

For evaluation of the fact of how correctly used climatic models reflecting climatic conditions of the studied region, from climatic models GISS, DFDL, CCCM and UKMO, we got sums of day-average positive air temperatures and year sums of precipitation in modern concentration of atmosphere Carbon dioxide ($1x\ C0_2$) and their climatic norms from models Climate for 23 of agrometeological stations of the Caspian region and adjacent territories. The results of comparison showed, that meaning based on models and GFDL, CCCM and UKMO are the closest to climatic data. Meaning of the temperature, given by the models of GISS, are lowered in average about 9%.

It is necessary to note, that the temperature data, given by scenario of Climate, are wholly in accordance with average perennial observation data, received for meteorological stations of Caspian region. As for annual quantity (value) of precipitation, their meanings received by the models of GFDL and UKMO, than 80 % in comparison with Climate scenario on 27 and 16 % accordingly. Herewith annual sum of precipitation received by agrometeological stations observation of studied region are less on 22 % than similar meaning by Climate scenario.

Analyzing results of comparison, it is possible to say uniquely which of these models better reflects modern state of region's climate ($1x\ C0_2$) and is more preferable for Caspian region assessment. Thai's why-further we use data of all four models for evaluation of influence of climate change on hydrothermal conditions and vulnerability of zonal boundaries of studied region. Using mentioned earlier models of all atmosphere circulation, we received forecasted quantities of air temperature and precipitation in conditions of reduplication of carbon dioxide concentration in atmosphere $2x\ C0_2$. For the Caspian region expected rise of sums of daily average positive air temperature according to data of different models can form about -21%. By this, according to the model GISS their rise for all studied territory is supposed. Other left 3 models of

climate change lead to some rise of precipitation in the steppe zone of studied region and their reduction in the zone of desert. The coefficient of moistening (KY) presents ratio of year sum of precipitation to evaporation

$$КУ = P / EO$$

where КУ - coefficient of moistening, *P*-precipitation, *EO*-evaporation

For calculation of moistening coefficient we use annual sums of precipitation, and evaporation is determined on the dependence of air by correlation (Shumova, 2005)

$$EO = a(\sum T)$$

where $\sum T$ - is the sum of average many years daily positive air temperature, $a = 0.28$.

Using data of climatic models GISS, GFDL, CCCM and UKMO by air temperature and precipitation, we received meaning of moistening coefficient for modern conditions of carbon dioxide concentration in atmosphere $1\underline{x}CO_2$ and in its reduplication $2xCO_2$. Values of ration between moistening coefficient in $2xCO_2$ and $1\underline{x}CO_2$, showing how moistening coefficient will change in condition of carbon dioxide concentration reduplication in atmosphere, made 0.90 (GISS), 0.84 (GFDL), 0.76 (CCCM) and 0.74 (UKMO) accordingly. As given data say, in any case, reduction of moistening coefficient exists what indicates the climate aridity from ecological point of view. For reception of absolute possible values of moistening coefficient in reduplication of carbon dioxide concentration in atmosphere, we took values of the moistening coefficient for modern climatic conditions as the base received on the basis of average many years measuring on meteorological stations data and values, received higher than rations. In expected reduplication of carbon dioxide concentration in atmosphere, moistening coefficient reduces on 10-26% in dependence on climatic model and some movement of desert zone to the North is observed. It is necessary to note that value of moistening coefficient reduction when global climate change exists within its (moistening coefficient) inter year variability in modern climatic conditions.

Analogical though denominated on different level tendency of moistening coefficient diminution (dominating thermo-arid climatic trend) is shown in the work (Kolomitz, 2006).

Unlike moistening coefficient, for estimation of which year sums of precipitation and evaporation are used, hydrothermal coefficient characterizing the period with day average air temperature more than 10°C (period of active air temperature), conditionally - the vegetation period.

Hydrothermal coefficient is defined by correlation

$$ГТК = \frac{10P}{\sum T}$$

where P - sum of precipitation in mm. For the period of day average air air temperatures more than 10°C, $\sum T'$- sum of day average temperature in degrees for the same period.

Using data of climatic models of precipitation and air temperature meanings of hydrothermal coefficient for conditions of modern carbon dioxide concentration in atmosphere $1\underline{x}CO_2$ and in condition of its reduplication $2\underline{x}CO_2$ were valued. Hereinafter, as in the case of moistening coefficient, correlation between values of hydrothermal coefficient in $2\underline{x}CO_2$ and $1\underline{x}CO_2$ were identified showing how hydrothermal coefficient will change by reduplication of carbon dioxide concentration in atmosphere. Value of these relations for hydrothermal coefficient formed 1.10 (GISS), 0.88 (GFDL) and 0.98 (UKMO) that is to say if concentration of carbon dioxide duplicates in atmosphere hydrothermal coefficient can rise on 10% according to the model GISS in its evaluation by scenario GFDL and UKMO. According to models CCCM reduction of meanings of hydrothermal coefficient in duplication of carbon dioxide concentration in atmosphere can form 12%.

In other words, according to models GISS and CCCM in carbon dioxide duplication in atmosphere quite opposite trends of change of hydrothermal conditions of Caspian region are shown.

Using meaning of hydrothermal coefficient for modern climate conditions as a basis as in the case of moistening coefficient, received on the basis of average many years measured in meteorological stations data and similar meanings of relations absolute values of hydrometeological coefficients in reduplication of carbon dioxide concentration in atmosphere in different scenario of climate change were calculated.

Undertaken assessment show that hydrothermal conditions of vegetation period is less subjected to global climate change. However any tendency of hydrothermal coefficient change in reduplication of carbon

dioxide concentration in atmosphere is not observed.

According to climate models GFDL and UKMO, hydrothermal coefficient and zonal borderline in expected reduplication of carbon dioxide concentration in atmosphere are practically saved on the modern level.

In calculations on the basis of the model GISS, tendencies of retreat of desert zone to the South are revealed. According data of CCCM models some moving of desert zone to the territory of modern steppe is expected.

Estimating impact of possible climate change on hydrothermal conditions of Caspian region and possible shift of zonal borders we can conclude that mostly vulnerable are estimations of moistening, which described through moistening coefficient $КУ$ and are integral annual factor. Values of hydrithermal coefficient $ГТК$, which are factors of period with average daily air temperatures more that 10°C, give ambiguous image of possible changes.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2007, том 13, № 32

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.581.

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ НА ЮГЕ РОССИИ И УКРАИНЫ (ОТ ЛЕСОСТЕПИ ДО ПУСТЫНЬ)[1]

© 2007 г. Ж.В. Кузьмина

Институт водных проблем Российской академии наук
Россия, 119991 Москва, ул. Губкина, д. 3, E-mail: jannaKV@yandex.ru

Реферат. На основании анализа суточных даных 18 метеостанций Юга Европейской части России и Украины установлены многолетние достоверные тренды изменений сумм атмосферных осадков и температур воздуха (средних, абсолютных минимальных и абсолютных максимальных) для для различных периодов года (год, полугодие, сезон), которые активно проявляются в современной динамике наземных экосистем.
Ключевые слова: осадки, температура воздуха, коэффициент корреляции, экосистемы.

Общемировой характер с 70-х годов XX века приобрели проблемы климатических изменений и их активного воздействия на окружающую среду (Авакян и др., 1987; Кононова, Харламова, 1982). Правда до настоящего времени в научной среде нет полной ясности, являются ли современные климатические изменения следствием глобального антропогенного воздействия или это лишь естественные флуктуации климата земли. Однако, сегодня уже известно, что факторы, так называемого косвенного или регионального антропогенного воздействия (изменение гидрологического режима рек и обводненности прилегающих территорий), приводят к полной смене одних экосистем на другие. Экосистемы, заменяющие естественные, обычно менее ценны в хозяйственном отношении, менее разнообразны и низкопродуктивны (Henrichfreise, Kouzmina, 1998; Кузьмина, Трешкин, 2001; Кузьмина и др., 2004а; 2004б; Novikova et. al., 2001). Поэтому анализ климатических изменений в применении к оценке и прогнозу динамики наземных экосистем как пойменных, так и водосборных территорий, является сегодня чрезвычайно важной задачей, решение которой будет способствовать не только сохранению естественных экосистем на охраняемых территориях, но сможет способствовать также новой ориентации некоторых отраслей народного хозяйства (лесное, сельское).

Методика

Различные сообщества организмов имеют, как правило, различную толерантность к ухудшению условий местообитаний, а отдельные биологические существа обладают значительной пластичностью к экстремальным гидрологическим и климатическим значениям, которые выработаны в процессе эволюции, по этому ведущую роль в жизни экосистем играют средние величины, а предельно допустимые максимальные и минимальные значения основных лимитирующих факторов среды определяют диапазон их выживания. Поскольку данное исследование выполнялось для целей оценки состояния и динамики наземных экосистем, анализу подвергались среднегодовые и среднемесячные величины метеорологических показателей (осадки, температура воздуха), а также абсолютная минимальная и максимальная температура воздуха в многолетнем аспекте.

В представленном исследовании статистически анализировались суточные данные 18 метеостанций Юга Европейской части России и Украины (табл. 1) за период с момента их

[1] Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №06-05-64159.

открытия по 2001 год (по май 2002 г. , а для половины станций только по декабрь 1995 г.). Анализ проводился для метеостанций, которые входят в состав глобальной международной сети метеорологических данных (ВМО) Росгидромета и имеют непрерывные (суточные), длительные, выверенные и корректные ряды значений метеорологических показателей.

Количество атмосферных осадков за разные периоды (месяц, сезон, полугодие, год) высчитывалось как сумма суточного их количества за необходимые временные периоды. Средние температуры воздуха за месяц, год, сезон и полугодие высчитывались из среднесуточной температуры путем осреднения данных. Абсолютные минимальные и максимальные значения температур воздуха за разные периоды времени также выявлялись на основе суточных данных.

Годовой цикл был разбит в равных пропорциях на теплый (4-9 месяцы) и холодный (1-3, 10-12 месяцы) полугодия. Помимо этого, для всех метеостанций проводился также анализ данных по сезонам года: весна (3-5 месяцы), лето (6-8 месяцы), осень (9-11 месяцы), зима (1-2, 12 месяцы) в многолетнем аспекте.

После этого, для полученных многолетних рядов данных строились графики их многолетней динамики и высчитывались коэффициенты корреляции между фактическими данными и их линейными трендами. При этом, во внимание принимались только те коэффициенты корреляции, значимость которых лежала в пределах от 90% до 99.9% (Дмитриев, 1995).

Чтобы адекватно оценить величину многолетней динамики температуры воздуха (а также и осадков) высчитывался относительный коэффициент изменений, выраженный в % (% амп., табл. 1), который рассчитывается как отношение *модуля изменения трендовых значений* температуры (или осадков) за многолетний период к *модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений* этого параметра в многолетнем аспекте: $K_{изм} = \frac{|F(t_n) - F(t_1)|}{|t_{\max} - t_{\min}|} 100\%$, где $F(t_1)$ и $F(t_n)$ начальные и конечные значения линейного тренда оцениваемой метеорологической характеристики (температуры или осадков), а $t_{\max}$ и $t_{\min}$ - максимальные и минимальные фактические (измеренные) значения этого параметра (температуры средней, максимальной, минимальной или осадков) за многолетний период (табл. 1).

Многолетняя динамика атмосферных осадков и температуры воздуха

Величины значимых коэффициентов корреляции *для сумм атмосферных осадков* лежат в пределах от +0.17 (за три весенних месяца в Астрахани) до +0.58 (холодное полугодие в Воронеже, рис. 1а), а значения самих изменений колеблются в пределах от 16 до 229 мм (здесь и далее учитываются изменения величин параметров только при значимых коэффициентах корреляции; табл. 1).

Значимые достоверные тренды в многолетнем распределении годовых, полугодовых и сезонных сумм атмосферных осадков выявлены практически для всех анализируемых станций Юга России и Украины, все они положительные (отрицательные тренды отсутствуют). Положительные тренды годовых сумм осадков установлены для 13 метеостанций. Для двух метеостанций Дебальцево и Приморско-Ахтарск, расположенных на Юге Украины – в Причерноморье, несмотря на отсутствие многолетних годовых трендов осадков, выявлены их достоверные тренды для теплого полугодия (r=+0.25 и r=+0.30; табл. 1). Для одной метеостанции (Киев) установлен только единственный невысокий (r=+0.17; табл. 1) достоверный сезонный тренд зимой (1-2, 12 месяцы).

Для метеостанций, с трендами многолетних изменений годовых и полугодовых сумм осадков характерны также значимые тренды для различных сезонов года. Основной

тенденцией в сезонном перераспределении осадков является их безусловное повышение зимой (1-2, 12) и отчасти осенью (9-11).

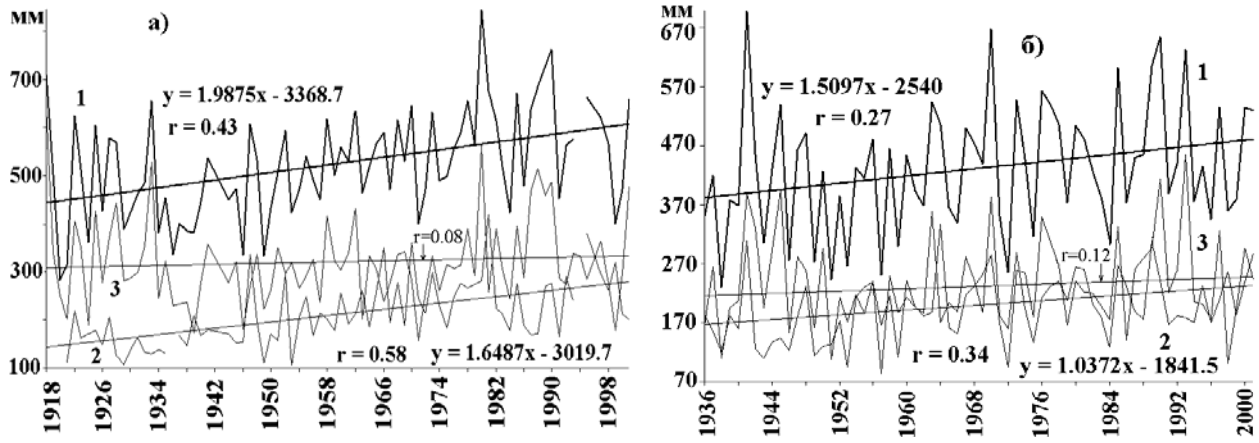


Рис. 1 Положительные достоверные тренды в многолетней динамике сумм атмосферных осадков за год (1), а также – за холодное (2) полугодие на фоне отсутствия изменений сумм осадков в теплое (3) полугодие в Воронеже (а) и в Саратове (б). Условные обозначения: 1- суммарное годовое количество осадков, 2 – осадки холодного полугодия (1-3, 10-12 месяцы), 3 – осадки теплого полугодия (4-9 месяцы). Здесь и далее фактические значения осадков и температуры воздуха приводятся вместе с их линейным трендом, уравнением тренда и коэффициентом корреляции между фактическими данными и подобранными значениями линейного тренда. **Fig. 1**. The long-term trends of rainfall for year (1), cold (2) and warm (3) half-a year in Voronezh (a) and Saratov (b).

И только для двух метеостанций – Харьков и Асканиа-Нова, не установлено достоверных изменений: ни для годовых, ни для полугодовых, ни для сезонных сумм осадков.

Таким образом, выявлена тенденция заметного значимого увеличения выпадения атмосферных осадков за год для регионов большей части Юга России и Юга Украины, при чем нигде не отмечена тенденция к их снижению. Для большей части Юга России (Курск, Воронеж, Василевичи, Тамбов, Саратов, Ростов-на-Дону, Каменная степь, Элиста) значимое увеличение годовой суммы осадков происходит, в основном, за счет холодного (рис. 1) полугодия. В тоже время для меньшей части метеостанций Юга России и Украины, расположенных южнее (Лубны, Целина, Цимлянское, Армавир, Астрахань), значимое увеличение годовой сумы осадков происходит за счет теплого полугодия.

Для *средних температур воздуха* (среднегодовых, средних для холодного/теплого полугодий, а также весеннего, летнего, осеннего и зимнего сезонов года) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от -0.41 (летний сезон в Харькове) до +0.58 (холодное полугодие в Саратове), при этом минимальными по модулю значениями коэффициентов корреляции здесь являются -0.19 (летний сезон в Курске) и +0.16 (осенний сезон в Киеве). По расчетам голландских исследователей известно, что снижение среднегодовой температуры воздуха на 1°С ведет в их регионе к снижению урожая зерновых на 15 ц/га. Несмотря на, казалось бы, не очень большие величины значимых коэффициентов корреляции для средних температур воздуха в нашем случае, в анализе они полностью учитывались, поскольку изменения среднемноголетних температур здесь достигали более полградуса (-0.9°С и +0.7°С соответственно). При этом значимое минимальное понижение средней температуры воздуха на Юге России составляет 0.9°С, а значимое ее максимальное понижение 4.6°С. В тоже время значимое повышение средних значений температур воздуха зафиксировано от 0.7°С до 4.9°С.

В многолетнем распределении средней температуры воздуха (среднегодовой, средней по полугодиям, а также по отдельным сезонам года) установлены как положительные, так и

Таблица 1. Анализ трендов многолетних изменений годовых значений атмосферных осадков и температуры воздуха в лесостепной, степной и пустынной зонах Европейской части России и Украины. **Table 1.** The analysis of trends of long-term changes of annual values of atmospheric precipitation and air temperatures in forest-steppe, steppe and desert of the European part of Russia and Ukraine.

Метео-станция	Значение	Осадки, мм									Средняя t°C воздуха							Минимальная t°C воздуха							Максимальная t°C воздуха						
		Период	Лет	Тренд	r[1]	α[2]	Сред.[3]	Δ[4]	% от ср.[5]	% амп.[6]	Лет	Тренд	r	α	Сред.	Δ	% амп.	Лет	Тренд	r	α	Абс. мин.[3]	Δ	% амп.	Лет	Тренд	r	α	Абс. мак.[3]	Δ	% амп.
Василевичи	Годов.	1881-1999	101	+	**0.23**	0.05	**591**	**89.4**	**15**	**13**	101	+(0)	0.11	н	6.6	-	-														
	Тепл.п.	1881-1999	101	+(0)	0.14	н	377	-	-	-	101	-(0)	0.05	н	14.5	-	-	91	+	**0.18**	0.10	**-14.4**	**1.5**	**9**	67	-(0)	0.08	н	38.0	-	-
52.3°с.ш.	Холод.п.	1881-2001	101	+	**0.26**	0.01	**210**	**49.0**	**23**	**16**	102	+	**0.17**	0.10	**-1.4**	**0.8**	**12**	91	+	**0.29**	0.01	**-35.2**	**4.5**	**25**	67	-(0)	0.00	н	27.1	-	-
29.8°в.д.	Весна	1881-1999	102	+(0)	0.12	н	124	-	-	-	101	+	0.16	н	6.7	-	-	87	+	**0.20**	0.10	**-32.6**	**4.4**	**15**	65	-(0)	0.08	н	32.2	-	-
	Лето	1881-1999	101	+(0)	0.07	н	233	-	-	-	101	-(0)	0.05	н	17.7	-	-	88	+	0.15	н	-0.9	-	-	66	-(0)	0.06	н	38.0	-	-
	Осень	1881-2001	100	+(0)	0.14	н	140	-	-	-	99	+(0)	0.01	н	6.6	-	-	89	+(0)	0.08	н	-23.6	-	-	65	-	0.18	н	31.8	-	-
	Зима	1881-1999	98	+	**0.31**	0.01	**97**	**37.4**	**38**	**19**	101	+	0.14	н	-5.0	-	-	90	+	**0.27**	0.01	**-35.2**	**4.2**	**13**	67	+	**0.38**	0.01	**15.7**	**3.6**	**29**
Курск	Годов.	1896-2001	103	+	**0.21**	0.05	**597**	**77.6**	**13**	**16**	105	+(0)	0.11	н	5.7	-	-														
51.8°с.ш.	Тепл.п.	1896-2001	104	+(0)	0.11	н	347	-	-	-	105	-(0)	0.06	н	14.5	-	-	108	+	**0.27**	0.01	**-15.6**	**3.2**	**17**	89	-(0)	0.06	н	37.0	-	-
36.2°в.д.	Холод.п.	1897-2001	100	+	**0.19**	0.10	**253**	**41.8**	**17**	**12**	104	+	**0.22**	0.05	**-3.3**	**1.1**	**16**	108	+(0)	0.09	н	-35.3	-	-	88	-(0)	0.00	н	26.8	-	-
	Весна	1892-2002	108	+(0)	0.09	н	130	-	-	-	109	+	**0.27**	0.01	**5.9**	**1.8**	**21**	108	+	**0.32**	0.001	**-32.6**	**6.4**	**20**	92	-(0)	0.06	н	32.3	-	-
	Лето	1891-2001	105	+(0)	0.07	н	205	-	-	-	107	–	**0.19**	0.05	**18.4**	**0.9**	**14**	105	+(0)	0.11	н	0.4	-	-	91	-(0)	0.08	н	37.0	-	-
	Осень	1891-2001	105	+	**0.22**	0.05	**142**	**45.3**	**32**	**13**	104	+(0)	0.02	н	5.82	-	-	104	+(0)	0.03	н	-25.0	-	-	88	-(0)	0.06	н	30.9	-	-
	Зима	1892-2002	108	+(0)	0.12	н	**118**	-	-	-	108	+	**0.23**	0.05	**-7.29**	**1.8**	**20**	108	+(0)	0.10	н	-35.3	-	-	95	+	**0.43**	0.001	10.2	**3.4**	**34**
Воронеж	Годов.	1918-2001	80	+	**0.43**	0.001	**525**	**165**	**31**	**29**	82	+	**0.26**	0.05	**6.1**	**1.2**	**16**														
51.7°с.ш	Тепл.п.	1918-2001	81	+(0)	0.08	н	320	-	-	-	82	-(0)	0.02	н	15.4	-	-	83	+	**0.30**	0.01	**-16.8**	**4.0**	**22**	82	-(0)	0.06	н	38.0	-	-
39.1°в.д.	Холод.п.	1918-2001	77	+	**0.58**	0.001	**212**	**135.2**	**64**	**43**	82	+	**0.39**	0.001	**-3.4**	**2.3**	**32**	81	+	**0.21**	0.10	**-36.5**	**3.2**	**19**	79	+(0)	0.09	н	26.5	-	-
	Весна	1919-2002	82	+(0)	0.05	н	109	-	-	-	82	+	**0.36**	0.001	**6.3**	**2.4**	**27**	81	+	**0.35**	0.01	**-32.0**	**6.4**	**25**	83	-(0)	0.09	н	33.3	-	-
	Лето	1918-2001	83	+(0)	0.04	н	183	-	-	-	82	-(0)	0.06	н	19.1	-	-	82	+(0)	0.07	н	-1.6	-	-	82	-(0)	0.09	н	38.0	-	-
	Осень	1918-2001	83	+	0.15	н	137	-	-	-	81	-(0)	0.08	н	6.0	-	-	81	-(0)	0.00	н	-25.1	-	-	81	-(0)	0.03	н	31.7	-	-
	Зима	1918-2002	82	+	**0.56**	0.001	**96**	**85.5**	**89**	**40**	82	+	**0.46**	0.01	**-7.6**	**4.1**	**40**	82	+	**0.21**	0.10	**-36.5**	**3.1**	**18**	82	+	**0.40**	0.01	12.2	**3.2**	**27**
Тамбов	Годов.	1936-2001	64	+	**0.28**	0.05	**522**	**103.8**	**20**	**22**	66	+	**0.29**	0.01	**5.4**	**1.2**	**19**														
52.7°с.ш.	Тепл.п.	1936-2001	65	+	0.16	н	298	-	-	-	66	-(0)	0.02	н	15.0	-	-	67	+	**0.32**	0.01	**-15.3**	**4.0**	**25**	66	-	**0.23**	0.10	**38.4**	**1.9**	**18**
41.5°в.д.	Холод.п.	1936-2001	64	+	**0.28**	0.05	**223**	**56.2**	**25**	**20**	67	+	**0.39**	0.001	**-4.3**	**2.2**	**30**	67	+	**0.32**	0.01	**-36.9**	**4.4**	**30**	65	+(0)	0.07	н	26.5	-	-

Метео-станция	Значение	Период	Осадки, мм: Лет	Тренд	r[1]	α[2]	Сред.[3]	Δ[4]	% от ср.[5]	% амп.[6]	Средняя t°C воздуха: Лет	Тренд	r	α	Сред.	Δ	% амп.	Минимальная t°C воздуха: Лет	Тренд	r	α	Абс. мин.[3]	Δ	% амп.	Максимальная t°C воздуха: Лет	Тренд	r	α	Абс. мак.[3]	Δ	% амп.
	Весна	1936-2002	67	-	0.15	н	105	-	-	-	66	+	**0.42**	0.001	**5.7**	**2.6**	**30**	66	+	**0.36**	0.001	**-18.1**	**6.1**	**27**	67	-(0)	0.04	н	32.9	-	-
	Лето	1936-2001	65	+	0.20	н	169	-	-	-	66	-	0.17	н	**19.0**	-	-	66	-(0)	0.09	н	5.0	-	-	66	-	0.20	н	38.4	-	-
	Осень	1936-2001	65	+	0.19	н	139	-	-	-	65	-(0)	0.00	н	5.3	-	-	65	+(0)	0.13	н	-14.6	-	-	65	**-**	**0.21**	0.10	**35.2**	**2.0**	**13**
	Зима	1936-2002	65	+	**0.25**	0.05	**107**	**36.8**	**34**	**13**	67	+	**0.36**	0.01	**-8.5**	**3.0**	**31**	67	+	**0.32**	0.01	**-28.7**	**4.6**	**24**	66	+(0)	0.19	н	8.5	-	-
Саратов	Годов.	1936-2001	66	+	**0.27**	0.05	**432**	**98.1**	**23**	**21**	66	+	**0.49**	0.001	**6.1**	**2.0**	**31**														
51.5°с.ш.	Тепл.п.	1936-2001	66	+	0.12	н	232	-	-	-	66	+(0)	0.16	н	**16.7**	-	-	67	+	**0.29**	0.05	**-17.8**	**3.4**	**17**	66	**-**	**0.24**	0.10	**40.8**	**1.8**	**18**
46.0°в.д.	Холод.п.	1936-2001	66	+	**0.34**	0.01	**200**	**67.4**	**34**	**23**	67	+	**0.58**	0.001	**-4.4**	**3.5**	**46**	67	+	**0.50**	0.001	**-37.3**	**6.5**	**36**	67	+(0)	0.07	н	25.5	-	-
	Весна	1936-2002	67	-(0)	0.03	н	93	-	-	-	67	+	**0.40**	0.001	**6.4**	**2.5**	**29**	66	+	**0.44**	0.001	**-26.8**	**7.0**	**33**	67	-(0)	0.00	н	33.3	-	-
	Лето	1936-2001	66	+(0)	0.05	н	126	-	-	-	66	+(0)	0.02	н	20.9	-	-	66	+	**0.38**	0.01	**-2.2**	**2.7**	**32**	66	**-**	**0.22**	0.10	**40.8**	**1.7**	**17**
	Осень	1936-2001	66	+	0.18	н	110	-	-	-	65	+	0.15	н	6.2	-	-	66	+(0)	0.10	н	-23.8	-	-	65	**-**	**0.22**	0.10	**28.7**	**2.2**	**16**
	Зима	1936-2001	66	+	**0.42**	0.01	**102**	**58.4**	**57**	**31**	67	+	**0.55**	0.001	**-8.9**	**4.9**	**44**	67	+	**0.49**	0.001	**-37.3**	**4.6**	**35**	67	+	0.17	н	11.7	-	-
Ростов-	Годов.	1887-2001	98	+	**0.49**	0.001	**525**	**229.3**	**44**	**42**	96	+(0)	0.07	н	9.4	-	-														
на-Дону	Тепл.п.	1887-2001	99	+	**0.23**	0.05	**275**	**81.0**	**29**	**19**	98	+(0)	0.07	н	18.4	-	-	100	+(0)	0.00	н	-10.4	-	-	80	+(0)	0.04	н	39.8	-	-
47.3°с.ш.	Холод.п.	1887-2001	96	+	**0.47**	0.001	**250**	**143.4**	**57**	**44**	98	+	**0.17**	0.10	**0.3**	**1.0**	**13**	100	+	**0.27**	0.01	**-31.9**	**4.0**	**22**	78	-(0)	0.11	н	31.0	-	-
39.7°в.д.	Весна	1887-2002	102	+	**0.49**	0.001	**123**	**39.9**	**32**	**16**	99	+	0.16	н	9.2	-	-	100	+	0.12	н	-28.1	-	-	82	+	0.15	н	34.6	-	-
	Лето	1887-2001	101	+(0)	0.09	н	151	-	-	-	102	-(0)	0.12	н	22.2	-	-	99	-(0)	0.04	н	-0.2	-	-	78	+(0)	0.06	н	39.8	-	-
	Осень	1886-2001	98	+	**0.49**	0.001	**122**	**40.6**	**33**	**18**	98	-(0)	0.09	н	9.6	-	-	96	+	**0.32**	0.01	**-25.1**	**5.8**	**22**	76	-(0)	0.02	н	34.4	-	-
	Зима	1887-2002	101	+	**0.42**	0.001	**127**	**98.0**	**77**	**34**	99	+	**0.23**	0.05	**-3.8**	**1.9**	**18**	100	+	**0.26**	0.01	**-31.9**	**4.1**	**18**	81	+	**0.26**	0.05	**19.8**	**2.9**	**17**
Астра-	Годов.	1881-2001	117	+	**0.25**	0.01	**261**	**54.3**	**21**	**15**	117	+	**0.28**	0.01	**9.7**	**0.8**	**19**														
хань	Тепл.п.	1881-2001	117	+	**0.19**	0.05	**145**	**35.5**	**24**	**11**	116	+(0)	0.07	н	19.6	-	-	116	+	**0.20**	0.05	**-8.9**	**1.7**	**15**	109	+	**0.25**	0.01	**41.0**	**1.6**	**21**
46.4°с.ш.	Холод.п.	1881-2001	115	+	**0.18**	0.10	**117**	**17.2**	**15**	**12**	119	+	**0.26**	0.01	**-0.2**	**1.3**	**19**	118	+	**0.23**	0.05	**-33.0**	**3.5**	**17**	109	+(0)	0.11	н	29.5	-	-
48.0°в.д.	Весна	1881-2002	118	+	**0.17**	0.10	**60**	**16.3**	**27**	**13**	117	+	**0.27**	0.01	**9.7**	**1.3**	**19**	113	+	0.13	н	-26.9	-	-	110	-(0)	0.06	н	36.8	-	-
	Лето	1881-2001	118	+	**0.21**	0.05	**74**	**25.6**	**35**	**11**	118	-(0)	0.13	н	24.1	-	-	113	-(0)	0.12	н	6.1	-	-	109	+	**0.25**	0.01	**41.0**	**1.6**	**21**
	Осень	1881-2001	117	+(0)	0.09	н	75	-	-	-	115	+(0)	0.02	н	9.9	-	-	111	+(0)	0.09	н	-25.8	-	-	107	-(0)	0.02	н	34.4	-	-
	Зима	1881-2001	117	+(0)	0.08	н	52	-	-	-	119	+	**0.25**	0.01	**-4.7**	**1.9**	**18**	117	+	**0.26**	0.01	**-33.0**	**3.9**	**18**	108	+	**0.35**	0.001	**16.9**	**3.5**	**25**
Элиста	Годов.	1928-1999	70	+	**0.22**	0.10	**337**	**55.7**	**17**	**19**	71	+	**0.23**	0.10	**9.1**	**0.9**	**16**														
46.3°с.ш.	Тепл.п.	1928-1999	72	+	0.14	н	191	-	-	-	73	+	0.11	н	18.7	-	-	73	+	**0.35**	0.01	**-11.2**	**3.3**	**24**	72	-	0.17	н	42.9	-	-

Метео-станция	Значение	Период	Осадки, мм: Лет	Тренд	r[1]	α[2]	Сред.[3]	Δ[4]	% от ср.[5]	% амп.[6]	Средняя t°C воздуха: Лет	Тренд	r	α	Сред.	Δ	% амп.	Минимальная t°C воздуха: Лет	Тренд	r	α	Абс. мин.[3]	Δ	% амп.	Максимальная t°C воздуха: Лет	Тренд	r	α	Абс. мак.[3]	Δ	% амп.
44.2°в.д.	Холод.п.	1927-2001	72	+	**0.23**	0.10	**143**	**35.5**	**25**	**18**	74	+	**0.34**	0.01	**-0.6**	**2.0**	**30**	75	+	**0.38**	0.001	**-34.0**	**6.0**	**31**	73	+	0.11	н	32.7	-	-
	Весна	1928-2002	73	+	0.09	н	77	-	-	-	73	+	**0.27**	0.05	**8.8**	**1.4**	**22**	72	+	**0.37**	0.001	**-27.2**	**7.4**	**29**	73	-	0.13	н	35.3	-	-
	Лето	1928-1999	72	+(0)	0.05	н	110	-	-	-	70	-(0)	0.06	н	23.1	-	-	73	+	**0.23**	0.05	**0.0**	**2.0**	**14**					42.9		
	Осень	1927-2001	72	+	**0.24**	0.05	**79**	**28.2**	**36**	**18**	72	+	0.10	н	9.3	-	-	72	+	**0.24**	0.05	**-27.7**	**4.4**	**18**	72	-(0)	0.05	н	36.5	-	-
	Зима	1927-2001	74	+	0.15	н	67	-	-	-	72	+	**0.36**	0.01	**-4.9**	**2.9**	**26**	75	+	**0.37**	0.001	**-34.0**	**5.9**	**30**	76	+	**0.27**	0.05	**18.1**	**3.5**	**22**
Киев	Годов.	1881-2001	118	+(0)	0.08	н	612	-	-	-	120	+	**0.30**	0.001	**7.5**	**1.0**	**17**														
50.4°с.ш.	Тепл.п.	1881-2001	119	+(0)	0.07	н	360	-	-	-	121	+(0)	0.07	н	15.6	-	-	121	+	**0.30**	0.001	**-10.4**	**2.4**	**18**	121	–	**0.25**	0.01	**39.9**	**1.8**	**15**
30.5°в.д.	Холод.п.	1881-2001	116	+(0)	0.08	н	253	-	-	-	120	+	**0.35**	0.001	**-0.6**	**1.7**	**25**	121	+	**0.34**	0.001	**-32.2**	**4.8**	**25**	120	+(0)	0.03	н	29.5	-	-
	Весна	1881-2001	120	0(-)	0.02	н	141	-	-	-	121	+	**0.28**	0.01	**7.8**	**1.6**	**19**	121	+	**0.28**	0.01	-24.9	**5.2**	**23**	121	-(0)	0.12	н	33.7	-	-
	Лето	1881-2001	119	+(0)	0.00	н	213	-	-	-	120	+(0)	0.07	н	19.0	-	-	119	+	**0.28**	0.01	2.4	**1.7**	**21**	120	–	**0.21**	0.05	**39.9**	**1.5**	**14**
	Осень	1881-2001	117	+(0)	0.04	н	141	-	-	-	117	+	**0.16**	0.10	**7.7**	**0.7**	**12**	117	+	**0.27**	0.01	-21.9	**4.2**	**20**	117	–	**0.27**	0.05	**33.8**	**2.4**	**20**
	Зима	1881-2001	120	+	**0.17**	0.10	**119**	**28.5**	**24**	**12**	121	+	**0.27**	0.01	**-4.4**	**2.2**	**14**	120	+	**0.37**	0.001	-32.2	**5.2**	**27**	121	+	**0.38**	0.001	**17.3**	**3.6**	**24**
Дебаль-	Годов.	1936-1995	56	+	0.17	н	544	-	-	-	57	-	0.19	н	7.0	-	-														
цево	Тепл.п.	1936-1995	55	+	**0.25**	0.10	**294**	**86.1**	**17**	**8**	57	–	**0.35**	0.01	**15.9**	**1.7**	**22**	58	+	**0.38**	0.01	**-9.5**	**3.3**	**27**	57	–	**0.36**	0.01	**37.3**	**2.9**	**29**
48.4°с.ш.	Холод.п.	1936-1995	56	+(0)	0.11	н	255	-	-	-	57	+	**0.25**	0.10	**-1.9**	**1.3**	**20**	58	+	**0.33**	0.05	**-34.9**	**4.6**	**25**	57	+(0)	0.09	н	26.9	-	-
38.4°в.д.	Весна	1936-1995	56	+	0.11	н	123	-	-	-	57	+	0.21	н	7.2	-	-	58	+	**0.22**	0.10	**-13.7**	**3.6**	**16**	58	–	**0.24**	0.10	**32.8**	**2.0**	**17**
	Лето	1936-1995	55	+	**0.25**	0.10	**171**	**28.7**	**29**	**19**	54	–	**0.32**	0.05	**19.9**	**4.6**	**25**	56	+(0)	0.07	н	2.1	-	-	55	–	**0.31**	0.01	**37.3**	**2.3**	**28**
	Осень	1936-1995	53	+(0)	0.11	н	124	-	-	-	54	-(0)	0.08	н	7.2	-	-	54	-(0)	0.03	н	-24.8	-	-	57	–	**0.32**	0.05	**32.1**	**2.7**	**27**
	Зима	1936-1995	56	+	**0.26**	0.10	**136**	**49.5**	**36**	**19**	57	+	0.21	н	-5.7	-	-	57	+	**0.33**	0.05	**-34.9**	**4.7**	**22**	58	+(0)	0.09	н	15.4	-	-
Камен-	Годов.	1893-1995	96	+	**0.24**	0.05	**452**	**86.6**	**19**	**12**	98	+	**0.24**	0.05	**5.7**	**0.9**	**19**														
ная	Тепл.п.	1893-1995	96	-(0)	0.05	н	282	-	-	-	95	+(0)	0.08	н	15.4	-	-	98	+	**0.41**	0.001	**-17.9**	**5.3**	**28**	95	+	0.10	н	39.6	-	-
степь	Холод.п.	1893-1995	94	+	**0.48**	0.001	**172**	**101.6**	**59**	**35**	94	+	**0.24**	0.05	**-4.0**	**1.5**	**20**	99	+	**0.18**	0.10	**-37.3**	**2.6**	**15**	96	+	0.11	н	27.4	-	-
51.1°с.ш.	Весна	1893-1995	98	+(0)	0.04	н	95	-	-	-	97	+	**0.29**	0.01	**5.9**	**2.0**	**21**	98	+	**0.28**	0.01	**-30.7**	**4.9**	**22**	96	+(0)	0.09	н	32.9	-	-
40.7°в.д.	Лето	1893-1995	96	-	0.15	н	166	-	-	-	98	-(0)	0.08	н	19.2	-	-	99	+	**0.23**	0.05	**-3.0**	**1.8**	**15**	96	-	0.10	н	39.6	-	-
	Осень	1893-1995	97	+	**0.23**	0.05	**117**	**37.5**	**32**	**19**	98	+(0)	0.05	н	6.0	-	-	98	+(0)	0.08	н	-26.6	-	-	95	+(0)	0.01	н	33.6	-	-
	Зима	1897-1995	94	+	**0.58**	0.001	**76**	**75.1**	**99**	**45**	97	+	**0.21**	0.05	**-8.3**	**1.8**	**17**	99	+	**0.25**	0.05	**-37.3**	**3.5**	**19**	97	+	**0.26**	0.01	**10.1**	**2.1**	**21**
Лубны	Годов.	1936-1993	58	+	**0.37**	0.01	**572**	**161.2**	**28**	**22**	58	+(0)	0.14	н	7.3	-	-														

Метео-станция	Значение	Осадки, мм									Средняя t°C воздуха							Минимальная t°C воздуха							Максимальная t°C воздуха						
		Период	Лет	Тренд	r[1]	α[2]	Сред.[3]	Δ[4]	% от ср.[5]	% амп.[6]	Лет	Тренд	r	α	Сред.	Δ	% амп.	Лет	Тренд	r	α	Абс. мин.[3]	Δ	% амп.	Лет	Тренд	r	α	Абс. мак.[3]	Δ	% амп.
50.0°с.ш.	Тепл.п.	1936-1993	58	+	**0.34**	0.01	**319**	**93.7**	**29**	**20**	59	+(0)	0.15	н	15.5	-	-	57	+	**0.37**	0.01	**-9.5**	**3.0**	**27**	59	-	**0.30**	0.05	**37.6**	**2.0**	**21**
33.0°в.д.	Холод.п.	1936-1993	56	+	**0.22**	0.10	**259**	**67.6**	**26**	**16**	58	+	**0.32**	0.05	**-1.0**	**1.7**	**43**	57	+	**0.37**	0.01	**-32.1**	**5.3**	**31**	57	+	**0.26**	0.10	**26.7**	**2.6**	**18**
	Весна	1936-1995	59	+	**0.35**	0.01	**118**	**48.4**	**41**	**27**	58	+	**0.32**	0.05	**7.4**	**1.8**	**23**	98	+(0)	0.16	н	-27.0	-	-	96	-(0)	0.05	н	31.9	-	-
	Лето	1936-1995	57	+	0.16	н	194	-	-	-	57	-	**0.26**	0.05	**18.9**	**1.1**	**23**	99	+(0)	0.16	н	2.7	-	-	96	-	**0.27**	0.05	**37.6**	**1.8**	**19**
	Осень	1936-1995	57	+	0.12	н	136	-	-	-	57	+(0)	0.01	н	7.6	-	-	98	-	**0.23**	0.10	**-17.4**	**3.0**	**21**	95	-	**0.37**	0.01	**33.0**	**2.9**	**27**
	Зима	1936-1995	57	+	**0.24**	0.10	**128**	**47.3**	**40**	**16**	57	+	**0.27**	0.05	**-4.6**	**2.0**	**20**	99	+	**0.32**	0.05	**-32.1**	**4.7**	**27**	97	+	**0.26**	0.05	**15.5**	**2.4**	**18**
	Годов.	1936-1995	57	+	**0.45**	0.001	**587**	**190.6**	**32**	**41**	59	+(0)	0.09	н	9.4	-	-														
Целина	Тепл.п.	1936-1995	59	+	**0.38**	0.01	**309**	**124.4**	**40**	**34**	59	-(0)	0.09	н	18.1	-	-	59	+	**0.52**	0.001	**-7.3**	**3.7**	**38**	59	-	**0.29**	0.05	**40.3**	**2.0**	**25**
46.6°с.ш.	Холод.п.	1936-1995	57	+	0.21	н	275	-	-	-	58	+	0.21	н	0.5	-	-	59	+	**0.39**	0.01	**-34.1**	**5.6**	**26**	59	-(0)	0.10	н	31.5	-	-
41.1°в.д.	Весна	1936-1995	60	+	**0.37**	0.01	**240**	**55.2**	**42**	**31**	59	+	**0.31**	0.05	**9.2**	**1.6**	**27**	59	+	**0.24**	0.10	**-22.9**	**4.2**	**21**	59	-	0.15	н	35.2	-	-
	Лето	1936-1995	59	+	0.14	н	170	-	-	-	59	-	**0.27**	0.05	**21.9**	**1.1**	**22**	60	+	**0.26**	0.05	**1.4**	**1.7**	**19**	60	-	**0.30**	0.05	**40.3**	**2.0**	**26**
	Осень	1936-1995	58	+	0.14	н	147	-	-	-	57	+	0.16	н	9.5	-	-	58	+	**0.29**	0.05	**-29.5**	**4.9**	**17**	58	-	0.11	н	36.3	-	-
	Зима	1936-1995	58	+	**0.37**	0.01	**136**	**65.8**	**48**	**29**	59	+	**0.24**	0.10	**-3.4**	**1.8**	**17**	59	+	**0.38**	0.01	**-34.1**	**5.5**	**24**	60	+	0.12	н	21.3	-	-

[1]**r** - *коэффициент корреляции* **линейного тренда с кривыми фактических многолетних значений осадков и температур (сред., абс. мин., абс. макс.);** [2]**α-** *значимость* **коэффициентов корреляции** / *coefficient of correlation*; [3]**Сред., Абс.мин., Абс.макс.** – *фактические средние, абсолютные минимальные и абсолютные максимальные* **температуры воздуха (и кол-во осадков) за многолетний период по данным измерений** / *actual mean, absolute minimum and maximum temperatures of an air*; [4]**Δ** - *модуль изменения трендовых значений* **(осадков и температуры) за рассматриваемый период, высчитанный на основании тренда:** $\Delta = |F(t_n) - F(t_1)|$; [5] **% от ср.** - *изменение фактических средних значений осадков,* **рассчитанное как отношение** *модуля изменения трендовых значений* **осадков к модулю** *фактических средних значений*, **выраженный в %** / *change of actual average values of precipitation (%)*; [6] **% амп. – относительный коэффициент изменений** – *относительное изменение фактических средних* **значений осадков и температуры воздуха, рассчитанный как отношение** *модуля изменения трендовых значений* **к модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений этого параметра в многолетнем аспекте, выраженное в %:** $K_{изм} = \frac{|F(t_n) - F(t_1)|}{|t_{\max} - t_{\min}|} 100\%$, **где** $F(t_1)$ **и** $F(t_n)$ **начальные и конечные значения линейного тренда оцениваемой метеорологической характеристики (температуры или осадков), а** $t_{\max}$ **и** $t_{\min}$ **- максимальные и минимальные фактические (измеренные) значения этого параметра (температуры средней, максимальной, минимальной или осадков) за многолетний период** /*relative change of actual average values of precipitation and temperature (%).*

отрицательные достоверные тренды, хотя последних чрезвычайно мало. Из 52 выявленных достоверных трендов средней температуры воздуха лишь 13% - отрицательные.

Таким образом, преобладающей тенденцией в многолетнем распределении среднегодовой температуры воздуха на большей части Юга России является стабильное повышение среднегодовых значений температуры воздуха, которое происходит за счет потепления воздуха в холодное полугодие (рис. 2) на фоне практически стабильной температуры воздуха в теплое полугодие (Воронеж, Тамбов, Саратов, Астрахань, Элиста, Киев, Каменная степь). На изменения климата Юго-Востока России в сторону потепления и большего увлажнения за счет холодного периода указывает также Т.Б. Титкова (2006).

Для четырех метеостанций (Василевичи, Лубны, Курск, Ростов-на-Дону), для которых не выявлены значимые изменения среднегодовых температур воздуха за многолетний период, тем не менее, выявлены значимые тренды (r=+0.17, r=+0.32, и r=+0.22 r=+0.17 соответственно; табл. 1) средних температур воздуха за холодное полугодие.

Для двух метеостанций (Харьков, Дебальцево) значимое среднегодовое изменение температуры воздуха за многолетний период не выявлено, поскольку изменения температуры уравновешиваются противоположными трендами по полугодиям: происходит увеличение средней температуры воздуха за холодное полугодие (r=+0.28 и r=+0.25) и уменьшение ее за теплое полугодие (r=-0.25 и r=-0.35).

Для меньшего числа станций, находящихся в более южных районах России – в зоне южных степей (Цимлянское, Целина, Армавир), выявлены только достоверные тренды изменения средней температуры воздуха по отдельным сезонам года (весна, зима, лето) на фоне отсутствия как трендов среднегодовой температуры, так и трендов средней температуры воздуха за отдельные полугодия.

Для большинства метеоостанций, помимо многолетних значимых изменений среднегодовых и средних по полугодиям температур воздуха, отмечаются также значимые (достоверные) изменения средних температур воздуха по отдельным сезонам года (среднесезонных).

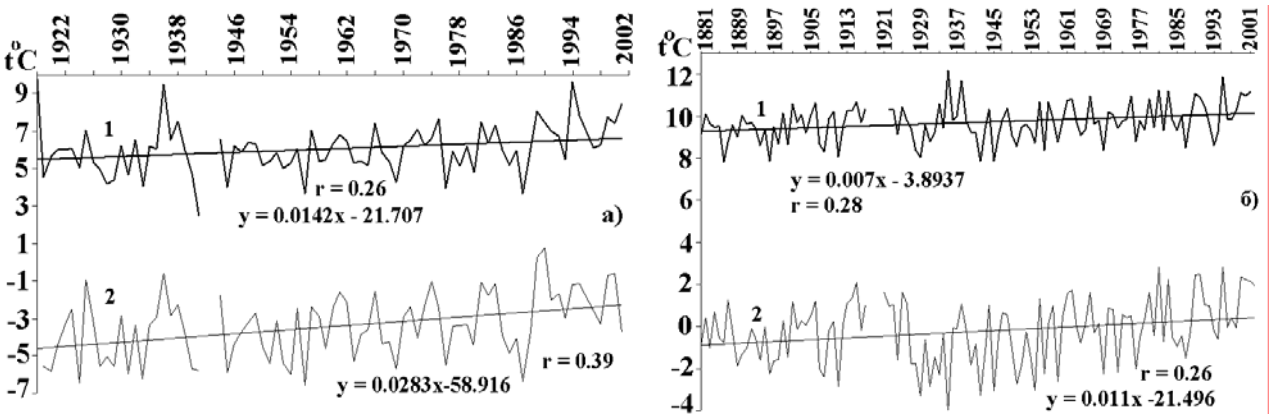


Рис. 2. Положительный достоверный тренд в изменении среднегодовых (1) температур воздуха и средних температур воздуха за холодное (2) полугодие (1-3, 10-12 месяцы) в Воронеже (а) и Астрахани (б). **Fig. 2.** The trend of average annual air temperature changes (1) and average air temperature for cold half year (2) in Voronezh (a) and Astrakhan (b).

Для метеостанций с выявленными трендами изменений среднегодовых и средних температур по полугодиям наиболее устойчивой и повторяющейся тенденцией является повышение средней температуры воздуха одновременно в два сезона года: весной и зимой, которая отмечается для (9 станций). Редко встречается повышение средней температуры воздуха в три сезона года (зимой, весной и осенью) одновременно (Киев), либо - в один из

сезонов года: зимой (Ростов-на-Дону) или осенью (Армавир). Достоверное понижение средних температур воздуха отмечается лишь для летнего сезона (5 станций), что можно считать основной тенденцией в летний период, поскольку положительные тренды летом отсутствуют вовсе.

Выявленные достоверные многолетние изменения средних температур воздуха по сезонам способствуют уменьшению амплитуды колебания средних температур воздуха в годовом цикле.

Лишь для двух станций (Асканиа-Нова, Приморско-Ахтарск), находящихся в более южных районах Украины – в приморских районах Причерноморья, не выявлено никаких достоверных изменений средней температуры воздуха: ни среднегодовой, ни по полугодиям, ни по сезонам года. Это может быть связано с сильным влиянием акватории Черного моря, а также с недостаточно большой выборкой значений метеорологических параметров (за 68 и 37 лет), поскольку указанные метеостанции были открыты в 30-е -40-е годы XX века и не имеют более длительного ряда наблюдений.

Для *абсолютных максимальных температур воздуха* (холодного/теплого полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от -0.50 (теплое полугодие в Харькове) до +0.43 (зимний сезон в Курске), а минимальными по модулю значениями коэффициентов корреляции здесь являются -0.21 (осенний сезон в Тамбове, рис. 3а) и +0.25 (теплое полугодие в Астрахани). При этом значимые понижения величин максимальных температур воздуха достигают от 1.5°С до 4.1°С, а повышения - от 1.6°С до 3.6°С.

В многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха по полугодиям и сезонам года на территории Юга России и Украины повсеместно (исключение Асканиа-Нова) выявлены значимые тренды, разной направленности. При этом из 34 выявленных достоверных трендов 65% - отрицательные (рис. 3). Положительные достоверные тренды выявлены: для холодного (1 станция) и теплого (1 станция) полугодий, а также для зимнего (7 станций) и летнего (1 станция) сезонов года, при чем полностью отсутствуют весной и осенью. Отрицательные достоверные тренды выявлены для теплого полугодия (8 станций), а также для летнего (4 станции), осеннего (5 станций) и весеннего (2 станции) сезонов года. Отрицательные достоверные тренды абсолютной максимальной температуры воздуха не установлены только для холодного полугодия и для зимнего сезона года.

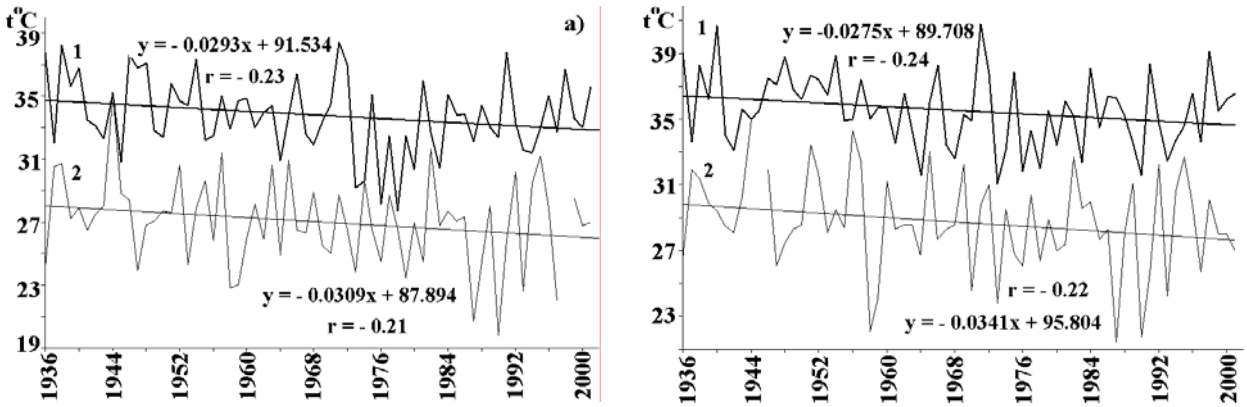


Рис. 3 Отрицательный достоверный тренд в многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха в теплое (1) полугодие (4-9 месяцы) и в осенний (2) сезон (9-11 месяцы) года в Тамбове (а) и в Саратове (б). **Fig. 3.** The trend of long-term dynamics of absolute maximal air temperature in warm half-year (1) and autumn season (2) in Tambov (a) and Saratov (b).

Для *абсолютных минимальных температур воздуха* (холодного/теплого полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в

пределах от +0.18 (теплое полугодие в Василевичах) до +0.52 (теплое полугодие в Целине), при этом изменения достигали от 1.5°С до 7.4°С.

Для всей территории Юга России и Украины установлено значимое повышение абсолютных минимальных температур воздуха как в теплое полугодие (рис. 4), так и годовое (т.е. в холодное полугодие), при этом повсеместно отсутствует тенденция к их понижению. Установлено, что, в холодное полугодие изменения произошли чуть более значительные, чем в теплое. В среднем для Юга России и Украины заморозки в теплое полугодие снизились на 3.1°С (в интервале от 1.5°С до 5.3°С для разных метеостанций), в то время как самые сильные морозы в холодное полугодие ослабли на 4.6°С (в интервале от 2.6°С до 6.5°С для разных метеостанций).

Таким образом, практически для всех метеостанций Юга России и Украины (исключение Асканиа-Нова) выявлены значимые достоверные тренды изменения абсолютных минимальных температур воздуха, все они положительные. Основной тенденцией в многолетней динамике абсолютных минимальных температур воздуха является их повышение для двух полугодий сразу (холодного и теплого), а также значимое повышение минимальных температур весной и зимой.

Проявление климатических изменений в экосистемах

На водораздельных пространствах Юга России повсеместно отмечаются последствия климатических изменений, которые считаются пусковым механизмом, инициирующим очаговое переувлажнение земель в степной зоне (Зайдельман и др., 1998; Назаренко и др., 2000; Новикова и др., 2002; Соколова и др., 2001). Стремительное расширение площадей очагового переувлажнения пахотных земель в степной зоне можно считать одним из наиболее негативных последствий динамики климата.

Происходящие климатические изменения на фоне сильной водохозяйственной (ирригационной) трансформированности территории свидетельствуют о реальной тенденции увеличения увлажненности степных районов на юге России.

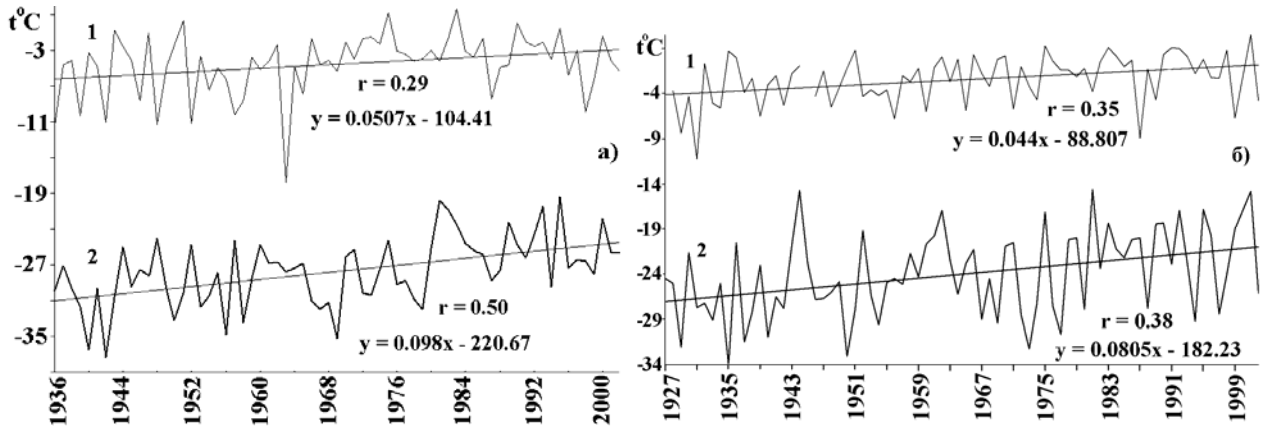


Рис. 4 Положительный достоверный тренд в многолетней динамике абсолютных минимальных температур воздуха по полугодиям в Саратове (а) и Элисте (б). Условные обозначения: 1- теплое полугодие (4-9 месяцы), 2 – холодное полугодие (1-3, 10-12 месяцы). **Fig. 4.** The trend of long-term dynamics of absolute minimum air temperature for half-years in Saratove (a) and Elista (b). Convention: warm half-year (1) and cold half-year (2).

На основании фондовых данных и собственного анализа многолетних расходов и уровней воды в реках лесостепной, степной и полупустынной зон Юга России удалось сделать некоторые выводы, многие из которых подтверждаются также другими

исследователями (Антропогенная динамика…, 2003; Шикломанов, Георгиевский, 2003; Онуфреня, Горянцева, 2001).

Для бассейнов рек лесостепной и степной зоны России в XX столетии отмечается тенденция к перераспределению атмосферных осадков в сторону их увеличения в зимний период, что способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий в поймах и на водоразделах (Кузьмина, 2005а; 2005б; Kouzmina, 2004; Кузьмина и др., 2006). Здесь выявлено снижение амплитуды колебания многолетних значений уровней и расходов воды к концу XX столетия, способствующее стабилизации УГВ в вегетационный период и увеличению глееобразования в верхних и средних почвенных горизонтах, приводящее к утрате естественной древесно-кустарниковой растительности пойм (Kouzmina, 2004; Кузьмина, 2005).

В связи с потеплением некоторыми авторами прогнозируется рост подтопления, переувлажнение и заболачивание земель в северных районах России, в то время как в южных – первоначально прогнозируется уменьшение питания подземных вод, а при последующем усилении потепления до 3-4°С – его увеличение (Ковалевский, Клиге, 2003). Однако, уже в настоящее время фиксируется существенное увеличение питания и подъем грунтовых вод в пределах Волго-Донского междуречья (Ростовская область), что вызвано целиком увеличением среднегодовых температур за счет потепления в зимний период и увеличением выпадения атмосферных осадков (Назаренко, 2006). Подъем уровня грунтовых вод с конца 80-х годов XX века со средней скоростью 11 см в год отмечается также и на Джаныбекском стационаре (Соколова и др., 2001). В настоящее время УГВ там фиксируются на глубине 4-5 м от поверхности, в то время как граница капиллярной каймы поднялась до глубины 2 м. В солонцовом комплексе идут сложные процессы выравнивания параметров компонентов. В то время как в растительном покрове преобладают процессы “остепнения” - выравнивания видового состава на разных элементах микрорельефа за счет расширения позиций степных видов (типчака, ковылей, остреца); в почвенном покрове и грунтовых водах этот процесс нивелирования различий идет в направлении увеличения содержания солей и их токсичности в ранее незасоленных почвах микропонижений.

Подъем УГВ к поверхности и расширение площадей, занятых переувлажненными почвами, наблюдается не только в Северном Прикаспии, но и в других регионах южной части России. Среди причин распространения подтопления территорий, наряду с обводнительно-оросительными мероприятиями указывают также повышение сумм атмосферных осадков в последние годы, что для Ростовской области, Ставропольского края и Северного Прикаспия можно считать главной (Зайдельман и др., 1998; Назаренко, 2006; Соколова и др., 2001).

Изменением (повышением) увлажнения в совокупности со снятием пастбищной нагрузки объясняют также начало восстановления растительности на опустыненных территориях Черноземельской низменности, а также остепнение растительности ранее полупустынных территорий Калмыкии (Мяло, Левит, 1996; Неронов, 1997; 2002).

Таким образом, в настоящее время все исследования связанные с динамикой экосистем должны начинаться с анализа климатических изменений, т.к. климат – один из основных факторов, формирующих экосистемы, претерпевает сегодня быстрые динамические сдвиги.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в многолетних изменениях сумм атмосферных осадков, средних, абсолютных максимальных и минимальных температур воздуха выявляются некоторые общие закономерности.
   - Практически для всех метеостанций Юга России и Украины (исключение Харьков и Асканиа-Нова) выявлены достоверные тренды значимых изменений годовых,

полугодовых и сезонных *сумм атмосферных осадков*, при чем, все эти тренды положительные. Таким образом, на всей территории Юга России и Украины отмечается тенденция только повышения выпадения атмосферных осадков, в основном, за счет зимнего периода.

- Основной тенденцией в изменении *средних температур воздуха* можно считать практически повсеместное повышение средних температур воздуха в холодное полугодие, которое происходит за счет повышения средних температур воздуха в зимний и весенний сезоны года. Для большей части метеостанций Юга России значимые многолетние изменения средних температур воздуха по сезонам года и полугодиям приводят также к достоверному повышению среднегодовых температур воздуха. Отсутствуют положительные тренды средних температур воздуха в теплое полугодие и летний сезон года. Отрицательные достоверные тренды более редки и характерны только для теплого полугодия и летнего сезона. Таким образом, для большей части Юга России отмечается повышение среднегодовых температур воздуха за счет зимне-весеннего периода.
- В многолетней динамике *абсолютных минимальных температур воздуха* для Юга России и Украины единственной доминирующей тенденцией является повышение значений температуры, при чем для двух полугодий (холодного и теплого) одновременно (редко в одно из полугодий) и при таком же одновременном повышении их весной и зимой (редко также летом и осенью). Таким образом, на Юге России и Украины происходит ослабление, как весенних заморозков, так и зимних морозов, что, наряду с повышением среднегодовых температур воздуха, должно благоприятно сказываться на производстве с/х продукции.
- Основными преобладающими тенденциями в динамике многолетних значений *абсолютных максимальных температур воздуха* для Юга России и Украины является значимое повышение их в зимний сезон, а также понижение в теплое полугодие и в осенний, весенний и летний сезоны года. В целом, многолетние изменения абсолютных значений летней жары для всей территории Юга России и Украины менее существенны (понижение в среднем только в теплое полугодие на 2.3°С; в интервале от 1.8°С до 3.8°С для разных метеостанций), чем динамические сдвиги абсолютных минимальных значений температуры воздуха (повышение в среднем на 3.1°С для теплого и на 4.6°С для холодного полугодий).

2. Выявленные достоверные многолетние изменения средних температур воздуха (повышение зимой, понижение летом), а также абсолютных минимальных (повышение в холодное полугодие и зимой) и абсолютных максимальных (понижение в теплое полугодие, и в весенне-летне-осенний сезон) температур воздуха способствуют уменьшению амплитуды колебания как средних, так и абсолютных (минимальных, максимальных) температур воздуха в годовом цикле.
3. Анализ колебаний относительного коэффициента многолетних изменений параметров метеорологических характеристик (всех совокупно /годовых, полугодовых и сезонных/ отдельно для сумм осадков, средней, абсолютной максимальной и минимальной температур воздуха) показал, что для большей части установленных достоверных трендов (в 58% случаев для осадков, в 75% случаев для средней температуры, в 84% случаев для абсолютной минимальной и в 82% случаев для абсолютной максимальной температуры) изменения уже лежат в пределах от 15% до 30%, при чем для всех метеорологических параметров есть значения относительного коэффициента изменений, приближающиеся к 50% порогу.
4. Увеличение выпадения общего количества атмосферных осадков, а также их перераспределение (увеличение зимой и уменьшения летом), повышение средней и абсолютной минимальной температуры воздуха в холодное полугодие способствует

изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий в поймах и на водосборных территориях, способствует стабилизации и подъему УГВ как на пойменных территориях, так и на водоразделах, увеличению глееобразования в верхних и средних почвенных горизонтах, приводит к утрате естественной пойменной древесно-кустарниковой растительности в зоне европейских широколиственных лесов, лесостепей и степей Европейской равнины.

5. Климатические изменения наряду с антропогенными воздействиями неоднозначно отразятся на формировании естественной растительности Юга России, что может привести к нарушению естественной модели динамики растительности, поскольку будут формироваться лишь некоторые фитоценозы, в то время как иные подвергнутся редукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А.* Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
2. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. Отв. ред. Н.И.Коронкевич и И.С.Зайцева. М.: Наука, 2003. 367 с.
3. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. МГУ, 1995. 320 с.
4. *Зайдельман Ф.Р., Тюльпанов В.И., Ангелов Е.Н., Давыдов А.И.* Почвы мочарных ландшафтов – формирование, агроэкология и мелиорация. М.: МГУ, 1998. 160 с.
5. *Ковалевский В.С., Клиге Р.К.* Изменение гидрогеологических условий под влиянием глобального потепления // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2003. № 3. С. 10-17.
6. *Кононова Н. К., Харламова И. В.* Многолетние колебания циркуляции атмосферы и климата в северном полушарии в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. М., 1982. №6. С.6-56.
7. *Кузьмина Ж.В.* Оценка последствий изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых гидротехнических сооружений на равнинных реках // Метеорология и гидрология. 2005а. № 8. С. 89-103.
8. *Кузьмина Ж.В.* Последствия изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых (низконапорных) гидротехнических сооружений на равнинных реках // Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы. М.: Наука, 2005б. С. 134-163.
9. *Кузьмина Ж.В., Новикова Н.М., Подольский С.А.* Использование экотонной концепции для обоснования водоохранных зон прибрежных территорий // Аридные экосистемы. 2006. Т. 12. № 30-31. С. 83-87.
10. *Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е.* Современное состояние флоры и растительности заповедника “Бадай-Тугай” в связи с изменением гидрологического режима // Ботанический журнал. 2001. Т. 86. № 1. С. 73-84.
11. *Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Аветян С.А., Хенрихфрайзе А.* Последствия изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых гидротехнических сооружений // Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами (Россия, Бурятия, Улан-Удэ; 1-8 сентября 2004 г.). Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2004а. С. 65-66.
12. *Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Мамутов Н.К.* Влияние климатических изменении и полива на формирование растительности опытным путем в обсохшей части Аральского моря // Аридные экосистемы. 2004б. Т. 9. № 21. С. 1-12.
13. *Мяло Е.Г., Левит О.В.* Современное состояние и тенденции развития растительного покрова Черных земель // Аридные экосистемы, 1996. № 2-3. Т. 2. С. 145-152.

14. *Назаренко О.Г., Новикова, Н.М., Хитров Н.Б.* Очаговое переувлажнение почв в формировании флористического разнообразия степных водоразделов // Аридные экосистемы. 2000. № 13. Т. 6. С. 47-53.
15. *Назаренко О.Г.* К вопросу о влиянии климатических факторов на грунтовые воды Донно-Донецкого бассейна во второй половине XX столетия // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 4. С. 504-510.
16. *Неронов В.В.* Динамика растительности и населения грызунов на Юге Калмыкии в изменяющихся условиях среды. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. к. б. н. М.: ИЭ РАН, 2002. 24 с.
17. *Неронов В.В.* К истории массового расселения и фитоценологии тырсы (*Stipa capillata L.*) в Калмыкии // Аридные экосистемы. 1997. № 5. Т. 3. С. 82-94.
18. *Новикова Н.М., Назаренко О.Г., Хитров Н.Б.* Проблема биологического загрязнения ландшафтов степных районов России // Научные аспекты экологических проблем России. Труды всероссийской конференции, посвященной памяти академика А.Л.Яншина в связи с 90-летием со дня рождения. М.: Наука, 2002. Т. 2. С. 234-237.
19. *Онуфреня М.В., Горянцева О.В.* Динамика климата и биоты Южной Мещеры за последние 60 лет (Окский заповедник) // Влияние изменения климата на экосистемы. М.: Русский университет, 2001. С. 32-38.
20. *Соколова Т.А., Сиземская М.Л., Толпешта И.И., Сапанов М.К., Субботина И.В.* Динамика солевого состояния целинных почв полупустыни северного Прикаспия в связи с многолетними колебаниями уровня грунтовых вод (на примере Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН) // Экологические процессы в аридных биогеоценозах. Чтения памяти академика В.Н.Сукачева. М, 2001.С. 113-132.
21. *Титкова Т.Б.* Изменение климата переходных природных зон русской равнины. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. М., 2006. 24 с.
22. *Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю.* Сток рек России при глобальном потеплении климата // Тезисы докладов Всероссийского конгресса работников водного хозяйства. 9-10 декабря 2003. М., 2003. С.18-19.
23. *Henrichfreise A., Kouzmina J.W.* Influence of water-management constructions on the flood-plain ecosystems of German rivers // Ecological Problems of the Large Rivers Basins -2, Togljatti, 1998. P. 44-45.
24. *Kouzmina J.V.* The impact of natural and human-induced changes in the river flow and the climate on flood plain ecosystems in the middle Elbe river basin // Ecological Engineering and Environment protection. No 2. 2004. P. 5 -15.
25. *Novikova N.M., Kuz'mina J.V., Dikareva T.V. et. al.* Preservation of the tugai biocomplex diversity within the Amu-Darya and Syr-Darya river deltas in aridization conditions // Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas. Boock 2. UNESCO 2001. P.155-188.

THE ANALYSIS OF THE LONG-TERM METEOROLOGICAL TRENDS ON THE SOUTH RUSSIA AND UKRAINE (FROM FOREST-STEPPE TO DESERTS)

© 2007. Zh.V. Kuz'mina

Water Problems Institute Russian Academy of Sciences
Russia, 119991 Moscow, Gubkina str., 3, WPIRAS, E-mail: tugai@gol.ru

The present research was carried out with the aim at estimating the state and dynamics of terrestrial ecosystems and at analyzing average annual and monthly meteorological data (precipitation, air temperature) as well as absolute minimum and maximum temperatures for a long period of time.

Under statistical analysis were the daily data of 18 meteorological stations located in the southern part of the European plain including the South of Russia and Ukraine for the period since the time of their

foundation to 2002 (Table 1). The meteorological stations are included into the global international network of meteorological data (WMO) and have continuous (daily) verified and corrected values of meteorological data.

The precipitation was calculated as a sum of the daily amount in different period of time (month, season, half year and year). The mean air temperatures for a month, year, season and six months were averaged for these periods. Absolute minimum and maximum temperatures were also determined by using daily data for different periods of time.

The yearly cycle was divided into the warm (4-9 months) and cold (1-3, 10-12 months) half a year in equal proportions. The seasonal data taken in all the meteorological stations were analyzed for every year as well: spring (3-5 months), summer (6-8 months), autumn (9-11 months) and winter (1-2, 12 months).

The obtained data of several years were used in diagrams of their long-term dynamics; coefficients of correlation between factual data and their linear trends were also calculated, including only those estimated in the range from 90% to 99.9%.

It seemed reasonable to identify some reliable positive changes in yearly, half yearly and seasonal sums of precipitation for all the meteorological stations in the South of Russia and Ukraine (with the exception of Kharkov and Askania-Nova). They exhibit a tendency to increasing at the account of the cold half a year. In the major part of Southern Russia (Kursk, Voronezh, Vasilevichi, Tambov, Saratov, Rostov-on-Don, Kamennaya steppe, Elista) the annual precipitation is increasing thanks to their amount in the cold half a year. At the same time, according to data of some meteorological stations of Russia and Ukraine located somewhat southwards (Lubny, Tselina, Tzimlyanskoe, Armavir, Astrakhan) the annual precipitation gets increased at the account of the warm half a year.

There exists a tendency to increasing the average temperatures in the cold half a year, they become higher in the winter and spring. The increase in average annual temperatures at the account of the winter-spring period is characteristic of the major meteorological stations in the South of Russia.

In long-term dynamics of absolute minimum temperatures in the South of Russia and Ukraine dominant is the tendency to their increasing simultaneously in the warm and cold periods of time (seldom in one of these periods) as well as in winter and spring seasons (seldom in the summer and autumn). Thus, in the South of Russia and Ukraine the late frosts in the spring and bitter frosts in the winter are weakened; parallel with increasing average annual air temperatures this fact should be favorable for agricultural production.

In the long-term dynamics of absolute maximum temperatures there are tendencies to their increase during the winter season and decrease in the warm half a year as well as in autumn, spring and summer seasons. On the whole, in the southern part of Russia and Ukraine the long-term changes in absolute values of the summer heat are found to be insignificant (they become lower by 2.3ºC in the warm half a year; in the range from 1.8ºC to 3.8ºC in different meteorological stations) as compared to dynamic changes in absolute minimum temperatures (they are increased by 3.1ºC in the warm half a year and by 4.6ºC in the cold half a year).

So, the trustworthy identified long-term changes in average temperatures (their increase in winter and decrease in summer), absolute minimum (they get higher in the cold half a year and in winter) and absolute maximum temperatures (they become lower in the warm half a year and in the spring-summer-autumn season) are conducive to decreasing the fluctuation amplitude both of average and absolute (minimum/maximum) temperatures in the yearly cycle.

Based upon a comprehensive analysis of fluctuations in the relative coefficient of long-term changes in parameters of meteorological characteristics (in total /yearly, half yearly and seasonal/ and separately for precipitation, the mean, absolute maximum and minimum temperatures) it was possible to show that in the major part of trends established in certain (in 58% of cases for precipitation, 75% for average temperature, 84% for absolute minimum and 82% for absolute maximum temperatures) the changes take place in the range from 15% to 30%, it being known that for some meteorological parameters there are changes in relative coefficient, whose values have a close approximation to the threshold estimated as 50%.

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 581.143.5

СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ РАЗНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ И ИХ РЕАКЦИЯ НА ЗАСОЛЕНИЕ

© 2007 г. З.М. Алиева, А.Г. Юсуфов

Дагестанский государственный университет,
Россия, 367000, Махачкала, ул. М.Гаджиева, 43А

Реферат. Изучена чувствительность к засолению (NaCl, $CuSO_4$ и $ZnSO_4$) у изолированных листьев, гипокотильных и стеблевых черенков, целых растений фасоли, свеклы, баклажана, подсолнечника. У всех видов моделей и объектов при засолении с разной интенсивностью (более высокой у чувствительных культур) снижались показатели жизнеспособности - выживаемость и активность каллусо- и ризогенза, накопление биомассы каллусной ткани. Наиболее адекватна реакции на стресс целых растений и стеблевых черенков. **Ключевые слова:** NaCl, $CuSO_4$, $ZnSO_4$, изолированные органы, in vitro, фасоль, подсолнечник, баклажан, свекла.

Изучение устойчивости растений к стрессам имеет как познавательное, так прикладное значение (разработка методов диагностики). Имеющиеся методы либо недостаточно адекватны, либо длительны и трудоемки, либо узкоспецифичны. В этом отношении представляет интерес сравнительное изучение возможностей использования метода культуры разных изолированных органов и структур ввиду высокой их чувствительности к стрессам. Однако до сих пор в этом направлении анализированы возможности клеток и тканей (Бутенко, 1975; 1999), реакция которых не всегда оказывалась адекватной особенностям экологии растений (Носов, 1999; Gulati, Jaiwal, 1994).

Имеются пока лишь сведения о перспективах использования метода культуры изолированных листьев (Yarwood,1946; Юсуфов, 1988) и корней (Смирнов, 1970) для оценки реакции отдельных объектов на стрессы. Все еще ограничены сравнительные данные о реакции на стрессы более сложных изолированных образований и целых растений (Алиева, 2001; Магомедова и др., 2003). Такие сравнения и представляют интерес для оценки экологической устойчивости растений па основе учета проявлений морфогенеза.

Методика

Цель работы - анализ чувствительности к засолению (NaCl, $CuSO_4$, $ZnS0_4$) у изолированных листьев, гипокотильных и стеблевых черенков, целых растений фасоли обыкновенной *{Phaseolus vulgaris* L.) сорта Сакс, свеклы *{Beta vulgaris* L.) с. Бордо 437, баклажана *{Solatium melongena* L.) с. Алмаз, подсолнечника *(Helianthus annum* L.) с. ВНИИМК 8883.

Семена всех культур замачивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге. После проклевывания их сажали в ящики с промытым песком. Черенки (листовые, стеблевые с листьями и без них и гипокотильные (с семядолями и без) отделяли от 5-30-дневных проростков и культивировали в растворах NaCl, $CuSO_4$ и $ZnSO_4$ (0.0001 -0.1M). Контроль - дистиллированная вода. Соль NaCl является компонентом почвенного засоления, а $CuSO_4$ и $ZnS0_4$ обычно попадают в экосистемы в связи с различной деятельностью человека.

Опыты проводили также *in vitro* по общепринятой методике (Калинин и др., 1980). После стерилизации структур 0.1 % раствором AgCl в течение 10 мин их промывали несколько раз в дистиллированной воде. Экспланты помещали в пенициллиновые стаканчики с агаризованной средой Мурасиге - Скуга (МС). В среду вводили индолилмаеляную кислоту

(ИМК), бензиламинопурин (БАП) в разных комбинациях, а также хлорид натрия (NaCl). В каждом варианте - 20-25 стаканчиков с эксплантами гипокотиля, семядоли, листовой пластинки (далее ЭГ,ЭС,ЭЛ соответственно). Опыты *in vitro* включали следующие варианты культивирования: 1) минимальная среда МС без фитогормонов, 2) среда МС + соль (NaCl - 10 г/л), 3) МС + фитогормоны (ИМК - 0.5 и БАП - 2.5 мт/л).4). МС + фитотрмоны +NaCl.

Состояние изолированных структур оценивали по выживаемости, продолжительности жизни, образованию каллуса и корней, а также величине биомассы. В таблицах приведены средние арифметические и их стандартные ошибки.

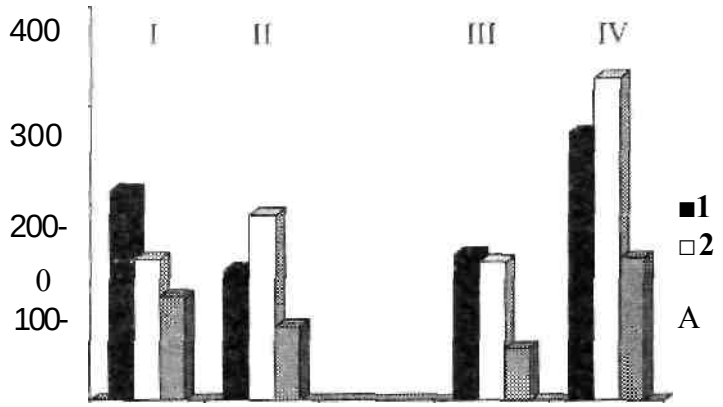
Результаты и обсуждение

Для объектов и структур характерна специфика реакции на солевой стресс. У фасоли минимальную выживаемость проявляли ЭС даже при относительно невысоком уровне засоления (0.5 % NaCl), тогда как у ЭЛ и ЭГ ее снижение отмечено при засолении 1% (табл.1).

Таблица 1. Реакция эксплантов фасоли, подсолнечника и баклажана (А-В) на внесение NaCl в питательную среду. *Table 1.* Reaction of explants of bean, sunflower and eggplant (A-B) on introduction of NaCl to nourishing environment.

Варианты		Выживаемость на 28 день, %			Каллусообразование, %		
		А	Б	В	А	Б	В
ЭГ	1	100±10	85+10	60±11	90+10	85±9	63±11
	2	100±10	80±10	55+8	85±10	80±10	55±10
	3	50±9	50±8	20±9	71+10	50+8	0
ЭС	1	40±10	100±0	95±5	66±9	100±5	75±10
	2	10±6	100±5	80±5	13±1	90±10	70±10
	3	13±7	75+10	41±1	23±5	70±10	50±10
ЭЛ	1	70±9	60±9	100	75±10	25+5	90±8
	2	70±9	50±9	100	18±7	20±5	86±10
	3	27±9	40±8	100	30±5	0	86±5

Примечание. 1 - МС+ИМК (0.5 мг/л) + БАП (2.5 мг/л); 2 - МС + ИМК + БАП + NaCl (0.5%); 3 - МС + ИМК + БАП + NaCl (1%).ЭГ у фасоли оказались менее чувствительными к засолению, чем листьев. Солевой стресс сильнее подавлял прирост биомассы эксплантa и каллуса у ЭЛ, чем ЭГ (рис.).



Б

Рис. Прирост Каллуса у эксплантa (Г) у листьев (А) и каллуса (11) и гипокотилей (Б) фасоли в условиях засоления среды. **Fig.** Increase of explant (I) and callus (TI) of leaves (A) and hypocolyl (B) of beans in condition of environment salinization.

При этом на среде МС с добавлением 0.5% NaCl у ЭГ наблюдалось даже некоторое стимулирование процесса каллусообразования. Масса каллуса, образовавшегося на 30 сут., у ЭГ составила 120, ЭЛ - 96 % по сравнению с контролем. В варианте с засолением 1% NaCl -53 и 36 % соответственно. Менялся и тип каллуса: в варианте с 0.5% NaCl - от рыхлого до плотного, обычно желтый или белый, тогда как с 1% NaCl - только коричневый плотный. Более чувствителен к солевому стрессу процесс корнеобразования, который подавлялся уже в варианте 0.5 % NaCl. По итогам реализации всех показателей жизнеспособности, можно построить убывающий ряд чувствительности к солевому стрессу для фасоли: ЭС —»ЭЛ—»ЭГ. Такая же картина наблюдалась и в опытах с черенками в нестерильных условиях (табл.4). Структуры баклажана также отличались по чувствительности к солевому стрессу. У ЭС отмечено менее значительное снижение выживаемости, интенсивности и мощности каллусообразования, чем у ЭГ. Масса каллуса, образованного на ЭС в контроле (без соли), составила 575 мг, а в варианте с NaCl (1%) - уже 153 мг (табл.2). В контроле образование корней замечено у 18% проростков. Введение соли в среду ингибировало ризогенез. В варианте без засоления на каллусах ЭС и ЭГ закладывались почки, что полностью подавлялось при засолении среды. ЭЛ баклажана менее чувствительны к солевому стрессу, их ингибирование наблюдалось в более высоких концентрациях, чем у ЭГ и ЭС (табл.1). Так, выживаемость, прирост и каллусообразование ЭЛ при введении в среду соли (1%) составили для фасоли соответственно 39, 76 и 53 % по сравнению с контролем, а для баклажан все показатели остались на уровне контроля. У всех структур баклажана и фасоли в условиях засоления процесс корнеобразования сильнее ингибировался, чем каллусообразование.

Таблица 2. Влияние засоления среды на сырую биомассу каллусной ткани (мг). **Table 2.** Impact of salinization of environment on raw biomass of callose tissue (nig).

Варианты	Фасоль	Баклажан	Подсолнечник	Свекла
ЭС1	-	0	155 ±18	52±8
2	-	0	64 + 23	47 ± 12
3	-	575 ±35	292 ± 46	85 ± 18
4	-	153 ± 19	202 ± 20	199±33
ОБК	-	27	69	230
ЭГ1	О(корни)	15±5	0	45±5
2	О(корни)*	0	0	15±2
3	273 ± 46	40 ±7	115± 20	30 ±3
4	146±25	10 ± 3	130 ±15	40 ±6
ОБК	53	35	13	133
ЭЛ 1	60 ±10	-	64 ±10	45±6
2	48 ±13	-	15± 10	110± 20
3	149 ±39	-	76 ±15	168± 19
4	54 ± 11	-	66 ±14	400 ± 5
	36	-	89	242
ОБК ЭС	-	27	69	230
ЭГ	53	35	13	133
ЭЛ	36	-	89	242
Среднее**	45	26	90	202

Примечание. 1-4 - обозначения вариантов. - см. в п. «Материал и методы исследований». 0)-каллус не образуется; -)- наблюдения не проводились ; *) в данном варианте корни развиты слабо; **) приведены средние величины для всех эксплантов у каждой культуры; ОБК - относительное накопление биомассы каллуса.

Засоление приводило к снижению показателей выживаемости, роста и каллусообразования и у эксплантов подсолнечника. При этом введение хлорида натрия (1%) в минимальную среду МС способствовало летальному исходу всех эксплантов, а слабый каллус отмечен только у 10% ЭС. Наблюдалась также задержка сроков развития каллуса. При одновременном же введении регуляторов роста и соли отмечено полное подавление каллусообразования у ЭЛ. У ЭС и ЭГ оно происходило менее активно, чем па среде без соли. Масса эксплантов семядолей к 20 дню культивирования в варианте без соли и регуляторов достигала 155 мг, в варианте только с солью (1%) ~ 64 мг. На среде с регуляторами без соли масса эксплантa с каллусом составила 293 мг, а при введении соли -160 мг. Интенсивность каллусообразования ЭГ подсолнечника также снижалась при засолении, что наблюдалось и в опытах других исследователей (Prakash et al., 1993).

У эксплантов свеклы введение соли в среду не только не приводило к снижению жизнеспособности, но в ряде случаев даже стимулировало рост каллуса. Особенно существенные различия отмечены в биомассе образовавшейся каллусной ткани (табл.2). Показательны различия также у эксплантов разных структур свеклы. Высокую чувствительность проявили ЭГ, меньшую- ЭС.

Итак, у всех видов структур при культивировании в условиях засоления отмечено снижение показателей жизнеспособности. Специфика заключалась в скорости изменений, а также в интенсивности накопления биомассы каллусной ткани. Биомасса каллуса уменьшалась более заметно у эксплантов более солечуветвительных культур (фасоли и баклажана), а менее - у устойчивой свеклы (табл. *2).* Показателем, характеризующим устойчивость растений к разным воздействиям, в том числе и к засолению, может служить относительная длина проростков (Альдеров, Баташева, 1999), а в наших опытах- величина относительного накопления биомассы каллуса (ОБК), рассчитываемая как отношение массы каллуса опыта к контролю (в процентах). При сравнении биомассы каллусов разного происхождения у объектов преимущество оказалось у свеклы. При сравнении усредненных показателей по всем структурам у объектов фасоль незначительно отличалась от баклажана (45 и 26), заметно возрастал он у подсолнечника (90) и свеклы (202) (табл.2). Эти величины соответствуют солеустойчивости целых растений каждого объекта (Косулина и др., 1993). Характер и органоспецифичность признака солеустойчивости следует учитывать при конкретизации методов диагностики устойчивости.

Органоспецифичность солеустойчивости и видовые особенности проявлялись и в условиях нестерильной культуры. Так, такие структуры у объектов, как черенки, отличались по выживаемости и укореняемости при культивировании в растворах солей. Отличия проявлялись не только по объектам, но и по структурам и типам засоления. При этом, как правило, по мере упрощения структуры ее чувствительность к стрессам повышалась. Растворы сульфата меди оказали на изолированные структуры более выраженное негативное воздействие, чем растворы сульфата цинка и хлорида натрия (табл.4), что согласуется с данными литературы о высокой токсичности этой соли (Елькина, 2001).

Высокую чувствительность к засолению проявили изолированные листья, которые отмирали без развития корней в растворах 20 мМ NaCl и 0.0005 мМ CuSO4. Отрезки эпикотилей оказались менее жизнеспособными по сравнению с гипокотилями. Пороговая чувствительность органа зависела и от его организации. Так, у гипокотильных и стеблевых черенков (с листьями или семядолями) отмечен ризогенез в условиях засоления (40-50 мМ NaCl для подсолнечника и 15-30 мМ для фасоли), уровень которого для отрезков гипокотилей и эпикотилей без листьев и семядолей оказался токсичным. В связи с этим отмстим, что ризогенез у изолированных листьев с черешками подавлялся в растворах несколько более высокой концентрации соли, чем у листьев без черешков. Наблюдалась у них и задержка закладки корней на 3-5 дней по сравнению с контролем. Так, например, период ризогенеза составлял в контроле 6 дней, тогда как в растворе ZnSO4 (0.0006%) – 19

дней. В целом у стеблевых и гипокотильных черенков фасоли снижение и полное подавление укореняемости происходило в растворах NaCl соответственно 10-20 и 25-45 мМ, у подсолнечника - 40-50 и 45-55 мМ (табл.3,4).

Таблица 3. Пороговые дозы чувствительности к NaCl (мМ). **Table 3.** Extreme doses sensitivity to NaCl (mM).

Объекты и структуры	Летальные концентрации, мм	Состояние ингибирования ризогенеза	
		слабое	полное
Фасоль	25±5	15±5	20±5
Облиственные стеблевые черенки	10±5	5±2	10±5
Отрезки эпикотилсй	45±10	30±5	45±5
Гииокотильные черенки с семядолями	20±10	20±5	40±5
Отрезки гипокотилей	20±5	10±3	15±5
Отделенные листья	120± 15		
Целые растения			
Подсолнечник	65± 10	40±5	50±5
Облиственные стеблевые черенки	30±5	10±5	20±10
Отрезки эпикотилей	60± 10	45±5	55±5
Гииокотильные черенки с семядолями	25 ± 5	15 ±5	20 ± 5
Отрезки гипокотилей	15±5	5±3	10±5
Отделенные листья	190±20		
Целые растения			

Таблица 4. Укореняемость разных структур фасоли при культивировании в солях меди и цинка.
Table 4. Ingraining of different structures of bean while cultivation in salts of copper and zinc.

Вариант		$ZnS0_4$			$CuSO_4$		
		7	16 сут.	Общая	7 сут.	16 сут.	Общая
H_20	1	80	90	90	70	80	80
	2	50	80	90	50	80	90
	3	-	-	-	20	50	50
	4	20	60	60	20	100	100
$CUSO_4$мМ							
0.024	1	0	10	10	0	0	10
	2	10	30	30	0	30	30
	3	-	-	-	0	5	10
	4	0	10	20	10	20	20
0.020	1	0	10	10	0	20	30
	2	20	40	50	0	40	50
	3	-	-	-	0	20	20
	4	0	20	20	20	30	30
0.012	1	50	10	10	20	50	60
	2	20	70	70	20	70	70
	3	-	-		0	30	30
	4	1	30	30	20	35	40

Примечание. Обозначения структур: 1 изолированные листья; 2 облиственные стеблевые черенки; 3 - отрезки эпикотилей; 4 гипокотильные черенки. Прочерки (-) наблюдения не проводились.

Не у всех объектов солеустойчивость структур коррелировала с таковой целых растений. Например, листья более солеустойчивого гюдсолнечника и менее устойчивой фасоли проявляли одинаковую чувствительность к засолению. При этом наблюдалось

ингибирование при равных низких концентрациях (около 10 мМ). Наибольшее соответствие реакции у всех объектов наблюдалось для ризогенеза облиственных стеблевых черенков, наиболее приближающихся по уровню организации к целому растению, что позволяет их использовать в качестве адекватной модели при оценке чувствительности растений к солям, в том числе меди и цинка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для разных объектов и моделей (проростков, изолированных органов и структур) характерна специфика реакции на засоление среды. При этом меньшая чувствительность характерна изолированным структурам более солеустойчивых растений (свекла и подсолнечник). В то же время изменение уровня организации структуры также имеет значение для реакции на засоление. Реакция гипокотильных и стеблевых черенков более адекватна таковой проростков и самих растений, чем изолированных листьев и отрезков стеблей.

В этом отношении наиболее отзывчивы такие показатели, как развитие корней у структур и накопление биомассы каллуса. По величине относительного накопления биомассы каллуса выделяются подсолнечник и свекла, как более солеустойчивые культуры. На подсолнечнике показано также явное преимущество стеблевых черенков при действии хлорида натрия и сульфатов меди и цинка. Отличия обнаружены и между другими объектами, хотя и менее резкие. В связи с этим надо отметить, что культивирование изолированных органов и тканей для оценки действия экстремальных факторов на растения значимо, когда сравнение ведется с учетом результатов разных структур в пределах одного и того же растения. Это позволяет оценить специфику реакции сравниваемых культур с поправками на особенности отдельных структур.

По реакции отдельной изолированной структуры не всегда удается определить солеустойчивость растения, так как заметно меняется пороговая чувствительность структур к засолению в пределах индивидуума (Алиева, 2001; Магомедова и др., 2003). Анализ пороговой чувствительности структур к стрессам, являющейся результатом дифференциации индивидуума и все еще слабо изученной, позволяет судить о сложной природе экологической устойчивости растений. Нарастание дифференциации и метамерпости организации индивидуума в ходе эволюции растений привело к необходимости возникновения механизмов, определяющих физиологическое взаимодействие между структурами в онтогенезе. Такая возможность реальна только при отборе индивидуума как структурно-функциональной целостной системы. В этом и проявляется значимость механизмов, направленных на обеспечение устойчивости индивидуума к стрессам и разного уровня пороговой чувствительности его тканей (Шмальгаузен, 1982). Эти механизмы и служат для поддержки гомеостаза и надежности индивидуума растений в неблагоприятных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Льдеров А.А., Баташева Б.А.* Внутривидовое разнообразие пшеницы и ячменя по солеустойч и вости // Достижения и современные проблемы развития науки в Дагестане. Тез. докл. Межд. научн. конф. Махачкала: ДНЦ РАН,1999. С.249-250.
2. *Алиева З.М.* Реакция отделенных органов растений на солевой стресс. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., Московский университет, 2001. 21 с.
3. *Бутенко Р.Г.* Экспериментальный морфогенез и дифференциация в культуре клеток растений. М.: Наука, 1975. 51 с.
4. *Бутенко Р.Г.* Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС 1999. 160 с.

5. *Елькина Г.Я.* Влияние тяжелых металлов на урожайность // Агрохимия. 2001. №8. С. 70 -78.
6. *Калинин Ф.Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е.* Методы культуры изолированных тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наукова думка, 1980. 489 с.
7. *Косулина Л.Г.. Луценко Э.К., Аксенова В.А.* Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Ростов н/Д.: Изд. РГУ. 1993. 240 с.
8. *Магомедова М.А., Юсуфов А.Г., Алиева З.М.* Системный контроль регуляции жизнеспособности растений и накопления ионов натрия у структур при засолении среды //Вестник Дагестанского научного центра РАН. Махачкала. 2003. № 14. С. 46-53.
9. *Носов А.М.* Культура клеток высших растений - уникальная система, модель, инструмент //Физиология растений. 1999. Т.46. №6. С. 837 - 844.
10. *Смирнов А.М.* Рост и метаболизм изолированных корней в стерильной культуре. М.: Наука, 1970.455 с.
11. *Шмальгаузен И.И.* Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.: Наука. 1982.382 с.
12. *Юсуфов А.Г.* Культура изолированных листьев. М.: Наука, 1988. 103 с.
13. *Gulati A., Jaiwal P.K.* Cellular and whole plant response of Vigna radiata to NaCl stress // Biol. Plant. 1994. V. 36; №2. P.301-307.
14. *Fung L.E., Wang S.S., Altman A., Hutterman A.* Effect of growth, photosynthesis, ion and water relations of four poplar genotypes // Forest Ecology and Managemant. 1998. V. 107. P.135-146.
15. *Prakash A.M., Vajrana Bhaiah, P.C.* Reddy. Effect of salt stress on callus development from hypoeotyl segments of sunflower (Helianthus annuus L.) genotypes // Hella. -1993. -16. №18 P.71-76.
16. *YarwoodC.E.* Detached leaf culture//The Botanical Review. 1946. V. 12. №1. P. 1-56.

TOLERANCE OF DIFFERENT-PARTS OF PLANTS TO SALTS

2006 **Z.M. Alieva** , A.G. **Yusufov**

Daghestan State University, Makhachkala,
367000, M. Gacijievstr., 43a

We studied sensitivity to salinization (NaCl, CuS04 and ZnS04) of isolated leafs of stalk haft of hole plants of bean, beet, eggplant, sunflower. The factor of viability - survival and activity of callose and rhizogenesis, storage of biomass and callose tissue of all kinds of models and objects in condition of salinization with different intensity (that is higher of sensitive plants) reduced. The most similar reaction on the stress is the reaction of stalk haft.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2007, том 13, № 32

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.132.52

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ САЖЕНЦЕВ ВЯЗА МЕЛКОЛИСТНОГО *ULMUS PUMILA L.* В КАНЗАСЕ

© 2007 г. Вейн А. Джейер*, Л. Ириарт, Р.Каннингхем*****

**Министерство садоводства, лесоводства и рекреационных ресурсов США, Государственный университет штата Канзас, Манхеттен, 66506 США, E-mail: wgeyer@ksu.edu*

***Департамент сельского хозяйства, факультет ботаники и защиты растений, Мадридский Политехнический университет, Мадрид, Испания, E-mail: leire.iriarte@upm.es*

****Департамент научных исследований, лаборатория Севера Великих Равнин, Мандан, Северная Дакота, 58554 США, E-mail: cunningd@mandan.ars.usda.gov.*

Целью исследований было получение генетической модификации вяза мелколистного для усиления наследственных признаков экстерьера и устойчивости к заболеваниям и насекомым, т.е. качеств, необходимых для создания ветрозащитных лесополос на полях и в городах, а также для укрепления берегов малых рек в саваннах Великих Равнин США и в сходных климатических условиях лесостепной зоны России. В процессе работ 55 саженцев клонированного вяза мелколистного были высажены в 1990 г. около города Джанкшен-Сити, штат Канзас. Спустя пять и шестнадцть лет после посадки выжившие деревья были оценены по таким параметрам, как адаптация к местным условиям: выживаемость, диаметр ствола, высота дерева, объем и диаметр кроны, количество доминирующих ветвей (табл. 2). За деревьями ухаживали и вели наблюдение сотрудники научно-исследовательской лаборатории Великих Северных Равнин, Мандан, штат Северная Дакота. Деревья были выращены из семян, отобранных от лучших производителей, растущих в различных областях Великих Равнин. Большинство семян было получено от деревьев-производителей, находящихся в штатах Северная и Южная Дакота. Через пять лет выживаемость составила 33% от посаженных, через 16 лет - только 30.2%. 17 саженцев показали 50% выживаемость. После пяти лет показатели высоты, диаметра ствола у основания, диаметра и объема кроны имели высокие значения коэффициентов корреляции друг с другом. После 16 лет коэффициенты корреляции между высотой, диаметром и объемом кроны были значительны, и деревья имели устойчивые наследственные признаки по 4показателям высоты и отношения диаметра дерева к его высоте (D^2H).

Вяз мелколистный (*Ulmus pumila L.*) распространен в прикаспийском регионе России и на соседних территориях (Gabal, 1984; Nikitin, 1977; Olovyannikova, 1990). На Пиренейском полуострове Испании данный вид существует с 16 века, занесенный как декоративное растение и самопроизвольно распространившееся (Cogolludo-Agustin et al., 2000). В Соединенные Штаты деревья данного вида были ввезены в 1905 году из Азии. В последствии благодаря их быстрому росту, толерантности к различным условиям и устойчивости по отношению к болезням этот вид значительно распространился в регионе Великих Равнин (Johnson., 1966). Несмотря на то, что деревья превосходно используются в лесозащитных полосах, их распространение в городских посадках неоднозначно (Dirr, 1990): с одной стороны положительна способность зрелого вяза мелколистного достигать высоты около 60 футов, долго удерживать желтую листву и давать яркий окрас в осенний сезон, но с другой - продолжительный вегетационный период делает их уязвимыми к морозам, снегу, ветру. Между 25 – и 50 годами жизни вяз мелколистный бывает подвержен болезням, наносимым *Botryopiplodia hypodermia,* а также предрасположен к устойчивому повреждению листьев от насекомых *Pyrrhalta luteola* и др. Выносливость вяза мелколистного к обедненным почвам, способность переносить засухи, быстрый рост делают растение

идеальным для лесозащитных и ветрозащитных лесополос (Leopold, 1980), а высокая устойчивость - пригодным для гибридизации (Ware, 1992). Широкое распространение в Азии показывает, что вяз мелколистный обладает высокой адаптивной способностью как для использования в лесозащитных полосах, так и для промышленных посадок в городах США. Целью данной работы было выявление особенностей начальной стадии роста и продолжительность жизни растений данного вида, измененных посредством селекции. В процессе исследований несколько деревьев были переданы для генетических модификаций с целью дальнейшего усовершенствования вида. Гибридизация была проведена для увеличения сопротивляемости деревьев к повреждениям от различных насекомых и способности противостоять болезням (Bey, 1990; Kopp et al., 1988). Созданный семенной фонд и вегетативно размноженные саженцы были отправлены в Сибирь (Grbic, 1984). Для определения популяции, наиболее подходящей для Канзаса, была организована экспериментальная посадка, которая включала лучшие саженцы из Северной Дакоты, способные противостоять многим вредным насекомым и заболеваниям.

Материалы и методы

Саженцы деревьев, используемые в данном эксперименте, были предоставлены Министерством сельского хозяйства США, научной лабораторией Северного региона Великих Равнин и штатом Северная Дакота. Прежде всего, отобранные с учетом общих положительных характеристик семена проращивались на Северных Равнинах Штата на территории США от 43.0 до 48.8 северной широты (табл. 1). Большинство генетически измененных растений были представлены вязом мелколистным *Ulmus pumila,* некоторыми гибридами вяза красного *U. rubra* (они числились под номерами 14400, 14401, 14402, 14510) и одним растением вяза японского *U. japonica* (числится под номером 14227). Критерии для селекции, описанные ниже, выбраны с учетом особенных черт данных деревьев, а также наиболее важных особенностей, указанных в соответствии со следующими кодами: 01 – общая высота дерева, 02 – диаметр ствола, 03 – высота прикрепления кроны, 04 – ровный ствол, 05 – густота кроны, 06 – сопротивление вредным насекомым, 07 – устойчивость к болезням, 08 – устойчивость к гербицидам, 09 – засухоустойчивость, 10 – морозоустойчивость, 11 – форма кроны, 12 – цвет листвы, 13 – адаптация к внешним условиям, 14 – устойчивость к животным, 15 – другое. Вяз мелколистный был высажен в 1991 году на экспериментальной территории Майлфорда (Milford) около Джанкшен Сити, штат Канзас (39.2^0 с. ш. и 96.5^0 з. д.). Данный регион характеризуется континентальным климатом. Осадки составляют около 30 дюймов в год, при этом 75% выпадают в течение периода вегетации. Экспериментальная площадка была разделена на две части, каждая с тремя участками по 25 футов. Посадки состояли из 55 саженцев, каждый из которых высаживался в отдельные делянки, содержащими по шесть саженцев, расположенных в случайном порядке. Деревья высаживались с интервалом 12 на 12 футов, что позволяло осуществлять механическое удаление сорной травы. Посадки располагались на хорошем песчаном грунте, глубже находился слой аллювиальной почвы с кислотностью pH от 7.7 и содержанием органического вещества 0.6%. Экспериментальная площадка была ограничена деревьями тех же видов. Была измерена общая высота деревьев, диаметр ствола на высоте трех дюймов от земли, на высоте от 4.5 футов (показатель Dbh) и у основания ствола на высоте 1/10 дюйма. Получены данные о степени адаптации к внешним условиям и диаметре кроны. Параметр D^2H был использован как индикатор объема, где *D* это средний диаметр ствола, а *H* это общая высота дерева (Geyer, 1993). Большинство ветвей было измерено в период с 1995 по 2005 года, после 5 и 16 лет роста соответственно. С целью организации нормальной конкуренции, погибшие после первого года деревья были заменены ясенями. Наследственность отобранных семян (h^2_p) была подсчитана по методу, описанному Кангом и Бей (Kung, Bey, 1979): $h^2_p=1-(1/F)$, где *F* получен в результате деления средней площади семени на погрешность средней площади. Наследуемые показатели пересчитывались, если

значения F было ниже 10%-го уровня значимости. Этот метод использовался как равный обычным оценкам наследственности, полученным через деление генетических различий компонентов внутри групп. Полученные данные были рассмотрены с точки зрения анализа изменений с использованием метода общей линейной модели (S.A.S., 1982). Измерения конкретных деревьев были использованы для всего анализа. Опыт Дункана применялся для оценки среднего показателя, из-за варьирующих размеров делянок, которые обуславливали показатель смертности. Так же была проведена корреляция между различными параметрами.

Результаты и обсуждение

После пяти лет эксперимента были найдены значительные различия на уровне 10% значимости относительно степени адаптации к внешним условиям и высоты ствола. После 16-и летнего периода наблюдений оказался весьма значителен диаметр ствола. Различия между деревьями по всем исследуемым параметрам были невелики. Общая адаптация к внешним условиям после пяти лет составила 33%, а после 15 лет - 30%. Адаптация среди производителей была в значительной степени различна. Деревья от семи производителей полностью погибли, и только один производитель имел 100%-ю степень адаптации к внешней среде (табл. 2). Большинство выживших деревьев вырастали очень быстро. Производители семян были различными. В течении 5 лет учитывались параметры общей высоты, соответствовавшие уровню 10%-ой значимости. 50% производителей превысили среднюю высоту посадки в 15.3 футов. Высота самых высоких 10% производителей составила 18.6 футов. Средние высоты составляли от 5.0 до 20.3 футов, а средние диаметры - от 0.5 до 7.9 дюймов для пятилетних деревьев, достигая для шестнадцатилетних деревьев 11.2 дюймов (при Dbh на высоте 4.5 футов; табл. 2). За 16 лет, самое большое дерево числилось за номером 66 от Barnes (Северная Дакота). Самое высокое дерево было высотой 47.0 фута, при этом средняя высота деревьев из всех производителей составляла 37.9 футов.

Не наблюдалось значительных различий между производителями с диаметрами ствола или с показателями D^2H любого возраста. За первые пять лет роста у всех деревьев не было различий в диаметрах крон. Средние размеры самых широких и самых узких частей крон имели значения от 3.0 до 16.0 футов (среднее значение 9.3 футов). Крупнейшее дерево за пять лет имело самую массивную крону с вертикальным радиусом r=0.85 и горизонтальным радиусов r=0.79 (табл. 2). Очень важным показателем является число ветвей, отходящих от ствола дерева. Деревья с многочисленными ветвями обычно меньше в диаметре, чем такие же деревья без ветвей. В лесозащитных полосах большее количество ветвей выгодно для защиты от ветра. Среднее число ветвей в данном исследовании составляло 2.0 (табл. 2). Различия между производителями по данному показателю не были существенными. Показатель D^2H, используемый как индикатор объема дерева, был в 5 раз больше за шестнадцатилетний период, чем за пятилетний период роста (табл. 2). Производители не показывали существенных различий после 5 лет (r=0.428), но к 16 годам они оказались достаточно существенными (0.074). Производители были классифицированы для обоих периодов в пять и 16 лет по следующим показателям: адаптивность к внешней среде (выживаемость), диаметр ствола, высота. Наилучшие результаты достигли деревья: 66, 413, 429, 14506, а также 14509 (рис. 1). Они были исходно выбраны для повышения сопротивляемости к насекомым и болезням (табл. 1). Производитель 14402, скрещенный с вязом красным *U. rubra* имеет средний показатель выживаемости (50%) и высоту выше средней (42 фута), при этом диаметр его ствола был небольшим, только 6.6 дюйма в Южной Дакоте, F1 и F2, выбранные для скрещивания с вязом красным *U. rubra* были гораздо больше по высоте, чем их родители (Collins, 1971).

Коэффициенты корреляции между параметрами были в среднем высокими: диаметр и высота ствола, объем и диаметр кроны, количество ветвей, за 5 и 16 лет (табл. 3). Диаметры крон были значимо связаны с высотой ствола и диаметрами ветвей за пять лет (r=0.79 и 0.85). Диаметры по обоим периодам исследования за пять и за шестнадцать лет были значимо связаны с их соответствующими показателями D^2H (r=0.92 и 0.94). Более высокие деревья

имели большие диаметры (с коэффициентом корреляции r=0.58 и 0.65). Генетики предпочитают работать с растениями, которые обладают сильными или средними генетическими (наследственными) признаками, так как при этом возможности быстрого усовершенствования вида путем селекции выше, чем у растений, которые обладают слабыми наследственными признаками (Kopp et al., 1988). Большая часть разных производителей семян имела различные показатели средней адаптивности к внешним условиям, высоты и показателей D^2H, которые являлись наследственными за оба периода - пять и шестнадцать лет (табл. 4). Распределение этих изменяющихся компонентов показало, что в данном эксперименте высота и показатель D^2H являются сильными наследственными признаками (r=0.78 до 0.89), а выживаемость - средним наследственным признаком (0.40 и 0.53). Таким образом, селекция вяза мелколистного по высоте и показателю D^2H должна входить в программу усовершенствования деревьев данного вида. Скрещивание в данном исследовании имело различные результаты. Многочисленные попытки по скрещиванию мелколистного и американского вязов (*U. americana*) не были успешными (Bey, 1990) и только показатели от производителей 14402 (вяз красный *U. rubra*) и 14227 (вяз японский *U. japonica*) представляются многообещающими. Селекция деревьев в возрасте пяти лет и 16 лет в целях ускорения роста не рекомендуется, так как диаметр и высота деревьев для обоих периодов времени имели низкую взаимосвязь (r=0.51 и 0.36). Подобные слабые корреляции были получены в опытах с черным грецким орехом (Geyer, 1993), зеленым ясенем (Bresnan et al., 1992; 1996) и сосной *P. ponderosa* (Kopp et al., 1987).

ВЫВОДЫ

Результаты исследований 55 производителей вяза мелколистного показывают возможность определить наиболее подходящих производителей для адаптации деревьев к природным условиям штата Канзаса методом генетической модификации. По окончании шестнадцати летних сезонов стали ясны некоторые различия среди данных производителей. Вследствие того, что адаптация к внешним условиям вместе с размером деревьев является наиболее важными показателями для Великих Равнин, именно эти особенности были использованы для определения лучшего производителя – источника семян для условий Канзаса. Различия в способности адаптироваться к окружающей среде были существенными. Не один из источников не показал, какие либо признаки на подверженность вредным насекомым или болезням. Также представлена в Канзасе селекция из Северной Дакоты, которая в первую очередь была взята для повышения сопротивляемости деревьев к болезням и вредителям.

Размер деревьев за пять лет, в общем, не является исчерпывающим показателем (индикатором) более позднего роста деревьев (Bey, 1990), но высокие показатели адаптивности и большие размеры за 16 лет могут быть полезны для установления лучшего производителя для видов со сравнительно коротким периодом жизни, которые также как вяз мелколистный являются быстро растущими. Селекция деревьев, имеющих высокие показатели роста, может быть осуществлена за 16 лет. Наилучшие особенности деревьев, наследуемые путем селекции, – высота и D^2H, должны быть использованы для последующей селекции вяза мелколистного. В Центральном Канзасе, производители семян 66, 413, 429, 14506 и 14509 рекомендованы для того, чтобы от них выращивать деревья с превосходными показателями роста.

ULMUS PUMILA L. SEED SOURCE PERFORMANCE IN KANSAS

© 2007. W.A. Geyer*, L. Iriarte, R. Cunningham*****

**Department of Horticulture, Forestry and Recreation Resources*
Kansas State University, Manhattan KS 66506, E-mail: wgeyer@ksu.edu
***Department of Vegetation Production: Botany and Vegetation Protection*
Polytechnic University of Madrid, Madrid, Spain, E-mail: leire.iriarte@upm.es
****Agriculture Research Service, Northern Great Plains Laboratory*
Mandan ND, 58554, E-mail: cunningd@mandan.ars.usda.gov

Abstract. Seedlings from fifty-five half-sib clonal sources of Siberian elm were planted near Junction City, Kansas, USA in 1990. Trees were evaluated for survival, height, diameter, crown diameter, volume, and number of dominant stems after the fifth and sixteenth growing seasons. The trees were supplied by the Northern Great Plains Research Laboratory, Mandan, North Dakota. They were grown from seed collected from known clones at several locations in the Great Plains, with the majority obtained from suitable trees growing in North and South Dakota. Growth after five years indicated that 33.0% of the sources survived, and only 30.2% survived after 16 years, with 17 sources having 50% survival rate. At five years, the correlations of height, ground diameter, crown diameter, and volume were highly significant with each source tested. At 16 years, correlations between height, diameter, and volume were significant and heritability was significant for height and D^2H.
Key words*: Ulmus pumila L.,* seed source*,* tree selection, Great Plains.

Introduction

Plantations of Siberian elm (*Ulmus pumila L.*) are grown in the Caspian Sea region of Russia and surrounding areas (Gabal, 1984; Olovyannikova, 1990). The biology and ecology of the species has been reported in Russia (Nikitin, 1977). It was introduced into the Iberian Peninsula of Spain in about the 16th century as an ornamental tree and has spread spontaneously (Cogolludo-Agustin et al., 2000). In the United States, it was introduced in 1905 from Asia because of its fast growth, tolerance to diverse site conditions, and resistance to Dutch elm disease and leaf miner. It has been planted extensively in the Great Plains (Johnson, 1966).

Although desirable as a windbreak tree, its use in an urban setting is suspect (Dirr, 1990). Siberian elm attains heights of 60 feet at maturity. Late leaf retention and yellow foliage add color to the autumn season, but its long growing season and brash wood make it vulnerable to frost, ice, and wind damage. During its 25- to 50-year life-span, Siberian elm can become severely cankered by *Botryopiplodia hypodermia* and can sustain leaf damage from beetles, such as *Pyrrhalta luteola*. Siberian elm's hardiness, capability of tolerating drought and poor soil, fast growth, and ability to with stand heavy shearing make it ideal for dense screen planting and windbreaks (Leopold, 1980). Its functional toughness makes it useful for hybridization (Ware, 1992). Its extensive range in Asia suggests that Siberian elm could have wide adaptability and potential importance as a candidate for windbreaks and biomass fuel wood (Geyer, 1987) in the United States. Little has been reported on the genetics and/or tree improvement of this species. Work has been done in screening for disease and cankers resistance (Bey, 1990; Kopp et al., 1988). Seed orchard establishment and vegetative propagation have been reported in Serbia (Grbic, 1984). To identify populations best suited for Kansas, we initiated a test planting that included many of the best sources from the USDA that had exhibited resistance to many of the insect and disease problems found in North Dakota. The purpose of this paper is to report on the early growth and survival of selected sources of this species.

Methods and Materials

Seedling trees used in this experiment were provided by the USDA Northern Great Plains Research Laboratory in North Dakota, from sources selected primarily on the basis of their generally good performance. Seedlings originated in the northern plains and Lake States areas USA – 43.0° to 48.8° N Latitude (Table 1). The majority of the clones are *Ulmus pumila*, but a few are

Table 1. Siberian elm seed source origins.
Таблица 1. Деревья-производители - источники семян вяза .

Source / Источник	Location / Расположение	Criteria / Критерий	Source / Источник	Location / Расположение	Criteria / Критерий
8	Griggs ND	06, 07	417	Mclean ND	07, 03
9	Height ND	01, 04	418	Morton ND	01, 04
11	Bowman ND	13, 07	422	Morton ND	01, 04
14	Emmons ND	01, 03	429	Rolette ND	13, 06
16	Barnes ND	01, 07	431	Rolette ND	13, 06
19	Sargent ND	05, 03	438	Wells ND	07, 11
24	Morton ND	01, 04	439	Rolette ND	03, 11
28	Lamore ND	03, 07	443	Walsh ND	07, 13
40	Sargent ND	06, 07	446	Walsh, ND	07, 14
44	Barnes ND	03, 06	13395	Lincoln NE	15
45	Barnes ND	06, 05	13396	Lincoln NE	15
49	Barnes ND	13, 07	14209	Brookings SD	15
50	Griggs ND	06, 03	14221	Madison WI	15
54	Nelson ND	02, 01	14227	Madison WI	15
56	Griggs ND	06, 07	14337	Lincoln NE	07
60	Barnes ND	06, 13	14342	Lincoln NE	07
62	Griggs ND	07, 13	14400	Brookings SD	15
65	Griggs ND	07, 13	14401	Brookings SD	15
66	Barnes ND	07, 13	14402	Brookings SD	15
67	Barnes ND	03, 04	14454	Morioka Japan	15
71	Ransom ND	07	14506	Lincoln NE	07
75	Barnes ND	07, 13	14507	Lincoln NE	07
77	Barnes ND	07, 05	14508	Lincoln NE	07
400	Burleigh ND	06	14509	Lincoln NE	07
403	Mclean ND	06, 07	14510	Lincoln NE	07
404	Rolette ND	06, 07	14511	Lincoln NE	07
413	Brown SD	03, 01	14514	Lincoln NE	07
414	Polo SD	09			

Note: Selection criteria based upon outstanding features of the selected tree (primary) and the second most outstanding feature (secondary) as indicated by the above codes found in the text. Примечание: Критерии для селективного отбора составлены на основе наиболее важных особенностей выбранных деревьев, указанных в соответствии с кодами, имеющимися в тексте.

hybrids (14400**,** 14401, 14402**,** 14510) with *U. rubra*, and one source (14227) is *U. japonica.* Selection criteria as listed below are based upon outstanding features of the selected tree (primary) and the second most outstanding feature (secondary) as indicated by the following codes and found in Table 1: 01 - Total height, 02 - Diameter, 03 - Apical dominance, 04 - Straight stem, 05 - Crown density, 06 - Insect resistance, 07 - Disease resistance, 08 - Herbicide resistance, 09 - Drought hardy, 10 - Cold hardy, 11 - Crown form, 12 - Foliage color, 13 - Survival, 14 - Animal resistance, 15 – Other.

Siberian elm was planted in 1991 at the Milford experimental area near Junction City, Kansas (39.2°N and 96.5°W). The planting site was separated into two, 3-block areas 25 feet apart. The climate is continental. Precipitation at the planting site averages about 30 inches per year, with 75% coming during the growing season. The Kansas plantation had 55 seed sources which were planted in single-tree plots with six replications in a randomized complete-block field design. Trees were planted at 12 X 12 ft. spacing, which permitted mechanical weed-control maintenance. The planting site is on Cass fine sandy loam, a deep alluvial soil having a pH of 7.7 and 0.6% organic matter. The test is surrounded by one border row composed of trees from the same sources.

All trees were measured for total height to the nearest foot, stump diameter at three inches, and dbh at 4.5 ft. to the nearest 1/10 inch. Survival count and crown diameter to nearest half foot were taken. The parameter D^2H was used as an indicator of volume, where D is base diameter (in.) of the stem and H is the total height (ft.) of the tree (Geyer, 1993). The number of stems were measured in 1995 and 2005, after five and 16 years growth, respectively. The dead trees were replaced with ash trees after the first year of establishment for adequate competition. Seed source heritabilities (h^2_p) were calculated according to the method described by Kung and Bey (Kung, Bey, 1979): $h^2_p = 1- (1/F)$, where F is obtained by dividing the seed-source mean square by the error mean square. Heritability values were calculated only if the F value for the seed-source effect was below the 10% level of significance. This method was shown to be equivalent to the traditional heritability estimates obtained by dividing genetic variance components within groups. Data were analyzed by analysis of variance using the General Linear Model procedure (S.A.S., 1982). Individual tree measurements were used for all analyses. The Duncan's test was used for mean separation, because of unequal plot size resulting from mortality. Correlations between growth parameters were made.

Results and Discussion

After five years, significant differences at the 10% level were found among sources for survival and height. In addition, volume was significant after 16 years. No obvious site differences were observed; block differences for all the variables tested were non significant. Overall survival after five years was 33%, and survival after 15 years was 30%. Survival among sources was significantly different. Trees from eleven sources were completely dead; only one source had 100% success (Table 2). Most of the living trees were growing vigorously. Seed sources were different at five years with respect to total height at the 10% level. Fifty percent of the sources exceeded the plantation mean height of 15.3 feet. The height of the upper 10% of the sources was 18.6 feet. The mean heights ranged from 5.0 to 20.3 feet, and the mean diameters ranged from 0.5 to 7.9 inches at dbh (4.5 ft) with the largest being 11.2 inches (Table 2).

At sixteen years, the largest single tree was from Source 66, from Barnes, ND. The tallest tree was 47.0 feet with all sources having a mean height of 37.9 feet. There were no significant differences among sources for stem diameters or dbh at either age. There were no differences in crown diameters between sources at five years. The mean of the widest and narrowest lateral dimensions of the crowns ranged from 3.0 to 16.0 feet (mean of 9.3 ft). Larger trees at five years had the greatest crown diameters; r=0.85 for height and r=0.79 for diameter (Table 2). The number of stems on the trunk of a tree is important. Multiple stems are often smaller in diameter than those of single-stem trees. In windbreak plantings, more stems per tree may be beneficial for wind

Table 2. Growth of Siberian elm by sources (Top 10% in bold type)
Таблица 2. Рост вяза мелколистного (10 % лучших – выделены).

Source / Источ-ники	Five years / За пять лет						Sixteen years/За шестнадцать лет			
	Surv./ Выжи-вае-мость (%)	Stump Diam. (in.)/ Диаметр ствола (дюйм)	Ht. (ft) / Высота дер. (футы)	Vol. Index (D^2H) / Объем кроны	Cr. diam. (ft.) / Диаметр кроны (фут)	Stems (#) / Кол-во ветвей (шт.)	Surv. / Выжи-вае-мость (%)	Dbh (in.) / Диаметр ствола (дюйм)	Ht (ft) / Вы-сота дер. (футы)	Vol. Index (D^2H) / Объем кроны
8	33	0.8	6.5	5.5	3.8	1.0	17	.	.	.
9	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
11	33	2.8	15.5	114.2	6.5	1.5	33	7.2	37.0	1907.2
14	17	2.7	15.0	109.4	8.5	1.0	17	**10.0**	**47.0**	**4700.0**
16	17	1.6	14.0	35.8	4.0	1.0	17	5.2	38.0	1027.5
19	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
24	50	4.3	**19.8**	428.7	10.0	1.7	**50**	8.9	39.0	3596.0
28	50	5.1	15.7	485.6	9.8	2.7	33	8.4	38.5	2735.5
40	50	4.7	16.7	424.7	10.8	2.0	**50**	7.5	35.7	2089.5
44	33	2.0	8.5	64.3	4.5	1.5	17	7.3	33.0	1758.6

Source / Источ-ники	Five years / За пять лет						Sixteen years/За шестнадцать лет			
	Surv./ Выжи-вае-мость (%)	Stump Diam. (in.)/ Диаметр ствола (дюйм)	Ht. (ft) / Высота дер. (футы)	Vol. Index (D^2H) / Объем кроны	Cr. diam. (ft.) / Диаметр кроны (фут)	Stems (#) / Кол-во ветвей (шт.)	Surv. / Выжи-вае-мость (%)	Dbh (in.) / Диаметр ствола (дюйм)	Ht (ft) / Вы-сота дер. (футы)	Vol. Index (D^2H) / Объем кроны
45	33	4.2	14.5	258.6	11.5	2.0	**50**	6.3	32.8	1853.5
49	33	1.7	11.0	57.1	5.8	1.0	33	8.8	36.5	2858.1
50	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
54	33	**7.0**	**20.3**	**1451.8**	**13.3**	2.5	20	7.3	36.5	2339.3
56	17	0.5	5.0	1.3	3.5	1.0	0	0	0	0
60	50	4.2	16.3	607.9	9.2	2.0	33	**9.8**	38.5	3750.7
62	**67**	3.6	17.3	254.7	10.9	1.3	**67**	9.3	39.3	3443.1
65	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
*** 66**	**100**	**6.4**	**18.3**	**1154.0**	**12.6**	2.2	**100**	**10.4**	**41.9**	**5081.7**
67	**67**	2.5	11.5	139.7	5.5	2.0	33	9.2	40.3	3379.1
71	17	4.2	**18.0**	317.5	10.5	2.0	17	8.9	38.0	3010.0
75	50	4.7	16.5	648.2	11.8	2.3	**50**	8.9	39.0	3286.8
77	**67**	5.7	17.0	972.4	9.7	2.8	**67**	8.3	40.0	2774.9
400	17	2.3	16.5	87.3	9.0	1.0	17	8.4	41.0	2893.0
403	17	1.7	14.0	40.5	5.6	1.0	29	7.1	**42.5**	2142.4
404	17	2.2	12.5	60.5	6.5	1.0	17	5.0	27.0	675.0
***413**	50	5.3	17.7	557.6	10.5	2.0	**50**	8.6	**44.3**	3600.0
414	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
417	33	3.2	17.5	196.3	11.0	1.0	33	8.3	38.0	2635.9
418	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
422	**75**	5.5	16.5	622.5	10.2	2.3	**75**	7.2	38.7	2034.9
*** 429**	**67**	**7.6**	17.2	**1056.1**	**13.2**	**3.0**	**60**	**11.2**	40.0	**5285.5**
431	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
438	17	**6.8**	**18.5**	855.4	**14.0**	**3.0**	0	0	0	0
439	0	2.8	16.5	129.4	9.0	1.0	0	7.5	30.0	1687.5
443	0	.	.	.	.	.	0	.	.	
446	17	5.0	15.5	387.5	9.0	2.0	17	8.4	40.5	2857.7
13395	20	0.5	7.5	1.9	3.0	1.0	0	.	.	.
13396	29	6.1	14.3	635.3	10.3	**3.0**	29	4.7	30.5	777.9
14209	33	2.9	12.8	107.5	7.8	1.5	**50**	6.3	32.3	1470.4
14221	33	4.6	16.8	487.4	8.3	2.0	33	7.0	36.5	1756.6
14227	**67**	3.4	15.5	203.9	9.8	1.5	**67**	8.5	37.0	2740.9
14337	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.
14342	17	5.2	15.5	419.1	10.0	**3.0**	17	6.8	39.0	1803.4
14400	**67**	5.4	18.0	660.3	12.9	2.0	**67**	8.2	38.8	2692.4
14401	33	0.5	5.3	1.3	1.8	1.0	17	3.3	27.0	294.0
14402	**67**	5.3	15.0	608.6	8.8	**3.3**	**50**	6.6	42.0	1856.7
14454	33	1.6	13.0	60.6	5.3	1.0	17	8.2	39.0	2622.4
***14506**	50	3.9	14.7	290.9	8.7	2.0	**50**	9.0	**41.3**	3355.6
14507	50	**7.2**	13.8	944.3	9.5	**3.0**	33	6.2	32.0	1230.1
14508	17	**7.9**	**19.0**	**1185.8**	**16.0**	2.0	17	**10.7**	**42.0**	**4808.6**
***14509**	50	5.5	13.3	**1066.9**	8.7	2.3	**50**	7.9	40.0	2644.2
14510	0	.	.	.	.		0	.	.	.
14511	**67**	4.0	17.5	437.9	9.8	1.5	**67**	8.2	38.1	2766.2
14514	**83**	4.1	15.9	381.6	9.6	2.6	**83**	8.7	36.9	**3477.6**
Mean Cp.	**33.0**	**4.3**	**15.3**	**498.5**	**9.32**	**2.0**	**30.2**	**8.1**	**37.9**	**2797.0**

Source / Источ-ники	Five years / За пять лет						Sixteen years/За шестнадцать лет			
	Surv./ Выжи-вае-мость (%)	Stump Diam. (in.)/ Диаметр ствола (дюйм)	Ht. (ft) / Высота дер. (футы)	Vol. Index (D^2H) / Объем кроны	Cr. diam. (ft.) / Диаметр кроны (фут)	Stems (#) / Кол-во ветвей (шт.)	Surv. / Выжи-вае-мость (%)	Dbh (in.) / Диаметр ствола (дюйм)	Ht (ft) / Вы-сота дер. (футы)	Vol. Index (D^2H) / Объем кроны
Prob.	**0.074**	**0.485**	**0.063**	**0.420**	**0.245**	**0.368**	**0.015**	**0.138**	**0.022**	**0.074**

Note: Bold type indicates the largest 10% of the sources; the * sources indicate the best on the basis of high survival and large size (Fig. 1). Примечание: Выделены признаки 10% самых крупных производителей; * = указаны лучшие производители по признакам высокой выживаемости и большого размера (рис. 1).

reduction. The mean number of stems in this study was 2.0 (Table 2). Differences between sources were not significant. The D^2H values, used as an indicator of tree volume, were five times larger at sixteen years than at five years (Table 2). Sources were not significantly different at five years (r=0.428), but were at 16 years (0.074).

Sources were ranked by survival, diameter, height, and volume for both years. The best accession numbers are 66, 413, 429, 14506, and 14509 (Fig. 1). They were originally picked for insect and/or disease resistance (Table 1). Source 14402, a cross with *U. rubra*, had moderate survival (50%) and above average height (42 ft), but the diameter was less than the mean diameter of 8.1 in., only 6.6 inches. In South Dakota, F1 and F2 back-crosses with *U. rubra* were superior in height to the height of the parents (Collins, 1971). Correlations between parameters were moderately high for height, diameter, volume, crown diameter, and number of stems at five years and at 16 years (Table 3). Crown diameters were highly related to height and stem diameter at five years (r=0.79 and 0.85). Diameters at both five and 16 years were highly related to their respective D^2H values (r=0.92 and 0.94). Taller trees had larger diameters, with the correlation being between r=0.58 and 0.65.

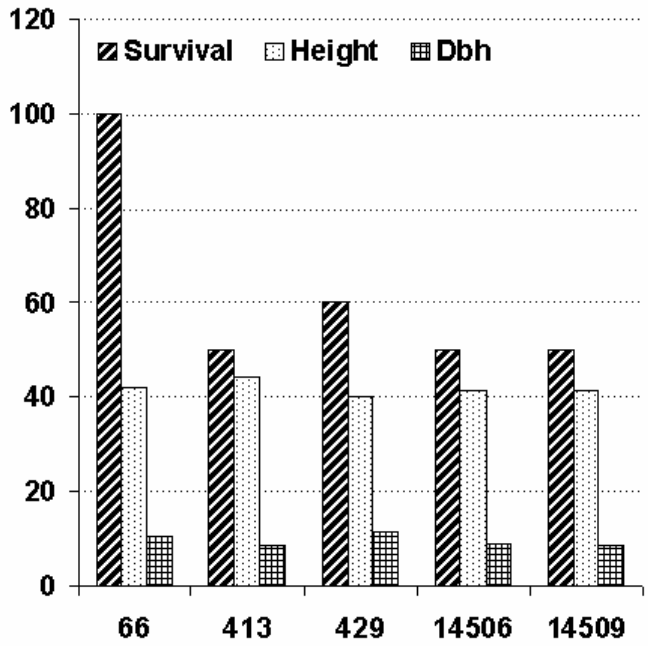


Fig. 1. Mean height, survival and Dbh of the best 10% of Siberian elm seed sources at 16 years.
Рис. 1. Средняя высота (Hight), выживаемость (Survival) и диаметр ствола (Dbh) для лучших 10% производителей вяза мелколистного за 16 лет.

Geneticists prefer to work with traits under strong to moderate genetic control because the potential for rapid improvement by selection is greater than for traits under weak genetic control (Kopp, 1988). A large

portion of seed-source variation in mean survival, height, and D^2H was heritable at both five and 16 years (Table 4). Partitioning these variable components revealed that height and D^2H are under strong genetic control (narrow sense heritability =0.78 to 0.89), but survival is under moderate control (0.40 and 0.53). Thus, selecting Siberian elm by height or D^2H should be considered in a tree improvement program for this species. The crosses in this study had mixed results. Only 14402 (*U. rubra*) and 14227 (*U. japonica*) look promising. Many attempts have been made to cross Siberian elm with American elm (*U. americana*) and have failed (Bey, 1990). Selection of trees at age five for good growth at age 16 is not recommended because both height and diameter relationships were low (r=0.51 and 0.36). A similar lack of relationship was found with black walnut (Geyer, 1993), green ash (Bresnan et al., 1992; 1996), and ponderosa pine (Kopp et al., 1987).

Table 3. Correlations of height and diameter with other parameters for Siberian elm. **Таблица 3.** Коэффициент корреляции высоты и диаметра с другими параметрами для вяза мелколистного.

	Height (ft) / Высота (фут)		Diameter (in) / Диаметр (дюйм)		Volume (D^2H) / Объем (D^2H)		Stems (#) / Ветви (шт.)	Cr. Diam. (ft) / Диаметр кроны (фут)
	5 yrs / 5 лет	16 yrs / 16 лет	5 yrs / 5 лет	16 yrs / 16 лет	5 yrs / 5 лет	16 yrs / 16 лет	5 yrs / 5 лет	5 yrs / 5 лет
Height / Высота								
5 yrs / 5 лет		0.51	0.69	0.58	0.61	0.58	0.41	0.85
16 yrs / 16 лет				0.65		0.68	0.21	0.36
Diameter / Диаметр								
5 yrs / 5 лет	0.69	0.36		0.36	0.92	0.41	0.78	0.79
16 yrs / 16 лет		0.65				0.94		0.59

Note: All values significant at the 1% level**.** Примечание: Все параметры указаны для 1%-го доверительного интервала**.**

Summary and Conclusions

This initial evaluation of 55 seed sources of Siberian elm indicate that better elm sources for Kansas could be identified. At the end of 16 growing seasons, some differences among sources are clear. Because survival is of paramount importance in the plains area, along with tree size, these traits were used to select better sources for Kansas.

Survival differences were significant. None of the sources showed any indication of insect or disease problems. Thus these selections from North Dakota, which were originally picked for resistance also performed in Kansas. Tree size at five years is generally a poor indicator of later tree growth (Bey, 1990), but high survival and large size at 16 years may be of value for determining better sources for a relatively short lived species that is also a rapid grower, such as Siberian elm. Selection of trees for height growth can be made at 16 years.

Table 4. Source heritability h^2_p for survival, height, and D^2H of Siberian elm **Таблица 4.** Показатель наследуемости производителей (h^2_p) по признакам адаптации, высоты и D^2H вяза мелколистного.

Variable / Переменные	5 yrs / 5 лет	16 yrs / 16 лет
Survival / Выживаемость	40 %	53%
Height / Высота	80%	89%
D^2H	--	78%

The best traits for heritability selection are height and D^2H and, thus, should be used for future selection of Siberian elm. In central Kansas, sources 66, 413, 429, 14506, and 14509 are recommended for planting for superior growth.

LITERATURE CITED

1. *Bey C.F. Ulmus Americana L. //* Silvics of North America. Vol. 2. Hardwoods. USDA. For. Ser. Agr. 1990. Handbook 654. 877 p.
2. *Bresnan D.F., Geyer W.A., Lynch K.D.* Black walnut provenance performance in Kansas // Nor. J. App. 1992. For. 9. P. 41-43.
3. *Bresnan D.F., Geyer W.A., Rink G.* Variation among green ash of differing geographic origins out planted in Kansas // J. Arboric. 1996. 22(3). P. 113-116.
4. *Collins P.E.* The Siberian elm/slippery elm hybrid // S.D. Agric. Expt. Sta. Brooking, 1971. SD Tech. Bull. (39). P. 31.
5. *Cogolludo-Agustin M.A., Agundez A., Gil L.* Identification of native and hybrid elms in Spain using isozyme gene markers // Heredity. Oxford: Blackwell Sci. Ltd., 2000. V. 85 (pt2). P. 157-166.
6. *Dirr M.A.* Manual of woody landscape plants: Their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. 4th Edition. Staties Pub. Co., Champaign, 1990. IL. 425 p.
7. *Gabal V.S.* Density of forest plantations [Siberian elm, *Ulmus pumila*, on Chestnut soils, Scotch pine, *Pinus sylvestris*, on sandy soils] // Lesn. Khoz. Moskva: Ministerstvo lesnogo khoziaistva SSSR, 1984. Vol. 5. P. 43.
8. *Geyer W.A., Argent R.M., Walawender W.P.* Biomass properties and gasification behavior of 7-year-old Siberian elm // Wood Fiber Sci. 1987. 19(2). P. 176-182.
9. *Geyer W.A.* Influence of environmental factors in woody biomass productivity in the Central Great Plains, USA // Biomass & Energy. 1993. 4(5). P. 33-337.
10. *Grbic M.* Preliminary study of the Siberian elm and determination of optimal methods for its vegetative reproduction for establishment of seed orchards // Sumar. Pregl. J. For. Skopje, 1984. 32(1/4). P. 163-172.
11. *Johnson E.W.* Ornamental and windbreak trees for the southern Great Plains // USDA Agr. Res. 1966. Ser. 34-77. 52 p.
12. *Kopp R.F., Geyer W.A., Argent R.M., Lynch K.D.* Evaluation of ponderosa pine seed sources for the eastern Great Plains // J. Arboric. 1987. 13(5). P. 139-144.
13. *Kopp R.F., Geyer W.A., Lovett W.R.* Silver maple seed sources for increased biomass production // No. J. Applied For. 1988. 5(3). P. 180-184.
14. *Kung F.H., Bey C.F.* Heritability construction for provenance and family construction // USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC. 1979. 50. P. 136-146.
15. *Leopold D.J.* Chinese and Siberian elms // J. Arboric. 1980. 6(7). P. 175-179.
16. *Nikitin S.A.* Pecuilarities of biology and ecology of the Siberian elm *(Ulmus pumila) //* Lesovendenie. 1977. 1. P. 90-93.
17. *Olovyannikova I.N.* Growth or the coppice regeneration of Siberian elm on soils of the alkali complex in the Caspian region // Sov. For. Sci. New York, N.Y. Allerton Press, 1990. (3) P. 18-26.
18. S.A.S. Institute Inc. SAS user's guide statistics. S.A.S. Institute Inc., Cary, 1982. NC. 584 p.
19. *Ware G.* Elm breeding and improvement at the Morton Arboretum. 1992. 28(1). 5 p.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2007, том 13, № 32

УДК 581.526:911

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ *CYAMOPHILA DICORA* ОТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ *ASTRAGALUS GLAUCACANTHUS* В СЕМИАРИДНЫХ РЕГИОНАХ ИСФАХАНА, ИРАН

© 2007 г. М. Месдаги*, М. Азими*, М. Фарахпур, Г.А. Дианати Тилаки*****

**Горганский Сельскохозяйственный Университет,*
отдел управления экологией и пастбищами, Горган, ИРАН
***Исследовательский институт леса и пастбищ, Тегеран, ИРАН*
****Университет Тарбиат Модарес, факультет природных ресурсов и морских наук, отдел управления пастбищами, Мазандоран, P.O.B. 46414-356, ИРАН, E-Mail: dianatitilaki@yahoo.com*

Традиционное овцеводство и возделывание различных видов растений как сопутствующих животноводству имеет долгую историю в Персии. Выкармливание насекомых (*Cyamophila dicora*, Logvina) на колючих кустарниках *Astragalus glaucacanthus* дает млечный сок, называемый “катира”, который выделяется нимфами этих насекомых на последних стадиях развития. Этот млечный сок используется для изготовления жевательной резинки под названием “самг” и производится только в Исфахане.

Целью наших исследований было: 1) разработать карту распространения *A. glaucacanthus* в Ферейдоншаре (Исфахан), 2) определить те фенологические стадии развития *A. glaucacanthus,* которые наиболее важны для жизненного цикла *Cyamophila dicora* и 3) определить зависимость плотности насекомых от возраста, проективного покрытия, влажности веток *A. glaucacanthus* и влажности почвы.

В результате работ по проекту нам удалось разработать карту пространственного распространения кустарника. Карта была разработана на основе аэрофотоснимков с последующими исследованиями на местности. Производя отбор проб вдоль линейных транссект, мы оценили биологические параметры и параметры окружающей среды, такие как плотность насекомых, проективное покрытие растений, влажность ветвей и влажность почвы. Методы множественной линейной регрессии и иерархического полностью рандомизированного плана были использованы для анализа реакций переменных и прогноза.

Результаты анализа показали, что *Astragalus glaucacanthus* занимает самые влажные участки горных районов под Исфаханом, а плотность насекомых сильно зависит от возраста, проективного покрытия кустарника и от влажности почвы. Самые старые и наиболее крупные кусты имеют самую высокую плотность насекомых. Регрессионный анализ подтвердил, что возраст растений и влажность почвы являются важными параметрами, влияющими на плотность насекомых. В том случае, когда влажность не является лимитирующим фактором, возраст растений, а также проективное покрытие становятся основными параметрами, влияющими на плотность насекомых. Однако, в том случае, когда территория испытывает засуху, важность веток и почвы становятся определяющими факторами для производства млечного сока.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DENSITY OF *CYAMOPHILA DICORA* AND VEGETATION PARAMETERS OF *ASTRAGALUS GLAUCACANTHUS* IN SEMI-ARID REGION OF ISFAHAN, IRAN

© 2007. M. Mesdaghi*, M. Azimi*, M. Farahpour, Gh.A. Dianati Tilaki*****

**Department of Range Ecology and Management, University of Agricultural Sciences, Gorgan, **Research Institute of Forest and Rangeland, Tehran, Iran*
****Tarbiat Modaress University, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Department of Range Management, P.O.Box 46414-356, Noor-Iran, E-Mail: dianatitilaki@yahoo.com*

Abstract. Feeding by an insect (*Cyamophila dicora,* Logvina) on spiny shrub of *Astragalus glaucacanthus* produces a kind of milk vetch named Katira. The harvesting of milk vetch has a long history in Isfahan, Iran. We have produced spatial distribution map of the shrub and by random-systematic sampling along line transects, we measured biological and environmental criteria such as insect density, canopy cover, branch moisture and soil moisture. Multiple linear regressions and a nested completely randomized design were used to analyse the response and predictor variables. The results showed that *Astragalus glaucacanthus* occupied the wetter parts of mountainous areas near Isfahan and the densities of insects is highly related to the age, canopy cover of *A. glaucacanthus* and to soil moisture. Older shrubs and larger shrubs have the highest densities of insect. Regression analysis confirmed that the age of plant, and soil moisture are important in affecting insect density. When moisture is not limiting, plant age has the primary effect on the insect density.

Key Words: *Astragalus glaucacanthus*, Gum, insect density, branch moisture, soil moisture.

Introduction

Traditional sheep grazing and harvesting different kinds of manna as a by-product of rangelands has a long history in old Persia. Feeding by the insect (*Cyamophila dicora*, Logvina), on the spiny shrub of *Astragalus glaucacanthus* causes a milk vetch substance, called Katira, to be secreted by the last instars of the insect's nymphs. This milk vetch is used for preparing a kind of gum called Samgh and is exclusively produced in Isfahan, Iran.

Astragalus glaucacanthus is a perennial shrub 50-75 cm high with diagonally ascending branches, ending in flat-topped canopy of one meter or more in diameter (Grami, 1998). *Astragalus glaucacanthus* was first collected by Haussknecht in 1870 from the mountainous areas of southwestern Iran (Haussknecht, 1870). In 1872, the plant was identified as *Astragalus glaucacanthus* belonging to the section Trangacantha of the Leguminosae (Boissier, 1872) which occurred in central and western Iran. The name has been accepted by other western and Persian botanists (Pabot, 1967; Maassoumi, 1998). Mehrabi (1997) studied the ecological characteristics of *A. glaucacanthus* at Aligoudarz in Lorestan province. Khajehdin (1999) studied deformation of the canopy as an adaptation to the harsh snowy environments.

Although the ecology of *Cyamophila dicora* is critical to the production of gum, the focus of this paper is on the autecology of *A. glaucacanthus*, the host of the insect. Grami (1998) provides detailed information on the biology of the insect and the host plant, but he questioned the direct function of plant in gum production. He argued that neither greater plant density nor larger plants are not associated with higher amounts of gum. This unexpected conclusion urges more investigations.

The objectives of this paper are to provide: 1) a distribution map of *A. glaucacanthus* in Fereidounshar, Isfahan, 2) to determine the important phenological stages of this species in relation to the life cycle of *Cyamophila dicora,* and 3) to determine the relationships of insect density to the age, canopy cover, and moisture content of branches of *A. glaucacanthus* and soil moisture.

Materials and Methods

Study area. The study area is 2157 km^2 located at Fereidounshar, 160 km south-west of Isfahan, between 49° 36' to 50° 19' east and 32° 37' to 33° 41' north, with a mean elevation of 3000 m. All sites in the area were visited and three sites (Table 1) were selected where the insects were most active on *A. glaucacanthus.*

Table 1. Some of characteristics of selected sites. **Таблица 1.** Некоторые характеристики выбранных местообитаний.

Location	Altitude	Longitude	Elevation (m)	Slope (%)	Soil texture	Mean annual Precipitation (mm)
Daresib	32° 54'	50° 17'	2500-3200	42	Loam	330
Lashokhm	32° 55'	49° 50'	2550-3950	45	Clay	650
Klose	32° 41'	49° 53'	2400-3800	40	Clay	520
Mean	-	-	2480-3650	42	-	500

Sampling design. The distribution map of *A. glaucacanthus* was prepared using aerial photographs and by visits to the study area. The species occurred frequently between 2300 to 2800 m. Systematic line transects were established within the elevation bands between 2300-2800 m and on each line a random 30-m transect was selected.

The number of systematic lines sampled varied between 6 to 10, depending on the homogeneity of plant distribution. Intercepted individuals of *A. glaucacanthus* were recorded for canopy cover (in m^2), age (in years), and insect density (number per branch). Individual plants were classified as low (<15000 insects per plant), medium (15000 to 25000 insects), and high (>25000 insects) density. One branch was randomly selected from each of four aspects, the insects collected and separated from litter using a sieve (No. 16) and counted using a x50 stereoscope. The age of plants was estimated by cutting the basal stems in the field and after sanding, the annual rings were counted using a x20 stereoscope. Plants intercept by transects, the diameter of basal stem were measured and compared with the catalog to estimate the age.

The water content of top branches (15 cm from tip), and main branches (50 cm from tip) were determined in lab. The selection of branches was random from each of four aspects of the plant. Soil moisture under the intercepted plant was also determined to a depth of 30 cm.

Data analysis. To compare different densities of insects as influenced by canopy cover, age, and water content of branches, a nested completely randomized design with following model was used: $X_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$ (i=1, 2, 3, j=1, 2, 3, and k=1, 2, 3), where the μ is the general mean of insect density without considering a location effect. τ_i a is location effect, and ε_{ij} and δ_{ijk} are experimental and sampling errors, respectively (Steel et. al, 1997). The relationship between insect density and plant and soil parameters were analyzed using a multiple regression model: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \varepsilon_i$, where Y_i is the number of insects on each branch, X_1 is age in years, X_2 canopy cover in m^2 of *A. glaucacanthus* which intercepted by line transects. X_3, X_4, and X_5 is the water content of a branch, top branch of *A. glaucacanthus*, and soil moisture, respectively for three locations. The best subsets of these variables were selected by stepwise regression. The normality of variables was evaluated by using Anderson-Darling' test. Data were analyzed using Minitab, version 13.30 (Ryan et al., 2000).

Results

Distribution. A. glaucacanthus is dominant in one study location and is associated with other species in two other locations. This species usually occurs on steep slopes between 15 to 45% on all aspects at an elevation range between 2000-3000 m. The Katira shrubs usually occur along gullies on northern western aspects. The soil of study locations are mostly from inceptisole group.

Phenology. Astragalus glaucacanthus begins it growth in early March after a period of winter dormancy and completes its vegetative growth in early June. This period corresponds to insect

activity which progresses to the egg stage (Naeem, Behdad, 1988). The insect is in the nymph stage during flowering of the host plant. During seed ripening, the insect has completed its nymphal stage (instars I, II, III and IV) and gum is secreted by the last instars in early October.

Analysis of insect density and vegetation parameters. The mean of different parameters in three locations are summarized in Table 2. Data for the number of insects per plant were log transformed to normalized for validation of parametric tests.

Table 2. Mean of different characteristics of the insect, vegetation, and soil parameters.
Таблица 2. Средние показатели различных характеристик популяций насекомых, растительности и почвенных параметров.

Location	Insect Density	Log of Insect No. (per plant)	Age of Plant (years)	Plant Cover (m^2)	Branch Moisture (%)	Top Branch Moisture (%)	Soil Moisture (%)
Daresib	Low	0.80^{a}	22^{a}	0.21^{a}	37.1	45.9^{b}	27.2^{a}
	Medium	1.23^{bc}	56^{cd}	0.50^{abc}	33.3	38.3^{a}	28.9^{ab}
	High	1.39^{cde}	85^{f}	0.78^{de}	36.7	38.1^{a}	31.0^{b}
Lashokhm	Low	1.13^{b}	36^{ab}	0.32^{ab}	38.6	54.1^{d}	35.3^{c}
	Medium	1.42^{de}	65^{de}	0.60^{bcd}	42.5	53.1^{d}	36.9^{c}
	High	1.72^{f}	101^{g}	0.98^{e}	43.0	51.4^{cd}	42.1^{d}
Klose	Low	0.95^{a}	45^{bc}	0.39^{abc}	37.8	45.8^{b}	30.3^{ab}
	Medium	1.27^{bcd}	74^{ef}	0.67^{cd}	40.4	47.5^{bc}	31.0^{b}
	High	1.51^{e}	105^{g}	1.39^{f}	38.0	40.3^{a}	36.0^{c}
Lsd	-	0.17^{**}	14.8^{**}	0.3^{**}	NS	4.3^{**}	3.4^{**}

** significant at 0.01 level, NS – not significant.
** величины значимые на уровне 0.01, NS – незначительные величины.

There were significant differences in insect numbers per plant, in age plant, canopy cover, top branch moisture, and in soil moisture under low, medium, and high insect density in different locations ($p<0.05$), but the branch moisture content of plants was not significant ($p>0.05$). There are more insects on older plants with higher canopy cover than on younger plants with lower cover (Table 2). There were also significant differences in top branch moisture of plants and soil moisture ($p<0.05$) which may be related to the differences in precipitation at the three locations.

A summery of stepwise regressions between number of insect per plant and other vegetation and soil moisture parameters for three locations and for all locations are shown in Table 3. In general, for all locations, the number of insects are related to the age of plant and to the soil moisture (Table 3).

Table 3. The independent variables entered to the model of stepwise regressions for three locations and for all locations. **Таблица 3.** Независимые переменные, вводимые в модель пошаговой регрессии для трех местообитаний и для всех местообитаний.

Location	No. of insect (per plant) Y_i	Vegetation and soil measures					Correlation (r)
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	
Daresib	Y_K	+			+		0.84
Lashokhm	Y_L		+			+	0.98
Klose	Y_D	+					0.94
All locations	Log Y_i	+				+	0.91

+ entered variable, X_1 – Age (in years), X_2 – Cover (m^2), X_3 – Branch moisture (%), X_4 – Top branch moisture (%), X_5 – Soil moisture (%). + вводимые переменные X_1 – Возраст (годы), X_2 – Проективное покрытие ($м^2$), X_3 – Влажность ветвей (%), X_4 – Влажность вершин ветвей (%), X_5 – Влажность почвы (%).

The regression model of these relationships for all locations is as follows:

LogY=0.058+0.0617 X_1 +0.0244 X_5 , where X_1 and X_2 are age and soil moisture, and Y is the number of insects. In Figure 1, Y is plotted against X_1 and X_5. The insect usually lives on older plants that occur in wetter locations.

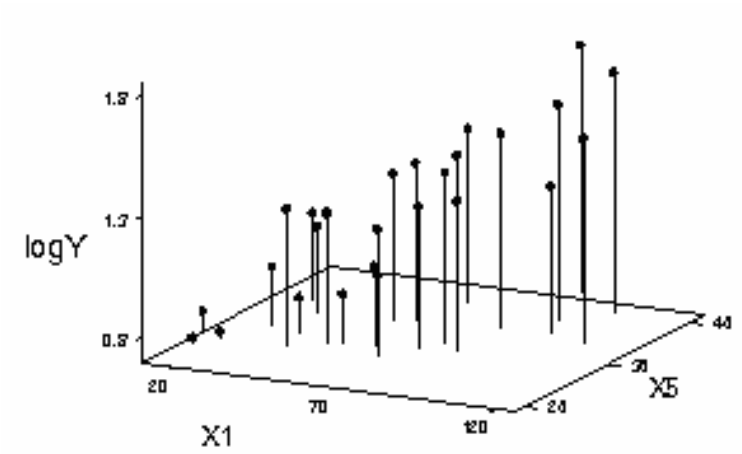


Fig. 1. The relationship between the insect numbers, age of plant and soil moisture. The highest density of insects occur on old plants in wet environments. X_1 – Age (in years) and X_5 – Soil moisture (%).

Рис. 1. Соотношение между количеством насекомых, возрастом растений и влажностью почвы. Наивысшая плотность насекомых отмечена на старых растениях во влажных условиях. X_1 – Возраст (годы), а X_5 – Влажность почвы (%).

The correlation among independent variables of plant age, canopy cover, branch and top branch moistures and soil moisture are summarized in Table 4.

There are high correlation between plant age and plant canopy cover of *A. glaucacanthus* in each location and in all location together. So, including both age and cover in one model causes collinearity and inflates the regression coefficient (Neter et al., 2000).

Discussion

It is possible to present two practical and theoretical models for these relationships. For theoretical relationship between insect density and age, a sample of age structure is shown in Photo 1.

Table 4. correlation between different independent variables.

Таблица 4. Корреляция между различными независимыми переменными.

		X_1	X_2	X_3	X_4
X_2	Daresib	0.998			
	Lashokhm	0.999			
	Klose	0.925			
	All location	0.916			
X_3	Daresib	-0.090	-0.046		
	Lashokhm	0.540	0.527		
	Klose	-0.120	-0.360		
	All location	0.246	0.139		
X_4	Daresib	-0.629	-0.622	0.432	
	Lashokhm	-0.547	-0.565	0.022	
	Klose	-0.695	-0.676	0.417	
	All location	-0.210	-0.238	0.584	
X_5	Daresib	0.910	0.901	-0.375	-0.613
	Lashokhm	0.765	0.772	0.272	-0.521
	Klose	0.730	0.678	-0.375-0.278	-0.868
	All location	0.571	0.488	0.433	0.443

X_1 – Age (in years), X_2 – Cover (m^2), X_3 – Branch moisture (%), X_4 – Top branch moisture (%), X_5 – Soil moisture (%). X_1 – Возраст (годы), X_2 – Проективное покрытие ($м^2$), X_3 – Влажность ветвей (%), X_4 – Влажность вершин ветвей (%), X_5 – Влажность почвы (%).

Photo 1. A sample of age catalog from cut basal stems of A. glaucacanthus The age of basal area from left to right are 20, 40, and 70 years. **Фото 1.** Образец разновозрастных срезов оснований стеблей *A. glaucacanthus*. Возраст срезов слева направо: 20, 40 и 70 лет.

This catalog can be extended to show more age classes of basal area. In both model, soil moisture has an important role in insect activity. Based on interviewing local collectors of gum in Feridounshaher, the activity of the insects is limited in drought years, and small amounts of gum are collected. However, including soil moisture in the model has no any practical values. The practical and theoretical models based on canopy cover and age for three locations and all location are summarized in Table 5.

Table 5. Theoretical and practical models for different locations and all locations. **Таблица 5.** Теоретические и реальные модели для различных местообитаний и для всех местообитаний.

Location	Model	
	Theoretical	Practical
Daresib	$Y = 41.7 + 0.17X_1 - 0.85X_4 \quad r = 0.94$	$Y = 1.88 + 0.27X_1 \quad r = 0.86$
Lashokhm	$Y = -71.9 + 28.6X_2 + 2.06X_5 \quad r = 0.98$	$Y = -6.49 + 59.1X_2 \quad r = 0.95$
Klose	$Y = -7.39 + 0.38X_1 \quad r = 0.84$	$Y = -5.08 + 19.3X_2 \quad r = 0.80$
All locations	$\log Y = 0.06 + 0.01X_1 + 0.02X_5 \quad r = 0.91$	Same as theoretical model

X_1 – Age (in years), X_2 – Cover (m^2), X_3 – Branch moisture(%), X_4 – Top branch moisture (%), X_5 – Soil moisture (%). X_1 – Возраст (годы), X_2 – Проективное покрытие ($м^2$), X_3 – Влажность ветвей (%), X_4 – Влажность вершин ветвей (%), X_5 – Влажность почвы (%).

In general, when soil moisture is not limiting, plant age or plant cover are the primary determinants of insect density; but when the area was suffers drought, moisture levels of branches, and soil moisture are more important which the other researches also emphasized on the role of moisture in gum production (Grami, 1998; Safe-e-lahi, 1997).

LITERATURE CITED

1. *Boissier E.P.* Flora Orientals // Five volumes and supplement. Geneva-Basle, 1872. Vol. 2. 317 pp. (in Latin).
2. *Grami B.* Gas of Khansar: The Manna of Persia // Economic Botany. 1998. Vol. 52(2). P. 183-191.
3. *Haussknecht A.* Ueber manna-sorten des orients // Archiv der Pharmazie, 1870. Vol. 192. P. 244-251.
4. *Khajehdin J.* The effects of slope on changing the cover form of astragals // Journal of Science an Technology of Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology, 1999. Vol. 4. P. 100-105. (in Persian).
5. *Maassoumi A.A. Astragalus* in the old world. Research Institute of forests and Rangelands, 1998. 282 pp. (in Persian).
6. *Mehrabi H.* An investigation on ecological requirement of *Astragalus adscendens* in Aligoudarz, Lorestan province // MS thesis, Uni of Tehran. Iran, 1997. P. 125. (in Persian).
7. *Naeem A., Behdad E.* The biology of "Gaz Psyllid" in Iran // Applied Entomology and Phytopathology. No 55. 1988. P. 111-121. (in Persian).
8. *Neter J., Kutner M.H., Kutner, Nachtsheim C.J., Wasserman W.* Applied linear regression Models. 4th. Ed. IRWIN. 2000. 200 pp.
9. *Pabot H.* Pasture development and improvement through botanical and ecological studies. FAO, Rome, 1967. No. 2311. 123 pp.
10. *Ryan B.E., Jonior B.L, Ryan T.A.* MINITAB Handbook. 4th. PWS-Kent, USA, 2000. 220 pp.
11. *Safe-e-lahi A.* Gaz Psyllid species: biology and distribution // MS thesis, Isfahan Uni of Technology. Iran, 1997. 100 pp. (in Persian).
12. *Steel R.G.D., Torrie J.H., Dickey D.A.* Principles and Procedures of Statistics: A biometrical approach. 3rd ed. WCB / McGraw-Hill. New York, USA, 1997. 230 pp.

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК: 631.445.52:577.118(262.81)

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ СГОННО-НАГОННЫХ ПРОЦЕССОВ

©2007 г. М.-П.А. Яхияев

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН Россия.
367025, Махачкала, ул. М.Гаджиева, 45, E-mail: pibrdncran@iwt.ru

Реферат. Учитывая важность проблемы загрязнения экологической среды агрофитоценозов, проведены исследования по изучению уровня концентрации тяжелых металлов Cd, Cr, Ni, Pb, Rb, а также Sr, Zr в почвах затапливаемой зоны Каспийского побережья, рассчитана разница их содержания между затапливаемыми и незатапливаемыми почвами, а также в сравнении с показателями Кларка но А.Б. Виноградову. Показано, что основным концентратором тяжелых металлов, загрязняющие природную среду является верхний гумусовый горизонт, т.е. наиболее плодородный слой почвенного покрова. **Ключевые слова:** биогенные, загрязнители, гидроморфные, автоморфные, микроэлементы, затопление, фитоценоз.

Каспийское море является конечным бассейном стока многочисленных продуктов рек, воды которых несут большое количество антропогенной деятельности. С середины 90-х годов XX века ежегодно в дельты рек Волги, Терека и Сулака сбрасывается более 2-5 тонн соединений тяжелых металлов, 62-146 тыс. тонн нефтепродуктов, около 4.4 тыс. тонн биогенных загрязнителей, которые накапливаются в донных отложениях рек устьевого взморья (Абдурахманов и др., 2002). В результате поднятия уровня моря происходит загрязнение морской среды токсичными веществами, поступающими с размываемых и подтапливаемых свалок, мест складирования отходов, скотомогильников, сельскохозяйственных угодий, участков добычи нефти и газа. Большие объемы загрязняющих веществ распространяются по всей акватории моря, проникают в толщу водных масс, попадают в донные отложения; в результате процессы самоочищения не успевают утилизировать поступающие химические вещества.

При затоплении водами Каспийского моря береговой зоны произошло смещение берега моря вглубь суши. Изменился контур берега, большая площадь прибрежных почв, ранее имевших высокую биологическую продуктивность, оказалась под водой, что привело к увеличению площади гидроморфных почв и уменьшению автоморфных. Этот процесс способствовал разложению остатков наземной флоры, что способствует накоплению органических веществ в почвах прибрежья.

Таким образом, вдоль береговой линии смещения сформировался новый пояс слабодифференцированных маршевых почв, переходящих в устьевых областях дельтовой равнины в ее периферийной части в луговые почвы, занимающие значительную площадь новообразованной акватории мелководий (Залибеков, 1994). Здесь складываются благоприятные условия для подводного почвообразования, индицирующим признаком которого является появление водной растительности: тростника, рогозы, бескильницы и других растений.

Смещение границ водной поверхности в материковую часть и уменьшение площадей суши способствовало перемещению и усилению антропогенных нагрузок на незатапливаемые территории.

Расширение акватории Каспийского моря привело к появлению новых ареалов флоры Затопление способствовало развитию обильной растительности, отмечается наличие гидрофильных видов в составе травостоя. Увеличились эрозионные процессы, в результате которых с речной водой в море выносится большое количество грунта, ила и обломочного материала, в котором содержатся микроэлементы, тяжелые металлы, загрязняющие или обогащающие почвы прибрежных территорий. Тяжелые металлы, как загрязнители природной среды, занимают особое место в виду своей токсичности. Особенно вредны загрязнения такими металлами как ртуть, свинец, кадмий, кобальт (Минеев, 1990).

Учитывая важность проблемы загрязнения экологической среды агрофитоценозов, нами проведено изучение фонового содержания и миграция тяжелых металлов в почвенном покрове Терско-Сулакской дельтовой равнины в связи с периодическим колебанием уровня Каспийского моря.

Токсичность одних и тех же металлов на различных типах почв различная. Г.В. Добровольский, КН. Федоров и Н.В. Стасюк (1975) отмечают, что Терско-Кумской низменности свойственна резкая комплексность почвенного покрова, обусловленная многими локальными факторами.

По классификации Дж. Вуда (цит. по Ильину, 1991) к очень токсичным относятся следующие химические элементы: кобальт (Co), никель (Ni), медь (Cu), цинк (Zn), бериллий (Be), олово (Sn), мышьяк (As), железо (Fe), рубидий (Rb), кадмий (Cd), ртуть (Hg), свинец (Pb), cypbMa(Sb), висмут (Bi), плутоний (Pt), селен (Se).

Среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями считаются свинец, кадмий мышьяк, ртуть, цинк, главным образом, потому, что их техногенное накопление в окружающей среде идет высокими темпами. Нами проведены исследования по изучению уровня концентрации следующих тяжелых металлов: Cd, Cr, Ni, Pb, Rb, а так же Sr и Zr, в почвах затапливаемой зоны Каспийского побережья.

Изучены закономерности концентрации и миграции тяжелых металлов на глубине 0-120 см затапливаемых и незатапливаемых почв приморской аккумулятивной равнины Западного 11рикаспия республики Дагестан.

Для более, наглядного представления о закономерностях распределения тяжелых металлов в затапливаемых почвах приморской полосы рассчитана разница их содержания между затапливаемыми и незатапливаемыми почвами, а также в сравнении с показателями Кларка по А.Б. Виноградову, (1952, табл. 1).

Данные об уровне концентрации тяжелых металлов Cd, Cr, Ni, Pb, Rb, а также Zr и Sr по всему почвенному профилю (глубина 0-120 см) (табл. 1) показывают:

- среднее содержание вышеуказанных химических элементов в затапливаемых луговых и лугово-болотных почвах в слое 0-120 см в 1.46 раз выше и составляет 130 мг/кг почвы, а в незатапливаемых почвах оно составляет 89 мг/кг;
- генетическое горизонты почвенного профиля отличаются между собой по уровню содержания исследованных химических элементов;
- наибольшая концентрация химических элементов обнаружена в верхнем слое| почвенного профиля (0-50 см). По уровню накопления тяжелых металлов в затапливаемых почвах в сравнении с показателями Кларка исследованные тяжелые металлы располагаются следующим образом: Ni - 3.6 раз > РЬ - 2.4 раз > Sr - 1.3 раз> Cq -1.1 раз.

Среднее содержание Cd, Ni, Pb, Sr, Zr в слое почвы 0-50 см в затапливаемых луговых почвах в 1.43 раза выше по сравнению с их накоплением в незатапливаемых почвах и в 1.53 раза выше, чем в нижнем слое почвенного профиля - на глубине 60-120 см (табл. 2). Вместе с тем, следует отметить, что концентрация тяжелых металлов Cr, Rb в слое 0-50 см, как в затапливаемых, так и в незатапливаемых луговых почвах в среднем в 1.37 раз ниже

Таблица 1. Среднее содержание тяжелых металлов в луговых не затапливаемых почвах (мг/кг).
Table 1. Average content of hard metals in meadow flooded and non-flooded soils (mg/kg).

№ разреза	Глубина, см.	Гумус, %	Cd	Cr	Ni	Pb	Rb	Sr	Zr
Луговые не затапливаемые почвы. Пашня.									
152	0-50	2.41	0.48	152	65	19	79	251	231
153	0-50	3.10	0.50	168	72	21	88	254	243
Ср. данные		2.75	0.49	160	69	20	84	253	237
Луговые затапливаемые почвы. Пастбища									
248	0-50	3.65	0.63	117	151	33	75	260	245
171	0-50	3.68	0.67	135	134	20	87	266	264
161	0-50	2.78	0.49	137	255	21	89	621	285
163	0-50	2.85	0.41	143	48	21	81	432	268
Ср. данные		2.82	0.55	133	147	24	83	395	266
Разница к затапливаемым почвам (раз).									
	выше	1.03	1.12	—	2.13	1.2	—	1.56	1.12
	ниже	—	—	1.20	—	—	1.0	—	—
Разница к показателям Кларка по А.Б. Виноградову (раз)									
Кларк			0.5	200	40	10	100	300	300
Затаплив. почва		выше	1.1	—	3.6	2.4	—	1.32	—
		ниже	—	1.50	—	—	1.20	—	1.13
		выше	—	—	1.72	2.0	—	—	—
		ниже	1.0	1.25	—	—	1.19	1.18	1.26

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в луговых затапливаемых почвах (мг/кг). **Table 2.** Content of hard metals in meadow flooded soils *(mg/kg).*

№ разр.	Глубина, см	Гумус	Cd	Cr	Ni	Pb	Rb	Sr	Zr
Луговая тяжелосуглинистая затапливаемая почва. Пастбище									
248	0-Ю	4.83	0.65	122	168	32	93	272	246
	15-25	3.24	0.63	114	131	30	71	261	254
	35-45	2.88	0.61	116	154	36	61	246	236
	70-80	1.60	0.73	123	73	30	92 j	240	244
	120-130	0.28	0.90	126	102	31	63	233	261
	170-180-	0.21	0.94	78	38	22	67	226	264
Луговая ереднесуглинистая затапливаемая почва. Пастбище									
171	0-10	4.60	0.66	135	133	26	96	283	264
	15-25	3.82	0.61	140	142	18	81	296	276
	3040	3.50	0.68	142	140	22	98	251	284
	42-52	2.80	0.72	121	121	14	72	235	232
	55-65	1.63	0.81	112	76	12	76	221	184
	75-85	0.43	0.78	105	72	8	84	231	214

по сравнению с показателями Кларка. Этот факт свидетельствует о том, что вода Каспия не содержит высокие концентрации указанных химических элементов (табл. 3).

Результаты изучения почвенно-геохимических последствий затопления почв морской водой показали., что в слое почвы на глубине 0-50 см преимущественно накапливаются Ni: в 2.13 раз выше, чем в незатапливаемых почвах; Cd - в 1.12 раза; Sr - в 1.5 и Pb - в 1.20 раза, что обусловлено содержанием их в органическом веществе (табл. 4).

Необходимо отметить, что в слаборазвитых рыхлопесчаных гидроморфных **и** луговых солончаковых почвах определенной закономерности распределения химических компонентов по почвенному профилю не выявлено.

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в лугово-болотных затапливаемых почвах (мг/кг).
Table 3. Content of hard metals in meadow-swampy Hooded soils (mg/kg).

№ разр.	Глубина, см	Гумус	Cd	Cr	Ni	Pb	Rb	Sr	Zr
Лугово-болотная затапливаемая почва									
161	0-10	4.52	0.42	277	224	28	106	530	289
	10-20	3.94	0.54	143	310	18	103	471	278
	20-30	2.88	0.72	140	258	29	103	490	287
	40-50	0.90	0.62	20	108	5	41	420	212
Лугово-болотная затапливаемая почва									
1 63	0-10	4.52	0.37	225	52	26	82	432	268
	10-20	3.57	0.43	121	45	20	80	542	242
	20-30	2.86	0.54	123	39	18	82	691	273
	30-40	2.64	0.45	114	57	27	87	243	268
	40-50	0.86	0.26	130	45	15	75	254	291
	90-100	0.40	0.54	50	34	8	62	204	368

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов в луговых не затапливаемых почвах (мг/кг). **Table 4**. content of hard metals in meadow non-flooded soils (mg/kg).

№ разр.	Глубина, см	Гумус	Cd	Cr	Ni	Pb	Rb	Sr	Zr
Луговая не затапливаемая почва. Пашня.									
152	0-10	3.98	0.38	134	72	19	<S!	256	244
	10-20	2.83	0.36	152	62	22	89	263	241
	20-30	2.20	0.47	158	58	24	92	257	236
	30-40	1.80	0.58	164	74	16	72	246	220
	40-50	1.26	0.61	154	61	22	61	231	216
	Луговая	среднесуглинистая не затапливаемая почва. Посевы					люцерны	.	
153	0-10	4.10	0.41	137	78	21	99	261	258
	10-20	4.31	0.43	177	66	18	99	260	249
	20-30	2.41	0.51	179	56	24	91	251	241
	40-50	1.60	0.63	178	88	21	63	241	222
	60-70	1.10	0.43	42	71	17	60	221	203
	90-100	0.51	0.40	48	78	14	48	186	243
	110-120	0.36	0.33	56	43	11	42	170	252

При этом отмечено, что гумусовые горизонты гидроморфных луговых, лугово-болотных почв служат геохимическим барьером, на котором накапливаются различные химические элементы. Это свидетельствует о том, что основным концентратором тяжелых металлов, загрязняющих природную среду, является верхний гумусовый горизонт, т.е. наиболее плодородный слой почвенного профиля.

Анализ геохимических процессов, связанных с затоплением прибрежной зоны показал, что по сравнению с показателями Кларка (по А.Б. Виноградову) концентрация валовых форм Ni, PЬ, Sr, Cd в среднем повысилась в 2.0 раза. Необходимо отметить, что почвенный покров затапливаемых территорий Западного Прикасния характеризуется низкой концентрацией тяжелых металлов.

Частичный возврат в почву некоторых абиогенных элементов, в том числе и тяжелых металлов-биофилов, обеспечивающих нормальное протекание биохимического круговорота, способствует повышению биологической продуктивности фитоценозов, в том числе кормовых угодий прибрежной зоны.

ВЫВОДЫ

1. В результате затопления и подтопления в почвах и донных отложениях территории прибрежной зоны Западного Прикаспия произошли существенные геохимические изменения.

2. Под влиянием затопления среднее содержание тяжелых металлов Cd, Cr, Ni, Pb, Rb, а также Sr и Zr в почвенном профиле (глубина 0-120 см) затапливаемых луговых и лугово-болотных почвах повысилось в среднем в 1.46 раз, причем здесь преимущественно накапливаются Ni, Cd., Pb. Sr.

3. Среднее содержание элементов в верхней полуметровой гумусосодержащей толще затапливаемых почв в 1.43 раза выше, а в нижнем профиле (60-120 см) в 1.53 раза выше, чем в незатапливаемых почвах. Это означает, что органическое вещество обладает высокой аккумуляционной способностью по тяжёлым металлам.

4. Почвенный покров приморской зоны Западного Прикаспия характеризуется низкой концентрацией тяжелых металлов. Таким образом, периодическое затопление морскими водами прибрежной территории, хотя и способствует повышению уровня концентрации тяжелых металлов в почвах приморских ландшафтов, однако, это повышение не ммеет экстремально отрицательного характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдурахманов Г.М., Карпюк М.И., Морозов Б.Н., Пузаченко Ю.Г.* Современное состояние и факторы, определяющие биологическое и ландшафтное разнообразие Волжско-Каспийского региона России. М: Наука. 2002. 414 с. 2 *Виноградов А.Б.* Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. М.: Изд-во АН СССР. 1952. С. 7-20.
3. *Добровольский Г.В.. Федоров К..Н., Стасюк Н.В.* Геохимия, мелиорация и генезис почв дельты Терека//Известия. МГУ. 1975. 248 с.
4. *Залибеков З.Г.* Экологические последствия подъема уровня Каспийского моря в равнинном Дагестане // Мелиорация и водное хозяйство. 1994. № 1. С 14-24.
5. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд. 1991. С. 3.
6. *Минеев В.Г.* Химизация и природная среда, М.; Агропромиздат. 1990. 287 с.

CHANGE OF COCENTRATION OF HARD METALS IN SOILS OF THE CASPIAN SEASIDE IN CONDITIONS OF CATTLE BREEDING PROCESSES

©2007. M.-P.A Yahiaev

Caspian Institute of biological resources, Daghestan Scientific Center, Russian Academy of sciences. 367025 Makhachkala, M, Gadjiev 45, Russia

The processes of flooding on the territory of the Western Caspian seaside on soils and bottom sediments brought to noticeable geo-chemical changes, resulted in rise of the contents of hard metal - Cd, Cr, Ni, Pb, Rb, Sr, Zr, on 1 .46 times of their average contents in flooded meadow and meadow-swampy soils. Herewith Ni, Cd, Pb, Sr mainly accumulate.

In humus containing (0-5 cm) thick layer of flooded soil the contents of hard elements are 1.43 times higher, in lower soil profile (60-120 m) on 1.53 times higher than in non-flooded soils since organic matter has higher accumulative ability for hard metals.

Periodic flooding by sea water of the coastal territory though intails in rise of hard metal concentration in soils and coastal landscapes, but it does not have over negative influence. Soil cover of the Western Caspian sea coastal zone is characterized by low hard metals concentration.

ХРОНИКА

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО БИОСОЛЕВОМУ СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ И ВЫСОКОЙ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ И I МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО УПРАВЛЕНИЮ САБХА

© 2007 г. Н.З. Шамсутдинов

ГНУ ВНИИ гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова
Россия, 127550 Москва, ул. Большая Академическая, 44, E-mail: aridland@mtu-net.ru

В последние годы внимание ученых мира привлекает проблема изучения и освоения галофитов (сверхсолеустойчивые растения) для производства продовольствия (зерна, зернофуража, кормов, масличного и лекарственного сырья) в аридных районах мира на основе использования для орошения соленой воды (морская, подземная, коллекторно-дренажная). Проблема эта имеет глобальное значение для большинства стран мира, ибо запасы пресной воды не велики и составляют 2,53% по отношению к мировым водным запасам. В то же время запасы соленых вод огромны (97,47%). При возрастающем расходе пресной воды ее дефицит в ближайшие годы во всех странах мира значительно увеличится. Одновременно, из года в год, неуклонно возрастает численность населения на земном шаре, обостряя проблему обеспечения человечества продуктами питания. Именно эти обстоятельства диктуют необходимость поиска путей использования соленых вод громадных земельных ресурсов аридных территорий для увеличения производства продовольствия с использованием галофитов.

Мировое научное сообщество, озабоченное критическим состоянием пищевых ресурсов, обратило внимание на потенциальные возможности использования больших водных ресурсов морей и океанов, а также подземных и коллекторно-дренажных вод, для организации производства продуктов питания. Эта проблема в настоящее время находится в центре внимания ЮНЕСКО и Европейского союза.

Новая технология, разрабатываемая в ряде стран по культуре галофитов с использованием соленых вод и получившая название "Биосолевое (галофитное) земледелие", в ближайшей перспективе может стать важным источником производства продовольствия.

В настоящее время под эгидой ЮНЕСКО и Европейского Союза успешно разрабатывается международный проект "Рациональное использование галофитов в Средиземноморье и в засушливых субтропических регионах". В данном проекте участвуют 10 стран Азии, Африки и Европы.

Учитывая глобальную значимость галофитного растениеводства для удовлетворения потребностей мира в пище, недавно МАГАТЭ взяла на себя ведущую роль в организации и финансировании исследований в рамках межрегионального проекта "Устойчивое использование соленых подземных вод и пустошей для выращивания растений" в Египте, Ираке, Марокко, Пакистане, Сирии, Алжире, Иордании, Италии, Германии.

Почти все эти страны планируют распространение результатов работ по галофитному земледелию на другие регионы с помощью создания национальных галофитных программ.

К настоящему времени во всех странах – участницах проекта стало возможным выращивание полезных для экономики галофитных растений на засоленных бесплодных, бросовых землях с использованием соленых вод.

Галофитное земледелие, как показывает мировой и отечественный опыт, решает триединую задачу: экономию пресной воды и средств, восстановление окружающей среды, включая плодородие почвы и получение сельскохозяйственной продукции (зерна, кормов, зернофуража, масличного и лекарственного сырья).

В течение последних 5 лет состоялись две конференции, посвященные проблемам

биосолевого земледелия, одна из которых состоялась в апреле 2000 г. в г. Исламабаде (Пакистан), вторая – в январе 2005 г. в г. Мугла (Турция).

03-08 ноября 2006 г. в г. Тунис (Тунис) состоялась Международная конференция по биосолевому сельскому хозяйству и высокой солеустойчивости и I Международный симпозиум по управлению Сабха. Конференция организована лабораторией адаптации растений к абиотическим стрессам (LAPSA), Центром биотехнологий, Экопарком Бордж-Цедрия (CBBC) при сотрудничестве международных партнеров: ЮНЕСКО, IDB, COMSTECH, TWAS, ISHU, Университета Карачи (Пакистан), ICBA (Объединенные Арабские Эмираты), Исследовательского центра пустынь (Египет), ENSA-Монпелье (Франция), LEBHAM, Technopole Brest Iroise (Франция), Университетом Париж 12 (Франция), Университетом Париж 06 (Франция) под патронажем Его Превосходительства Министра научных исследований, технологий и развития знаний Туниса.

Цель конференции – инициировать, развить и укрепить сотрудничество в области мобилизации, изучения и использования генетических ресурсов галофитов и солеустойчивых растений для устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства; создать международные сети для выработки концепции новых международных проектов, подразумевающих междисциплинарные подходы; интеграции и поддержки деятельности с международными ассоциациями, имеющими дело с галофитами.

Открыли конференцию и произнесли вступительное слово проф. Abdelly Chedly (Координатор конференции) и проф. Hadhri Taieb (Министр научных исследований, технологий и развития знаний Туниса). В своих выступлениях они поприветствовали участников форума в Тунисе и выразили уверенность на успешное достижение целей конференции.

Научная программа конференции включала 4 секции: 1) “Гены солеустойчивости, повышенного содержания протеинов и их потенциал для биотехнологии”; 2) “Возможности галофитов для устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства”; 3) “Физиологические и биохимические исследования солеустойчивости растений”; 4) “Повышение качества кормов солеустойчивых растений”.

Всего было представлено 17 пленарных лекций, 64 устных доклада, 70 постерных докладов. В конференции приняли участие ученые из таких стран как Алжир, Аргентина, Бахрейн, Бразилия, Германия, Египет, Индия, Иран, Испания, Италия, Китай, Марокко, Мексика, ОАЭ, Пакистан, Польша, Россия, Судан, США, Тунис, Турция, Узбекистан, Украина, Франция, Япония.

В рамках конференции была проведена экологическая экскурсия в район Эль Кельбия в области Суса и Кайрухана, где участникам конференции были продемонстрированы засоленные марши с галофитной растительностью.

В лекционных докладах проф. Helmut Lieth, проф. Hans-Werner Koyro и др. (Германия) подчеркивалось, что в настоящее время известно достаточно большое количество солетолерантных видов растений с потенциалом стать рыночно ценными сельскохозяйственными культурами. Но главная задача состоит в том, чтобы убедить человечество использовать их наряду с традиционными сельскохозяйственными культурами.

В докладе проф. Munir Ozturk и др. (Турция) "Разнообразие галофитных растений и стратегии управления в Ирано-Туранском фитогеографическом регионе Турции" приводится подробный анализ состава галофитной флоры. Из 136 видов галофитов к числу эндемиков принадлежит 41 вид, большая часть из них занесены в Красную книгу Турции.

В докладе Kafi Mohammad и Jami-al-Ahmadi Majid (Иран) "Исследование *Kochia scoparia* как кормового растения" показал, что возделывание галофитов при использовании соленых вод, и кормление этой продукцией домашнего скота, является одним из путей сохранения жизнеспособности экосистем пустыни и производства пищи для людей, живущих в этих областях. Поэтому, чтобы изучить возможность выращивания *Kochia scoparia* как кормового

растения в пределах пустыни при поливе подземными солеными водами, была выполнена научно-исследовательская работа в 2003-2004 годах. Полевой эксперимент был поставлен в Birjand (Иран), при трех уровнях засоления поливной воды (1.5, 8.6 и 28.2 ds/m). Результаты опытов показали, что высокая степень засоления отрицательно влияла на большинство морфологических и физиологических показателей растения, однако, накопление сухого вещества при самом высоком уровне засоления достигло 60% по сравнению с накоплением при более низких уровнях. В тоже время умеренная засоленность оказывала стимулирующее воздействие на рост и развитие растений и на величину формируемого урожая.

В постерной презентации Oumelkheir Belkheiri "Адаптация рода *Atriplex* в условиях сухости и засоленности" отмечалось, что род *Atriplex* связан с солеными и щелочными почвами и с засушливыми или полузасушливыми растениями. Виды этого рода характеризуются: 1) высокой степенью выживаемости в засушливых и засоленных регионах, 2) специфической способностью использовать люминесцентную энергию, 3) способностью производить большую лиственную массу в чрезвычайно суровых условиях окружающей среды. Исследования были связаны с изучением поведения некоторых клонов *Atriplex halimus* в различных стрессовых условиях, чтобы изучить степень адаптации этого растения к условиям засушливых и засоленных регионов, в которых они используются как источник корма, и возможность использования как растение-фиторемедиант.

В постерном сообщении V. Luna и др. (Италия) было представлено изучение роста *Prosopis strombulifera* при увеличивающихся концентрациях самых обильных солей в почвах центральной Аргентины: NaCl и Na_2SO_4. Результаты проведенных исследований показывают неудобство экстраполирования результатов, полученных при использовании NaCl как единственного агента засоления в полевых условиях.

В докладах проф. Khan M Ajmal (Пакистан), Christian Magné (Франция), проф. M. Ashraf (Пакистан), проф. H. Gehlot (Индия) и др. сообщались результаты исследований и разработок по изучению и использованию галофитов в кормовых, пищевых целях и в качестве сырья для использования в фармацевтической промышленности.

От России на конференции были представлены два доклада: "Использование галофитов для сохранения биоразнообразия и повышения продуктивности при реставрации деградированных пастбищ в аридных регионах Центральной Азии и России" Н.З. Шамсутдинова (ВНИИ гидротехники и мелиорации) и З.Ш. Шамсутдинова (ВНИИ кормов), а также "Галофитная пустынная растительность Северного Каспийского региона" И.Н. Сафроновой (БИН РАН).

Конференция в заключительной части своей работы обратила внимание на следующие проблемы:

1) необходимость мобилизации научного сообщества, для создания интегрированной программы методов, стандартов, баз данных и сетей исследования по оценке и контролю засоленных почв;
2) возникновение большой потребности в междисциплинарном подходе к изучению и использованию галофитов;
3) необходимость расширения и углубления исследования для продвижения в понимании генетических, биохимических и физиологических основ солетолерантности;
4) появление понимания того, что одно только изучение фундаментальных основ солеустойчивости не имеет ценности без применения полученной информаии на практике;
5) необходимость развития моделей управления использованием земель, включающих как естественные, так и антропогенные факторы, вносящие вклад в процессы засоления;
6) потребность развития информационных систем экологического мониторинга для оценки процессов засоления;

7) необходимость оказания помощи политикам по эффективному использованию информационных ресурсов для развития жизнеспособного сельского хозяйства;
8) проявление большего прагматизма у лиц, принимающих решения в даче гарантий экологической устойчивости, биологического разнообразия и экономической производительности в использовании земельных и растительных ресурсов;
9) необходимость развития экономических инструментов в оценке засоления, для поощрения рационального использования земельных ресурсов;
10) необходимость развития технологий, направленных на уменьшение деградации земель, включая индикаторы, для раннего обнаружения и определения качества земель, типов засоления, ухудшения структуры почв и потери органического вещества под воздействием стрессов окружающей среды.

Конференция особо подчеркнула насущную потребность современной действительности – объективно оценить остроту и величину проблем щелочности и засоленности земель. Была отмечена необходимость провести большие работы для мобилизации ресурсов растений и сбора семян кормовых галофитов для использования в методах фитомелиорации. Засоленные пустынные земли могут быть восстановлены даже при чрезвычайно высоких уровнях засоления на основании правильно подобранных видов галофитов или солеустойчивых растений, а введение экологических методов восстановления – эффективная технология для деградированных земель. Эти методы восстановления имеют большие экономичные и экологические ценности для сохранения биоразнообразия, восстановления и сохранения деградированных экосистем, для повышения их продуктивности и контроля за опустыниванием.

Участники конференции выразили надежду, что обсуждения проблем биосолевого земледелия на этой конференции будут служить катализатором для будущих международных совместных усилий на всех уровнях исследований и использования галофитов на засоленных землях в интересах человечества.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOSALINE AGRICULTURE & HIGH SALINITY TOLERANCE AND I INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SABKHA MANAGEMENT

© 2007. N.Z. Shamsutdinov

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
Moscow, 127550, Bolshaya Academicheskaya St., 44, Russia; aridland@mtu-net.ru

The scientific attraction centre of the world is the problem of halophytes (salt tolerant plants) studying and development for manufacture of the foodstuffs (grains, forages, oil and medicinal raw material) in arid areas of the world.

The International Conference on Biosaline Agriculture & High Salinity Tolerance and I International Symposium on Sabkha Management took place from November 03 to November 08, 2006 in Tunis (Tunisia).

The conference goals at improving the knowledge of the plant response to salinity, sharing tools for evaluation and utilization of phytogenetic resources from saline ecosystems and suggesting biological approaches and strategies for saline soils desalinization and rehabilitation; mobilization the scientific community to mount an integrated program for methods, standards, data collection and research networks for assessment and monitoring of soil salinization.

НННННННННННННННННННННННННННННННННН
РЕЦЕНЗИИНННННННННННННННННННННННННННННННН

ВАЖНАЯ ВЕХА В РАЗВИТИИ ЛАНДШАФТНОЙ ЭКОЛОГИИ РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ «ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА ВОД СУШИ НА НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ», ОТВ. РЕД. Н.М. НОВИКОВА. М.: НАУКА. 2005. 365 С.

© 2007 г. Е.А. Востокова, П.Д. Гунин
Институт проблем экологии и эволюции РАН
Россия, 117071 Москва, Ленинский пр., 33

Вода является наиважнейшим компонентом среды, предопределяющим развитие и распространение растительности и животных, т.е. всей биоты. Соотношения тепла и влаги (или водного питания растений и животных) контролируют пространственную структуру и функциональную организацию экосистем, их взаимосвязи, взаимовлияние и взаимозависимость. Различные природные и особенно антропогенные воздействия на гидросферу оказывают на природу огромное воздействие, вызывая изменения биоты экосистем. Эти изменения, часто негативного характера, в свою очередь сказываются на всей природе, в том числе и на здоровье людей.

В последние десятилетия антропогенные нарушения водного режима особенно возросли на значительных территориях. Это связано с возросшим потреблением воды увеличивающимся населением, развивающейся промышленностью, сопровождаемой сбросом загрязняющих веществ в открытые водоемы, что приводит к ухудшению качества природных вод, пригодных для водоснабжения населения, использованием вод суши для орошения земель и т.д. Эти нарушения водного баланса приводят к возникновению многих экологических и эколого-социальных проблем, отражающих сложные изменения во всем механизме ландшафтных взаимосвязей. Выявление и изучение таких проблем является одной из задач ландшафтной экологии, которую можно рассматривать как часть геоэкологии изучающей эколого-экономические системы и различные аспекты взаимодействия природы и общества людей. В этом отношении коллективная монография “Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы”, вышедшая под редакцией и научным руководством доктора географических наук Н.М. Новиковой, представляет собой важный этап в развитии ландшафтной экологии, т.к. она посвящена, в основном, рассмотрению экологических проблем взаимодействия природных экосистем и хозяйственной деятельности людей.

Вмешательство человека в естественную динамичную систему гидросферы, в частности вод суши, и их дестабилизация приводит к возникновению многих экологических и социальных проблем, к формированию негативных экологических ситуаций. В монографии к водам суши авторы относят атмосферные осадки, воды рек, озер и искусственных водоемов, почвенные и грунтовые воды и воды, содержащиеся в живых организмах. Все нарушения естественного режима таких вод суши приводят к множественным и сложнейшим, часто нежелательным для людей, изменениям всей структуры экосистем и их взаимосвязей. В настоящее время такие нарушения прослеживаются практически во всех бассейнах рек всех континентов. Частично это четко показано в монографии, фактический материал для которой собран из различных регионов Евразии.

В монографии выявлены, рассмотрены и оценены последствия различных природных и антропогенных нарушений режима вод суши при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, осуществлении мероприятий по гидромелиорации, орошаемом земледелии и т.д. Особо важное значение для понимания всей значимости поставленной цели исследований представляет первая глава монографии “Изменение вод суши и методика изучения и оценки трансформаций экосистем под влиянием

антропогенного фактора”. В этой главе дано достаточно полное научное обоснование всей проблемы взаимодействия вод суши и биоты наземных экосистем, а также формирования локальных и региональных экотонов «вода-суша».

В этой же главе научно обоснованы примененные методы исследований. Все они направлены на изучение основных природно-антропогенных процессов, возникающих при трансформации водного режима экосистем. В работе рассмотрены деградационные и демутационные сукцессии, формирование искусственных антропогенных экологических комплексов и др. В основу методики изучения и оценки воздействия изменений водного режима вод суши на наземные экосистемы положено сопряженное наблюдение за изменениями условий водного питания биоты экосистем и их реакции на эти изменения. Такой системный подход к изучаемой проблеме вполне обоснован и справедлив. В работе особо выделены эколого-биологические методы оценки степени трансформации экосистем, опирающиеся на изучение изменений состава и структуры их биоты; эколого-динамические методы, использующие модели-представления о динамике экосистем; экономические, включающие хозяйственную оценку ущерба или денежное выражение затрат на восстановление нарушенных экосистем. Однако в главе не рассмотрены методы экологического картографирования, которыми авторы, судя по приведенным в главе 5 материалам, широко пользуются, дополняя их рядом новых приемов. Блок картографических материалов даже не включен в разработанную базу данных (5.2). К сожалению, в методическом разделе не конкретизированы критерии использованных экологических оценок. В таблице 1.2.1. они только названы. Так, например, для эколого-биологической оценки критериями считаются биоразнообразие и ресурсы, но нигде не раскрыта сущность этих критериев.

Из экологических проблем, возникших в результате климатических и, в основном, антропогенных факторов нарушения динамичного природного равновесия, в дальнейшем рассмотрены: процессы вторичного гидроморфизма в богарных агроэкосистемах при флюктуации климата в пределах лесостепной и степной зон Европейской части России; влияние изменений режима стока в результате гидротехнического строительства и гидромелиоративных мероприятий на пойменные экосистемы равнинных рек; экологические последствия сооружения крупного гидроузла, причем особо проведена эколого-экономическая оценка его воздействия на животное население прилегающей территории; процессы, связанные с подтоплением или осушением прибрежных территорий при морских трансгрессиях или регрессиях.

Экологические проблемы вторичного гидроморфизма рассмотрены для центральных районов Ростовской области. Здесь проанализированы как условия формирования современных участков переувлажнения, так и особенности растительности гидрогенных экосистем и их динамика при увеличении увлажнения и засоления почв. Специально рассмотрено индикационное значение растений как показателей степени засоления почв и их влажности. Большое внимание уделено прогнозу воздействия возможных изменений климата на экологические условия произрастания и урожайность сельскохозяйственных культур в лесостепной и степной зонах России.

Изменения экосистем и возникающие экологические проблемы иллюстрируют также материалы по воздействию ирригации и изменения режима стока равнинных рек. Рассмотрены сукцессии пойменной растительности как малых рек, так и крупнейшей в Европейской части России – реки Волги. Последствия антропогенного изменения режима речного стока на равнинах рассмотрены для пойменных экосистем малых рек. Изучено воздействие малых низконапорных гидротехнических сооружений в бассейнах рек Эльбы, Сейма, Дуная. Оценке последствий зарегулирования стока предпослано рассмотрение влияния режима стока на малых равнинных реках, не нарушенных гидротехническими сооружениями. В качестве примера приведены результаты изучения экосистем пойм рек

Неруссы (Брянская область) и Большой Кокшаги (республика Марий Эл). Основное внимание было обращено на пойменные леса. Такое расположение материала позволяет полнее и точнее оценить последствия зарегулированности стока на малых реках, установить их характерные особенности и выявить некоторые закономерности. Это успешно было показано в главе 3 монографии.

В этой же главе рассмотрены особенности биоты (растительного покрова и сообществ млекопитающих) в экотонной зоне побережий крупных водохранилищ, где колебания их уровня и сброс вод предопределяют условия жизнедеятельности растений и животных как выше створа гидроузла, так и в нижнем бьефе. Эти исследования дали возможность авторам сделать обоснованные рекомендации для организации мониторинга состояния экосистем таких экотонных участков.

Убедительными рекомендациями по сохранению биологического разнообразия завершается также раздел, посвященный рассмотрению воздействия гидромелиорации на экосистемы речных пойм гумидной зоны. Эти работы были выполнены на примере водно-болотных экосистем Дубнинско-Яхромской низины в Московской области, которые были подвержены интенсивному антропогенному воздействию. Эти рекомендации вполне возможно экстраполировать и на аналогичные экосистемы других районов гумидной зоны.

Большое внимание уделено животному населению и его изменениям в связи с крупным гидротехническим строительством в горах на востоке страны, где подтопление прилегающих земель не только непосредственно изменяет биоту экосистем нарушенных участков, но сказывается далеко за их пределами. Влияние крупного Бурейского гидротехнического узла на животное население не только рассмотрено с экологических и биоценотических позиций, но и проведена эколого-экономическая оценка ущерба, причиненного млекопитающим этого региона. Провести подобную оценку позволили детальные зооэкологические исследования, выполненные авторами.

Весьма значимы разработки по прогнозированию возможных изменений экосистем при осуществлении проектируемого гидротехнического строительства. Конкретный прогноз разработан для восточной части осушенной дельты Амударьи, ранее детально изученной многими исследователями, в том числе и авторами монографии. Эти разработки имеют огромное значение не только для рассматриваемого региона, но и как научно обоснованный методический подход к оценке и прогнозу возможных последствий планируемых мероприятий по изменению режима вод суши или вообще антропогенных вмешательств в ход гидродинамичных процессов.

Приведенный в монографии фактический материал и сделанные на основании его анализа выводы свидетельствуют о высокой квалификации авторского коллектива, внесшего существенный вклад в развитие направления ландшафтной экологии по изучению взаимоотношений между природой и обществом. Авторы изучили и изучают важнейшую сторону взаимоотношений природных экосистем и хозяйственной деятельности людей: воздействие этой деятельности на условия водного питания биоты экосистем, т.к. вода предопределяет не только пространственную структуру и функциональную организацию экосистем, но и саму жизнь. В монографии на различных примерах показана справедливость утверждения В.С. Залетаева об экотонизации биосферы под воздействием антропогенных факторов, изменяющих режим вод суши.

В целом, можно только поздравить авторский коллектив и его научного руководителя с весьма успешной работой, являющейся значительным вкладом в развитие отечественной ландшафтной экологии. Монография заслуживает общей высокой оценки.

SIGNIFICANCE TO THE DEVELOPMENT OF THE LANDSCAPE ECOLOGY REVIEW OF THE MONOGRAPHY "EVALUTION OF THE IMPACT OF THE SUPERFICIAL WATER REGIME CHANGES ON TERRESTRIAL ECOSYSTEMS" ED. BY N.M. NOVIROVA. M.: NAUKA. 2005. 365 P.

© 2007. E.A. Vostokova, P.D. Gunin

Institute of Ecology and Evolution Problems RAS
Leninsky pr., 33, Moscow 117071, Russia

In work the modern environmental problems which have arisen in result of influence of natural and anthropogenic factors on conditions of the water feed ground ecosystems are considered. The detailed theoretical substantiation of the arisen environmental problems are resulted: secondary hydromorphism, floodinds by water basins, secondary soil salinity, desertification etc. Work is the important contribution to development of the landscape ecology, one of which problems makes studying the ecological situations resulting anthropogenic infringement natural balance. The work deserves a high appreciation.

РЕЦЕНЗИИ

РЕЦЕНЗИЯ НА КОЛЛЕКТИВНУЮ МОНОГРАФИЮ «ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ РОССИИ», АВТОРЫ: Е.И. ПАНКОВА, Л.А. ВОРОБЬЕВА, А.Ф. НОВИКОВА, Г.И. ЧЕРНОУСЕНКО, И.А. ЯМНОВА И ДР. М.: ИКЦ-АКАДЕМКНИГА, 2006. 854 С.

© 2007 г. П.Д. Гунин

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071 Москва, Ленинский просп., 33, E-mail: pgunin@online.ru

Монография «Засоленные почвы России» опубликована в 2006 г. в издательстве “Академкнига”. Общий объем монографии 854 стр., включая 130 карт. В книге приведена наиболее полная информация по диагностике, географии и условиям формирования засоленных почв России. Впервые за последние 50 лет на основании обобщения авторских и литературных материалов, включающих картографические и аналитические данные, отражающие химические особенности засоленных почв, были охарактеризованы засоленные почвы разных регионов России.

Монография состоит из трех частей.

В части I монографии рассмотрены методы и критерии оценки химизма и степени засоления почв. В монографии почвы разделены по химизму, степени засоления, мощности солевого горизонта и форме солевого профиля. В качестве показателей и критериев разделения почв по химизму засоления используют значения pH и соотношение величин общей щелочности и суммы миллимолей эквивалентов кальция и магния. Выделяют почвы, засоленные нейтральными солями ($NaCl$, Na_2SO_4 и др.), и почвы, засоленные гидролитически щелочными солями (Na_2CO_3, $NaHCO_3$). Рассмотрена природа щелочности. На основе метода прямого и обратного потенциометрического титрования экспериментально установлено, что в почвах России в формировании щелочности участвуют главным образом карбонатные ионы (CO_3^{2-} и HCO_3^-), анионы органических кислот, и в сильнозасоленных почвах – анионы кремниевой кислоты, борат-ионы. Силикатная щелочность составляет менее 1% от общей щелочности. В то же время pH водных почвенных суспензий и паст насыщения в отсутствии борат-ионов обусловлены карбонат и гидрокарбонат-ионами. Выделяются почвы, засоленные легкорастворимыми карбонатами (главным образом содой) и почвы, щелочность которых обусловлена карбонатом кальция.

II часть монографии содержит информацию о географии, свойствах и генезисе засоленных почв России на региональном уровне. Характеристика засоления почв дана для экономических районов России, на территории которых засоленные почвы имеют широкое распространение или встречаются локально. В каждом регионе охарактеризованы географическое положение, природные условия и площади распространения засоленных почв. Свойства засоленных почв иллюстрируются аналитическими и картографическими материалами.

Ценным материалом книги являются данные по химическому составу солей и другие аналитические данные приведенные для каждого экономического района и административной области, а также 3 карты, отражающие специфику почвенного покрова и засоления почв региона: 1) почвенная карта с показом доли участия почв в структуре почвенного покрова; 2) карта засоления почв, содержащая информацию о глубине верхней границы солевого профиля и о доле участии засоленных почв в верхнем метре почвенного профиля; 3) карта химизма засоления. Представленные в монографии карты являются фрагментами новой Карты засоления почв России М 1:2 500 000, авторский макет которой

создан в отделе Генезиса и мелиорации засоленных почв Почвенного института им. В.В.Докучаева в 2003 году. Карта оцифрована и обеспечена базами данных.

Анализ материалов, приведенных во II части монографии, позволил авторам выявить некоторые общие закономерности и специфику засоления почв разных регионов России. В частности авторами установлено, что:

- Засоленные и солонцеватые почвы распространены на сельскохозяйственных землях 42 регионов России, преимущественно в южных регионах страны в пределах полупустынной, сухостепной и степной зоны, в меньшей степени, в лесостепной зоне. В северных регионах эти почвы распространены локально.
- Засоленные почвы преобладают на юге европейской части России и Западной Сибири и занимают небольшие площади в почвенном покрове Восточной Сибири и Дальнего Востока.
- По химизму засоления доминируют почвы сульфатного засоления. Почвы хлоридного и содового засоления распространены в меньшей степени.
- Установлено, что большая часть засоленных почв России характеризуется наличием солонцеватости, но при этом не все солонцовые и солонцеватые почвы могут быть отнесены по составу солей к категории щелочных (содовых) почв. Обширные площади солонцеватых почв засолены нейтральными солями, что можно рассматривать в качестве специфической особенности почв России, в отличие от щелочных почв других регионов Евразии (Сабольч, 1989).

В заключительной III части книги рассмотрены некоторые общие вопросы, касающиеся проблемы изучения засоленных почв страны. В частности, дан обзор существующих мелкомасштабных и обзорных карт засоления почв России. Обобщены литературные сведения о площадях засоленных почв в земельном фонде страны. Впервые приведены площади засоленных почв для отдельных экономических районов России и для страны в целом, подсчитаны площади засоленных почв, относящиеся к разным генетическим типам и подтипам.

В заключение хочу подчеркнуть, что рецензируемая книга представляет большой научный интерес, как для почвоведов, так и мелиораторов и может быть использована для бонитировки и оценки земель и, надеюсь, что она послужит основой для дальнейших исследований засоленных почв России и мира.

REVIEW OF THE MONOGRAPHY "SALT-AFFECTED SOILS IN RUSSIA" THE AUTHORS: E.I. PANKOVA, L.A. VOROBYOVA, A.F. NOVIKOVA, G.I. CHERNOUSENKO, I.A. YAMNOVA ET AL. MOSCOW: IKZ-AKADEMKNIGA, 2006. 854 PP.

© 2007. **P.D. Gunin**

Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119071 Moscow, Leninskiy prospekt, 33, E-mail: pgunin@online.ru

The monograph was published in 2006. It consists of about 700 pages with a lot of cartographic and analytical data.

The book consists of 3 parts.

Part 1 describes the most important methods and criteria to estimate soil salinity. In Russia, the analysis of water extracts is predominantly used to assess soil salinity, whereas in other countries, filtrates from soil paste are analyzed. In the monograph, soils are grouped according to the chemical composition of salts in soils, the degree of salinization, the thickness of saline horizon, and the distribution pattern of salts in the soil profile. The total content of toxic salts, the ratio between ions, the soil pH and the presence of soda are taken as indices for estimating soil salinity. According to their chemistry, soils are distinguished between saline with neutral (NaCl, Na_2SO_4, etc.) and alkaline salts (Na_2CO_3, $NaHCO_3$). Under consideration is also the nature of alkalinity. On the basis of the method elaborated by L.A. Vorobieva (the method of direct and inverse

potentiometric titration), it has been experimentally established that carbonate and bicarbonate ions, anions of organic acids and borate ions are responsible for the formation of alkalinity in soils of Russia.

Part 2 provides information on the geography, properties and genesis of salt-affected soils at regional level. The characteristics of soil salinity are given for economic regions of Russia, where salt-affected soils are found. For every region, environment and distribution of salt-affected soils are described. Analytical data and maps illustrate the characteristics of salt-affected soils in different regions. For every economic region, 3 maps and data on chemical composition of salts and other analyses are given. The three maps contain information on: (1) portion of salt-affected soils in soil cover; (2) depth of the upper boundary of saline horizon and the portion of soils, containing salts within the upper meter of soil profile; (3) chemical composition of salts in soils. The scale of original maps is 1:2 500 000. These maps are the fragments of the Map of Salt-Affected Soils in Russia compiled by specialists of the department of the genesis and amelioration of salt-affected soils at the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute in 2003.

Part 3 is devoted to some general questions regarding salt-affected soils in Russia. There is a short review of existing small-scale and schematic maps. The areas occupied by salt-affected soils are calculated for agricultural lands, economic regions, soil zones, and for the whole country. Under discussion are some problems of the genesis and geography of salt-affected soils.

In total, *130 maps* and analytical data for *650 soil pits* (composition of water extracts 1:5; exchangeable cations; pH; humus; carbonate and gypsum content; texture) are given in the monograph.

This monograph can provide a useful base for the further investigations of salt-affected soils in Russia and the world.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Статьи, направляемые в журнал "Аридные экосистемы", должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Статьи должны содержать сжатое и ясное изложение современного состояния вопроса, описание методики исследования, изложение и обсуждение полученных автором данных. Статья должна быть озаглавлена так, чтобы название соответствовало ее содержанию.

2. Статьи, поступающие для публикации, обязательно должны иметь направление от учреждения, в котором выполнена данная работа.

3. Объем статьи не должен превышать 15 страниц текста. Размер текстового поля для формата страницы А4 170 х 245 мм должен иметь поля 2.5 см сверху и снизу, 2 см - справа и слева. Статью печатать на компьютере в программе Word Windows через 1.5 интервала. Для заголовка статьи предлагается использовать шрифт Times New Roman 14, для основного текста - Times New Roman 12, или любой другой близкий по строению шрифт. Величина абзационного отступа основного текста статьи должна соответствовать 0.7 см. Текст набирается без переносов с использованием стандартного разделения между словами, равного одному пробелу. Страницы нумеровать в верхнем правом углу листа.

4. Статьи представляют в двух экземплярах. В левом верхнем углу первой страницы рукописи следует проставить соответствующий содержанию индекс УДК. После заголовка ставятся инициалы и фамилии авторов, на следующей строке следует указать **название организации с полным указанием почтового адреса [почтовый индекс, страна, город, улица, дом. почтовый ящик, Б-mail (если есть) и т. д.].** Все страницы рукописи с вложенными таблицами (следующий лист после первой ссылки на таблицу) должны быть пронумерованы. Отдельно следует приложить аннотацию, переведенную на английский язык объемом не более 1 стр.

5. Таблицы должны представляться в минимальном количестве (не более 3-4 таблиц), каждая таблица на отдельном листе. Объем таблиц не более 1 машинописной страницы. Не допускается повторение одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. К таблицам должны быть даны названия. Все таблицы должны быть набраны в табличной форме Word for Windows.

6. Число иллюстраций должно быть минимальным (не более 2-3 рисунков). Каждая иллюстрация должна иметь на обороте (писать только карандашом) порядковый номер (для рисунков и фотографий дается общая нумерация), фамилию автора, заглавие статьи. Подписи к рисункам и фотографиям на русском и английском языках прилагаются на отдельном листе, где указываются фамилия автора и заглавие статьи. В соответствующих местах текста статьи даются ссылки на рисунки, на полях рукописи указывается их номер. Названия таблиц и рисунков должны быть представлены как на русском, так и на английском языках.

7. Размер авторских оригиналов чертежей должен соответствовать намеченному размеру иллюстраций в журнале. Рисунки представляются в двух экземплярах, вычерченными тушью, а также в виде четких репродукций. Следует максимально сокращать пояснения на полях рисунка, переводя их в подписи. Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК - это должны быть контурные или бланковые карты. Фотографии должны быть контрастные, на белой глянцевой бумаге, хорошо проработанные в деталях, в двух экземплярах. Все необходимые на фотографиях пояснения следует делать только на втором экземпляре. Первый экземпляр фотографии не должен иметь никаких дефектов: чернильных пятен, надписей, изломов, следов от скрепок, трещин и т.д. Наклеивать фотографии на бумагу или картон не разрешается. Иллюстрации должны быть представлены как в печатном, так и в

электронном виде: в отдельном файле каждая иллюстрация - в программе Paint (Painbrash for Windows) с расширением .bmp или, в крайнем случае, в Photoshop с расширением .tif.

8. Список цитируемой литературы следует оформлять в соответствии с ГОСТом 7.1 – 76. "Библиографическое описание произведений печати". Работы располагаются в алфавитном порядке, по фамилиям авторов. Сначала идут работы на русском языке, затем - на иностранных языках. Отдельные работы одного и того же автора располагаются в хронологической последовательности. Для журнальных статей указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год издания, том, номер (выпуск), страницы; для книг- фамилии и инициалы авторов, название книги, город, издательство, год издания, общее количество страниц. Допускаются только общеизвестные сокращения, В тексте, в круглых скобках, указывается фамилия автора и год работы, на которую дается ссылка. Все приведенные в статье цитаты должны быть выверены по первоисточникам. Указание в списке литературы всех цитируемых работ в статье обязательно. Список литературы пронумеровать и печатать на отдельной странице.

9. Редакция просит авторов использовать единицы физических величин, десятичные приставки и их сокращения в соответствии с проектом государственного стандарта "Единицы физических величин", в основу которого положены единицы Международной системы (СИ).

10.К статье должно быть приложено резюме на русском и английском языках, составляющее по объему не более 1/3 статьи. Все подрисуночные подписи, названия таблиц и фотографий также приводятся на двух языках. Включение фотографий в статью возможно только высокого качества в ч/б варианте в случае крайней необходимости.

11.Направляемая в редакцию статья должна быть подписана автором с указанием фамилии, имени и отчества, полного почтового адреса, места работы и телефонов. При наличии нескольких авторов статья подписывается всеми авторами. Она должна иметь полную электронную версию на дискете (3,5") или CD-R. Возможно представление материалов статей по электронной почте. Если объем всех материалов превышает 500 Mb, посылайте их на адрес: jannaKV@yandex.ru.

10. Корректура авторам не высылается.

11. Отклоненные статьи авторам не возвращаются.

12. Материалы - 2 экземпляра статьи, дискета (3.5") или CD-R - при пересылке просим тщательно упаковать в твердой папке.

13. Редакция оставляет за собой право вносить в текст незначительные коррективы, дискеты, CD-R и рукописи не возвращаются.

16. Материалы, оформленные не по правилам, не могут быть опубликованы. По всем вопросам просим обращаться в редакционную коллегию.

Наши адреса:

119991, Москва, ул. Губкина, д. 3
Тел. (095)135-70-41,
Факс(095) 135-54-15,
E-mail: novikova@aqua.laser.ru,
jannaKV@yandex.ru

367025, Махачкала, ул. Гаджиева, д. 45
Тел. (8722) 67-60-66, 67-09-83
Факс (8722) 67-09-83
E-mail: pibrdncran@iwt.ru

**ПРИНИМАЮТСЯ ЗАЯВКИ
НА РЕКЛАМУ ОТ КОММЕРЧЕСКИХ
ОРГАНИЗАЦИЙ**

GUIDELINES TO AUTHORS

All articles submitted to the journal "Arid ecosystems" must satisfy the following conditions.

1. Articles are to contain short and clear review of the. modern state of the problem, described methods, review and discussions of results received by author. Title of article must reflect its content.

2. Articles, submitted to the journal must have recommendation letter from the Institution in which the work had been done,

3. The volume of article must not exceed 15 pages. Article must be done in the program Word Windows with 1,5 line spacing. For the page A4 170x245 mm the top, bottom margins must be 2.5 cm, right and left - 2 cm. For the title of article we propose to use font Times New Roman 14, for the main body of text - Times New Roman 12 or some other similar font. First line spacing must be 0.7 cm. Text flow must be without hyphenations with standard break between words equal to one break. Pages must be numbered in pencil in the lower left comer of page.

4. Articles must have two copies. In the upper left comer of the first page author must write index UDK. After the title there must be initials and surname of author, next line must contain name of organization with full postal address (index, country, city, street, building, zip code, E-mail, etc.) All pages of article with tables (the next page after reference) must be numbered. If article is in English, the annotation in Russian - 1 pages.

5. Article must contain minimum tables (not more than 3-4), each on separate page. Table must be not more than 1 typewritten page. repeating of data in tables, figures and text is not desirable. Tables must contain footnotes. All tables must be written in Word for Windows.

6. Articles must contain minimum illustrations (not more than 2-3 pictures). Each illustration must have on the other side the number (written in pencil) (pictures and photographs must be numbered in the same sequence), surname of author, name of article. Captions for pictures and photographs must be done on separate page in Russian and in English (with surname of author and title of article). In corresponding places of the article there must be cross-references for illustrations, on the margins the number of illustration must be mentioned. Captions of tables and pictures should be submitted both in Russian and in English. The scale of original figures is to be the same of those published in the journal. Pictures are to be done in black Indian ink or they must be clear reproductions in two copies. Minimum notes on margins are recommended. All necessary explanations must be done in footnotes. Maps must be done on the geographical base of Main Department of Geodesy and Cartography - contour or blank maps. Photographs must be sufficiently contrast on white glossy paper, clear in details in two copies. All necessary explanations for photographs must be done on the second copy. The first copy of photograph mustn't have any defects: ink spots, signs, breaks, traces of clips, cracks, etc. It is forbidden to stick photographs on paper or cardboard. All tables and figures has be prepared in Paint (Painbrash for Windows) in .bmp format or in Photoshop in .tif format in different files.

7. Cited literature is to be listed in alphabetic order, according to the authors surnames. Russian works first and then foreign works. Separate works of the same author are to be listed in chronological order. For journal articles must be mentioned: surname and initials of authors, name of article, name of journal, year, volume, number (issue), pages; for books - surname and initials of authors, name of book, city, publication house, year, total pages

number. Only common abbreviations are allowed. In text in round brackets author must mention the surname of cited author and year of edition. All citations must be verified with

the original. All cited works must be mentioned in the list of publications. List of publications must be numbered and must begin from the separate page.

8. We ask authors to use conventional physical units, decimal endings and all abbreviations in accordance with the State standard "Physical units" based on the SI system.

9. Summary in Russian and English has to be not more than 1/3 of all paper. All figers and titles of tables has to be prepared in English and Russian.

10. Submitted article must be signed by author with indication of his surname, name and father name, the whole postal address, place of work and telephone number. If there are many authors, they all must sign the article. Paper are presented in paper and at computer versions.

11. Corrected articles are not send to author.

12. Rejected articles are not returned to authors.

13. Materials - 2 copies of article and **diskette** (3.5") or in **CD-R** are recommended to be carefully packed for mailing. It is possible to pass all by e-mail. If amount of paper is over 500 Mb, please, use e-mail jannaKV@yandex.ru, novikova@aqua.laser.ru, pibrdncran@iwt.ru .

14. Articles are not edited, diskettes and articles are not returned.

15. Articles prepared incorrectly can not be published.

For information please address the editorial staff.
Our addresses:

119991, Moscow, Goubkina St., bild. 3.
Tel.: (495)135-70-41
Fax:(495)135-54-15
E-mail: novikova@aqua.laser.ru,
jannaKV@yandex.ru

367025, Mahachkala, Gadjieva St. bid. 45
Tel. (8722) 67-60-66, 67-09-83.
Fax: (8722) 67-09-83
E-mail: pibrdncran@iwt.ru

APPLICATIONS FOR ADVERTISEMENT FROM COMMERCIAL ORGANIZATIONS ARE WELCOME

“АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ” В БИБЛИОТЕЧНЫХ ФОНДАХ РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

"ARID ECOSYSTEMS" IN LIBRARY FUNDS OF RUSSIA AND ABROAD

Уважаемые коллеги, авторы и читатели!

В данном разделе публикуются адреса библиотек и организаций, в которых хранятся изданные ранее номера журнала “Аридные экосистемы”.

Полные подборки номеров журнала “Аридные экосистемы” (с момента образования журнала в январе 1995 года) можно найти в библиотечных фондах следующих организаций:

Российская Государственная библиотека им.В.И.Ленина)
Россия, 119992 Москва, ул. Воздвиженка, д.3/5, РГБ

Библиотека по естественным наукам Российской академии наук (БЕН)
Россия, 119890 Москва, Знаменский пер., 11/11, БЕН РАН, тел. (495) 291-21-49.

Центральная научная сельскохозяйственная библиотека РАСХН (ЦНСХБ РАСХН)
Россия, 107139 Москва, Орликов пер., 3, корп. В, тел. (495) 207-54-48, (495) 975-49-90.

Читальный зал **Библиотеки географического факультета**
Научной библиотеки **Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова**,
Россия, 119899 Москва, Воробьевы горы, МГУ, Главный корп. (ГЗ), 18 этаж, тел. 939-26-45.

Читальный зал **Библиотеки биолого-почвенного факультета**
Научной библиотеки **Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова**
Россия, 119899 Москва, Воробьевы горы, МГУ, Биол.-почв. фак., 1 этаж. тел. (495) 939-27-76.

Библиотека Российской академии наук (БАН)
Россия, 199034 Санкт-Петербург, Биржевая линия, 1, БАН, факс. (812) 328-74-36.

Научная библиотека **Ботанического института им.В.Л.Комарова РАН**
Россия, 197376 Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2.

Библиотека **Прикаспийского института биологических ресурсов ДНЦ РАН**
Россия, 367025 Махачкала, ул. Гаджиева, 45, тел. (872-2) 67-09-83, 67-58-81.

Библиотека **Федерального агенства по охране природы Германии**
Bibliothek des **Bundesamt fuer Naturschutz (BfN)**
BfN, Konstantinstr. 110, D -53179 Bonn, Deutschland (Germany), Fax: 0228/ 84-91-200.

Неполные подборки номеров журнала “Аридные экосистемы” Вы можете найти в библиотечных фондах следующих организаций:

Научная библиотека **Почвенного института им. В.В.Докучаева РАСХН**
Россия, 109017 Москва, Пыжевский пер., д. 7.

Научная библиотека **Института географии Российской академии наук**
Россия, 109017 Москва, Старомонетный пер., д. 29.

Научная библиотека **Института водных проблем Российской академии наук**
Россия, 119991 Москва, ул. Губкина, д. 3, тел. (495) 135-54-76.

Библиотека **Российского комитета МАБ**
Россия, 117312 Москва, ул. Вавилова, д. 41/5, тел. (495) 124-79-32.

Научная библиотека **факультета географии Российского Государственного Педагогического Университета им. А.И. Герцена**
Россия, 191186 Санкт-Петербург, Набережная р. Мойки, д. 48, корп. 12.

Библиотека **кафедры ботаники факультета биологии Российского Государственного Педагогического Университета им. А.И. Герцена**
Россия, 191186 Санкт-Петербург, Набережная р. Мойки, д. 48, корп. 3.

Библиотека **Калмыцкого государственного университета**
Россия, 358000 г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11.

Научная библиотека **Института экологии Волжского бассейна РАН**
Россия, 446003 Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10, ИЭВБ РАН, тел. 48-97-85.

Научная библиотека **Донского государственного аграрного университета**
Россия, 346493 Ростовск. обл., Октябрьский район, п. Персияновский (проф. Назаренко О.Г.)

Библиотека **Казахского научно-исследовательского института экологии и климата**
Казахстан, 050022 Алматы, пр.Суйфуллина, д.597, тел. (3272) 67-52-71. (проф. Семенов О.Е.)

Библиотека **биологического факультета Казахского национального Университета**,
Казахстан, 050022 Алматы.

Библиотека Университета и земли Объединенная Саксония (Германия)
Universitaet und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt
Martin-Luter-Universitaet Halle-Wittenberg
August-Bebel-Str. 13. 06098 Halle/Salle, Deutschland (Germany)

Библиотека Берлинского Университета им. Гумбольда (Германия)
Universitaetsbibliothek der Humboldt-Universitaet zu Berlin
Dorotheenstr. 27, D - 10117 Berlin, Deutschland (Germany), Tel.: +49 (030) 2093 3215.

Отдельные номера журнала “Аридные экосистемы” Вы можете найти в организациях:

Библиотека **Российско-Монгольской комплексной экспедиция РАН и АНМ**
Россия, 117312 Москва, ул.Вавилова, д. 41/5, тел. (495) 124-79-34.

Библиотека **Национального института пустынь, растительного и животного мира Туркменистана.** Туркменистан, 744000 Ашхабад, ул. Нейтральный Туркменистан, д. 15.

Библиотека **Института ботаники (Казахстан)**
Казахстан, 050040 Алматы, ул. Тимирязева, д. 36д.

Библиотека **Каракалпакского отделения Республики Узбекистан**
Узбекистан, 742000 Нукус, пр. Бердаха, д. 41 (Институт биоэкологии, академик Бахиев А.Б.).

Библиотека Гамбургского Университета (Германия)
Bibliothek der Universitaet Hamburg
Martin-Luter-King Platz 3, D-20146 Hamburg, Deutschland (Germany).

Библиотека **Института пустынь Университета Бен-Гуриона (Израиль)**
J. Blaustein Institutes for Desert Research Ben Gurion University of the Negev , Israel
Sede Boker Campus, Midreshet Ben-Gurion, 84990, ISRAEL, Tel.: 972-8-6596857.

Библиотека **Астраханского государственного педагогического университета**
414000 г. Астрахань, ул.Татищева, д. 20А.

Библиотека **Тираспольского государственого Универсистета (Молдова)**
Молдавия, Тирасполь.

Библиотека **Кишиневского государственного Университета (Молдова)**
Молдавия, Кишинев.

Библиотека **Воронежского государственного Университета**
394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1, ВГУ.

Библиотека **Самарского государственного университета**
Россия, 443011 Самара, ул. Академика Павлова д. 1., Биологический факультет.

Библиотека **Саратовсого государственного университета**
Россия, 410026 Саратов, ул. Астраханская, д. 83.

Библиотека **Владимирского Государственного Университета**
Россия, 600026 Владимир, ул. Горького, д.87, ВлГу.

Сдано в набор 24.09.2006 г. Подписано к печати 26.09.2006 г.
Формат 60×84 ⅛ Усл. Печ. Листов 14.5. Тираж 200 экз.

Минитипография Прикаспийского института биологических ресурсов
Дагестанского научного центра РАН
367025, Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45