ISSN 1993-3916

Том *Volume* **20** **Номер** **Number** **3 (60)** **Сентябрь** **September** **2014**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ARID ECOSYSTEMS

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

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

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

2014

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

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

ARID ECOSYSTEMS

Vol. 20, No. 3 (60), 2014, SEPTEMBER
Journal is founded in January 1995
Issued 4 times per year

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

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

Editorial Board:
B.D. Abaturov, S.-W. Breckle (Germany), M.G. Glantz (USA), P.D. Gunin, Zhigang Jiang (China), L.A. Dimeeva (Kazakhstan), I.S. Zonn, R.V. Kamelin, Zh.V. Kuzmina, G.S. Kust, E. Lioubimtseva (USA), V.M. Neronov, L. Orlovsky (Israel), I.V. Springuel (Egypt), A.A. Tishkov, V.I. Cherkashin, A.A. Chibilev, P. Shafroth (USA), Z.Sh. Shamsutdinov, A.K. Ustarbekov,
T.V. Dikariova (*executive secretary*)

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

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

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

MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd

2014

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

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 20, № 3 (60), 2014, сентябрь
Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

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

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

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

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

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

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

Москва: Товарищество научных изданий КМК

2014

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Том 20, номер 3 (60), 2014 сентябрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

О глобальном изменении климата и его экосистемных следствиях
А.И. Куликов, Л.Л. Убугунов, А.Ц. Мангатаев 5-13

Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем
Ж.В. Кузьмина, С.Е. Трешкин 14-32

Изменение экологически значимых параметров гидрологического режима Нижней Волги при зарегулировании стока
Н.А. Шумова 33- 47

Продуктивность травянистых растений в сфере фитогенного поля саксаула черного (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin) в пустыне Карнабчуль
З.Ш. Шамсутдинов, Ш.Р. Убайдуллаев, Н.З. Шамсутдинов, Б.Н. Насиев 48-58

Сообщества степной растительности на каштановых почвах Западного Забайкалья: разнообразие и биопродуктивность
М.Г. Меркушева, О.А. Аненхонов, Н.К. Бадмаева, С.Б. Сосорова 59-69

Население грызунов Западно-Казахстанской области Республики Казахстан. Сообщение 2. Зоогеографическая характеристика
Н.М. Окулова, Л.А. Хляп, Ф.Г. Бидашко, А.А. Варшавский, А.К. Гражданов, В.В. Неронов 70-78

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Почвы в зоне контакта светло-каштановых и бурых аридных почв на юге европейской России
Е.И. Панкова, А.Ф. Новикова, М.В. Конюшкова, М.Б. Шадрина, В.И. Мухортов 79-93

Кормовые растения пустыни Кызылкум
Х.Ф. Шомуродов, Ф.О. Хасанов 94-101

Изменение обилия растений разного микоризного статуса при зарастании техногенного отвала в подзоне сухих степей Казахстана
Д.В. Веселкин, А.Н. Куприянов, Ю.А. Манаков 102-109

Мониторинг изменения дисперсности и гумусности почв в условиях аридизации климата
В.С. Крыщенко, Т.В. Рыбянец, Н.Е. Кравцова, О.А. Бирюкова, И.В. Замулина 110-118

ХРОНИКА

О книге К.М. Петрова и Н.В. Терехиной «Растительность России и сопредельных стран»
П.Д. Гунин, Е.А. Востокова 119-121

CONTENTS

Volume 20, Number 3 (60), 2014 SEPTEMBER

SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES

Global climate change and its ecosystem consequences

A.I. Kulikov, L.L. Ubugunov, A.Ts. Mangataev 5-13

Climate change in the Lower Volga basin and its influence on the ecosystems

Zh.V. Kuz'mina, S.Ye. Treshkin* 14-32

Change in ecologically significant parameters of hydrological regime over the Lower Volga under runoff control

N.A. Shumova 33-47

The productivity of grasses plants in the sphere of phytogenous field of the black saxaul (Haloxylon aphyllum (Minkw.) Iljin) in the Karnabchul desert

Z.Sh. Shamsutdinov, Sh.R. Ubaydullaev, N.Z. Shamsutdinov, B.N. Nasiev 48-58

Steppe plant communities on chestnut soils of the Western Transbaikalia: diversity and bioproductivity

M.G. Merkusheva, O.A. Anenkhonov, N.K. Badmaeva, S.B. Cosorova 59-69

Rodent communities in western kazakhstan area, Kazakhstan republic. Zoogeography characteristics

N.M. Okulova, L.a. Khlyap, F.G. Bidashko, A.A. Warshavskyi, A.K. Grazhdanov, V.V. Neronov 70-78

BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

The soils at the boundary between the zones of light chestnut and brown arid soils in the south of Russia

Ye.I. Pankova, A.F. Novikova, M.v. Konyushkova, M.B. Shadrina, V.I. Mukhortov 79-93

Fodder plants of Kyzylkum desert

H.F.Shomurodov, F.O.Khasanov 94-101

Abundance of plants of different mycorrhizal status changes when overgrown technogenic dump in the subzone of dry steppes of Kazakhstan

D.V. Veselkin, A.N. Kupriynanov, Ju. A. Manakov 102-109

Monitoring of the changes in soil dispersity and humus content in increasingly arid climate conditions

V.S. Kryshchenko, T.V. Rybianets, N.Y. Kravtsova, O.A. Biriukova, I.V. Zamulina 110-118

CHRONICLE

About the monography of R.M. Petrova and N.V. Teryokhina “Vegetation of Russia and neighbour countries”

P.D. Gunin, E.A. Vostokova 119-121

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 5-13

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.583:631.474

О ГЛОБАЛЬНОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА И ЕГО ЭКОСИСТЕМНЫХ СЛЕДСТВИЯХ

© 2014 г. А.И. Куликов, Л.Л. Убугунов, А.Ц. Мангатаев

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6. E-mail: kul-an52@mail.ru, ioeb@biol.bscnet.ru

Поступила 08.11.2013

Приведены основные параметры глобального потепления. В Байкальском регионе потепление происходит более высокими темпами, чем в России и мире. Потепление сопровождается такими экосистемными реакциями как аридизация и опустынивание. Имея в виду тесноту связей, в том числе обратных, потепление (П), аридизация (А) и опустынивание (О) рассматриваются как единая система «ПАО».

Ключевые слова: климат, глобальные изменения, аридизация, опустынивание, мерзлота.

Введение

Глобальное потепление вызывает законную обеспокоенность человечества. Это выразилось в РКИК – Рамочной Конвенции ООН по изменению климата (1992 г.), первым правовым документом которой явился известный Киотский протокол (1997 г.). Россия ратифицировала этот документ в 2004 г. В настоящее время проблема климатических изменений интенсивно разрабатывается во всем мире при координации Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Проблемы изменения климата и реакции на это явление экосистем, характерные для Байкальского региона (БР), имеют особое значение для Участка мирового природного наследия в связи с особой напряженностью здесь климатоэкологических процессов.

Материалы и методы

Оценка климатических изменений проведена на основе фондовых материалов Бурятского ЦГМС - филиала ФГБУ «Забайкальское УГМС», также использованы Интернет-ресурсы.

Трендовые изменения аппроксимировались прямолинейной функцией $Y = a + bX$, где b – угловой коэффициент, измеряющий темп изменения параметра. Изменчивость параметров оценивалась величиной среднего квадратического отклонения (СКО) и коэффициента вариации, а достоверность различия выборок – по t-критерию Стьюдента. Параметры аридизации определялись по графикам Вальтера-Госсена, а для анализа региональных явлений опустынивания привлекались архивы Управления федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Республике Бурятия.

Результаты и их обсуждение

Потепление климата и система ПАО. Потепление вызвало ряд неблагоприятных следствий, среди которых можно назвать аридизацию, опустынивание, дегумификацию почв, деградацию вечной мерзлоты, нарушение режима секвестирования углерода/кислорода и др.

Конечно, аридные земли и пустыни существовали и в прежние климатические эпохи, но начавшееся глобальное потепление вызвало экосистемные отклики, которые выразились в усилении явлений аридизации и опустынивания. Тем самым глобальное потепление привело к формированию новых или обострению ранее существовавших, но во многом в то время латентных, связей. В новых реалиях ПАО – потепление – аридизация - опустынивание – триединая система, компоненты которой тесно сопряжены между собой прямыми и обратными связями. При этом вход составляют факторы климата, выход – это аридизация и опустынивание.

Глобальное потепление климата северного полушария – факт, подтвержденный многолетними инструментально-наблюденными данными станций сети Всемирной метеорологической организации (ВМО) и национальных сетей. Так, с 1860 по 1998 гг. глобальное повышение температуры воздуха составило около 0.8°С. В среднем по России с начала XX в. повышение температуры оценивается от 0.9°С до 1.1°С (Анисимов и др., 2007). В отдельных пунктах российского Севера за последние 30-35 лет температура воздуха выросла на 1.0-1.5°С. Заметим, что наибольшие изменения климата происходят в умеренных широтах. Здесь за последние 30-35 лет потепление выражается повышением температуры воздуха на 1.6-2.1°С.

В России изменения выражены сильнее, чем на планете в целом, а как показывают расчеты (Куликов и др., 2008), на территории Байкальского региона – еще сильнее. За последние 30-35 лет температура воздуха вырастала на 3.6°С/10 лет, а с начала XX в. на 2.3°С/10 лет

Факт более форсированного потепления в Предбайкалье и Забайкалье подчеркивается и рядом других исследователей.

В ряде пунктов БР средняя годовая температура воздуха пересекла нулевой рубеж. Это радикальным образом изменяет термодинамические условия. Процессы протекают уже при годовых теплооборотах в положительном диапазоне температур. В годовом цикле вода остается преимущественно в жидкой фазе, т.е. снижаются теплопотери на фазовые переходы вода-лед и ускоряются биохимические процессы согласно правилу Вант-Гоффа.

Ответная реакция экосистем на изменения климата. Биота и в целом экосистемы функционируют в тесной зависимости от климата, что наглядно проявляется уже в зональном распределении основных биомов Земли. Обратная связь в том, что биота поддерживает в равновесном состоянии парциальное давление CO_2, паров воды и других парниковых газов в атмосфере и, тем самым, регулирует радиационно-тепловой баланс. Однако в современных условиях отрицательная обратная связь все более блокируется и, наоборот, усиливается положительная обратная связь, что приводит к нарушению саморегуляции в системе климат - биота.

Для степных ландшафтов характерно явление холеричности. Холеричность – это особая неустойчивость экологических процессов и явлений во времени и пространстве, мерой которой может быть любой показатель, в том числе СКО. Холеричность уже видна по очень широкому размаху колебаний количества атмосферных осадков в забайкальских степях. Амплитуда суммы осадков, т.е. разность между максимумом 617.3 мм (1990 г.) и минимумом 176.4 мм (1954 г.) составляет беспрецедентно большую величину – 441 мм. Если на отрезке 1935-1942 гг. СКО годовых осадков равнялось ±32.2 мм, то в настоящее время отклонения от климатической нормы стали более резкими и СКО составляет ±65-83 мм.

Проведено сравнение разности СКО для двух (1961-1990 и 1979-2007 гг.) временных отрезков примерно в диапазоне 50-60° с.ш. в направлении с востока (Ключи 160.8° в.д.) на запад (Кишинев 28.9° в.д.). Это направление от Кяхты (103 град. в.д.) до Кишинева совпадает с климатической осью Воейкова. Ветрораздельная ось Воейкова берет начало в степных и пустынных равнинах Центральной Азии, где зимой над ними формируется мощное барическое поле высокого давления. Отсюда Азиатский антициклон распространяется на запад через Барабинско - Кулундинский степной коридор на северный Прикаспий с Поволжьем, далее на Донские степи и выходит на Придунайские пушты.

Из анализа данных можно заключить, что на всем протяжении Восток-Запад с потеплением климата стабильность температурных условий ослабевает. В Байкальском регионе холеричность степей с потеплением климата становится еще резче. СКО зимы и лета статистически значимо различаются $t_ф = 5.4 > t = 3.5$ ($P > 0.99$), причем именно летние сезоны становятся все более неустойчивыми по теплообеспеченности.

Холеричные ландшафты в июле-сентябре по температуре и увлажнению почв на 20-30% изменчивее тяжелых мерзлотных почв. Отсюда понятно, почему биопродуктивность как естественных, так и культурных фитоценозов в сухой степи по годам отличается большой неустойчивостью.

Холеричность степей еще более усиливается при современной аридизации, а возрастание холеричности приводит в свою очередь к дальнейшему усилению аридизации, т.е. налицо действие прямых и обратных системных связей.

Аридизация как следствие потепления в региональной климатической системе также поддерживается положительной обратной связью с доминированием радиационного регулирования температуры земной поверхности. Потепление подразумевает увеличение ясных безоблачных дней с более высоким радиационным нагреванием деятельной поверхности, что вызывает ее иссушение, а последнее улучшает условия для дальнейшего нагревания поверхности. Но более всего, по-нашему мнению, активизация положительной обратной связи может быть вызвана экосистемными причинами. Так, потепление и рост нагреваемости деятельной поверхности приводит к росту испаряемости, а последний − к увеличению температуры поверхности, что влечет за собой дальнейший рост испаряемости. Хотя при этом нельзя умалять роль внешних факторов чисто климатического происхождения. Таким внешним регулятором положительной обратной связи могут выступать уменьшение суммы осадков, частоты эффективных осадков (более 5 мм/сутки) и рост частоты экстремально малых осадков (особенно засух).

Потепление климата – факт, который необходимо учитывать в реальной практике, в частности в мелиорации. Так, если воспользоваться эмпирической формулой Г.Т. Селянинова: Ис = $\Sigma t > 10^{o}C/10$, где Ис – испаряемость воды (мм), $\sum t>10^{o}C$ – сумма активных температур воздуха, то для условий Байкальского региона при установленном росте суммы активных температур на 370-450°C, потенциал испарения возрос на 37-45 мм. Из этого следует, что по дефициту испарения климатическую норму орошения уже необходимо принимать на 370-450 м^3/га больше существующих.

Один из основных признаков аридизации земель – засухи, т.е. состояние резкого несоответствия между притоком влаги к растениям и ее расходом, что является следствием длительного отсутствия осадков (или значительного их сокращения по сравнению со среднемноголетними нормами), повышенной температурой воздуха и сильных ветров.

Усиление засух при потеплении в Байкальском регионе выявлено методом климадиаграмм по Вальтеру - Госсену, который выгодно отличается графической наглядностью. Так, если до развития процессов опустынивания (до 60-х годов XX в.) засушливый период длился соответственно в течение 54-59 дней, то с 70-х годов этот период становится длиннее на 13-18 дней. Примечательно возникновение осеннего аридидного периода, чего ранее не отмечалось. Видимо, по этой причине участились осенние пожары в забайкальских лесах.

На современном этапе потепления усиление аридизации продолжается, особенно это касается явления атмосферной засухи. Если в первые десятилетия изученного ряда интенсивность атмосферных засух оценивалась длительностью 16-24 дней, то в настоящее время только в весенний период засухи наблюдаются в течение 29 дней, а в совокупности с осенним – 37 дней, при засушливом периоде, равны 65 дням. Не менее чем на 20 дней, по сравнению с 30-60-ми годами, возросло число дней с активной температурой более 10°C.

Потепление климата и усиление аридности вызвали другое явление – опустынивание. Международная «Конвенция по борьбе с опустыниванием» (1994), подписанная более 170 странами мира, в том числе Российской Федерацией в 2003 г., определяет опустынивание как «деградацию земель в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия разных факторов, включая изменения климата и деятельность человека». Для оценки и картографирования процессов опустынивания предложена методика, разработанная международными организациями ФАО/ЮНЕП. Эта методика общепризнанна и с небольшими изменениями применяется во многих странах мира, в том числе и в России.

Выделяются типы, классы и аспекты опустынивания. Типы опустынивания – это типы деградации земель: водная эрозия, ветровая эрозия, засоление почв, коркообразование и уплотнение почв, сокращение органического вещества в почве, наличие токсичных веществ и деградация растительного покрова. Типы деградации земель рекомендуется оценивать по 4 классам опустынивания: слабое, умеренное, сильное и очень сильное. К аспектам опустынивания относятся: современное состояние (СС); темпы развития опустынивания или скорость процесса (ТО); внутренняя опасность опустынивания (ВОО), зависящая, в частности, от свойств ландшафта (характеризует его стабильность при деградации); влияние животных на окружающую среду (ВЖ), определяемое количеством выпасаемого скота на единице площади; влияние плотности населения (ПН), определяемое по числу жителей сельской местности на 1 км^2. Показатель суммарной опасности опустынивания (СОО) охватывает все аспекты опустынивания: СОО = СС + ТО + ВОО + ВЖ + ПН.

Степень влияния каждого аспекта определяется эмпирически и выражается в баллах. Приведенные критерии носят региональный характер и могут включать дополнительные характеристики.

Принято выделять климатическое и антропогенное опустынивание, хотя в чистом виде они встречаются крайне редко. Климатическое опустынивание – результат взаимодействия региональных процессов аридизации и деградации засушливых земель в климатической системе с положительной и отрицательной обратными связями альбедо-осадки (Золотокрылин, 2005). Засушливые, полузасушливые и сухие субгумидные земли включают районы (помимо полярных и субполярных районов), в которых отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации колеблется в диапазоне от 0.05 до 0.65 (Конвенция..., 1994). ГТК Селянинова включен в стандартный перечень индексов аридности. Видимо, причиной послужила простота вычислений.

Антропогенное опустынивание вызвано нерациональным использованием земель. Во второй половине XX века на равнинных полузасушливых и субгумидных землях России обозначились два субрегиона с доминированием антропогенной составляющей опустынивания: европейская часть общей площадью 657.9 тыс. км^2 и азиатская часть, охватывающая 1460 тыс. км^2 (Куст и др., 2002). Из антропогенных факторов опустынивания в настоящее время в европейском субрегионе продолжает преобладать деградация растительности под влиянием выпаса скота, а в азиатском субрегионе – и потеря плодородия почвы в результате распашки целинных и залежных земель.

Исследованиями в Байкальском регионе установлены региональные особенности опустынивания, причем А.И. Куликовым (Субрегиональная программа…, 2000) предложено пополнить список ФАО/ЮНЕП новым криогенным типом опустынивания, показаны масштабы, математико-статистические закономерности опустынивания и оценены риски (Убугунов и др., 2011). В степях Байкальского региона имеются все предпосылки для развития климатического опустынивания, а с учетом глобальных изменений и прогнозов потепления по аридному типу условия для климатического опустынивания становятся все более благоприятными.

Степи Байкальского региона составляют с одной стороны восточное крыло единого Евразийского пустынно-степного массива, а с другой - его северный форпост. Особое географическое положение повлекло за собой ряд специфических условий опустынивания. В частности, здесь опустынивание происходило и продолжает происходить в тесной сингенетической связи с периодическими фазами активизации песчаных арен, а последние – продукт никогда не затухающего на всем протяжении четвертичного периода жесткого перигляциального климата.

В Бурятии из 2293.8 тыс. га сельскохозяйственных угодий почти половина охвачена разными типами опустынивания (табл. 1). Особенно сильны деградационные процессы на пашне, 76% площади которой опустынивается. Пастбища и сенокосы сейчас занимают 1475.1 тыс. га, из которых 29% теряют биопродуктивность в результате опустынивания.

Из элементарных процессов опустынивания доминирует дефляционное разрушение почв. Также большое развитие получили водно-эрозионные явления, особенно на опесчаненных лёссах. Плоскостной смыв и оврагообразование охватывают склоны бортов большинства межгорных котловин, предгорные делювиально-пролювиальные поверхности, лишенные естественного растительного покрова в результате распашки, вырубок леса, перевыпаса скота. Сосновые мертвопокровные леса и степи на песках и лессовидных отложениях при хозяйственном освоении быстро разрушаются, теряют устойчивость и вызывают нарушение экологического баланса. Такие ландшафты развиты преимущественно в долинах рек.

Одним из следствий опустынивания является дегумификация почв. По нашим оценкам, к настоящему времени утеряно до 70% гумусного фонда и связанной с ним энергии. Разработаны прогностические модели дегумификации. По расчетам, количество связанной энергии в гумосфере региона составляет $1100 \cdot 10^{14}$ кДж, а ее валовые потери в результате опустынивания могут достигнуть $7 \cdot 10^{10}$ кДж. В настоящее время связывание углерода в результате фотосинтеза превышает его

промышленные выбросы, однако, это положительное сальдо может измениться в результате опустынивания. Если сейчас в гумосфере региона заключено $3.1 \cdot 10^9$ т С, то за счет дегумификации дополнительно в атмосферу уже поступило $2.2 \cdot 10^9$ т С, а к 2010 г. будет еще высвобождено только из каштановых почв Бурятии $20 \cdot 10^6$ т С.

Таблица 1. Масштабы опустынивания сельскохозяйственных угодий Республики Бурятия (тыс. га).
Table 1. Desertification of agricultural land in the Republic of Buryatia (thousand ha).

Типы опустынивания	Сельско-хозяйственные угодья	В том числе		
		пашня	сенокосы	пастбища
Дефляционный	338.8	239.5	5.5	93.8
Водно-эрозионный	237.4	170.2	3.6	63.6
Смешанный дефляция + эрозия	177.2	124.5	3.2	49.5
Галогеохимический	172.5	23.6	44.9	104.0
Модификация – осолонцевание	23.1	10.5	2.3	10.3
Гидроморфный	171.4	9.2	48.6	113.6
ИТОГО	1120.4/48.8*	577.5/76.0**	108.1	434.8

Примечание к таблице: * - процент от площади всех сельскохозяйственных угодий, равной 2293.8 тыс. га; ** - процент от всей площади пашни, равной 759.9 тыс. га. **Note to table:** * - the percent from all agricultural area, equal 2293.8 thousands hectares; ** -the percent from all cultivable area, equal 759.9 thousands hectares.

Другой источник парниковых газов − деградация карбонатного горизонта степных и сухостепных почв, испытывающих наибольшее опустынивание. В настоящее время в виде карбонатов в степных ландшафтах БР депонировано 3.6 млрд. т CO_2 или $982 \cdot 10^6$ т С. При прогнозируемой сработке карбонатов ожидается эмиссия в атмосферу порядка 10 млн. т С.

Криолитзона – самая отзывчивая система на изменения термодинамических условий Земли, т.к. сформировалась и функционирует в тесной зависимости от радиационно-теплового баланса. На потепление криолитзона реагирует сокращением ареала, повышением температуры и глубины сезонного протаивания (рис.).

В Байкальском регионе глубина сезонного протаивания за период 1909-2008 гг. увеличилась на открытых плакорах до 1-1.6 м (рис., кривые 2, 5, 7-9) под лесом – примерно на 0.2-0.25 м (рис., кривые 3, 6), в замкнутых слабо дренируемых депрессиях тренд нулевой или отрицательный (рис., кривые 1 и 4). Повышение температуры на реперной глубине (1.6 м) составляет 0.05-0.08°С/год, причем в ряде пунктов средняя годовая температура пересекает нулевой рубеж, т.е. новообразование мерзлоты становится практически невозможным. Байкальский регион среди других отличается наиболее форсированным растеплением мерзлоты.

Ожидаемые изменения климата и возможная реакция экосистем. Форсированное потепление вызвано в первую очередь ростом концентрации так называемых парниковых газов (пары H_2O, CO_2, CH_4, N_2O, тропосферный O_3, антропогенные галогенуглеводороды и др.), подпадающих под действие Монреальского протокола (1988). Важно, что многие газы являются долгоживущими: CO_2 – 100 лет, N_2O – 120 лет, а для некоторых малых газовых составляющих – 10-50 тыс. лет.

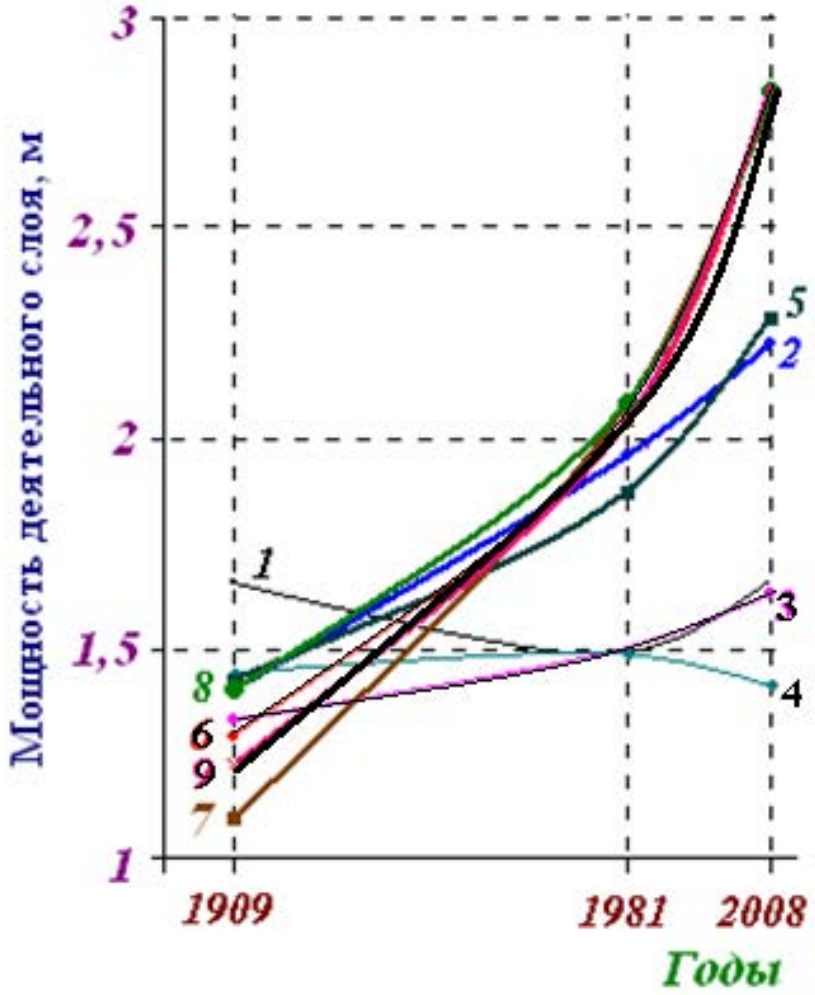


Рис. Увеличение мощности деятельного слоя в разных геосистемах многолетней криолитзоны. **Fig. 3.** Increase the capacity of the active layer in different geosystems of perennial permafrost zone.

Модели климата нового поколения, основанные на общей циркуляции атмосферы и климата (МОЦАО), показывают, что в XXI в. возможно как аридное, так и гумидное потепление. В Байкальском регионе, видимо, продолжится тенденция к увеличению $\Sigma t \geq 10^{o}$C в среднем на 9.4°C/10 лет и температуры июля порядка 0.6°C/10 лет. Это приведет к уменьшению коэффициента увлажнения и гидротермического коэффициента, к ускоренному окислению гумуса почв и падению урожайности яровых зерновых культур. Увеличение аридности подтверждается отрицательными трендами урожайности зерновых культур в Бурятии, Иркутской области, Забайкальском крае.

Расчеты по биоклиматической модели растительности Сибири (Чебакова и др., 2003), показали, что к 2090 г. при потеплении по аридному сценарию равновесная растительность будет характеризоваться сокращением ареала лесов в 2 раза и таким же ростом ареала опустыненных степей, сдвигом границы степей к северу на 10° и увеличением их площади на 30%. Это будет сопровождаться потерей флористического богатства, особенно на территориях, затронутых опустыниванием.

Существенные изменения произойдут в режиме секвестирования углерода. В настоящее время углеродный баланс почв России складывается с положительным сальдо, однако величина депонирования углерода в устойчивой к термодинамической обстановке земной поверхности форме, т.е. в форме гумуса невелика – только 0.05 Гт С/год (Заварзин, 2001). При этом запасы почвенной

органики России в конце XX в. составляли 300 Гт (Орлов и др., 1996), при стоках с опадом 4.4 и эмиссией при дыхании 4.3 Гт С/год.

По прогнозам, потепление вызовет дегумификацию степных почв, а в лесных, испытывающих недостаток тепла, наоборот, – усиление гумификации. Что касается мерзлотных почв, то при потеплении будет снижаться их криогидроморфность, гумификация не только усилится, но и приведет к глубоким преобразованиям с расширением представительства конденсированного гуминового комплекса в гумусе. Однако может произойти интенсивная сработка органогенных горизонтов (степной войлок, лесная подстилка, торфяной слой), что может запустить механизм положительной обратной связи, способствующий дальнейшей деградации многолетнемерзлых пород.

При потеплении в Байкальском регионе в ряде пунктов средняя годовая температура воздуха уже сейчас стала положительной, т.е. условий для сохранения мерзлоты не имеется. В перспективе ареал деградации мерзлоты еще более расширится. Так, ожидается повышение температуры мерзлоты примерно на 1.5-2°С и глубины сезонного протаивания на 25-50%. Расчетами по модели В.А. Кудрявцева (Общее мерзлотоведение…, 1978) получено, что при неизменных теплофизических свойствах (λ = 4.48 кДж/(м·ч·^{o}С – теплопроводность, C = 2095 кДж/м^{3}·^{o}С – теплоемкость, Q_{ϕ} = 98884 кДж/м^{3} – затраты тепла на протаивание почвы) и неизменной амплитуде температур повышение температуры до 0°С приведет к увеличению глубины протаивания до 3.8 м. Начиная с этого момента, слой сезонного протаивания становится столь мощным, что за холодный период перестает полностью промерзать. Остающаяся постоянно талой верхняя часть многолетнемерзлой толщи приводит к ее отрыву от поверхности и превращению в реликтовую форму, а мерзлотных почв – в сезонномерзлые (табл. 2).

Деградация мерзлоты может вызвать нарушение углеродного цикла. По некоторым оценкам, в почвах криолитозоны мира депонировано примерно 455 Гт С или 14% всего почвенного углерода. Баланс углерода околонулевой, почвенные функции нетто-стока и его источника сменяются по сезонам и годам. Повышение температуры и глубины протаивания почв, особенно мерзлотных болотных, может существенно сдвинуть баланс, превращая криолитозону в эмитет парниковых газов. Стоит напомнить также и о том, что лиственничники северо-востока Евразии, составляя 30-40% площади мировых хвойных лесов, связывают атмосферный углерод в количестве 480±200 млн. т С/год, а эмиссия почв и лесов высоких широт равняется 290 млн. т С/год, при вкладе почв более 70%.

После перехода Канады в число стран − эмитетов парниковых газов, Россия с ее крупнейшими массивами бореальных лесов и мерзлотных почв – объектов нетто-стока на Евразийском пространстве остается единственным мировым центром экологической стабилизации.

Таблица 2. Прогнозные изменения глубины сезонного протаивания почв при потеплении климата.
Table 2. Forecasted changes in seasonal thawing depth of soil the warming climate.

Физическая амплитуда температуры на поверхности почвы (Ao, oC)	Среднегодовая температура почвы (to, oC)	Глубина протаивания почвы (h, м)
15*	–3*	2.6*
	–2	3.0
	–1	3.4
	0	3.8

Примечание к таблице: * современные условия. **Note to table:** * the contemporary conditions.

Заключение

Потепление климата в Байкальском регионе происходит в более форсированном режиме, чем на всей территории России и Мира, о чем свидетельствуют более резко возрастающие тренды средней годовой температуры воздуха, особенно в последние 30-35 лет. Потепление вызвало ряд неблагоприятных экосистемных откликов, в частности происходит дальнейшая аридизация за счет усиления испаряемости. Это выразилось в увеличении частоты засух. При этом отмечен феномен осенних засух, не фиксируемых ранее. Аридизация усугубляется особым явлением холеричности степей как особой неустойчивости экологических процессов. Холеричность проявляется в росте вариабельности годовых сумм атмосферных осадков, которые по экстремумам (min-max) в экстраконтинентальной сухой степи Байкальского региона имеют беспрецедентно высокие значения. При потеплении повышается значение среднеквадратичного отклонения суммы осадков. Холеричность возрастает и в пространстве, что показано на примере увеличения дисперсии температуры воздуха для двух временных диапазонов вдоль оси Воейкова.

Опустынивание – еще один отклик экосистем на потепление. В Байкальском регионе современные и особенно прогнозируемые условия благоприятствуют климатическому опустыниванию. С учетом широкого развития многолетней криолитозоны предложено выделять особый тип криогенного опустынивания. Многолетняя криолитозона на потепление реагирует увеличением глубины сезонного протаивания, что сопровождается рядом негативных процессов. В перспективе возможна эволюция мерзлотных почв в сезонномерзлые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анисимов О.А., Лобанов В.А., Ренева С.А. 2007. Анализ изменений температуры воздуха на территории России и эмпирический прогноз на первую четверть XXI века // Метеорология и гидрология. № 10. С. 20-30.

Заварзин Г.А. 2001. Роль биоты в глобальных изменениях климата // Физиология растений. Т. 48. № 2. С. 306-3014.

Золотокрылин А.Н. 2005. Мониторинг климатической составляющей опустынивания // проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем / Под ред. Ю.А. Израэля. СПб. Т. XX. С. 105-123.

Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезные засухи и (или) опустынивание, особенно в Африке. 1994. Париж: ООН. 78 с.

Куст Г.С., Глазовский Н.Ф., Андреева В.А., Шевченко Б.П., Добрынин Д.В. 2002. Основные результаты по оценке и картографированию опустынивания в Российской Федерации // Аридные экосистемы. Т. 8. № 16. С. 7-27.

Общее мерзлотоведение (геокриология). 1978 / Под ред. В.А. Кудрявцева. М.: Изд-во МГУ. 463 с.

Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. 1996. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука. 256 с.

Субрегиональная программа по борьбе с опустыниванием для Республики Бурятия, Агинского Бурятского автономного округа и Читинской области. 2000. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН. 135 с.

Убугунов Л.Л., Куликов А.И., Куликов М.А. 2011. О применении технологии риск-анализа для оценки экологической опасности опустынивания (на примере Республики Бурятия) // Сибирский экологический журнал. №2. С. 239-249.

Чебакова Н.М., Рейнфельдт Дж., Парфенова Е.И. 2003. Перераспределение растительных зон и популяций лиственницы сибирской и сосны обыкновенной при потеплении климата // Сибирский экологический журнал. № 6. С. 677-686.

GLOBAL CLIMATE CHANGE AND ITS ECOSYSTEM CONSEQUENCES

© 2014. A.I. Kulikov, L.L. Ubugunov, A.Ts. Mangataev

Institute of General and experimental biology SB RAS
Russia, 670047 Ulan-Ude, Sakhyanovoi St., 6. E-mail: kul-an52@ mail.ru, ioeb@biol.bscnet.ru

Lists the main parameters of global warming. The warming in the Baikal region is more rapid than in Russia and in the World. The warming is accompanied by an ecosystem such reactions, as aridization and desertification. Having in mind the closeness of interlinks, including reverse warming (W), aridization (A) and desertification (D) are considered as a single system of WAD.
Keywords: climate, global change, aridization, desertification, the permafrost.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 14-32

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.581.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ НИЖНЕЙ ВОЛГИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ[1]

© 2014 г. Ж.В. Кузьмина*, С.Е. Трешкин**

**Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru
***Федеральное агентство научных организаций*
*Россия, 117218 Москва, ГСП-7, ул. Кржижановского, д. 15, корп. 2. E-mail: biost@*yandex.ru

=Поступила 19.10.2013

В бассейне Нижней Волги выявлены основные тенденции климатических изменений и их воздействия на динамику экосистем. Результаты получены на основании анализа многолетних метеорологических характеристик (средние, максимальные и минимальные температуры воздуха и суммы осадков по сезонам и годам) и установления предполагаемых изменений в наземных экосистемах и ландшафтах. Выявлены основные направления совокупного воздействия изменений влажностно-температурного режима в бассейне Нижней Волги и установлены общие направления динамики наземных экосистем в связи с этим.
Ключевые слова: температуры воздуха, сумма осадков, климатические изменения, пойменные экосистемы, динамика растительности.

С конца 70-х годов XX века проблема климатических изменений в мире стала общемировой, поскольку изменения климата сильно воздействуют на окружающую среду (Climate change 2013, Оценочный доклад …, 2008). Основная часть серьезных ученых считает климатические изменения следствием естественных, не зависящих от человека, причин. Принимая во внимание увеличение поступления к земле космической радиации и наличие вековых и тысячелетних климатических флуктуаций, видимо следует согласиться с данным мнением. Однако, не нужно также полностью сбрасывать со счетов антропогенное влияние на климат, особенно, в больших городах. Сегодня известно, что факторы косвенного или регионального антропогенного воздействия (изменение гидрологического режима рек и обводненности прилегающих территорий) способствуют полной замене одних экосистем на другие, причем заменяющие естественные, т.н. новые возникающие экосистемы, как правило, менее хозяйственно значимые, менее разнообразные и обладают низкой продуктивностью (Kouzmina, 2004; Kouzmina et al., 2005; Кузьмина и др., 2004). 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, водное).

Материалы и методы

Изучение климатических изменений выполнялось с целью дальнейшей оценки их воздействия на природные экосистемы. В связи с этим, учитывая, что температурный и влажностный режим

[1] Работа выполнена в рамках темы 1.3 фундаментальных исследований ИВП РАН “Разработка научных основ теории формирования качества вод суши, методов исследования динамики водных и наземных экосистем, совершенствование комплексного мониторинга водных объектов“ (2013 г.), а также федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» по научному обоснованию мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы.

определяют жизненные циклы биоты, анализу подвергались именно эти показатели. Различные организмы обладают разной толерантностью к изменению условий среды обитания, а некоторые имеют значительную пластичность в приспособляемости к экстремальным гидрологическим и климатическим явлениям, которые были выработаны у них в процессе эволюции в связи со значительными климатическими и гидрологическими флуктуациями. Все это указывает нам, что для живых организмов основными показателями являются средние величины метеорологических и гидрологических характеристик, а их экстремальные значения определяют лишь предельно допустимые максимальные и минимальные показатели основных лимитирующих факторов среды, которые определяют диапазон выживания тех или иных организмов. Учитывая это, исследовались лишь средние и абсолютные минимальные и максимальные величины основных метеорологических характеристик в многолетнем аспекте для 8-ми метеостанций (Армавир, Элиста, Яшкуль, Лагань, Астрахань, Верхний Баскунчак, Волгоград, Эльтон) бассейна Нижней Волги (рис. 1), входящих в систему Всемирной метеорологической организации (ВМО). В данной работе анализировались суточные данные метеостанций Росгидромета (рис. 1) за период с момента их открытия по 2012 г. включительно. Данные метеостанции имеют непрерывные суточные, длительные, выверенные и корректные ряды значений метеорологических показателей (осадков и температуры).

Рис. 1. Расположение метеостанций в бассейне Нижней Волги, для которых был проведен анализ трендов основных метеорологических характеристик за многолетний (с момента открытия станции) период наблюдений суточного разрешения. Условные обозначения: черные квадраты – месторасположение метеостанций, входящих в состав ВМО: Армавир, Элиста, Яшкуль, Лагань, Астрахань, Верхний Баскунчак, Волгоград, Эльтон. **Fig. 1.** Location of the meteostations in the basin of the Lower Volga, for which the trends of long-term meteorological characteristics of diurnal course (since the opening of the station) were analyzed. Legend: black squares - the location of weather stations, members of the WMO: Armavir, Elista, Yashkul, Lagan, Astrakhan, Upper Baskunchak, Volgograd, Elton.

Климатические изменения определялись на основе выявления достоверных трендов основных метеорологических характеристик (средних, максимальных и минимальных температур воздуха и суммарных атмосферных осадков) за многолетний (от 54 до 174 лет) период (рис. 2, табл. 1,) по стандартной методике, рассмотренной подробно в более ранних работах (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Кузьмина и др., 2011).

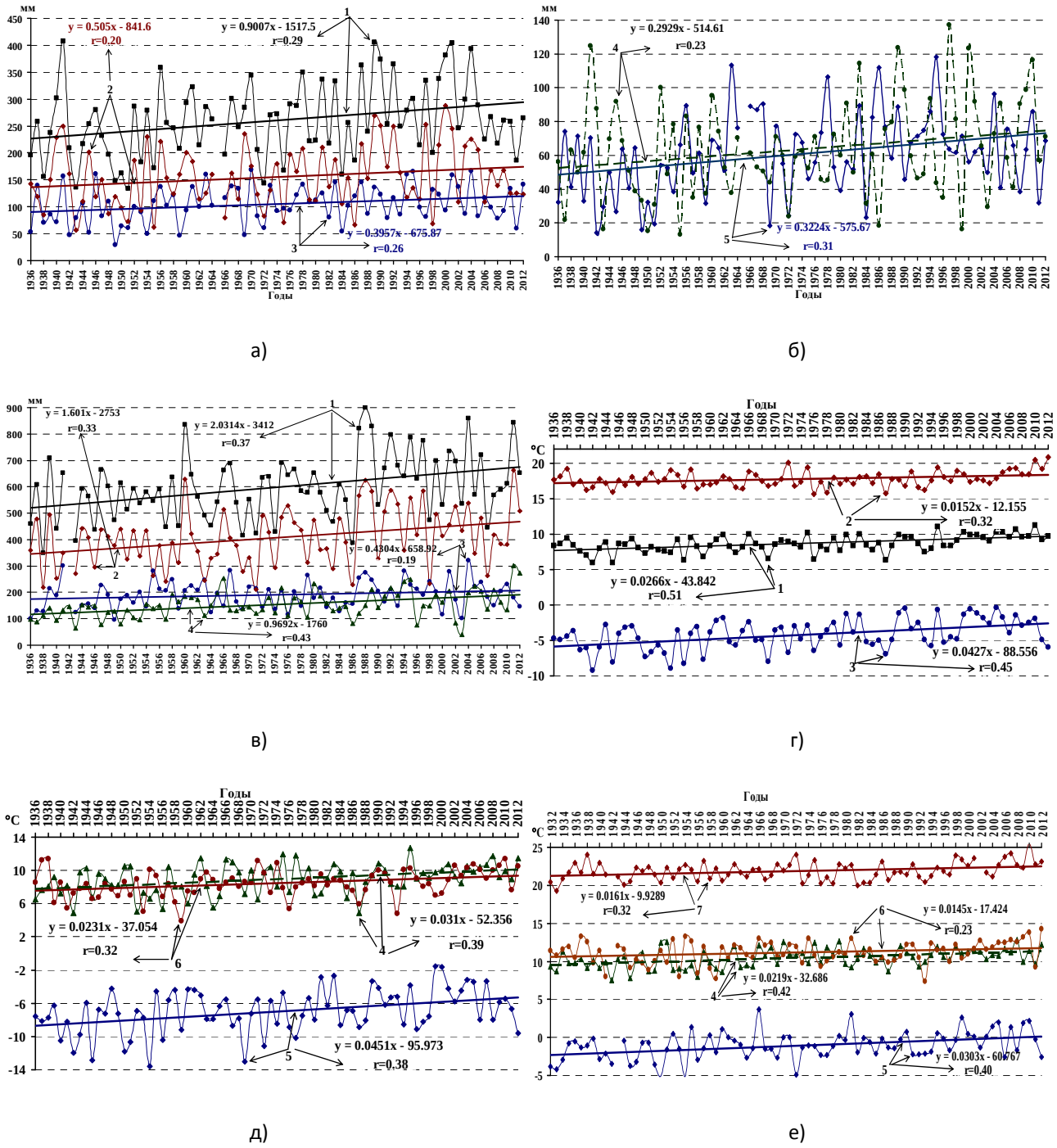


Рис. 2. Динамика изменения суммарного количества выпадающих атмосферных осадков (а-в) и средней температуры воздуха (г-е) за многолетний период по метеостанциям Верхний Баскунчак (а, б, г, д) и Армавир (в, е). Условные обозначения: фактические данные с их линейными трендами, формулами и коэффициентами корреляции: 1 – для полного годового периода (1-12 месяцы), 2 – для теплого полугодия (4-10 месяцы), 3 – для холодного полугодия (1-3, 11-12 месяцы), 4 – для весны (3-5 месяцы), 5 – для зимы (1-2, 12 месяцы), 6 – для осени (9-11 месяцы), 7 – для лета (6-8 месяцы). **Fig. 2.** Change in the total amount of atmospheric precipitation (a-c) and average air temperature (r-e) for the long-term period based on data from meteorological stations Upper Baskunchak (a, b, g, d) and Armavir (b, e). Legend: evidence from their linear trends, formulas and coefficients of correlation: 1 - for the full year period (1-12 months), 2 - for the warm half of the year (4-10 months), 3 - cold half (1-3, 11-12 months), 4 - for spring (3-5 months), 5 - for the winter (1-2, 12 months), 6 - for autumn (9-11 months), 7 - for the summer (6-8 months).

Таблица 1. Анализ трендов многолетних изменений годовых значений атмосферных осадков и температуры воздуха в регионе Нижней Волги (фрагмент таблицы). **Table 1.** Trend analyse of long-term changes of annual values of precipitation and air temperature in the region of the Lower Volga (detail table).

Метеостанция	Значение (год, полугодие, сезон)	Осадки, мм									Средняя t°C воздуха							Индекс Педя		Минимальная t°C воздуха							Максимальная t°C воздуха						
		Период	Кол-во лет	Тренд	r[1]	α[2]	Среднее[3]	Δ[4]	% от ср.[5]	% от ампл.[6]	Кол-во лет	Тренд	r	α	Среднее	Δ	% от ампл.	$И_{педя1}$[7]	$И_{педя2}$[8]	Кол-во лет	Тренд	r	α	Абс.мин.[3]	Δ	% от ампл.	Кол-во лет	Тренд	r	α	Абс.макс.[3]	Δ	% от ампл.
ВОЛГОГРАД, 48° 41' с.ш., 44° 21' в.д., 134 м БС, № ВМО 34561	Годовое (1-12)	1938 (1881 [9]) - 2012	67	+	**0.40**	0.001	**370.6**	**145.5**	**39.3**	**28.9**	128	+	**0.43**	0.001	**8.0**	**1.6**	**30.4**	1.3	0.1	71	+	**0.30**	0.05	**-25.8**	**4.4**	**19.9**	67	+	0.19	н	34.6	-	-
	Тепл.п. (4-9)		68	+	**0.21**	0.10	**184.5**	**57.1**	**31.4**	**16.7**	128	+	**0.18**	0.05	**18.4**	**0.7**	**11.6**	**3.8**	0.4	67	+	**0.42**	0.001	**-0.1**	**3.2**	**29.6**	67	+	0.19	н	34.6	-	-
	Холод.п. (1-3;10-12)		68	+	**0.41**	0.001	**186.5**	**93.2**	**50.0**	**33.3**	128	+	**0.43**	0.001	**-2.5**	**2.5**	**34.8**	**2.8**	**3.5**	71	+	**0.30**	0.05	**-25.8**	**4.4**	**19.9**	67	+	**0.22**	0.10	**21.6**	**1.4**	**15.1**
	Весна (3-5)		70	+	**0.19**	0.15	**89.4**	**26.3**	**29.4**	**15.5**	128	+	**0.32**	0.001	**8.0**	**2.0**	**22.8**	-0.2	0.0	69	+	**0.38**	0.01	**-12.0**	**4.4**	**30.8**	66	+	**0.21**	0.10	**24.4**	**1.4**	**15.2**
	Лето (6-8)		67	+ (0)	0.07	н	94.3	-	-	-	128	+ (0)	0.04	н	22.8	-	-	0.0	0.0	68	+	**0.38**	0.01	**12.9**	**1.8**	**24.8**	67	+	0.19	н	34.6	-	-
	Осень (9-11)		68	+	**0.29**	0.05	**88.4**	**34.7**	**39.3**	**25.3**	130	+	**0.16**	0.10	**8.2**	**0.8**	**9.2**	**2.1**	**2.6**	69	+ (0)	0.06	н	-9.6	-	-	67	+ (0)	0.09	н	29.8	-	-
	Зима (1-2; 12)		68	+	**0.44**	0.001	**97.0**	**69.3**	**71.5**	**34.2**	129	+	**0.40**	0.001	**-7.3**	**3.4**	**28.5**	**2.7**	**3.5**	70	+	**0.30**	0.05	**-25.8**	**4.4**	**19.9**	67	+	**0.27**	0.05	**7.9**	**1.8**	**16.6**
	Тепл.п. (5-10)		68	+	**0.22**	0.10	**185.8**	**53.0**	**28.5**	**14.7**	128	+ (0)	0.09	н	18.2	-	-	-0.8	-1.6	67	+	**0.59**	0.001	**-1.1**	**4.2**	**46.8**	67	+	0.19	н	34.6	-	-
	Холод.п. (1-4; 11-12)		68	+	**0.44**	0.001	**182.9**	**97.8**	**53.4**	**40.8**	129	+	**0.45**	0.001	**-2.4**	**2.9**	**32.6**	**2.3**	**3.4**	71	+	**0.30**	0.05	**-25.8**	**4.4**	**19.9**	68	+	**0.36**	0.01	**14.2**	**2.4**	**26.3**
	Тепл.п. (4-10)		68	+	**0.24**	0.05	**240.1**	**65.0**	**30.9**	**18.1**	128	+	**0.19**	0.05	**16.9**	**0.7**	**12.2**	**4.3**	**1.2**	69	+	**0.61**	0.001	**-1.1**	**4.0**	**45.4**	67	+	0.19	н	34.6	-	-
	Холод.п. (1-3; 11-12)		69	+	**0.45**	0.001	**156.2**	**93.7**	**60.0**	**37.7**	129	+	**0.42**	0.001	**-4.5**	**2.9**	**32.6**	**2.2**	**3.4**	71	+	**0.30**	0.05	**-25.8**	**4.4**	**19.9**	64	+	**0.31**	0.01	**11.9**	**2.1**	**26.8**

Примечания к таблице 1. 1) **r**[1] – коэффициент корреляции линейного тренда с кривыми фактических многолетних значений осадков и температур воздуха; 2) α^2 – значимость коэффициентов корреляции; 3) **среднее, абс. мин., абс.макс**.[3] – средние, абсолютные минимальные и абсолютные максимальные температуры воздуха, а также среднее количество суммарных атмосферных осадков за многолетний период по фактическим данным; 4) Δ^4 – модуль изменения величины фактического значения за рассматриваемый период, высчитанный на основании тренда; 5) **% от ср.**[5] – показатель доли изменения фактических средних значений осадков, рассчитанный как отношение модуля изменения к модулю среднего значения параметра в %; 6) **% от ампл.**[6] – показатель доли изменения фактических средних значений осадков, рассчитанный как отношение модуля изменения параметра к модулю амплитуды колебания фактических значений этого параметра в многолетнем аспекте, выраженное в %; 7) $\mathbf{И_{Педя\ 1}}$[7] – индекс засушливости Д.А. Педя (1); 8) $\mathbf{И_{Педя\ 2}}$[8] – модифицированный индекс засушливости Д.А. Педя (2); 9) в скобках даны значения начальных годов периодов, используемых при анализе выборок данных для: средней температуры воздуха – **(1881 [9])**, если эти периоды различны для совокупности анализируемых метеорологических характеристик; 10) жирным шрифтом выделены значения показателей для трендов с достоверными (значимыми) коэффициентами корреляции. **Notes to table 1.** 1) **r**[1]- correlation coefficient of the linear trend with the curves of the actual precipitation values and air temperature; 2) α^2 - the significance of the correlation coefficients; 3) **среднее, абс. мин., абс.макс**.[3] - average, the absolute minimum and maximum air temperatures, average amount of total precipitation over many years based on actual data; 4) Δ^4 - unit change of the actual value for the period, calculated on the basis of the trend; 5) **% от ср.**[5] - an indicator of changes in the proportion of the actual average values of precipitation, calculated as the ratio of the module to the module changes of the average value of the parameter in %; 6) **% от ампл.**[6]- an indicator of changes in the proportion of the actual average values of precipitation, calculated as the ratio of the modulus of the parameter module of the amplitude fluctuations of the actual values of this parameter in the long-term aspect, expressed in%; 7) $\mathbf{И_{Педя\ 1}}$[7] - index of aridity D.A. Pedya (1); 8) $\mathbf{И_{Педя\ 2}}$[8] - a modified index of aridity DA Pedya (2); 9) data given in brackets is the values of the initial years of periods used in the analysis of data samples for: average air temperature - **(1881 [9])**, if these periods are different for the set of analyzed meteorological characteristics; 10) in bold values for trends with significant correlation coefficients.

Для выявления возможных изменений в динамике распределения теплых и холодных полугодий в годовом цикле анализировались их различные по длительности периоды таким образом, что помимо стандартных полугодий оценивались также теплые и холодные полугодия другой длительности (табл. 1), т.е. дополнительно еще для теплого полугодия с 5-го по 10-й месяц и с 4-го по 10-й месяц отдельно, а также аналогично для двух холодных полугодий (1-4, 11-12 месяцы и 1-3, 11-12 месяцы).

Анализ динамических изменений основных климатических характеристик (осадков и температуры) и сравнительная оценка величины многолетней динамики температуры воздуха (а также осадков) проводились с использованием относительного коэффициента изменений – ОКИ (Кузьмина, 2007) выраженного в % (% амп., табл. 1), который отражает отношение модуля изменения температуры (или осадков) за многолетний период к амплитуде колебания этой температуры (или осадков), выраженное в %. ОКИ представляет собой 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 (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Кузьмина и др., 2011).

Совокупное действие трендов и одновременного воздействия изменений климатических характеристик (температуры и осадков) оценивалось на основе *индекса засушливости Д.А. Педя* (Переведенцев и др., 2008), поскольку в него входят значения температуры и осадков в нормированном виде, позволяющие объективно сравнивать тенденции различных станций и сезонов. Первоначально рассчитывался *индекс Д.А. Педя (1)* по отношению к базовому периоду 1961-1990 гг.:

$$И_{Педя1.} = \frac{\Delta t_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta p_i}{\sigma_p},$$

где *Δt* и *Δp* – аномалии средней температуры воздуха и осадков тренда (аномалии – отклонения от средних фактических величин базового периода 1961-1990 гг.), а σ_t и σ_p– среднеквадратические отклонения средней температуры воздуха и осадков**.** Затем, оценивались также значения этого индекса по отношению к среднему уровню за полный период инструментальных наблюдений для каждой из станций, для чего был рассчитан *модифицированный индекс засушливости Д.А. Педя (2)*:

$$И_{Педя2} = \frac{\Delta T_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta P_i}{\sigma_p},$$

где *ΔT* и *ΔP* – отклонение от среднего уровня средней температуры воздуха и суммы осадков за весь многолетний период наблюдений (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Кузьмина и др., 2011). С помощью этих индексов (1 и 2) характеризовались условия как влагообеспеченности, так и теплообеспеченности, поскольку итогом являлись знакопеременные величины. В целом, положительным значениям индексов соответствовали засушливые периоды с повышением термического режима, а отрицательным – влажные – с усилением холодов. Атмосферная засуха формируется при значениях индекса $И_{Педя} \geq 2$, а если $И_{Педя} \leq -2$, то отмечаются условия с избыточным увлажнением (Переведенцев и др., 2008). При $-2 < И_{Педя} < 2$ погодные условия считались нормальными или со слабой аномальностью. Однако, для зимних периодов индекс Педя рассчитывался по той же формуле с заменой при этом знака “-“ на знак “+” (Переведенцев и др., 2008). Теплой и многоснежной зима считалась при $И_{Педя} > 2$, а холодной и малоснежной – при $И_{Педя} < 2$.

Результаты и обсуждение

Многолетняя динамика атмосферных осадков и температуры воздуха в бассейне Нижней Волги. Для суммарных атмосферных осадков величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.19 (весна в Волгограде) до +0.45 (холодное полугодие (1-3, 11-12 месяцы) в Волгограде, табл. 1), а значения фактических изменений колеблются в пределах от 12.5 мм (для зимы в Лагани) до 154.4 мм для (в целом за год для Армавира; здесь и далее учитываются изменения величин параметров только при значимых коэффициентах корреляции; табл. 2), притом, что в среднем: за год осадки (для всех станций кроме Эльтона и Астрахани) увеличились на 99.3 мм и для весны (для всех станций кроме Эльтона) – на 39.3 мм. При этом летом значимое увеличение выпадение осадков на всех станциях не отмечалось вовсе, а осенью небольшое увеличение отмечалось только для двух станций (Элиста и Волгоград) – в среднем на 33.2 мм. В тоже время зимой значимое повышение осадков отмечалось только для половины метеостанций (Лагань, Эльтон, Верхний Баскунчак, Волгоград) – в среднем на 35.4 мм.

Кроме того, для шести из восьми метеостанций (исключая Эльтон и Астрахань) для двух анализируемых теплых полугодий (4-9 и 4-10 месяцы) также наблюдается увеличение выпадения атмосферных осадков, в среднем на 61.7 и 56.9 мм соответственно, что связано с их повышением в весенний сезон. При этом увеличение выпадения осадков наблюдается и в различные анализируемые холодные полугодия (табл. 3), в среднем на 51.8 мм, в основном за счет повышения их выпадения зимой.

Таким образом, значимые достоверные тренды за различные периоды в многолетнем распределении выпадения суммарных атмосферных осадков (годовых, за различные полугодия и сезонных) выявлены для всех восьми анализируемых станций бассейна Нижней Волги и все они положительные (отрицательные тренды отсутствуют). Положительные тренды годовых сумм осадков установлены для 6 метеостанций. Для двух метеостанций (Астрахань и Эльтон), несмотря на отсутствие многолетних годовых трендов осадков, выявлены их достоверные тренды для одного из сезонов года – весны (r=+0.20 и зимы (r=+0.19) соответственно. Из 88 анализируемых кривых многолетних изменений выпадения атмосферных осадков для различных временных периодов восьми метеостанций бассейна Нижней Волги, более половины (49) имели значимые достоверные тренды их повышения.

При этом, для всех метеостанций основной тенденцией в сезонном перераспределении осадков является их безусловное повышение весной (3-5) и по большей части зимой (1-2, 12).

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции для многолетних изменений суммарных атмосферных осадков и средней температуры воздуха по восьми метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Table 2.** The values of correlation coefficients for the long-term changes of total precipitation and mean air temperature for the eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	**r осадков**								**r средней t°C воздуха**							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8 .Эльтон
Годовое (1-12)	**0.37**	**0.31**	**0.28**	**0.41**	0.13	**0.29**	**0.40**	0.09	**0.45**	**0.50**	**0.54**	**0.52**	**0.37**	**0.51**	**0.43**	**0.43**
Тепл. п. (4-9)	**0.34**	**0.20**	**0.20**	**0.33**	0.11	**0.25**	**0.21**	0.00	**0.35**	**0.32**	**0.45**	**0.48**	**0.26**	**0.23**	**0.18**	**0.18**
Холод. п. (1-3, 10-12)	0.17	**0.31**	0.17	**0.28**	0.12	0.15	**0.41**	0.13	**0.42**	**0.43**	**0.43**	**0.40**	**0.33**	**0.50**	**0.43**	**0.39**
Тепл. п. (4-10)	**0.33**	**0.24**	**0.22**	**0.36**	0.14	**0.20**	**0.24**	0.00	**0.38**	**0.35**	**0.49**	**0.58**	**0.24**	**0.32**	**0.19**	**0.22**
Холод. п. (1-3, 11-12)	**0.19**	**0.27**	0.17	**0.24**	0.09	**0.26**	**0.45**	0.13	**0.40**	**0.40**	**0.37**	**0.32**	**0.34**	**0.45**	**0.42**	**0.39**
Тепл. п.(5-10)	**0.30**	**0.23**	0.13	**0.31**	0.11	0.18	**0.22**	0.04	**0.35**	**0.29**	**0.47**	**0.60**	0.11	**0.27**	0.09	0.16
Холод. п. (1-4, 11-12)	**0.24**	**0.28**	**0.33**	**0.34**	0.12	**0.30**	**0.44**	0.07	**0.44**	**0.43**	**0.40**	**0.33**	**0.40**	**0.48**	**0.45**	**0.42**
Весна (3-5)	**0.43**	**0.28**	**0.36**	**0.36**	**0.20**	**0.23**	**0.19**	0.14	**0.42**	**0.37**	**0.41**	**0.35**	**0.37**	**0.39**	**0.32**	**0.29**
Лето (6-8)	0.15	0.00	0.01	0.21	0.06	0.14	0.07	0.14	**0.32**	**0.25**	**0.40**	**0.45**	**0.13**	0.12	0.04	0.09
Осень(9-11)	0.15	**0.27**	0.05	0.04	0.02	0.14	**0.29**	0.05	**0.23**	**0.24**	**0.28**	**0.44**	0.00	**0.32**	**0.16**	**0.22**
Зима(1-2, 12)	0.08	0.12	0.03	**0.22**	0.01	**0.31**	**0.44**	**0.19**	**0.40**	**0.38**	**0.31**	**0.22**	**0.32**	**0.38**	**0.40**	**0.34**

Примечания: жирным крупным шрифтом выделены достоверные значимые коэффициенты корреляции; различными тонами выделены графы ячеек для теплых и холодных периодов и годового цикла. **Notes:** bold large print allocated reliable significant correlation coefficients; different tones highlighted columns of cells for warm and cold periods and the annual cycle.

Таблица 3. Модуль изменения суммарных атмосферных осадков (в мм) и средней температуры воздуха (в °С) по трендам за многолетний период для восьми метеостанций бассейна Нижней Волги. **Table 3.** Module change of total precipitation (mm) and mean air temperature (in C) on trends over many years for the eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	Модуль изменения осадков, мм								Модуль изменения средней температуры воздуха, °С							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8 .Эльтон
Годовое (1-12)	154	81	57	90	-*	68	145	-	1.5	1.8	2.0	1.6	1.2	2.0	1.6	1.6
Тепл. п. (4-9)	118	45	37	69	-	44	57	-	1.2	1.1	1.6	1.3	0.8	0.9	0.7	0.7
Холод. п. (1-3, 10-12)	-	48	-	30	-	19	93	-	2.0	2.5	2.4	1.9	1.7	3.2	2.5	2.7
Тепл. п. (4-10)	122	56	42	76	-	38	65	-	1.2	1.2	1.7	1.6	0.7	1.2	0.7	0.8
Холод. п. (1-3, 11-12)	33	36	-	23	-	30	94	-	2.0	2.6	2.3	1.7	2.0	3.2	2.9	2.9
Тепл. п.(5-10)	108	47	-	58	-	31	53	-	1.2	1.0	1.7	1.7	-	1.0	-	-
Холод. п. (1-4, 11-12)	47	44	33	39	-	38	98	-	2.0	2.5	2.2	1.6	2.2	3.0	2.9	2.7
Весна (3-5)	74	42	47	49	22	22	26	-	1.8	1.9	2.2	1.6	2.0	2.4	2.0	2.0
Лето (6-8)	-	-	-	-	-	-		-	1.3	1.1	1.7	1.5	0.4	-	-	-
Осень(9-11)	-	32	-	-	-	-	35	-	1.2	1.2	1.5	2.1	-	1.8	0.8	1.2
Зима(1-2, 12)	-	-	-	13	-	25	69	23	2.4	3.0	2.5	1.4	2.5	3.4	3.4	3.1

Примечание: * - изменения отсутствуют, поскольку коэффициенты трендов незначимы. **Notes**: * - no changes as the trends are not significant.

Таким образом, выявлена тенденция заметного значимого увеличения выпадения атмосферных осадков за год для бассейна Нижней Волги, причем нигде не отмечена тенденция к их снижению. Это значимое увеличение годовой суммы осадков происходит как за счет теплого, так и за счет холодного полугодий, что связано с их сезонным повышением весной и зимой.

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* многолетнего распределения суммарных атмосферных осадков (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые достоверные изменения произошли в 57% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом основная доля (82% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальные и максимальные значения ОКИ составляют 10% и 8% соответственно от всех установленных трендов изменения осадков. Таким образом, можно сказать, что тенденция увеличения выпадения атмосферных осадков более-менее характерна для региона Нижней Волги. При этом наблюдающееся повышение в выпадении атмосферных осадков в общем происходит на одну треть (табл. 4).

Для *средних температур воздуха* (среднегодовых, средних для различных холодных/теплых полугодий, а также весеннего, летнего, осеннего и зимнего сезонов года) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.13 (лето в Астрахани) до +0.60 (теплое полугодие (5-10 месяцы) в Лагани), т.е. все они положительные. При этом значимое повышение средних значений температур воздуха зафиксировано от 0.4°С (лето в Астрахани) до 3.4°С (зима в Верхнем Баскунчаке и в Волгограде), а в среднем для всех анализируемых временных периодов – на 1.8°С.

В многолетнем распределении средней температуры воздуха (среднегодовой, средней по полугодиям, а также по отдельным сезонам года) установлены только положительные достоверные тренды. Отрицательные значения отсутствуют даже для незначимых коэффициентов корреляции трендов многолетних изменений средних температур воздуха. Лишь для семи из 88 анализируемых кривых изменений средних температур воздуха не выявлены достоверные положительные тренды.

Таким образом, преобладающей тенденцией в многолетнем распределении средних температур воздуха в бассейне Нижней Волги является стабильное повышение среднегодовых значений температуры воздуха (в среднем по всем станциям r=+0.38) от +0.37 (в Астрахани) до +0.54 (в Яшкуле; табл. 2), которое происходит за счет потепления воздуха как в холодные (в среднем по всем станциям для всех холодных полугодий r=+0.38+0.42), так и в теплые полугодия (в среднем по всем станциям для всех теплых полугодий r=+0.28+0.34; табл. 2). При этом фактическое повышение средней температуры воздуха в среднем по всем 8-и анализируемым метеостанциям составило: в целом за год – на 1.7°С (от 1.2°С до 2.0°С), за основные теплое (4-9) и холодное полугодие (1-3, 10-12) – на 1.0°С (от 0.7°С до 1.6°С) и на 2.1°С (от 1.7°С до 3.2°С) соответственно, за одно из альтернативных теплых (4-10) и холодных (1-3, 11-12) полугодий – на 1.1°С (от 0.7°С до 1.7°С) и на 2.5°С (от 1.7°С до 3.3°С) соответственно, за другие альтернативные теплое (5-10) и холодное (1-4, 11-12) полугодие – на 1.3°С (от 1.0°С до 1.7°С) и на 2.3°С (от 1.6°С до 3.1°С) соответственно, за весну (3-5) – на 1.8°С (от 1.6°С до 2.4°С), за лето (6-8) – на 1.2°С (от 0.4°С до 1.7°С), за осень (9-11) – на 1.2°С (от 0.8°С до 2.1°С), за зиму (1-2, 12) – на 2.7°С (от 1.4°С до 3.4°С; табл. 3).

В сезонном изменении средних температур за многолетний период значимое повышение средней температуры воздуха не выявлено летом для трех метеостанций, находящихся в северной части бассейна Нижней Волги (Эльтон, Верхний Баскунчак и Волгоград) и осенью – для одной метеостанции (Астрахань), в связи с чем, в один из альтернативных теплых полугодий (5-10) коэффициенты корреляций установленных трендов для Астрахани, Эльтона и Волгограда оказались незначимыми (табл. 2).

Таким образом, установлена основная тенденция повышения среднегодовой температуры воздуха в бассейне Нижней Волги, которая происходит как за счет холодного полугодия, так и за счет теплого полугодия. При этом повышения температур в холодное полугодие по абсолютным значениям в два раза больше, чем в теплое полугодие. Повышение средних температур воздуха происходит также во все сезоны года, однако, основная доля его приходится на зимний (на 2.7°С) и весенний (на 1.8°С) сезоны, поскольку летом и осенью повышение средних температур в два раза ниже (только на 1.2°С).

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* средних температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые

достоверные изменения произошли в 91% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом более половины (51% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальных значений ОКИ значительно меньше (9%), чем максимальных (35%). Таким образом, можно сказать, что повышение средних температур воздуха здесь безусловно и повсеместно как для общего годового цикла, так и для отдельных периодов и сезонов года, а сами эти изменения достигают в общем от одной трети до половины от возможных (табл. 4).

Таблица 4. Относительный коэффициент изменений (ОКИ, %) динамики суммарных атмосферных осадков и средней температуры воздуха за многолетний период по восьми метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Table 4.** Relative rate of change (RRC, %) of the dynamics of the total precipitation and mean air temperature for a long period of eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	ОКИ осадков								ОКИ средней температуры воздуха							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8 .Эльтон
Годовое (1-12)	28	28	22	29	-	25	29	-	31	37	41	42	20	38	30	33
Тепл. п. (4-9)	26	15	16	23	-	21	17	-	24	25	28	36	14	17	12	13
Холод. п. (1-3, 10-12)	-	24	-	16	-	11	33	-	30	35	35	33	26	42	35	35
Тепл. п. (4-10)	27	18	19	26	-	17	18	-	28	24	28	41	13	22	12	16
Холод. п. (1-3, 11-12)	15	18	-	12	-	22	38	-	28	32	27	24	25	37	33	31
Тепл. п.(5-10)	26	17	-	21	-	15	15	-	25	21	28	47	-	17	-	-
Холод. п. (1-4, 11-12)	20	21	24	23	-	26	41	-	29	33	29	29	29	36	33	31
Весна (3-5)	28	21	31	23	15	18	15	-	34	30	25	30	27	30	23	22
Лето (6-8)	-	-	-	-	-	-	-	-	21	17	24	29	8	-	-	-
Осень(9-11)	-	20	-	-	-	-	25	-	17	17	21	33	-	24	9	16
Зима(1-2, 12)	-	-	-	17	-	24	34	10	28	28	22	16	23	28	29	24

Примечание: * - изменения отсутствуют, поскольку коэффициенты трендов незначимы. **Notes**: * - no changes as the trends are not significant.

ОКИ: – 0.1-14%, – 15-30%, – 31-50%.

На изменения климата Юго-Востока России в сторону потепления и большего увлажнения за счет холодного периода указывает также Т.Б. Титкова (2006).

Для *абсолютных минимальных температур воздуха* (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от -0.17 (лето в Астрахани) до +0.68 (лето в Яшкуле), а минимальным по модулю значимым коэффициентом корреляции здесь является +0.16 (весна в Астрахани, табл. 5). При этом единственное понижение (на 1.2°С) среди всех анализируемых периодов для абсолютных минимальных температур воздуха отмечено только для летнего сезона в Астрахани. Остальные значимые и незначимые изменения в многолетнем аспекте абсолютных минимальных температур воздуха касаются только их повышения. Все остальные значимые повышения абсолютных минимальных температур воздуха за все анализируемые периоды достигают в среднем для всех анализируемых метеостанций значения в 3.6°С, т.е. лежат в пределах изменений от 1.2°С до 7.9°С.

Для всей территории бассейна Нижней Волги установлено значимое повышение абсолютных минимальных температур воздуха как в теплое полугодие, так и в целом за год (т.е. за холодное полугодие), при этом практически повсеместно (исключая лето в Астрахани) отсутствует тенденция к их понижению. Основные тенденции повышения абсолютных минимальных температур воздуха в

бассейне Нижней Волги очень схожи с тенденциями изменений средних температур воздуха. Изменения происходят как во все холодные (для всех 8-и метеостанций: r_{av}=+0.27, r_{max}=+0.38, r_{min}=+0.18), так и во все теплые (для всех 8-и метеостанций: r_{av}=+0.36, r_{max}=+0.61, r_{min}=+0.18) полугодия, однако в холодные полугодия они больше по своим значениям (табл. 5). В сезонном изменении абсолютных минимальных температур воздуха преобладает безусловное повышение весной (для всех 8-и метеостанций: r_{av}=+0.33, r_{max}=+0.40, r_{min}=+0.16), зимой (для 7-и метеостанций: r_{av}=+0.27, r_{max}=+0.38, r_{min}=+0.18), летом (для 5-и метеостанций: r_{av}=+0.41, r_{max}=+0.68, r_{min}=+0.25) и отчасти осенью (для половины метеостанций: r_{av}=+0.24, r_{max}=+0.30, r_{min}=+0.19).

Таблица 5. Значения коэффициентов корреляции для многолетних изменений абсолютных минимальных и максимальных температур воздуха по восьми метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Table 5.** The values of correlation coefficients for the long-term changes of the absolute minimum and maximum air temperatures at eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	**r абсолютной минимальной t°C воздуха**								**r абсолютной максимальной t°C воздуха**							
	Армавир	Элиста	Яшкуль	Лагань	Астрахань	Верхний Баскунчак	Волгоград	Эльтон	Армавир	Элиста	Яшкуль	Лагань	Астрахань	Верхний Баскунчак	Волгоград	Эльтон
Тепл. п. (4-9)	0.17	**0.26**	**0.45**	0.11	**0.21**	**0.19**	**0.42**	**0.26**	0.13	0.03	0.16	**0.34**	**0.49**	0.08	0.19	0.12
Холод. п. (1-3, 10-12)	**0.19**	**0.38**	**0.27**	0.13	**0.23**	**0.33**	**0.30**	**0.18**	**0.30**	0.14	**0.32**	**0.39**	**0.24**	**0.34**	**0.22**	0.16
Тепл. п. (4-10)	**0.19**	**0.31**	**0.57**	**0.39**	**0.18**	**0.43**	**0.61**	**0.19**	0.13	0.03	0.16	**0.34**	**0.49**	0.08	0.19	0.12
Холод. п. (1-3, 11-12)	**0.19**	**0.38**	**0.27**	0.13	**0.23**	**0.33**	**0.30**	**0.18**	0.15	0.16	0.1	0.21	**0.21**	**0.25**	**0.31**	**0.32**
Тепл. п. (5-10)	**0.20**	**0.27**	**0.54**	**0.50**	0.09	**0.41**	**0.59**	0.05	0.13	0.03	0.16	**0.34**	**0.49**	0.08	0.19	0.12
Холод. п. (1-4, 11-12)	**0.19**	**0.38**	**0.27**	0.13	**0.23**	**0.33**	**0.30**	**0.18**	0.02	0.09	0.04	0.16	**0.23**	0.01	**0.36**	**0.28**
Весна (3-5)	**0.34**	**0.40**	**0.36**	**0.27**	**0.16**	**0.35**	**0.38**	**0.34**	0.02	0.03	0.09	0.06	**0.22**	0.09	**0.21**	0.07
Лето (6-8)	0.14	**0.31**	**0.68**	**0.42**	**0.17**	**0.25**	**0.38**	0.14	0.11	0.03	0.15	**0.34**	**0.49**	0.07	0.19	0.12
Осень (9-11)	0.18	**0.30**	**0.27**	0.09	0.11	**0.19**	0.06	**0.21**	**0.21**	0.11	0.11	**0.32**	**0.32**	0.1	0.09	0.12
Зима (1-2, 12)	**0.19**	**0.38**	**0.27**	0.13	**0.23**	**0.33**	**0.30**	**0.18**	**0.31**	**0.35**	0.07	**0.29**	**0.39**	**0.31**	**0.27**	**0.44**

Примечания: жирным крупным шрифтом выделены достоверные значимые коэффициенты корреляции; различными тонами выделены графы ячеек для теплых и холодных периодов и годового цикла. **Notes:** in bold large print - reliable significant correlation coefficients; gray colour highlights data for warm and cold periods and the annual cycle.

При этом фактическое повышение абсолютной минимальной температуры воздуха в среднем по всем 8-и анализируемым метеостанциям составило: в целом за год (1-12) и за зиму (1-2, 12) – на 4.1°C (от 2.4°C до 6.1°C), за основные теплое (4-9) и холодное полугодия (1-3, 10-12) – на 2.1°C (от 1.3°C до 3.2°C) и на 3.6°C (от 2.4°C до 6.1°C) соответственно, за одно из альтернативных теплых (4-10) и холодных (1-3, 11-12) полугодия – на 2.5°C (от 1.4°C до 4.0°C) и на 4.1°C (от 2.4°C до 6.1°C) соответственно, за другие альтернативные теплое (5-10) и холодное (1-4, 11-12) полугодия – на 3.3°C (от 2.2°C до 4.2°C) и на 4.1°C (от 2.4°C до 6.1°C) соответственно, за весну (3-5) – на 4.2°C (от 2.3°C до 7.9°C), за лето (6-8) – на 1.6°C (от 1.2°C до 3.6°C), за осень (9-11) – на 2.8°C (от 1.8°C до 5.6°C).

Таким образом, установлено, что, в холодные полугодия изменения произошли в два раза больше по абсолютным значениям, чем в теплые. В среднем, для бассейна Нижней Волги заморозки в теплое полугодие снизились на 2.7°C (в интервале от 1.3°C до 4.2°C для разных метеостанций), в то время как самые сильные морозы ослабли на 4.1°C (в интервале от 2.4°C до 6.1°C для разных метеостанций).

Таким образом, лишь для 15 из 80 анализируемых кривых многолетних изменений абсолютных

минимальных температур воздуха не установлено достоверных трендов их изменений. Практически для всех метеостанций и анализируемых периодов времени (исключение только летом в Астрахани) в бассейне Нижней Волги установлены значимые достоверные повышения абсолютных минимальных температур воздуха. Основной тенденцией в многолетней динамике абсолютных минимальных температур воздуха является их повышение для двух полугодий сразу (холодного и теплого), а также значимое безусловное их повышение весной и зимой, а также отчасти летом и осенью (в два раза меньшее по сравнению с весной и зимой).

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* абсолютных минимальных температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые достоверные изменения, также как и для средних температур, произошли в 91% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом более половины (63% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальных и максимальных значений ОКИ приблизительно поровну – 16 и 20%. Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных минимальных температур воздуха в данном регионе также безусловно и повсеместно как для годового цикла, так и для отдельных периодов и сезонов года, а сами эти изменения также составляют от одной трети до половины от возможных.

Для *абсолютных максимальных температур воздуха* (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.21 (осень в Армавире, весна в Волгограде, холодное полугодие (1-3, 11-12) в Астрахани) до +0.49 (лето в Астрахани; табл. 5). При этом фактические повышения абсолютных максимальных температур воздуха в бассейне Нижней Волги лежат в пределах 1.5°С до 4.1°С, при среднем значении повышения для всех станций и периодов в 2.5°С.

В многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха по полугодиям и сезонам года на территории бассейна Нижней Волги установлена самая меньшая доля изменений для всех анализируемых метеорологических характеристик: из 80 анализируемых кривых менее половины (35) имели достоверный значимый тренд повышения своих значений.

При этом, выделяется лишь одна общая тенденция в изменении абсолютных максимальных температур воздуха (табл. 5) – это безусловное их повышение зимой (для 7-и метеостанций, кроме Яшкуля) и в холодные полугодия: в основное холодное (1-3, 10-12) полугодие – для 6-и метеостанций (Астрахань, Лагань, Яшкуль, Верхний Баскунчак, Волгоград, Армавир) и в альтернативное холодное (1-3, 11-12) полугодие – для половины метеостанций (Астрахань, Эльтон, Верхний Баскунчак, Волгоград).

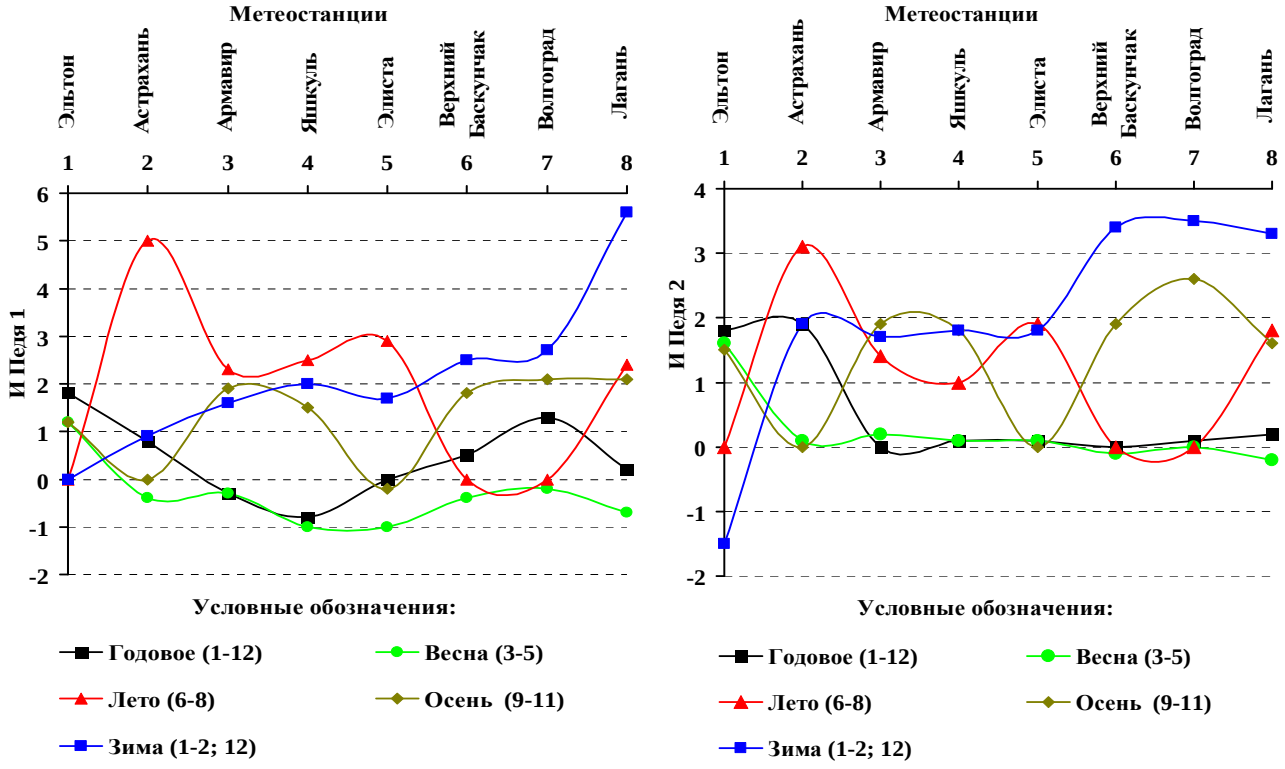
Фактическое повышение абсолютной максимальной температуры воздуха для установленных трендов составляет: зимой (1-2, 12) – на 3.2°С (от 1.6°С до 4.1°С), в основное холодное полугодие (1-3, 10-12) – на 2.4°С (от 1.4°С до 3.9°С) и в альтернативное холодное (1-3, 11-12) полугодие – на 2.4°С (от 2.1°С до 2.6°С).

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* абсолютных максимальных температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые достоверные изменения произошли только в 44% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом более половины (77% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальных и максимальных значений ОКИ приблизительно поровну – 9 и 14%. Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных минимальных температур воздуха в данном регионе не стало основной тенденцией в годовом цикле, хотя произошедшие изменения для отдельных периодов (зима) также очень значительны, достигая от одной трети до половины возможных.

Изменение индексов засушливости Педя. Анализируя кривые (рис. 3а, б), построенные на основании полученных в процессе анализа индексов засушливости Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$), легко заметить, что изменения влажностно-температурного режима годового цикла (за период с 1 по 12 месяцы) почти полностью соответствуют таковым изменениям за весенний сезон (3-5 месяцы) и, в тоже время, они очень хорошо коррелируют (рис. 4а, б) с распределением индексов засушливости Педя (1 и 2) для теплых полугодий (для 4-9 и для 4-10 месяцев).

В тоже время распределения кривых индексов засушливости Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$) для годового периода и весеннего сезона находятся в противофазе (рис. 5а, б) с распределением кривых этих

индексов для холодных полугодий (1-3, 10-12; 1-3, 11-12 и 1-4, 11-12 месяцы) и зимнего сезона (1-2, 12 месяцы).



а) б)

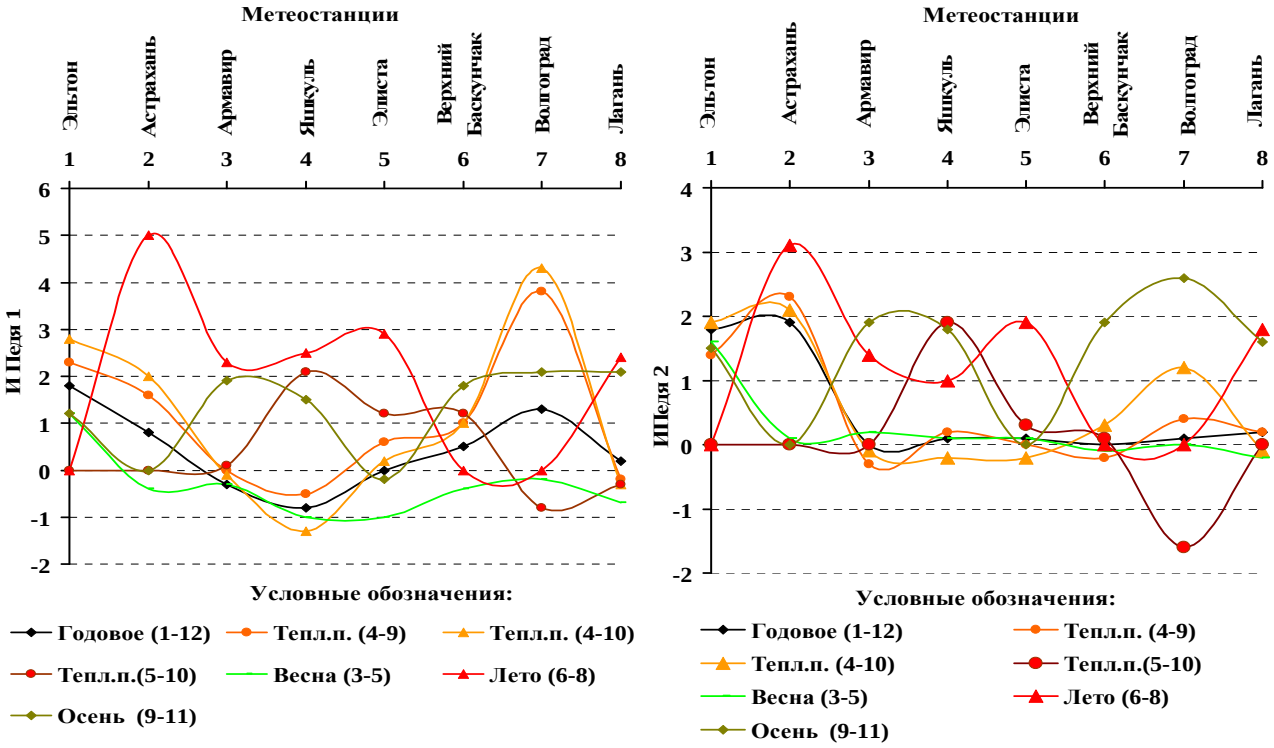
Рис. 3. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за отдельные сезоны года (весна, лето, осень, зима) и общий годовой период по метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Fig. 3.** Distribution of the index of aridity Pedya 1 (a) and Pedya 2 (b) for the different seasons (spring, summer, autumn, winter), and the total annual period at the meteorological stations in the Lower Volga basin.

Как видно из рисунка 3а, годовой индекс засушливости Педя ($И_{Педя\ 1}$), рассчитанный по отношению к базовому периоду (1961-1990 гг.), для половины метеостанций (Эльтон, Астрахань, Яшкуль, Волгоград) изменяется достаточно сильно ($И_{Педя\ 1}$=1.8, 0.8, -0.8, 1.3 – соответственно). В то время как для других четырех станций (Элиста, Лагань, Армавир, Верхний Баскунчак) эти изменения в годовой период незначительны ($И_{Педя\ 1}$=0.0, 0.2, -0.3, 0.5). Таким образом, в общем годовом цикле большей части метеостанций отмечается увеличение засушливости сопровождаемое повышением термического режима. И лишь для двух станций (Яшкуль и Армавир) отмечается некоторое повышение увлажнения с небольшим относительным похолоданием ($И_{Педя\ 1}$=-0.8 и -0.3).

Однако, если рассматривать изменения индекса засушливости Педя по сравнению со всем периодом инструментальных наблюдений ($И_{Педя\ 2}$), то окажется, что он имеет тенденцию к изменению лишь для двух станций (Астрахань – $И_{Педя\ 2}$ =1.9 и Эльтон – $И_{Педя\ 2}$ =1.8). Значения индекса засушливости Педя 2 ($И_{Педя\ 2}$) для этих двух станций характеризуют усиление засушливости при повышении температур почти до критического уровня засух, при которых индекс Педя 2 должен быть равен или больше 2. На остальных же метеостанциях совокупное изменение температурного режима и увлажнения территории в общем годовом цикле, практически, будут незаметны ($И_{Педя\ 2}$ от 0.0 до 0.2).

Как видно из таблицы 6, несмотря на незначительные изменения индекса засушливости Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$) для всего годового цикла, существуют значительные внутригодовые изменения в перераспределении совокупного воздействия влагообеспеченности и термического режима в результате климатических флуктуаций для бассейна нижней Волги. Во все холодные полугодия (1-3, 10-12; 1-3, 11-12 и 1-4, 11-12 месяцы) и зимний сезон (1-2, 12 месяцы) для всех метеостанций характерны (табл. 6) максимально высокие значения индексов засушливости Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$).

При этом для индекса засушливости Педя 2 ($И_{Педя\ 2}$), который отражает совокупную динамику изменений влажностно-температурного режима за весь многолетний период наблюдений, значения индекса несколько больше, чем для индекса Педя 1 ($И_{Педя\ 1}$), который отражает таковые изменения по сравнению с базовым периодом (1961-1990 гг.). Для стандартного холодного полугодия (1-3, 10-12) значения индекса Педя 1 лежат в пределах от 0.7 до 4.9, в то время как для индекса Педя 2 они достигают 1.6-3.5. Для двух альтернативных холодных полугодий (1-3, 11-12 и 1-4, 11-12) индексы Педя достигают значений: $И_{Педя\ 1}$ – 0.5-5.2 и 0.4-4.8 и $И_{Педя\ 2}$ – 1.6-3.5 и 1.7-3.4 соответственно.



а) б)

Рис. 4. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за теплые полугодия, весну и общий годовой период по метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Fig. 4.** Distribution of the index of aridity Pedya 1 (a) and Pedya 2 (b) for the warm half of the year, spring, and the total annual period at the meteorological stations in the Lower Volga basin.

Таким образом, мы видим, что тенденция климатических изменений в бассейне Нижней Волги стремится к значительно более теплому и влажному – многоснежному холодному периоду. Уже сейчас для половины станций (Яшкуль, Верхний Баскунчак, Волгоград и Лагань) индекс Педя 1 ($И_{Педя\ 1}$) лежит в пределах от 2 до 5.6, что означает чрезвычайно теплую и многоснежную зиму. При этом в дальнейшем следует ожидать еще больших изменений для всех станций (за исключением Эльтона) в сторону потепления и увеличения выпадения атмосферных осадков в зимний период ($И_{Педя\ 2}$ от 1.7 до 3.5).

Таким образом, для бассейна Нижней Волги выявлена основная тенденция климатических изменений, заключающаяся в увеличении увлажнения территории при повышении температурного режима в холодное полугодие и зимний сезон.

Кроме того, почти для всех метеостанций (исключая Эльтон) отмечается формирование очень сильных засух (при $И_{Педя} \geq 2$) в летний сезон (Армавир, Элиста, Яшкуль, Лагань, Астрахань) и чуть более слабых атмосферных засух в осенний сезон (Армавир, Лагань, Верхний Баскунчак, Волгоград; табл. 6).

Таким образом, второй особенностью климатических изменений для региона Нижней Волги является очень сильное увеличение аридизации в основной период вегетации – летом и осенью.

В тоже время весной практически для всех анализируемых метеостанций (кроме Эльтона)

отмечается тенденция повышения увлажнения, сопровождающаяся слабым относительным похолоданием (табл. 6).

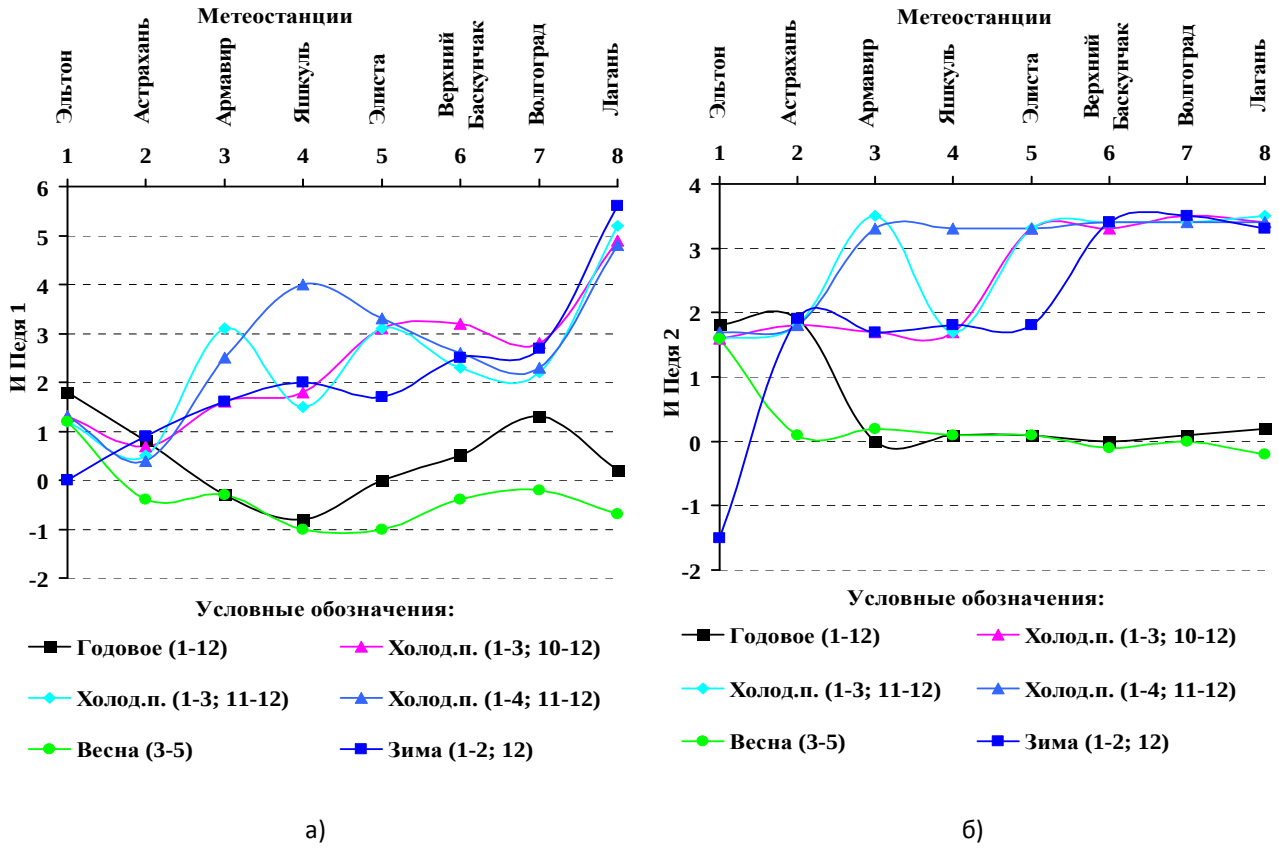


Рис. 5. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за холодные полугодия, весну и общий годовой период по метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Fig. 5.** Distribution of aridity indices Pedya 1 (a) and Pedya 2 (b) for the cold half of the year, spring, and the total annual period at the meteorological stations in the Lower Volga basin.

При этом, как видно из рисунков 5а и 5б происходит некоторый сдвиг в распределении холодного и теплого времени года в сторону увеличения холодного периода вплоть до апреля месяца и увеличения теплого периода в сторону захвата десятого месяца – октября, таким образом, что основным теплым периодом можно будет считать с 5-го по 10-ый месяцы года, а основными холодными месяцами – с 1-го по 4-ый и с 11-го по 12-ый месяцы года. Такое временно́е перераспределение холодных и теплых периодов в годовом цикле происходит за счет относительно небольшого ($И_{Педя\ 1}$ – от -0.2 до -1.0) похолодания весной (исключая Эльтон), а также за счет очень существенного потепления ($И_{Педя\ 1}$ – от 1.5 до 2.1) осенью (исключая Элисту и Астрахань).

Отличия климатических тенденций в бассейне Нижней Волги по сравнению с основным регионом формирования ее стока – бассейном Верхней и Средней Волги. В настоящее время основными тенденциями климатических изменений на территории большей части Европейской России являются: сокращение амплитуды колебания температуры приземного воздуха (повышение зимой и понижение летом) и повышение среднегодовой температуры на фоне увеличения годовой суммы атмосферных осадков и повышения расходов и уровней воды в реках (Кузьмина, 2005, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Оценочный доклад …, 2008; Водные ресурсы России …, 2008). Сценарий гумидного потепления в Европейской части России наиболее реален и в будущем (Оценочный доклад …, 2008; Водные ресурсы России …, 2008; ClimateChange …, 2013). Потепление и увеличение осадков особенно сильно проявляется в холодное полугодие и способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий как в поймах, так и на водосборных территориях, инициируя там стабилизацию и подъем грунтовых вод, увеличение глееобразования в верхних и средних почвенных

горизонтах, что приводит к утрате естественной древесно-кустарниковой растительности (Кузьмина, 2007). Климатические изменения в России более существенны по сравнению с общемировыми.

Таблица 6. Значения индексов засушливости Педя (1 и 2) по различным внутригодовым периодам для восьми метеостанций бассейна Нижней Волги. **Table 6.** The values of the index of aridity Pedya (1 and 2) for various infra periods for eight weather stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	Индекс засушливости Педя 1 ($И_{Педя1}$)								Индекс засушливости Педя 2($И_{Педя2}$)							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8 .Эльтон
Годовое (1-12)	-0.3	0	-0.8	0.2	0.8	0.5	1.3	**1.8**	0	0.1	0.1	0.2	**1.9**	0	0.1	**1.8**
Тепл. п. (4-9)	0	0.6	-0.5	-0.2	**1.6**	1.0	**3.8**	**2.3**	-0.3	0	0.2	0.2	**2.3**	-0.2	0.4	1.4
Холод. п. (1-3; 10-12)	**1.6**	**3.1**	**1.8**	**4.9**	0.7	**3.2**	**2.8**	1.3	**1.7**	**3.3**	**1.7**	**3.4**	**1.8**	**3.3**	**3.5**	**1.6**
Тепл. п. (4-10)	-0.1	0.2	-1.3	-0.3	**2.0**	1.0	**4.3**	**2.8**	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	**2.1**	0.3	1.2	**1.9**
Холод. п. (1-3; 11-12)	**3.1**	**3.1**	**1.5**	**5.2**	0.5	**2.3**	**2.2**	1.2	**3.5**	**3.3**	**1.7**	**3.5**	**1.8**	**3.4**	**3.4**	**1.6**
Тепл. п. (5-10)	0.1	1.2	**2.1**	-0.3	0	1.2	-0.8	0	0	0.3	**1.9**	0	0	0.1	-1.6	0
Холод. п. (1-4; 11-12)	**2.5**	**3.3**	**4.0**	**4.8**	0.4	**2.6**	**2.3**	1.3	**3.3**	**3.3**	**3.3**	**3.4**	**1.8**	**3.4**	**3.4**	**1.7**
Весна (3-5)	-0.3	-1.0	-1.0	-0.7	-0.4	-0.4	-0.2	1.2	0.2	0.1	0.1	-0.2	0.1	-0.1	0	**1.6**
Лето (6-8)	**2.3**	**2.9**	**2.5**	**2.4**	**5**	0	0	0	1.4	**1.9**	**1**	**1.8**	**3.1**	0	0	0
Осень (9-11)	**1.9**	-0.2	**1.5**	**2.1**	0	**1.8**	**2.1**	1.2	**1.9**	0	**1.8**	**1.6**	0	**1.9**	**2.6**	**1.5**
Зима (1-2; 12)	**1.6**	**1.7**	**2**	**5.6**	0.9	**2.5**	**2.7**	0	**1.7**	**1.8**	**1.8**	**3.3**	**1.9**	**3.4**	**3.5**	**-1.5**

Нашими более ранними исследованиями было установлено, что для Верхней Волги основное потепление происходит в зимнее полугодие, а в сезонном распределении температур максимальные положительные изменения происходят зимой и весной (Кузьмина и др., 2011). Холодное полугодие также вносит основную долю в увеличение суммарных осадков, но в сезонном распределении – максимальное повышение увлажнения характерно для зимы и осени. В теплое полугодие, а также в летний сезон количество осадков остается неизменным (Кузьмина и др., 2011, 2013).

Как было установлено нашими ранними исследованиями, для более южных территорий России также характерна тенденция потепления, сопровождающаяся увеличением увлажнения территории за счет холодного полугодия (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009). Потепление для большей части Центральной и Южной России отмечается в холодное полугодие, а также зимой и весной. При этом происходит значительное повышение абсолютных минимальных температур воздуха, т.е. сокращение заморозков. Подобное наблюдается и для Верхней Волги, где эти изменения также характерны, в основном, для зимы и весны (Кузьмина и др., 2011, 2013). Изменение абсолютных максимальных температур воздуха как для Верхней Волги, так и для всей Центральной России не столь велики, и отмечаются, в основном, для холодного полугодия и зимы. В то время как средние максимальные температуры воздуха в бассейне Верхней Волги изменяются более сильно, оставаясь неизменными только летом и осенью (Кузьмина, 2007; Кузьмина и др., 2011, 2013).

Таким образом, в ходе исследований было установлено, что в бассейне Верхней Волги климатические изменения носят характер гумидного потепления, которое способствует увеличению заболачиваемости долинных территорий и побережий равнинных водохранилищ и озер, повышению и стабилизации уровня безнапорных грунтовых вод, изменению почвенно-грунтового увлажнения в сторону его повышения и подъему глеевых почвенных горизонтов в более верхние уровни почвенных профилей как в долинах рек, так и на водораздельных территориях. В то время как для зоны широколиственных лесов и лесостепи аналогичное влияние выявленных климатических

изменений на растительность рек с естественным стоком будет сказываться в большей степени на пойменных территориях. И только для рек с зарегулированным стоком выявленное влияние будет распространяться на весь долинный комплекс экосистем, включая речные террасы и приводораздельные территории (Kouzmina, 2004; Kouzmina et al., 2005; Кузьмина, 2007; Кузьмина и др., 2011, 2013).

Проявление климатических изменений в экосистемах. Последствия климатических изменений повсеместно отмечаются на водораздельных пространствах Юга России, которые считаются пусковым механизмом, инициирующим очаговое переувлажнение земель в степной зоне (Зайдельман и др., 1998; Назеренко и др., 2000; Назаренко, 2006). В степной зоне расширение площадей очагового переувлажнения пахотных земель считается одним из наиболее негативных последствий динамики климата. На фоне сильной водохозяйственной (ирригационной) трансформированности территории происходящие климатические изменения свидетельствуют о реальной тенденции увеличения увлажненности степных районов на юге России.

На основании собственного анализа многолетних расходов и уровней воды в реках лесостепной, степной и полупустынной зон Юга России, а также фондовых данных удалось сделать некоторые выводы, многие из которых подтверждаются также другими исследователями (Водные ресурсы …, 2008; Оценочный доклад …, 2008; ClimateChange …, 2013). В XX столетии в бассейнах рек лесостепной и степной зоны России отмечается тенденция к перераспределению атмосферных осадков в сторону их увеличения в зимний период. Это способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий в поймах и на водоразделах (Kouzmina, 2004; Кузьмина, 2005). Установлено 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.

В связи с потеплением 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). Существенное увеличение питания и подъем грунтовых вод в пределах Волго-Донского междуречья (Ростовская область) фиксируется уже в настоящее время, что вызвано целиком увеличением среднегодовых температур за счет потепления в зимний период и увеличением выпадения атмосферных осадков (Назаренко, 2006). На Джаныбекском стационаре с конца 80-х годов XX века также отмечается подъем уровня грунтовых вод со средней скоростью 11 см в год (Соколов и др., 2001). УГВ там фиксируется в настоящее время на глубине 4-5 м от поверхности, в то время как граница капиллярной каймы поднялась до глубины 2 м. Идут сложные процессы выравнивания параметров компонентов в солонцовом комплексе. При этом процессы “остепнения” преобладают в растительном покрове: происходит выравнивание видового состава на разных элементах микрорельефа за счет расширения позиций степных видов (типчака, ковылей, остреца). Этот процесс нивелирования различий в почвенном покрове и грунтовых водах идет в направлении увеличения содержания солей и их токсичности в ранее незасоленных почвах микропонижений.

В Северном Прикаспии и в других регионах южной части России наблюдается подъем УГВ к поверхности и расширение площадей, занятых переувлажненными почвами. Для Ростовской области, Ставропольского края и Северного Прикаспия, куда относится бассейн Нижней Волги, повышение сумм атмосферных осадков в последние годы, наряду с обводнительно-оросительными мероприятиями, считаются главными причинами распространения подтопления территорий (Зайдельман и др., 1998; Соколова и др., 2001; Назаренко, 2006).

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

Поскольку климат – один из основных факторов, формирующих экосистемы, претерпевает сегодня быстрые динамические сдвиги, все исследования связанные с динамикой экосистем должны начинаться с анализа климатических изменений.

Таким образом, для наземных и водных экосистем бассейна Нижней Волги в настоящее время и в

будущем ожидается существенный недостаток увлажнения в вегетационный период, а также формирование засух летом и осенью, при очень значительном повышении во все сезоны и полугодия средних, а также абсолютных минимальных и максимальных температур воздуха. Более существенное повышение температур воздуха в холодные полугодия будет способствовать меньшему промерзанию почв и большей их влагоудерживающей способности в холодный период. Это приведет к активизации почвенных процессов также в зимний период, что ранее было слабо выражено. Таким образом, процесс засоления и испарения в почвах будет происходить не только в теплое полугодие, но также и в холодный период. Это, наряду с антропогенно зарегулированностью стока и снижением частоты заливания верхних и средних уровней поймы приведет к полному высыханию, опустыниванию и засолению ранее незасолённых или слабозасолённых пойменных и дельтовых территорий.

Повышение температуры воды при ее недостатке в теплый период повысит возможности цветения воды и снизит поступление кислорода при значительном повышении ее испаряемости. Таким образом, чтобы компенсировать происходящие климатические изменения и нейтрализовать уже имеющиеся негативные антропогенные трансформации в наземных экосистемах бассейна Нижней Волги из-за понижения уровня грунтовых вод (УГВ) и засоления почв в результате сокращения частоты паводкового затопления, необходимо, как минимум в два раза по сравнению с современным уровнем увеличить поступление паводковых вод в самую северную часть бассейна Нижней Волги, в которой наблюдаются наибольшие негативные последствия антропогенного регулирования стока.

Выводы

Таким образом, в ходе проведенных исследований, для бассейна Нижней Волги были установлены некоторые основные тенденции климатических изменений, а также оценена величина этих изменений как для отдельных климатических характеристик (осадков, средней, минимальной, и максимальной температуры воздуха), так и их совокупного воздействия, включая их общую оценку на изменение функционирования и динамики экосистем.

1. Для бассейна Нижней Волги в многолетней динамике сумм атмосферных осадков, средних, абсолютных максимальных и минимальных температур воздуха установлены некоторые общие закономерности их изменений.

- Основной тенденцией в многолетнем изменении *сумм атмосферных осадков* является их значимое повышение в годовом цикле как за счет теплого, так и за счет холодного полугодий, связанное с их сезонным повышением весной и зимой.
- В изменении *средних температур воздуха* основной тенденцией является повышение среднегодовых температур воздуха за счет их повышения как в холодное, так и в теплое полугодия. При этом повышение средних температур в холодное полугодие в два раза выше, чем в теплое. В сезонном потеплении основная роль принадлежит зиме и весне, летом и осенью повышение средних температур воздуха в два раза ниже.
- В многолетней динамике *абсолютных минимальных температур воздуха* основной тенденцией является их повышение для двух полугодий сразу (холодного и теплого), а также значимое безусловное их повышение весной и зимой, а также отчасти летом и осенью, при том, что в холодные периоды эти изменения произошли в два раза больше чем в теплые. Установленные тенденции в изменении абсолютных минимальных температур воздуха очень сходны с таковыми для средних температур воздуха, однако, для абсолютных минимальных температур они больше в 2-3 раза по сравнению с изменениями средних температур воздуха. Таким образом, установлено ослабление как весенних заморозков, так и зимних морозов, что, наряду с повышением среднегодовых температур воздуха, должно способствовать производству с/х продукции.
- Наименьшие изменения произошли в многолетней динамике *абсолютных максимальных температур воздуха*. Установлена лишь одна единственная тенденция – повышение абсолютных максимальных температур воздуха зимой и в холодное полугодие, причем изменения максимальных температур в 1.3-1.5 раза ниже по своим значениям, чем изменения минимальных температур воздуха.

2. На основе анализа индексов засушливости Педя для бассейна Нижней Волги были

установлены определенные тенденции совокупного изменения влажностно-температурного режима. В целом они слабо проявляются для общего годового цикла, но значительны во внутригодовых изменениях. Основная тенденция совокупных климатических изменений в бассейне Нижней Волги в настоящем и будущем – это значительно более теплые, влажные и многоснежные зима и холодное полугодие. Второй особенностью совокупных климатических изменений для региона Нижней Волги является очень сильное увеличение аридизации в основной период вегетации – летом и осенью. Третья особенность бассейна Нижней Волги – тенденция повышения увлажнения, сопровождающаяся небольшим относительным похолоданием весной.

3. Из-за похолодания весной и сильного потепления осенью в бассейне Нижней Волги наблюдается перераспределение во времени теплого и холодного полугодий, сдвиг на один месяц холодного (включая апрель) и теплого (включая октябрь) полугодий.

4. Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) многолетних метеорологических характеристик (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных/ отдельно для сумм осадков, средней, абсолютной максимальной и минимальной температур воздуха) в бассейне Нижней Волги показал, что для большей части установленных достоверных трендов (в 82% случаев для осадков, в 57% случаев для средней температуры, в 63% случаев для абсолютной минимальной и в 77% случаев для абсолютной максимальной температуры) изменения уже лежат в пределах от 15% до 30%, причем для характеристик температуры воздуха есть значения относительного коэффициента изменений, приближающиеся к 50% порогу: 46.6% для средней, 46.9% для минимальной и 43.9% для максимальной температуры.

5. В бассейне Нижней Волги повышение средней и абсолютной минимальной температуры воздуха наряду с увеличением выпадения общего количества атмосферных осадков в холодное полугодие и зимний сезон, а также их перераспределение (увеличение увлажненности зимой и уменьшения ее летом) способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий не только в поймах, но и на водосборных территориях. Экологическим следствием этих совокупных изменений становится подъем и стабилизация положения УГВ, переувлажнение местообитаний (особенно в зимний период, преимущественно на нижних и средних уровнях поймы и особенно в дельтовой части бассейна нижней Волги) увеличение глееобразования в почвенном профиле и, в конечном итоге, гибель естественной пойменной и дельтовой древесно-кустарниковой растительности.

6. Выявленные тренды климатических изменений наряду с антропогенными воздействиями негативно отразятся на естественной и культурной растительности бассейна Нижней Волги. Поддержание сельскохозяйственного производства в бассейне Нижней Волги потребует повсеместного мелиоративного обводнения, поскольку будут формироваться засухи в летний и осенний сезоны года. Изменения климата без дополнительных усилий по обводнению сельскохозяйственных, пойменных и дельтовых территорий приведет к нарушению естественной модели динамики растительности; будут формироваться лишь некоторые фитоценозы, в то время как другие подвергнутся полной редукции и опустыниванию.

7. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги имеют как общие, так и отличительные черты с таковыми для бассейнов Верхней и Средней Волги где происходит основное формирование её стока. При этом, если в изменении средних, абсолютных максимальных и минимальных температур много общего, то в изменении увлажнения больше отличий (Кузьмина и др., 2013).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Водные ресурсы России и их использование. 2008. / Под ред. И.А. Шикломанова. СПб: Государственный гидрологический институт. 600 с.

Зайдельман Ф.Р., Тюльпанов В.И., Ангелов Е.Н., Давыдов А.И. 1998. Почвы мочарных ландшафтов – формирование, агроэкология и мелиорация. М.: МГУ. 160 с.

Ковалевский В.С., Клиге Р.К. 2003. Изменение гидрогеологических условий под влиянием глобального потепления // Вестник МГУ. Серия 5. География. № 3. С. 10-17.

Кузьмина Ж.В. 2007. Анализ многолетних метеорологических трендов на Юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // Аридные экосистемы. Т. 13. № 32. С. 53-67.

Кузьмина Ж.В. 2005. Оценка последствий изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых гидротехнических сооружений на равнинных реках // Метеорология и гидрология.

№ 8. С. 89-103.

Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трешкин С.Е., Феодоритов В.М. 2011. Влияние климатических изменений и зарегулирования речного стока на динамику растительности долин рек // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (116). С. 34-40.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2009. Изменения основных метеорологических характеристик на юге Европейской части России // Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве / Ред. А.Л. Иванов, В.И. Кирюшин. М.: Россельхозакадемия. С. 402-416.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2013. Воздействие основных тенденций совокупного влияния климатических и гидрологических изменений на сукцессионную динамику растительности в мелиоративно трансформируемых экосистемах зоны южной тайги // Материалы Международной практической конференции «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия», г. Тверь, 27-28 июня 2013 г. Тверь. С. 246-252.

Мяло Е.Г., Левит О.В. 1996. Современное состояние и тенденции развития растительного покрова Черных земель // Аридные экосистемы. № 2-3. Т. 2. С. 145-152.

Назаренко О.Г. 2006. К вопросу о влиянии климатических факторов на грунтовые воды Донно-Донецкого бассейна во второй половине XX столетия // Водные ресурсы. Т. 33. № 4. С. 504-510.

Назаренко О.Г., Новикова Н.М., Хитров Н.Б. 2000. Очаговое переувлажнение почв в формировании флористического разнообразия степных водоразделов // Аридные экосистемы. № 13. Т. 6. С. 47-53.

Неронов В.В. 2002. Динамика растительности и населения грызунов на Юге Калмыкии в изменяющихся условиях среды. Автореф. дис. …. канд. биол. наук. Москва. ИПЭЭ РАН. 24 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. Техническое резюме. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 89 с.

Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Гоголь Ф.В. 2008. Современные изменения климатат республики Татарстан // Вестник ВГУ. Серия: География, Геоэкология. № 2. С. 13-23.

Соколова Т.А., Сиземская М.Л., Толпешта И.И., Сапанов М.К., Субботина И.В. 2001. 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.: Наука. С. 113-132.

Титкова Т.Б. 2006. Изменение климата переходных природных зон русской равнины. Автореф. дисс… канд. геогр. наук. Москва. Институт географии РАН. 24 с.

Climate Change 2013. The Physical Science Basis // Working Group i Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley. Cambridge University Press, 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, USA. 1535 p. /http://www.climatechange2013.org.

Kouzmina J.V. 2004. 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. №2. pp. 5-15.

Kouzmina J.V., Treshkin S.Y., Avetjan S.A., Henrichfreise A. 2005. Assessment of consequences change of river flow regime for floodplain ecosystems under building small and middle hydrotechnical constructions // Journal of Hydrology and Hydromechanics. Prague, Czech Republic. Vol.53. №1. pp. 3-16.

CLIMATE CHANGE IN THE LOWER VOLGA BASIN AND ITS INFLUENCE ON THE ECOSYSTEMS

© 2014. Zh.V. Kuz'mina*, S.Ye. Treshkin**

**Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 119333 Moscow, Gubkina str. 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru
***Russian Academy of Agricultural Sciences*
Russia, 117218 Moscow, Krzhizhanovskogo str., 15/2. E-mail: E-mail: biost@yandex.ru

In the basin of the Lower Volga main trends of climate change and their impact on the dynamics of ecosystems were identified. The results obtained on the basis of the analysis of long-term meteorological characteristics (average, maximum and minimum air temperature and precipitation in different seasons and years) and the estimated changes in terrestrial ecosystems and landscapes. The main directions of the cumulative effects of changes humid-temperature regime in the basin of the Lower Volga were identified and the general direction of the dynamics of terrestrial ecosystems in this regard was set.

Key words: air temperature, precipitation, climate change, floodplain ecosystems, the dynamics of vegetation.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 33-47

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 556.047:581.524

ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЖНЕЙ ВОЛГИ ПРИ ЗАРЕГУЛИРОВАНИИ СТОКА[1]

© 2014 г. Н.А. Шумова

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

Поступила 19.10.2013

Приводится общая схема функционирования Волжско–Камского каскада водохранилищ. Оценивается влияние зарегулирования стока Нижней Волги на межгодовую изменчивость и внутригодовое распределение стока. Рассматривается изменение основных параметров гидрологического режима половодья – продолжительность и даты наступления основных фаз, скорость изменения уровня воды на подъеме и спаде половодья, расходы воды, температура воды. Показаны изменения высотных отметок заливания поймы и продолжительность затопления высотных отметок во время весеннего половодья.

Ключевые слова: Нижняя Волга, сток, межгодовая изменчивость, внутригодовое распределение, весеннее половодье, заливание высотных уровней.

Введение

Нижняя Волга, включающая Волго-Ахтубинскую пойму, дельту Волги и Западный ильменно-бугровой район, представляет собой уникальный природный объект, особенности существования которого определяются сезонными и многолетними изменениями гидрологического режима Волги. В условиях аридного климата гидрологический режим является определяющим фактором развития и функционирования природных комплексов. После введения в эксплуатацию Волжско–Камского каскада водохранилищ произошло изменение гидрологического режима Нижней Волги, в наибольшей степени затронувшее фазу половодья. От режима стока воды в половодье и уровня Каспийского моря зависят площадь затапливаемой территории поймы и дельты и продолжительность их затопления; а величина годового стока определяет общее состояние экосистемы Каспия. Значительное сокращение продолжительности периода затопления и стояния высоких вод на пойменных территориях Нижней Волги повлекло за собой изменения в условиях существования и развития уникальных экосистем. Сокращение времени стояния воды в половодье негативно повлияло на рыбное стадо. Заливание пойменных территорий полыми водами является одним из основных гидрологических условий устойчивого существования растительных сообществ (луговых, кустарниковых, древесных). Территории, ранее затапливаемые, но в настоящее время полностью обсохшие, быстро меняют свой облик, прежде всего растительный покров.

В настоящей работе рассматривается влияние зарегулирования стока Нижней Волги на его межгодовую изменчивость и внутригодовое распределение, а также на такие экологически значимые параметры гидрологического режима половодья как продолжительность половодья и даты наступления его фаз, скорость изменения уровня воды на подъеме и спаде половодья, расходы воды, температура воды.

Общие положения

Волга является рекой равнинного типа, общая протяженность которой равна 3694 км, а площадь водосборного бассейна составляет 1360 тыс.км^2 (Водные…, 2012). По водосбору протекает 150717 рек общей протяженностью 574414 км. Густота речной сети бассейна Волги равна 0.42. Волга

[1] Работа выполнена в рамках Госконтракта №10-ГК/ФЦП-2013 по реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах».

относится к рекам с преобладанием снегового питания (60%), значительная доля приходится на подземное (30%) и дождевое (10%) питание (рис. 1). В водном балансе бассейна Волги осадки (приходная часть) составляют 673 мм, из которых 486 мм расходуется на испарение и 187 мм – на сток (Водные…, 2012).

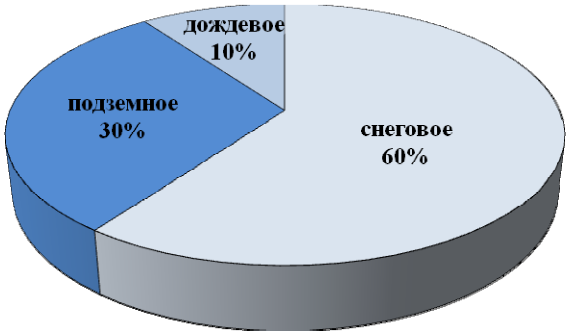


Рис. 1. Распределение видов питания Волги. **Fig. 1**. Distribution of the Volga alimenation type.

В бассейне Волги построено более 100 водохранилищ, в том числе 9 крупных водохранилищ на Волге и 3 водохранилища – на ее главном притоке Каме (Реки…, 2012). Вместе эти 12 крупных водохранилищ образуют Волжско-Камский каскад (рис. 2). В результате создания Волжско-Камского каскада Волга на протяжении от Твери до Волгоградского гидроузла, за исключением небольшого участка ниже плотины Горьковской ГЭС, находится в режиме подпора. Сток через плотину Волгоградского гидроузла поступает в Нижнюю Волгу и распространяется дальше вплоть до акватории Каспийского моря в режиме без подпора.

Основные морфометрические показатели водохранилищ Волжско–Камского каскада приведены в таблице, составленной по материалам (Водные…, 2012). Роль отдельных водохранилищ каскада не равнозначна, и каждое из них по отдельности не может решать проблему использования водных ресурсов в целом по каскаду и Нижней Волге. Шесть водохранилищ на Верхней Волге (Верхневолжское, Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское и Чебоксарское) и три водохранилища Камского каскада (Камское, Воткинское и Нижнекамское) контролируют до 95% водных ресурсов бассейна Волги, поступающих в Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское водохранилища. Куйбышевское водохранилище, самое крупное водохранилище Волжско-Камского каскада, является основным водным объектом в каскаде; на основе Куйбышевского водохранилища осуществляется сезонное регулирование стока.

При разработке планов гидротехнического строительства в 1930–е годы декларировался принцип комплексного использования водных ресурсов Волги (Воропаев, Исмайылов, Федоров, 2003). В соответствии с планами режим управления Волжско–Камским каскадом предусматривал заполнение водохранилищ в период весеннего снеготаяния и попуски воды в летний, осенний и зимний периоды. Весной режим сброса воды должен удовлетворять требования рыбного и сельского хозяйства Нижней Волги, режим в летне-осенний период – обеспечивать навигацию, зимой – производство электроэнергии. Подчеркивалась необходимость ежегодного пересмотра определения наполнения водохранилищ весной, приемлемых значений зимнего уровня воды и регулирование сброса в разные сезоны.

Режимы наполнения и сработки водохранилищ Волжско-Камского каскада регулируются едиными оперативными указаниями Министерства природных ресурсов и экологии в лице Федерального агенства водных ресурсов. Указания о режимах работы гидроузлов принимаются на основании рекомендаций Межведомственной оперативной группы по регулированию режимов работы водохранилищ Волжско-Камского бассейна, которые учитывают складывающуюся гидрологическую и водохозяйственную обстановку.

Приведенная краткая общая информация в целом по Волжско-Камскому каскаду важна для понимания особенностей механизма формирования гидрологического режима Нижней Волги.

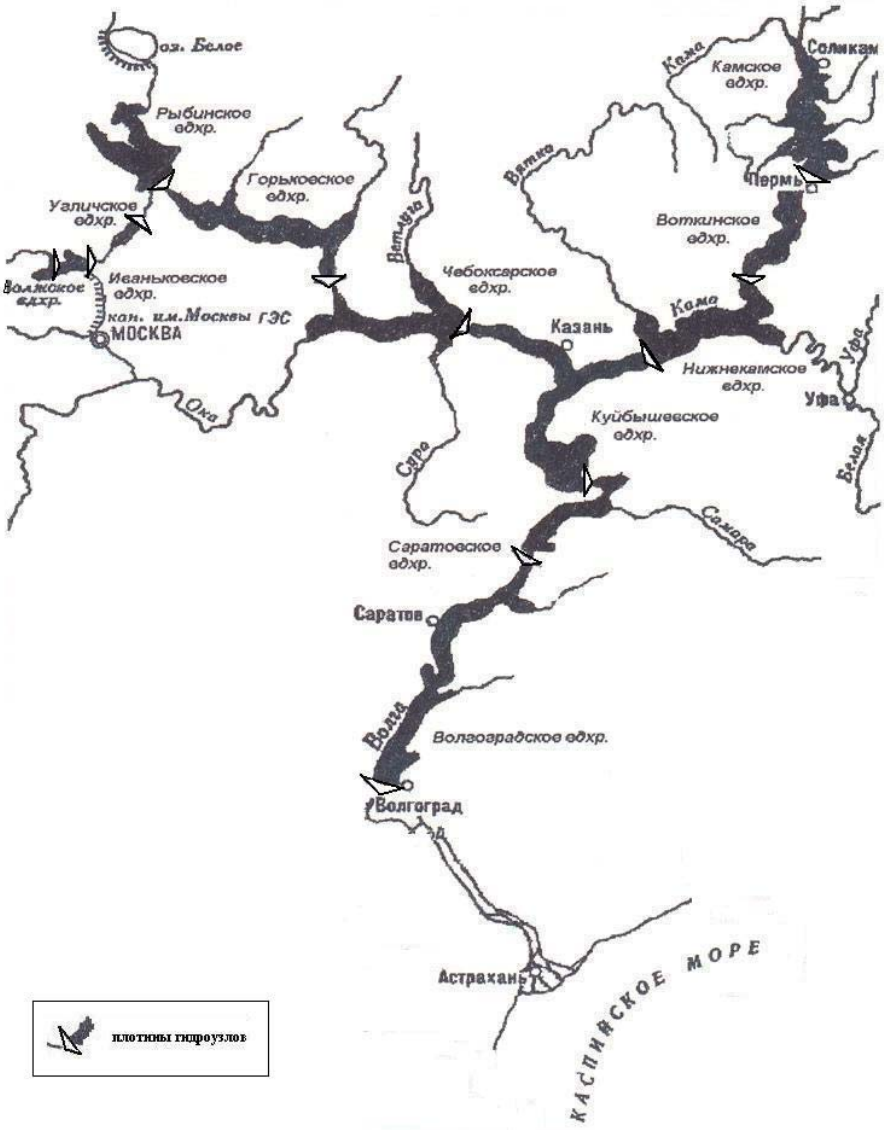


Рис. 2. Волжско–Камский каскад водохранилищ (Авакян, Шарапов, 1977). **Fig. 2.** The Volga Kama reservoirs cascade (Avakyan, Sharapov, 1977).

Гидрография Нижней Волги

Волга в нижнем течении (Нижняя Волга) не имеет притоков. Практически сразу ниже Волгоградского гидроузла берет начало река Ахтуба – левый рукав Волги. Между Волгой и Ахтубой простирается Волго–Ахтубинская пойма шириной 20–40 км и площадью 14 тыс. км^2 (Левит–Гуревич, 2013). На всем протяжении Волго–Ахтубинская пойма прорезана множеством рукавов, протоков, воложек, ериков, с большим количеством мелководных озер и островов. В 47 км ниже Волгоградского гидроузла расположено начало Волго–Донского судоходного канала. В районе села Каменный Яр Ахтуба почти вплотную сближается с Волгой. В районе с. Верхнее Лебяжье проходит граница между Волго-Ахтубинской поймой и дельтой Волги (Шикломанов, Кожевников, 1974; Болгов, Левит-Гуревич, 2013). Дельта Волги занимает площадь 19 тыс. км^2, расстояние между западным и восточным рукавами составляет 170 км. Дельта делится на три зоны: верхнюю и среднюю, включающую 482 водотока, и нижнюю зону с многочисленными (около 800) разветвлениями русел. В 22 км ниже истока реки Бузан расположен Волжский вододелитель, предназначенный для подачи воды в систему Бузана для лучшего обводнения восточной части

дельты (Реки…, 2012). Ниже Астрахани отходят левые рукава Кривая Болда и Кизань и правый рукав Бахтемир.

Таблица. Основные морфометрические параметры водохранилищ Волжско-Камского каскада. **Table.** Main morphometric parameters of the Volga Kama reservoirs cascade.

Водохранилище	Год заполнения	Объем, км^3		Площадь зеркала, км^2	Средняя глубина, м	Длина, км
		полный	полезный			
Верхневолжское	1843,1944	0.52	0.47	183	2.8	85
Иваньковское	1937	1.12	0.81	327	3.4	120
Угличское	1939-1943	1.25	0.81	249	5	146
Рыбинское	1940-1949	25.42	16.67	4550	5.6	110
Горьковское	1955-1957	8.82	3.9	1591	5.5	430
Чебоксарское*	1981	4.6 / 12.6	0/5.4	1080 / 2170	4.3/5.8	340
Куйбышевское	1955-1957	57.3	33.9	6150	9.3	510
Саратовское	1967-1968	12.87	1.75	1831	7	312
Волгоградское	1958-1960	31.45	8.25	3117	10	540
Камское	1954-1956	12.2	9.8	1915	6.4	300
Воткинское	1961-1964	9.4	3.7	10.75	8.8	360
Нижнекамское*	1978	2.8 / 13.8	0/4.6	1000 / 2570	2.8/5.3	270
Всего	–	**167.75**	**80.06**	**22003.75**	–	–

Примечание: * В числителе при современном подпорном уровне, в знаменателе при проектном нормальном подпорном уровне (НПУ). **Notes:** * In the numerator - modern retaining level, in the denominator - normal headwater level.

В последние десятилетия отмечается рост хозяйственного освоения территории Нижней Волги и связанная с этим неконтролируемая деятельность по изменению системы водоемов и водотоков. Сооружение дорог, плотин и дамб в районах Нижней Волги, проводящееся без должного инженерно–гидрологического обоснования, препятствует поступлению паводковых вод, нарушая этим естественный гидрологический режим малых водных объектов (ерики, протоки, озера).

Первые инструментальные наблюдения за уровнем воды и измерения расходов воды на Нижней Волге были начаты в 1880-х годах: с 1877 года ведутся наблюдения на гидрологическом посту Волгограда и с 1876 года – на гидрологическом посту Астрахань. В настоящее время на Нижней Волге действует гидрологическая наблюдательная сеть Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, включающая 26 гидрологических постов, большинство из которых были открыты в середине XX в. (Анализ…, 2010). С 1961 года ведутся постоянные наблюдения за объемом сброса и уровнем воды в нижнем бьефе Волжской ГЭС.

Межгодовая изменчивость стока Волги в створе у Волгограда

В основу оценки межгодовой изменчивости стока положены материалы гидрологических наблюдений в створе у Волгограда за время инструментальных измерений, а именно за 1881–2009 годы. Значения стока в створе у Волгограда за 1881–1936 годы были получены с использованием зависимостей между измеренными расходами и уровнями воды в 1880-1930-х годах на участке от Самары до Волгограда (Поляков, 1938).

Хронологический ход годовых объемов стока за 1881–2009 годы представлен на рисунке 3, на котором прослеживается последовательное чередование периодов различной водности. По оценкам (Болгов, Сенцова, 2010) период от начала наблюдений до 1889 года характеризуется повышенной водностью; в 1890–1929 годах водность реки находилась на уровне средней. Затяжным маловодьем отмечен период с 1930 по 1977 год, который сменился фазой повышенной водности. Внутри выделенных периодов режим водности Волги также характеризуется чередованием лет с пониженным, средним и повышенным объемами стока.

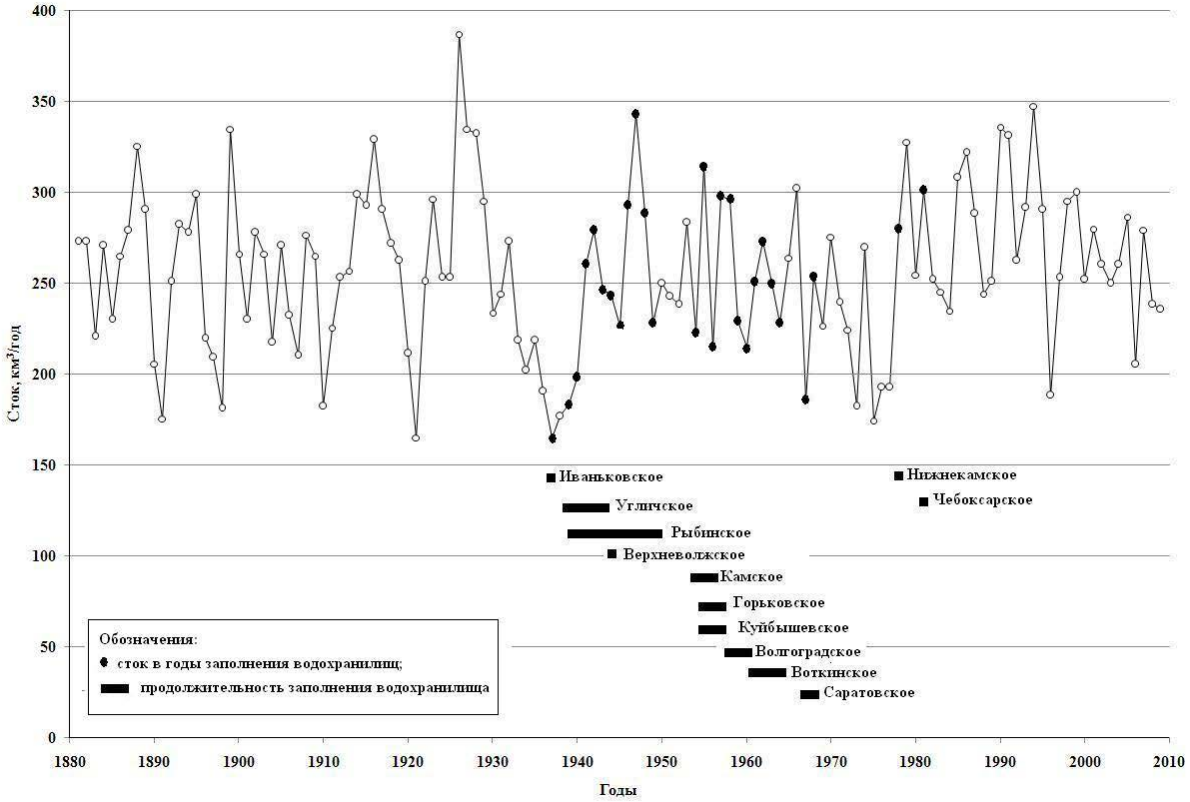


Рис. 3. Межгодовая изменчивость стока Волги в створе у Волгограда. **Fig. 3.** The Volga runoff inter annual variability in the Volgograd line gauge.

Последствия длительного маловодья на Волге в 30–е годы послужили отправным толчком для последующих планов преобразования природы европейской части СССР и гидротехнического преобразования Волги (Коронкевич, Барабанова, Зайцева, 2010). Результатом таких преобразований явилось сооружение Волго–Камского каскада водохранилищ. Маловодье в 1970–х годах и связанное с ним снижение до критических отметок уровня Каспия стало основанием для развертывания проектных работ по межбассейновым переброскам стока.

Средний многолетний объем годового стока Волги в створе у Волгограда за период инструментальных наблюдений (1881–2009) составляет 252 км^3 при стандартном отклонении σ=44 км^3. В створе у Волгограда водность Волги достигает своего максимального значения; ниже Волгограда происходит снижение водности в основном за счет потерь воды на испарение с затопленных в половодье огромных пространств Волго–Ахтубинской поймы и дельты. Различия в объеме стока в створе у Волгограда и стока, поступающего в Каспийское море, оцениваются в 14.2 км^3 (Шикломанов, Кожевников, 1974), из которых на потери стока в пойме приходится 3.4 км^3 (24%), в дельте потери составляют 10.8 км^3 (76%). В дельте наибольшие потери стока приходятся на центральную дельту и составляют 7.6 км^3 (53% от общего объема потерь стока ниже Волгограда), западные и восточные ильмени 1.5 км^3 (11%) и 1.7 км^3 (12%) соответственно.

По интенсивности воздействия строительства и заполнения водохранилищ Волжско–Камского каскада на сток Нижней Волги выделяют два качественно различных периода – это период условно естественного стока 1881-1960 годов и зарегулированного стока (являющегося сбросом в нижний бьеф гидроузла) 1961-2009 годов. Средние годовые объемы стока за период условно естественного (1881–1960) и зарегулированного (1961–2009) стока близки и составляют 251 и 254 км^3 соответственно (рис. 4). Объяснением отмеченного выше даже некоторого увеличения средних годовых объемов стока Нижней Волги в зарегулированных условиях является то, что в период наибольшего регулирования стока (особенно в последние десятилетия) сложились климатические условия, более благоприятные для формирования стока, чем в условно естественный период (Коронкевич, Барабанова, Зайцева, 2007).

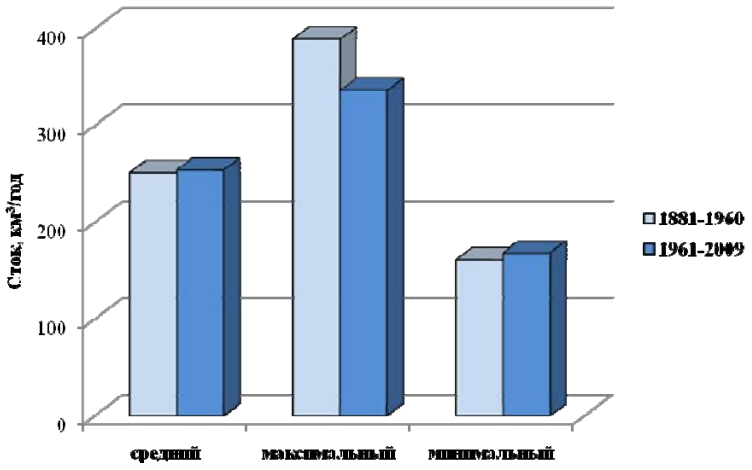


Рис. 4. Средние объемы годового стока Волги в створе у Волгограда в условно естественных (1881–1960) и зарегулированных (1961–2009) условиях. **Fig. 4.** Average volumes of the Volga annual runoff in the Volgograd line gauge under arbitrarily natural (1881–1960) and control (1961–2009) conditions.

Естественно, что для периода зарегулированного стока характерна меньшая межгодовая изменчивость стока, стандартное отклонение равно σ=41 км^3; для периода условно естественного стока - σ=45 км^3. Разница между максимальными и минимальными объемами годового стока Волги в створе у Волгограда в период 1881–1960 г составила 222 км^3, после зарегулирования она снизилась до 171 км^3.

В период условно естественного стока различают ненарушенный, слабонарушенный и сильно нарушенный сток (Анализ…, 2010).

Период с начала инструментальных наблюдений по 1936 год принято считать периодом ненарушенного стока Волги; средний объем годового стока в этот период равен 255 км^3 при стандартном отклонении σ=45 км^3.

Период с 1937 по 1956 год – период начала строительство гидроузлов и заполнения каскада водохранилищ – является периодом слабо нарушенного стока, средний объем годового стока за этот период составляет 240 км^3 (σ=46 км^3). На рисунке 3 показана продолжительность заполнения водохранилищ Волго–Камского каскада. За период с 1937 по 1956 год были заполнены Иваньковское, Угличское, Верхневолжское, Рыбинское и Камское водохранилища; на заполнение мертвого объема которых потребовалось около 12 км^3 воды при полном объеме 40.51 км^3 (табл.). В 1955 году началось заполнение Горьковского и Куйбышевского (крупнейшего в Волжско-Камском каскаде) водохранилищ, мертвый объем которых оценивается в 4.92 и 23.4 км^3 соответственно, а общий полный объем – 66.12 км^3.

С 1957 по 1960 гг. происходило активное заполнение Волгоградского водохранилища (мертвый объем 23.2 км^3, полный – 31.45 км^3), завершалось заполнение Горьковского и Куйбышевского водохранилищ. Этот период считается периодом сильно нарушенного стока – по оценкам (Линдберг, 1970) изъятия стока Волги в этот период достигали 50-60 км^3/год. При этом средний объем годового стока в створе у Волгограда за период с 1957 по 1960 год довольно высокий и оценивается в 254 км^3 (при стандартном отклонении σ=43 км^3), то есть практически на уровне периода ненарушенного стока.

После введения в эксплуатацию Волгоградского водохранилища сток, поступающий в Нижнюю Волгу в створе у Волгограда, представляет собой сброс в нижний бьеф гидроузла. В гидрологическом режиме Нижней Волги период с 1961г. по настоящее время является периодом зарегулированного стока, регулирование которого осуществляется в соответствии с Основными правилами использования водных ресурсов Волгоградского водохранилища на р.Волге (Основные…, 1983). Позже были введены в эксплуатацию Воткинское (1964), Саратовское (1968), Нижнекамское (1978) и Чебоксарское (1981) водохранилища.

Еще более близки объемы стока Волги в створе у Волгограда по периодам ненарушенного стока (1881–1936) и зарегулированного (1961–2009), которые составили 255 и 254 км^3 соответственно (рис.

5). В результате зарегулирования объем максимального годового стока в период с 1961 по 2009 годы снизился на 14% по сравнению с периодом 1881–1936 годы, объемы минимального стока увеличились на 4%. Аналогичные изменения отмечаются при сравнении условно естественного (1881–1960) и зарегулированного (1961–2009) стока.

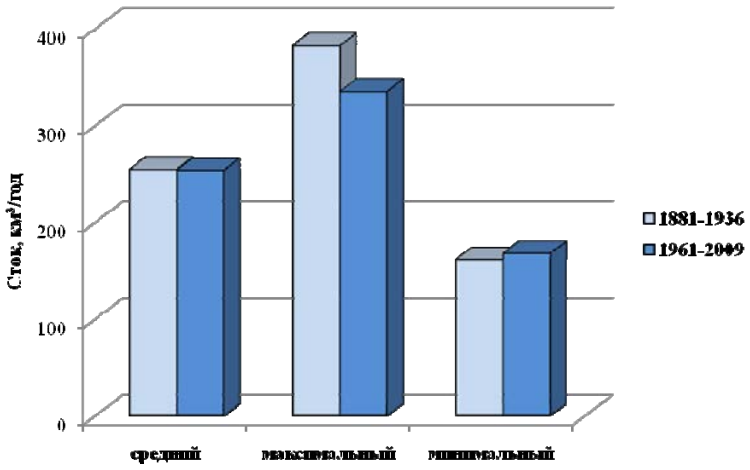


Рис. 5. Средние объемы годового стока Волги в створе у Волгограда в условиях ненарушенного стока (1881–1936) и зарегулированных условиях (1961–2009). **Fig. 5.** Average volumes of the Volga annual runoff in the Volgograd line gauge under undisturbed runoff conditions (1881–1936) and control conditions (1961–2009).

Внутригодовое распределение стока Волги в створе у Волгограда

Несмотря на то, что средние годовые объемы стока при условно естественном и зарегулированном режиме, поступающие в Нижнюю Волгу в створе у Волгограда, довольно близки (рис. 4), внутригодовое распределение стока после введения в строй Волжско–Камского каскада водохранилищ претерпело значительные изменения. На рисунке 6, построенном по данным, приведенным в (Об экологических…, 2004), показано внутригодовое распределение стока до и после введения в строй Волгоградского гидроузла. В декабре, январе, феврале и марте в створе у Волгограда после зарегулирования (1961–2009) объем стока увеличился практически вдвое; в августе, сентябре, октябре и ноябре отмечено увеличение объема стока на 7–15%, в апреле – на 27%.

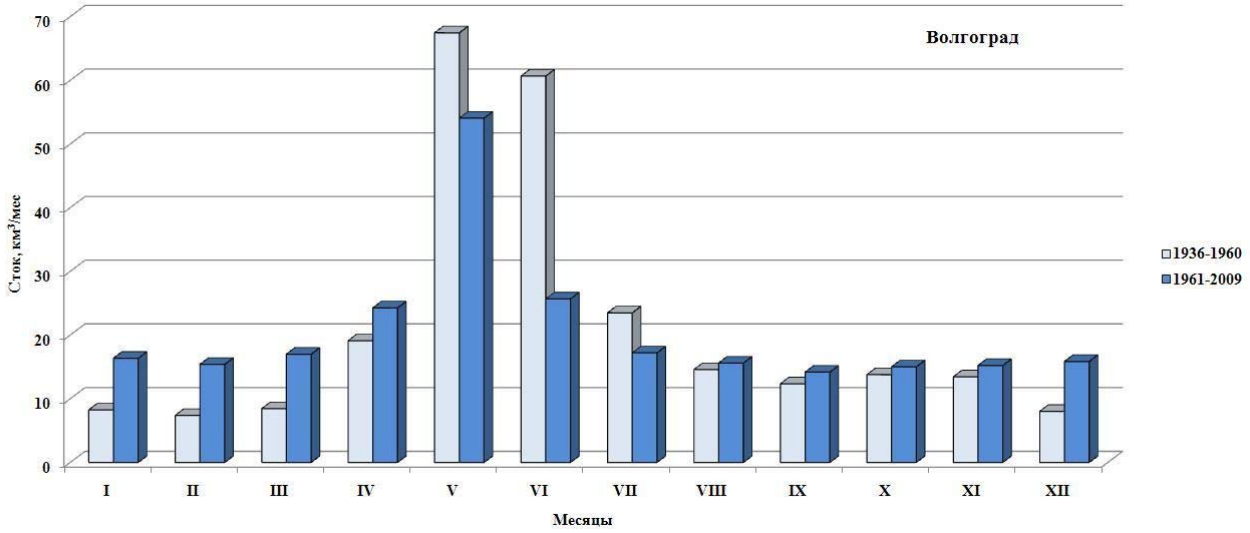


Рис. 6. Внутригодовое распределение объемов стока Волги в створе у Волгограда в периоды условно естественного (1881–1960) и зарегулированного (1961–2009) стока. **Fig. 6.** Intra annual distribution of the Volga runoff volumes in the Volgograd line gauge during the periods of arbitrarily natural (1881–1960) and control (1961–2009) runoff.

Больше чем в два раза снизился сток в июне (на 58%); в мае и июле объем стока уменьшился на 20 и 27% соответственно.

В период условно естественного стока (1881–1960) основная часть годового стока Волги (около 67%) приходилась на сезон весеннего половодья, наблюдающегося в апреле–июле. На летне–осенний сезон (август–ноябрь) приходилось 21% общего стока реки, на зимний (декабрь–март) – 12% (рис. 7). Зарегулирование оказало заметное влияние на гидрологический режим Нижней Волги и привело к существенному межсезонному перераспределению стока. В зарегулированных условиях объем стока за апрель-июль (половодье) уменьшился на 28% по сравнению с периодом до зарегулирования (1881–1960), а объем стока за декабрь-март (зимняя межень) вырос более чем в два раза (на 120%). В летне-осенний период зарегулирование стока внесло не столь значительные изменения, объем стока за август-ноябрь в зарегулированных условиях увеличился на 15% по сравнению с условно естественным периодом.

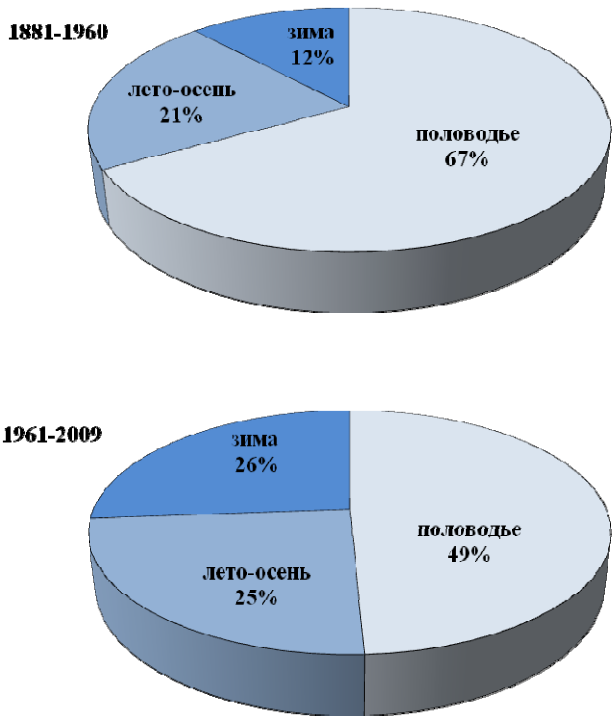


Рис. 7. Сезонное распределение объемов стока Волги в створе у Волгограда в периоды условно естественного (1881–1960) и зарегулированного (1961–2009) стока. **Fig. 7.** Seasonal distribution of the Volga runoff volumes in the Volgograd line gauge during the periods of arbitrarily natural (1881–1960) and control (1961–2009) runoff.

Зарегулирование Волги повлияло и на сезонные объемы максимального и минимального стока (рис. 8). В сезон весеннего половодья, с апреля по июль, в результате зарегулирования при уменьшении сезонного объема стока на 28%, объемы максимального и минимального стока снизились на 26 и 32% соответственно. С августа по ноябрь сезонный сток при зарегулировании увеличился на 15%, максимальный сток увеличился незначительно (на 7%), минимальный сток увеличился в два раза. В зимнюю межень (декабрь–март) объем сезонного стока при зарегулировании увеличился на 120%, максимальный сток претерпел незначительные изменения (увеличился на 22%), минимальный сток увеличился больше чем в два раза (на 227%).

Гидрологические условия Нижней Волги в период половодья

Гидрологический режим Нижней Волги в период половодья играет определяющую роль в сохранении экосистем Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. Основные параметры гидрологического режима половодья (продолжительность половодья и даты наступления его фаз, скорость изменения уровня воды на подъеме и спаде половодья, расходы воды, температура воды)

рассмотрены по материалам наблюдений на гидрологических постах у Волгограда (вершина Волго-Ахтубинской поймы) и у села Верхнее Лебяжье (вершина дельты Волги), приведенным в (Анализ…, 2010) за временной интервал с 1936 по 2009 годы с разделением на периоды условно естественного режима стока Волги (1936–1960) и после зарегулирования (1961–2009).

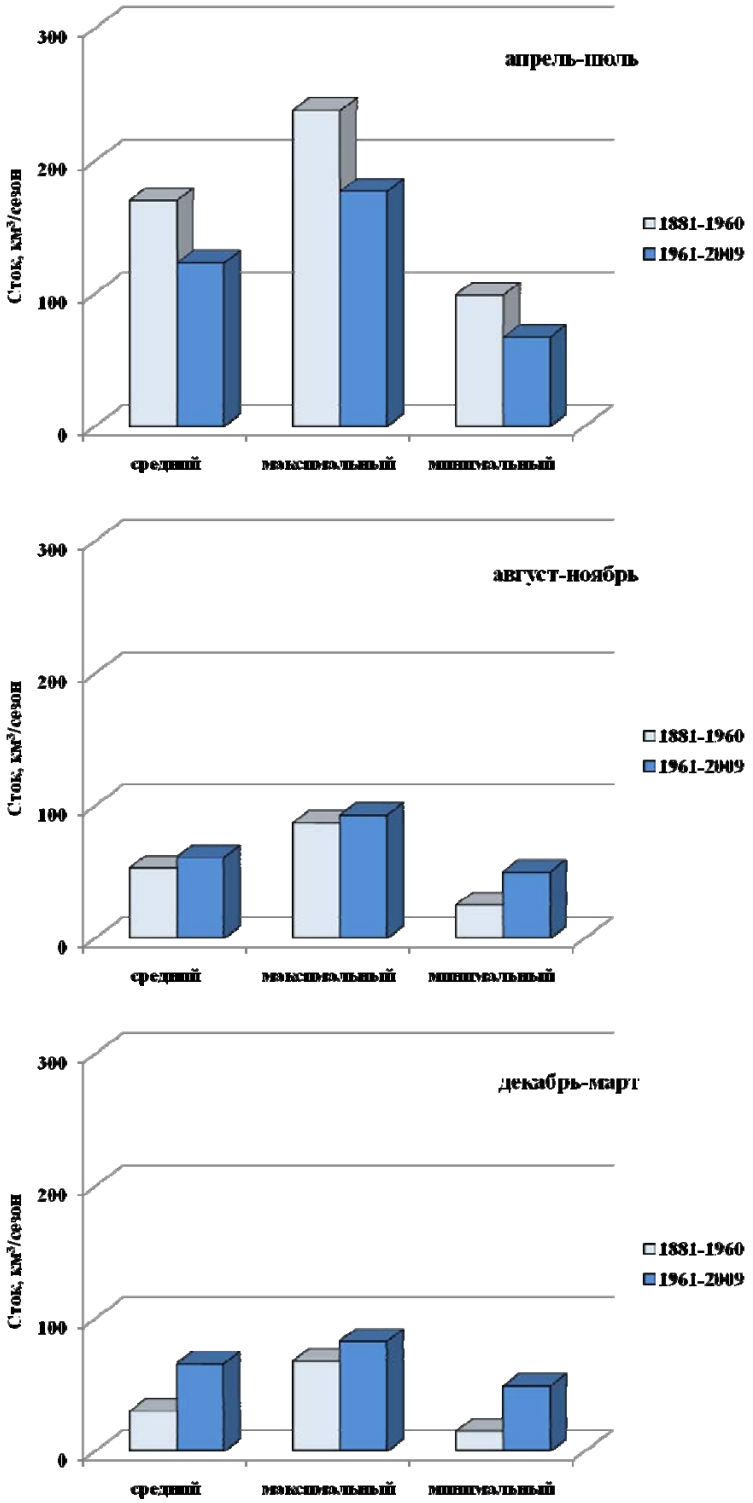


Рис. 8. Объемы сезонного стока Волги в створе у Волгограда в условно естественных (1881–1960) и зарегулированных (1961–2009) условиях. **Fig. 8.** Volumes of the Volga seasonal runoff in the Volgograd line gauge under arbitrarily natural (1881–1960) and control (1961–2009) conditions.

Продолжительность периода половодья в вершине Волго–Ахтубинской поймы (Волгоград) сократилась с 95 дней в период условно естественного режима до 64 дней в зарегулированных условиях (рис. 9). Основное сокращение произошло на фазе подъема половодья, продолжительность которой уменьшилась на 19 дней (практически в 2 раза). Продолжительность фазы спада половодья уменьшилась в среднем на 12 дней.

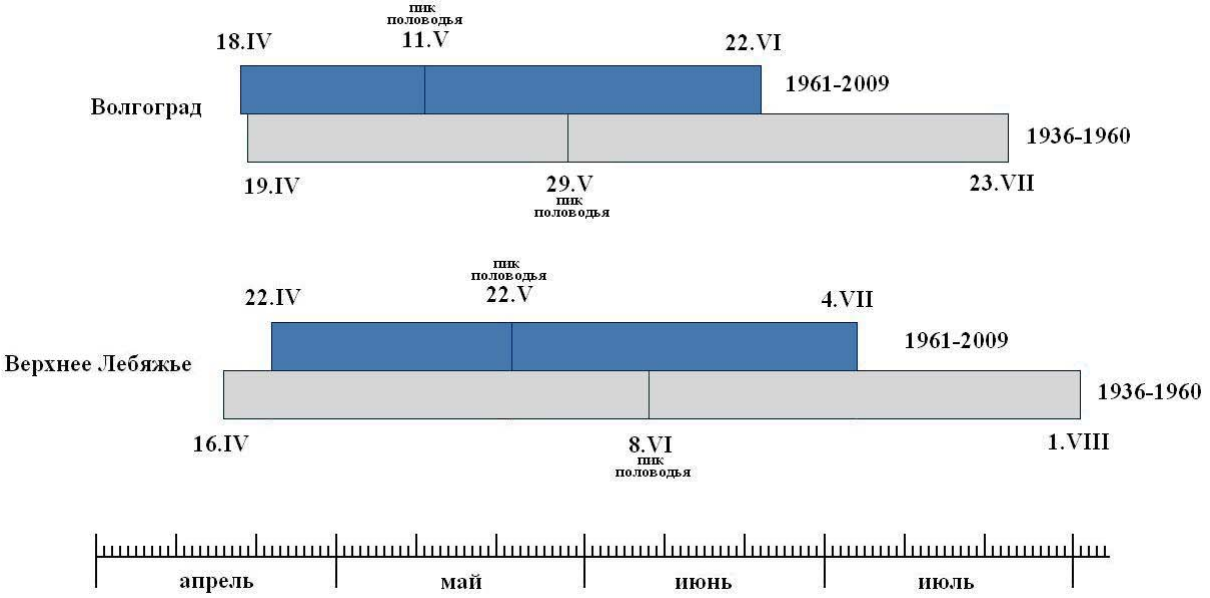


Рис. 9. Даты наступления основных фаз и продолжительность половодья в створах у Волгограда и у села Верхнее Лебяжье в периоды 1936–1960 и 1961–2009 годы. **Fig. 9.** Dates of the main phases coming and duration high water in the Volgograd and the Verhnee Lebyazhe village line gauges during the periods 1936–1960 and 1961-2009.

В вершине Волго–Ахтубинской поймы дата начала половодья в зарегулированных условиях (18.IV) практически не изменилась по сравнению с условно естественным периодом (19.IV). Пик половодья в зарегулированных условиях смещается на более ранние даты (с 29.V на 11.V); заканчивается половодье практически на месяц раньше чем в условно естественный период – это 22.VI и 23.VII соответственно.

В вершине дельты Волги (Верхнее Лебяжье) продолжительность периода половодья сократилась с 108 дней в период условно естественного режима до 74 дней в зарегулированных условиях (рис. 9). Основное сокращение также произошло на фазе подъема половодья – ее продолжительность уменьшилась на 22 дня. Продолжительность фазы спада половодья уменьшилась на 12 дней. Дата начала половодья в вершине дельты Волги (Верхнее Лебяжье) сместилась при зарегулировании стока с 16.IV на 22.IV, пик половодья стал отмечаться в более ранние сроки (22.V) чем при условно естественном режиме стока (8. VI), заканчивается половодье стало 4.VII, что практически на месяц раньше, чем при условно естественном режиме (1.VIII).

Такие значительные изменения продолжительности половодья и дат наступления его основных фаз влекут за собой изменения других параметров, в том числе расходов, скорости роста уровня воды и ее температуры на фазе подъема половодья, которые во многом определяют состояние экосистем Нижней Волги.

В условиях зарегулирования стока расходы воды в створе у Волгограда в начале и конце половодья мало отличаются от их значений в условно естественный период, различия находятся в пределах 1–2% (рис. 10); в пик половодья расходы в зарегулированных условиях снижаются на 8%. В створе у села Верхнее Лебяжье в зарегулированных условиях в начале и конце половодья расходы воды увеличиваются (по сравнению с условно естественным режимом стока) на 35 и 5% соответственно; в пик половодья отмечается снижение расходов воды на 15%.

Значительным изменениям при зарегулировании стока подверглась скорость изменения уровня воды на фазе подъема половодья. За счет раннего наступления пика половодья и искусственного

сокращения продолжительности фазы подъема в этот период (в фазу подъема) в зарегулированных условиях скорость изменения уровня воды у Волгограда увеличилось более чем в 2 раза – с 15 см/сутки при условно естественном режиме стока до 33 см/сутки при зарегулированном режиме стока (рис. 11). У села Верхнее Лебяжье скорость изменения уровня увеличилось с 8 см/сутки при условно естественном режиме стока до 12 см/сутки в зарегулированных условиях. На спаде половодья также отмечается заметное увеличение скорости изменения уровня воды по сравнению с периодом условно естественного стока: в створе у Волгограда с 12 см/сут. до 19 см/сут., в створе у селя Верхнее Лебяжье – с 7 см/сут. до 9 см/сут.

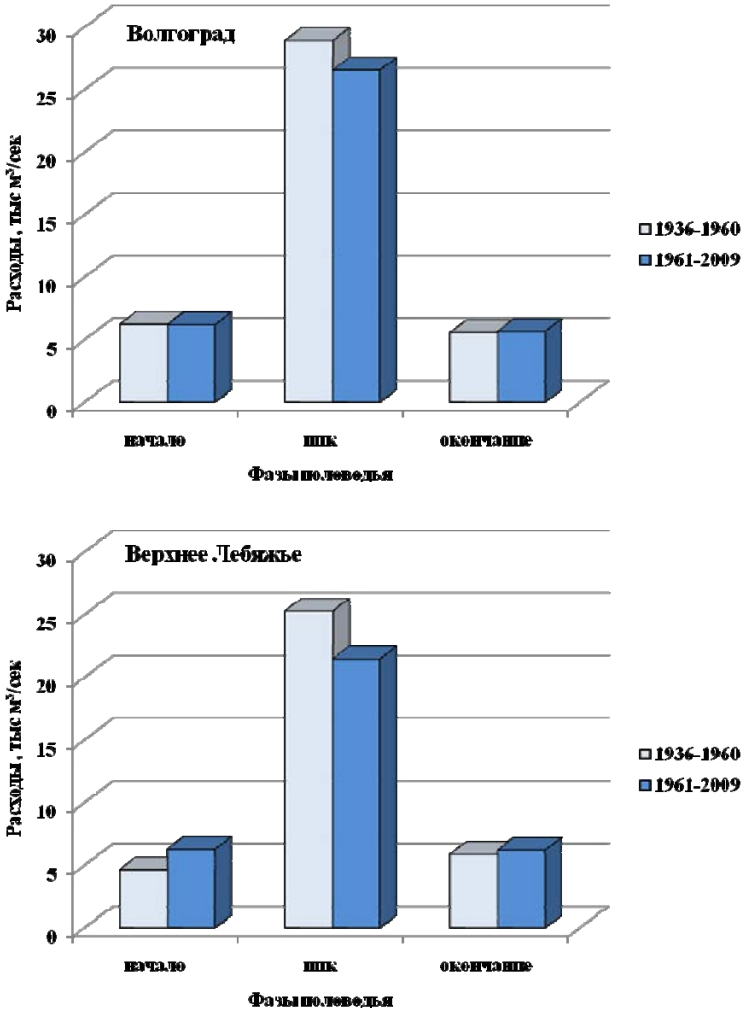


Рис. 10. Расходы воды в основные фазы половодья в створе у Волгограда и у села Верхнее Лебяжье в периоды 1936–1960 и 1961–2009 годы. **Fig. 10.** Water discharge in the main high water phases in the Volgograd and the Verhnee Lebyazhe village line gauges during the periods 1936–1960 and 1961-2009.

Неестественно быстрое повышение уровня воды за короткий срок не может обеспечить ее нормальный температурный режим. В начале половодья температура воды в русле Волги в вершине Волго–Ахтубинской поймы (Волгоград) увеличилась с 2.7^{O}С при условно естественном режиме стока до 3.4^{O}С в зарегулированных условиях (рис. 12). Повышение температуры воды в начале половодья после зарегулирования обусловлено тем, что в зарегулированных условиях в межень вода поступает в нижний бьеф Волжской ГЭС только через водозаборы турбин, которые расположены в нижней части плотины (Анализ…, 2010). Зимой и в начале весны, сразу после очищения ото льда, температура воды в придонном слое водохранилища выше, чем на поверхности. На дату начала половодья среднее значение температуры воды у села Верхнее Лебяжье, расположенного

значительно южнее Волгограда, увеличилось с 4.6^{O}C при условно естественном режиме стока до 7.5^{O}C в зарегулированных условиях (рис. 12).

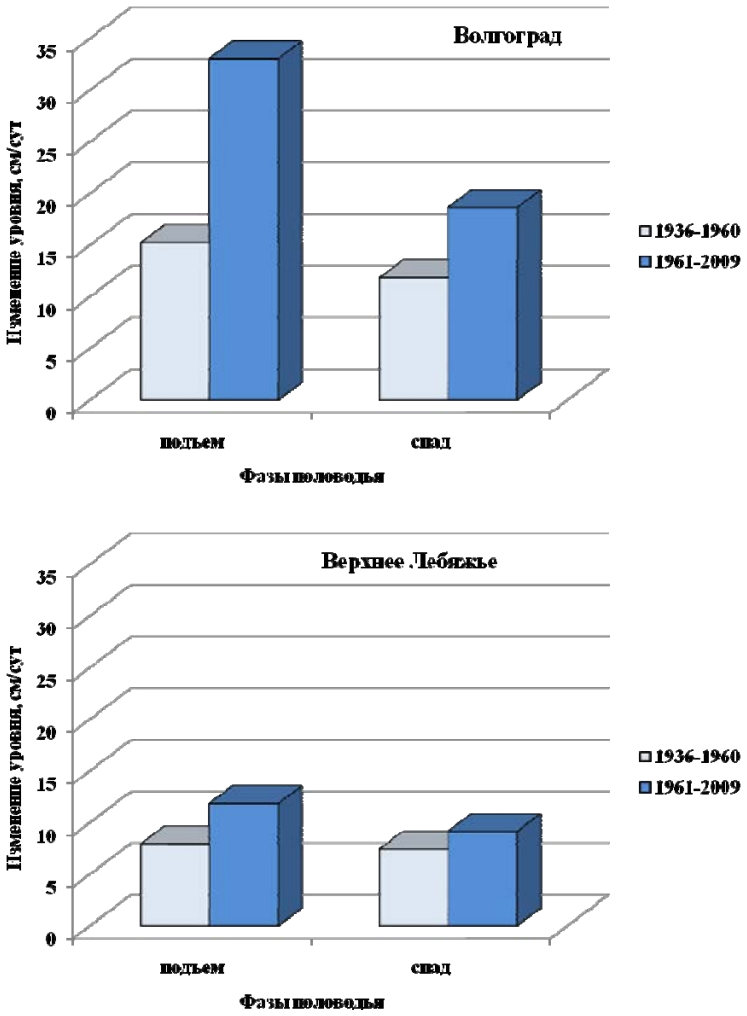


Рис. 11. Скорость изменения уровня воды в основные фазы половодья в створе у Волгограда и у села Верхнее Лебяжье в периоды 1936–1960 и 1961–2009 годы. **Fig. 11.** Speed of a water level change in the main high water phases in the Volgograd and the Verhnee Lebyazhe village line gauges during the periods 1936–1960 and 1961-2009.

При условно естественном режиме стока среднее многолетнее значение температуры воды на пике половодья в створе у Волгограда составляло 14.8^{O}C, в зарегулированных условиях температура воды на пике половодья поднимается в среднем только до 8.6^{O}C. Аналогичные изменения произошли и в вершине дельты Волги (Верхнее Лебяжье); среднее значение температуры воды на пике половодья снизилось с 18.4^{O}C до 14.1^{O}C. Вследствие короткой фазы подъема половодья и высокой интенсивности роста уровня вода в этот период не успевает прогреваться.

К концу половодья у Волгограда при условно естественном режиме стока средняя температура воды достигала 22.5^{O}C, в зарегулированных условиях к концу половодья вода успевает прогреться лишь до 18.4^{O}C, что на 4.1^{O}C ниже, чем при условно естественном режиме стока. В створе у села Верхнее Лебяжье к концу половодья при условно естественном режиме стока средняя температура воды составляла 23.7^{O}C, в зарегулированных условиях – 22.2^{O}C.

Важное значение для сохранения наземных экосистем Нижней Волги имеют высота и длительность заливания территории поймы в половодье (Балюк, 2005; Голуб и др., 2013). В работе (Балюк, 2005) приводятся оценки изменений в режиме заливания верхней части Волго–Ахтубинской поймы (на границе Волгоградской и Астраханской областей) для периодов условно естественного стока Волги (1916–1958, сток до создания Волгоградского гидроузла), пониженного стока (1961–

1977, катастрофическое снижение уровня Каспийского моря) и период повышения стока (1978–1990, подъем уровня Каспийского моря).

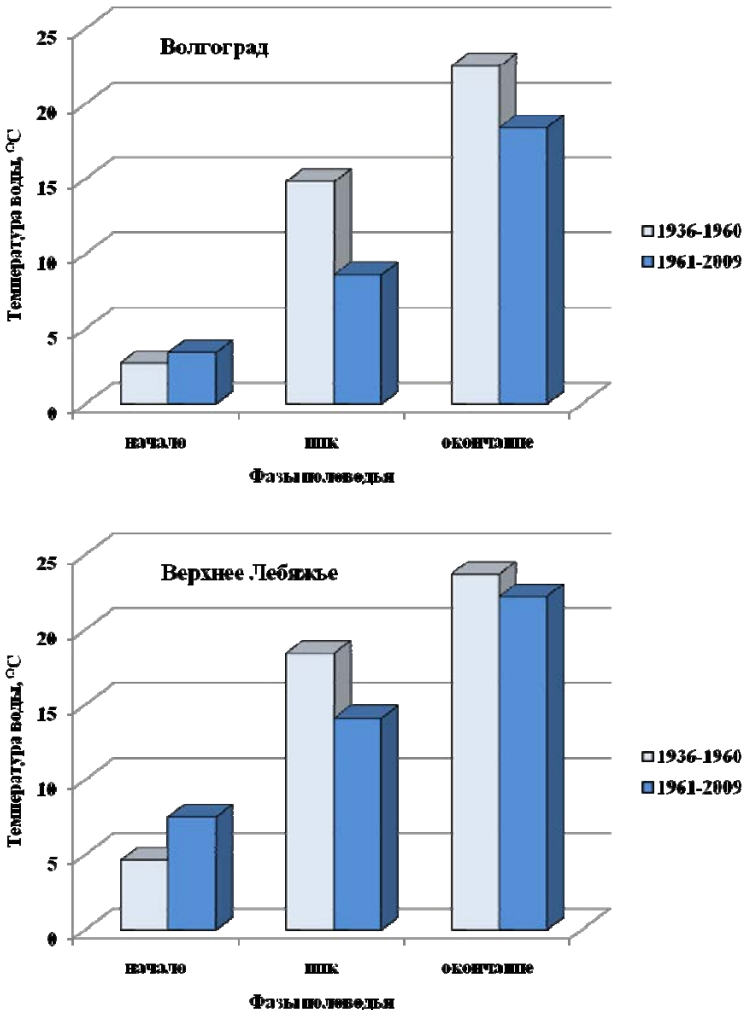


Рис. 12. Температура воды в основные фазы половодья в створе у Волгограда и у села Верхнее Лебяжье в периоды 1936–1960 и 1961–2009 годы. **Fig. 12.** Water temperature in the main high water phases in the Volgograd and the Verhnee Lebyazhe village line gauges during the periods 1936–1960 and 1961-2009.

В условно естественный период (1916–1958) средний объем годового стока в створе у Волгограда составил 252 км^3 (σ=50 км^3). В период пониженного стока (1959–1977) средний объем годового стока составил 227 км^3 (σ=36 км^3), что на 10% меньше среднего многолетнего объема годового стока за период 1916–1958 годы; период повышения стока (1978–1990) характеризуется средним объемом годового стока 272 км^3 (σ=36 км^3), что на 8% больше среднего объема годового стока за период 1916–1958 годы.

Обеспеченности заливания различных по высотным отметкам участков поймы в половодье в периоды 1959–1977 и 1978–1990 годы близки, но существенно отличаются от обеспеченности заливания при условно естественном режиме стока 1916–1958 годов (Балюк, 2005), поэтому сравнительный анализ обеспеченности заливания поймы будет выполняться для периодов 1916–1958 и 1959–1977 годы. Средний высотный уровень затопления поймы в половодье снизился на 0.5 м (с –7.7 до –8.2 м БС). Близки к условно естественному заливанию высотные уровни –8.3 м БС. Практически каждый год стали заливаться высотные уровни ниже –8.5 м БС; в период условно естественного стока ежегодно заливались высотные уровни ниже –10.0 м БС. Произошло резкое снижение частоты заливания высотных уровней –8.0 м БС – обеспеченность заливания изменилась с

60 до 20%. Менее 10% составила обеспеченность заливания высотных уровней выше –7.5 м БС в период 1959–1990 годы.

Произошли изменения в длительности общих сроков заливания высотных отметок в половодье (Балюк, 2005). Наименьшие изменения длительности заливания затронули высотные отметки –7.8 м БС. Значительные различия во времени заливания отмечаются для высотного уровня –12.5 м БС: с 70 дней в период 1916–1958 годы до 42 дней – в период 1959–1990 годы. В период 1978–1990 годы длительность заливания по сравнению с периодом 1959–1977 годы увеличилась на 10 дней; высотные отметки –7.0 м БС, не заливаемые в 1959–1977 годах, стали заливаться на срок до 20 дней в период 1978–1990 годы. Заливание высотных уровней –6.5 м БС наблюдалось в период 1916–1958 и составляло около 15 дней; в период 1959–1990 годы заливания высотных уровней –6.5 м БС не наблюдалось.

Выводы

Средние годовые объемы стока Нижней Волги в створе у Волгограда за период условно естественного (1881–1960) и зарегулированного (1961–2009) стока близки и составляют 251 и 254 км^3 соответственно.

В зарегулированных условиях объем стока весеннего половодья (апрель-июль) уменьшился на 30%, объем стока за декабрь-март (зимняя межень) вырос более чем в два раза, объем стока за август-ноябрь вырос на 14%.

При практически неизменной дате начала половодья его продолжительность в створе у Волгограда в среднем сократилась с 95 дней в период условно естественного режима стока до 64 дней в зарегулированных условиях.

Пик половодья стал наступать раньше на 20 суток, что приводит к более раннему заливанию пойменных массивов.

Продолжительность фазы подъема уменьшилась в два раза, что привело к резкому увеличению скорости роста уровня воды и, как результат, к изменению термического режима Нижней Волги. Температура воды на пике половодья в створе у Волгограда снизилась на 6.2 ^{O}С.

Сокращение фазы подъема половодья и двукратное увеличение скорости подъема уровня воды привело к значительному сокращению продолжительности периода затопления и стояния высоких вод на пойменных территориях Нижней Волги. Средний высотный уровень затопления верхней части Волго–Ахтубинской поймы (на границе Волгоградской и Астраханской областей) в половодье снизился на 0.5 м. Уровни ежегодного заливания низменных участков поймы поднялись на 1.5 м (с –10.0 до –8.5 м БС); частота заливания высотных отметок выше –8.0 м БС заметно снизилась. При условно естественном режиме стока заливание высотных уровней –6.5 м БС наблюдалось около 15 дней и не отмечалось после зарегулирования. Заливание уровня –12.5 м БС сократилось на 28 дней (с 70 дней до зарегулирования до 42 – после).

При условно естественном режиме стока высота уровня и продолжительность заливания пойменных территорий менялись от года к году в широких пределах, в зарегулированных условиях указанные гидрологические характеристики искусственно приближены к среднему значению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авакян А.Б., Шарапов В.А. 1977. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. Москва.: «Энергия». 400 с.

Анализ экологических последствий эксплуатации Волгоградского водохранилища для сохранения биоразнообразия основных водно-болотных территорий Нижней Волги. 2010. Отчет по Проекту ПРООН/ГЭФ 00047701 «Сохранение биоразнообразия водно-болотных угодий Нижней Волги». Москва. 675 с.

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

Болгов М.В., Левит-Гуревич Л.К. 2013. Задачи и функции системы поддержки водохозяйственных решений по управлению водными ресурсами Нижней Волги // Водные ресурсы. № 5. Т. 40. С. 507-518.

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

Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 году (Статистический сборник). 2012. / Под.ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова. М.: НИА-Природа. 2012. 268 с.

Воропаев Г. В., Исмайылов Г. Х., Федоров В. М. 2003. Проблемы управления водными ресурсами Арало-Каспийского региона. М.: Наука. 427 с.

Голуб В.Б., Старичкова К.А., Бармин А.Н., Иолин М.М., Сорокин А.Н., Николайчук Л.Ф. 2013. Оценка динамики растительности в дельте Волги // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3 (56). С. 58-68.

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

Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. 2007. Влияние изменения годовых значений температуры воздуха и осадков на сток рек Русской равнины // Изв. РАН. Сер. Геогр. № 5. С. 64–70.

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

Линдберг Ф.Н. 1970. Характеристика режима уровня воды дельты р.Волги в условиях зарегулированного стока // Сборник трудов Астраханской ГМО. Ростов-на-Дону. Вып. 1. С. 16-43.

Об экологических требованиях стока в низовьях реки Волга. 2004. Отчет ЮНЕСКО «Комплексный анализ воздействия регулирования стока реки Волга на экосистемы поймы и дельты» / Под ред. Х. Леумменс. Астрахань/Волгоград. 34 с.

Основные правила использования водных ресурсов Волгоградского водохранилища на р. Волге. 1983. Москва. 36 с.

Поляков Б.В. 1938. Гидрологические исследования Нижней Волги. М.-Л.: Госстройиздат. 160 с.

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

Шикломанов И.А., Кожевников В.П. 1974. Потери стока в Волго–Ахтубинской пойме и дельте р. Волги и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности. Труды ГГИ. Вып. 221. С. 3–46.

CHANGE IN ECOLOGICALLY SIGNIFICANT PARAMETERS OF HYDROLOGICAL REGIME OVER THE LOWER VOLGA UNDER RUNOFF CONTROL

© 2014. N.A. Shumova

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

The general scheme of Volga Kama reservoirs cascade functioning is given. Influence the Lower Volga runoff control on inter annual variability and intra annual distribution of runoff is estimated. Change of basic parameters of hydrological regime of high water – duration and dates of the main phases coming, speed of a water level change on rising and abatement of high water, water discharge, water temperature is considered. Changes of altitude levels of a floodplain flooding and duration of altitude levels flooding during a spring high water are shown.

Keywords: the Lower Volga, runoff, inter annual variability, intra annual distribution, spring high water, flood of altitude levels.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 48-58

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 581.55

ПРОДУКТИВНОСТЬ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В СФЕРЕ ФИТОГЕННОГО ПОЛЯ САКСАУЛА ЧЕРНОГО (*HALOXYLON APHYLLUM* (MINKW.) ILJIN) В ПУСТЫНЕ КАРНАБЧУЛЬ[1]

© 2014 г. З.Ш. Шамсутдинов*, Ш.Р. Убайдуллаев, Н.З. Шамсутдинов***, Б.Н. Насиев******

** Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса*
Россия, 141055 г. Лобня, Научный городок. E-mail: aridland@mtu-net.ru
***Каршинский инженерно-экономический институт*
Узбекистан, 180103 г. Карши, пр. Мустакиллик, 225. E-mail: kiei_info@edu.uz
**** Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова*
Россия, 127550 Москва, Б. Академическая ул., 44. E-mail: aridland@mtu-net.ru
*****Западно-Казахстанский Государственный Университет*
Республика Казахстан, 090000, г. Уральск, пр. Достык, 162. E-mail: zapkazgu@wksu.kz

Поступила 12.08.2013

Рассмотрены особенности формирования фитогенного поля под средообразующим воздействием саксаула черного в пустыне Карнабчуль. Показана динамика изменения влажности почвы, термического режима воздуха и освещенности в фитогенном поле. Описан характер распределения и накопления фитомассы у травяных растений (осока толстостолбиковая (*Carex pachystylis*) и мятлик луковичный (*Poa bulbosa*)) в пределах и за пределами фитогенного поля саксаула черного.

Ключевые слова: фитогенное поле, саксаул черный (*Haloxylon aphyllum*), экологические факторы, травяные растения, продуктивность, средообразующая функция.

Естественные пастбища пустынь, занимающие более 80% площади в земельном балансе республик Средней Азии, являются основой кормовой базы овцеводства, табунного коневодства и верблюдоводства (Нечаева, Приходько, 1966; Нечаева, Шамсутдинов, Мухаммедов, 1978; Шамсутдинов, 1975, 1985; Шамсутдинов, Ибрагимов, 1983; З. Шамсутдинов, Савченко, Н. Шамсутдинов, 2001; З. Шамсутдинов, Н. Шамсутдинов, 2005, 2009).

Однако эти пастбища имеют ряд серьезных недостатков: низкая урожайность, резкие колебания урожая по годам и сезонам года, снижение питательной ценности пастбищных кормов от весны к зиме. Нередко значительные массивы сбиты и деградированы в результате вырубки кустарников и полукустарников на топливо и корма. Такое состояние естественных кормовых угодий в аридных районах Средней Азии диктует необходимость разработки научных основ и технологии обогащения пустынных пастбищ. В этом отношении достигнуты значительные успехи: разработаны и внедрены в производство методы создания пастбищезащитных насаждений из саксаула черного, ресурсосберегающие технологии организации долголетних пастбищ разносезонного использования, многокомпонентные многоярусные пастбищные агроэкосистемы с учетом биологических и эколого-физиологических особенностей экобиоморф и отдельных видов (З. Шамсутдинов, Н. Шамсутдинов, 2005, 2009; Z. Shamsutdinov, N. Shamsutdinov, 2002, 2008; Ибрагимов, 1975). В этих работах показано большое значение установления факта биологической и фитоценотической совместимости разных видов при конструировании многокомпонентных пастбищных агрофитоценозов. В этом плане особый интерес представляет изучение межвидовых взаимодействий растений в фитоценозах. Одним

[1] Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 11-05-00629-а

из важных направлений и путей исследования взаимодействия растений в фитоценозах является изучение их фитогенных полей.

Впервые понятие о фитогенном поле было сформулировано А.А. Урановым (1965). По его мнению, каждое растение в своей жизнедеятельности изменяет вокруг себя условия среды, и эта измененная среда по-разному влияет на рядом растущие растения. Эту часть среды А.А. Уранов назвал фитогенным полем данной особи. Фитогенное поле растений, согласно его представлениям, имеет две исходные части: 1) внутренняя часть, лежащая в пределах общего контура растений; 2) внешняя часть – вне его. Внутренняя часть фитогенного поля, имеющая наиболее высокую напряженность, называется минимальным фитогенным полем.

Для фитогенного поля растений характерны, по мнению А.А. Уранова, следующие свойства:

1. напряженность при переходе от внутренней его части к внешней изменяется скачкообразно, внезапно;
2. напряженность изменяется в связи с сезонными переменами внешних факторов;
3. напряженность изменяется в зависимости от наследственного ритма развития растений;
4. напряженность изменяется в зависимости от онтогенетического момента развития растения.

По мнению многих исследователей, особи растений, изменяя условия среды, воздействуют на перераспределение рядом растущих растений. Разные виды в одних и тех же условиях по-разному изменяют условия среды и, наоборот, один вид в разных местообитаниях по-разному изменяет условия среды, т.е. характер фитогенного поля зависит от вида и от его местообитания. Размер и характер фитогенного поля зависит от мощности источника фитогенного поля (особь растений), а также жизненного состояния растений. Чем особь крупнее, надземные и подземные части развиты мощнее, тем значительнее будет ее влияние на среду и соседние растения.

В условиях пустынь Средней Азии высоким средообразующим свойством обладает древовидный кустарник – саксаул черный (*Haloxylon aphyllum*).

Саксаул черный играет большую роль в почвообразовании и обогащении почвы гумусом (Залетаев, 1975; Лобко, Сафонова, 1978).

Как известно, в пустынях основным источником влаги являются атмосферные осадки. Перераспределение и сохранение атмосферных осадков дает возможность в дальнейшем использовать влагу растениями во время вегетации. Именно такой способностью обладает в аридных зонах кустарниковая растительность (Спехт, 1964; Лобко, Сафонова, 1978;).

В настоящее время утвердилось мнение о том, что саксаул черный является мощным ценозообразователем в пустынях. Он отличается относительным долголетием, большим объемом фитомассы, дающей много органического вещества и создающей своеобразную среду для большого числа видов растений; этими качествами определяется его средообразующая и ценозообразующая способности (Залетаев, 1975; Шамсутдинов, 1975, 1985, 1993).

В ряде публикаций отмечается, что черносаксауловые пастбищезащитные полосы снижают скорость ветра, задерживают снег, защищают почву от иссушения и выдувания, а в самой полосе повышается относительная влажность воздуха; тем самым создаются благоприятные экологические условия для роста и формирования высоких урожаев эфемеров и однолетних солянок, изменяется количественный и качественный состав природного травостоя и начинает с годами формироваться новый биоценоз (Шамсутдинов, 1976; Шамсутдинов, Шамсутдинов, 2005).

Анализируя данные, относящиеся к установлению средообразующих свойств саксаула черного, в пустынях Средней Азии, выше цитированные авторы не пользовались термином и понятием "фитогенное поле". Кроме того, исследование средообразующих свойств саксаула черного в этих работах ограничилось оценкой одного экологического фактора, например, изменения растительности, либо влажности или температуры почвы в пределах подкронового пространства. Между тем саксаул черный оказывает комплексное средообразующее влияние на изменения абиотической и биотической среды в пустынных областях Средней Азии. В этой связи цель данной работы – изучение и оценка особенностей формирования фитомассы у основных травяных растений – мятлика луковичного (*Poa bulbosa*) и осоки толстостолбиковой (*Carex pachystylis*) в фитогенном поле саксаула черного в пустыне Карнабчуль.

Условия, материалы, методы

Пустыня Карнабчуль находится на левобережье реки Зарафшан к югу от Зерабулакских гор на высоте 310 м над уровнем моря.

Климат Карнабчуля характеризуется резкими колебаниями температуры в течение сезона и года, даже суток; отличается жарким и сухим летом, сравнительно холодной зимой.

Среднегодовая температура воздуха составляет 15.8°С. Самый жаркий месяц – июль. Среднемесячная температура которого равняется 31.5°С, при абсолютном максимуме + 47°С. Декабрь является самым холодным, где среднемесячная температура составляет 0.2°С при абсолютном минимуме – 21.3°С. Среднегодовая относительная влажность воздуха равна 30%, весной и, особенно летом, она падает до 10%. Среднегодовое количество атмосферных осадков за многолетний период составляет 162.0 мм с колебаниями по годам от 81.9 до 310.8.

Почвы – светлые сероземы и серо-бурые. По механическому составу варьируют от тяжелых суглинков до супесей.

Основу растительного покрова пастбищ пустыни Карнабчуль составляют полынь развесистая (*Artemisia diffusa* Krasch.), осока толстостолбиковая (*Carex pachystylis* Gay.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.). Встречается значительное количество эфемеров и однолетних солянок.

Исследование фитогенного поля проводилось на черносаксаульниках в пустыне Карнабчуль, сформированных от самосева на межполосных пространствах черносаксауловых пастбищезащитных насаждений. Плотность стояния растений 40-900 особей на 1 га, высота растений 150-450 см, средний диаметр кроны 230 см, пространственное расположение особей диффузное. Возрастной спектр саксаула черного представлен ювенильными, виргинильными, молодыми генеративными, средневозрастными генеративными, старыми генеративными, субсенильными и сенильными растениями.

При изучении фитогенного поля саксаула черного использовали метод фитометра (Уранов, Михайлова, 1974; Михайлова, 1977), суть его в том, что измерителем напряженности фитогенного воздействия вида, у которого изучается фитогенное поле, является растение, испытывающее это воздействие.

Показателем изменения напряженности фитогенного поля служат численность видов – фитометров, которые не могут оставаться неизменными с удалением от источника фитогенного поля – особи саксаула черного.

Для изучения изменения напряженности фитогенного поля саксаула черного были выделены 3 площадки в виде прямоугольника со сторонами 100×50 м, через противоположные углы площадок проведены 6 диагоналей. Вокруг особей, попавших на эти диагонали, построены трансекты в северном, южном, восточном и западном направлениях, шириной 50 см, длина которых равна расстоянию от ствола первой особи саксаула черного к внешней части кроны ближайшего соседа. Трансекты разделили на площадки. Размер первых площадок был разным и зависел от среднего радиуса проекции кроны каждой особи. Последующие площадки размером 50×30 см (рис. 1), на них подсчитывали побеги мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой. При камеральной обработке данные пересчитывали на 1 м^2, так как без этого сопоставление данных невозможно из-за неравнозначности размеров площадок.

Немаловажное значение имеет для выяснения влияния саксаула черного на мятлик луковичный и осоку толстостолбиковую, изучение роста и развития, а также накопления ими надземной фитомассы. Для этой цели заложены трансекты в северном, южном, восточном и западном направлениях под тремя особями саксаула черного средневозрастного генеративного состояния. Ширина трансекта 50 см, длина зависела от величины подкронового пространства саксаула и составляла 360 см, что несколько длиннее подкронового пространства. Трансекты разделены на площадки размером 50×30 см. На этих площадках измерялась высота видов-фитометров – мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой и определена их надземная фитомасса.

Проводилось изучение изменения влажности почвы при удалении от ствола саксаула черного. При измерении почвенной влажности применяли весовой метод. Пробы брали в четырех направлениях (север, юг, восток, запад) на расстоянии 10, 50, 90, 130, 170, 210 и 290 см от ствола, на глубине 0-1 см, 1-5 см, 5-10 см и 10-20 см.

Материалы обрабатывались методами математической статистики (Доспехов, 1985).

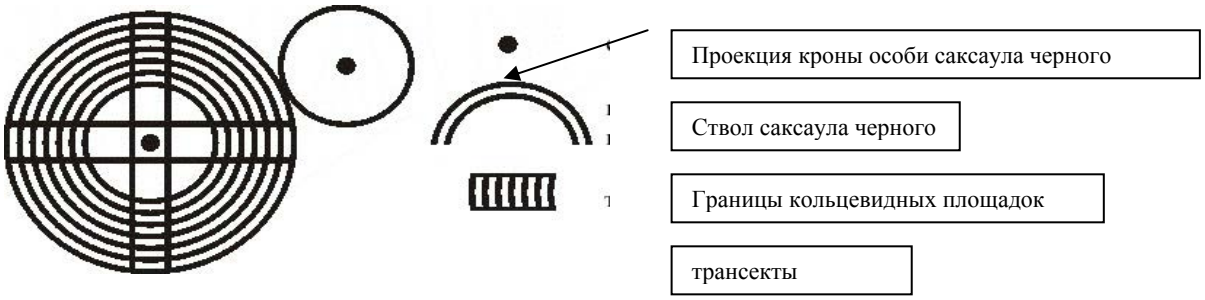


Рис. 1. Схема построения кольцевидных площадок и трансектов вокруг особей саксаула черного. **Fig. 1.** Scheme of ring-shaped areas and transcects around black saxaul individuals.

Результаты исследований

В процессе исследования продуктивности травяных растений нами проведено изучение изменения влажности почвы под влиянием фитогенного поля саксаула черного, характер распределения осоки толстостолбиковой и мятлика луковичного и продуктивность травяных растений в пределах фитогенного поля саксаула черного в пустыне Карнабчуль.

Изменение влажности почвы в пределах фитогенного поля саксаула черного. В таблице 1 и на рисунке 2 показано изменение влажности почвы при удалении от ствола саксаула черного в разных направлениях. Следует отметить, что довольно высокие показатели влажности почвы наблюдаются у основания ствола.

Таблица 1. Изменение влажности почвы (%) при удалении от ствола саксаула черного в пустыне Карнабчуль (Карнабский стационар ВНИИК, урочище Тутли, 15 апреля 1982 г.). **Table 1.** Change of soil moisture (%) with the distance from the trunk of the black saxaul in the Karnabchul desert (Karnab permanent establishment, Tutli, April 15, 1982.)

Направление от ствола	Глубина, см	Расстояние от ствола саксаула черного, см								Полынно-эфемеровое пастбище (контроль)
		10	50	90	130	170	210	250	290	
Восточное	0-1	3.88	3.25	1.89	3.36	3.22	3.43	4.09	3.96	2.01
	1-5	8.03	4.85	2.90	4.43	4.18	4.01	4.08	3.12	2.98
	5-10	9.39	6.96	4.57	4.93	5.61	5.38	5.05	5.06	5.14
	10-20	12.07	12.34	7.47	7.65	7.39	7.05	7.35	7.67	5.96
Западное	0-1	7.18	4.56	4.57	4.32	6.45	5.67	2.78	1.96	-
	1-5	8.44	5.16	5.24	4.25	4.55	4.26	4.08	3.01	-
	5-10	10.79	6.83	7.24	6.32	5.99	6.22	6.21	4.07	-
	10-20	12.45	9.88	10.02	8.31	7.00	7.29	8.70	6.06	-
Южное	0-1	8.19	3.63	2.32	3.44	1.97	2.11	3.44	2.64	-
	1-5	9.33	5.58	3.26	4.50	3.32	3.60	4.40	3.26	-
	5-10	13.66	6.71	4.73	6.23	5.07	6.20	5.90	5.63	-
	10-20	16.43	9.21	7.42	8.73	7.21	6.41	7.14	7.38	-
Северное	0-1	9.78	5.41	4.02	4.53	3.31	2.18	4.13	2.84	-
	1-5	10.50	8.06	5.71	4.59	4.36	4.13	4.84	4.33	-
	5-10	10.57	8.78	7.41	6.48	4.41	5.48	5.89	5.68	-
	10-20	11.84	13.65	10.92	8.81	7.21	8.08	8.55	8.22	-

Изменение влажности почвы в пределах минимального фитогенного поля саксаула черного в разных направлениях носит примерно одинаковый характер: с удалением от ствола во всех направлениях наблюдается понижение влажности почвы. В то же время степень влажности почвы по отношению к сторонам света неодинакова.

Самая высокая влажность почвы наблюдается на глубине 0-1, 1-5 см у основания ствола на северной части кроны дерева, а наименьшая – в восточной. На глубинах 5-10, 10-20 см самая высокая

влажность почвы у основания ствола на южной стороне. По мере удаления от ствола высокая степень влажности почвы наблюдается на северной стороне кроны саксаула черного. Видимо, неодинаковая степень влажности почвы в разных направлениях по отношению к сторонам света объясняется особенностями строения проекции кроны и микрорельефом.

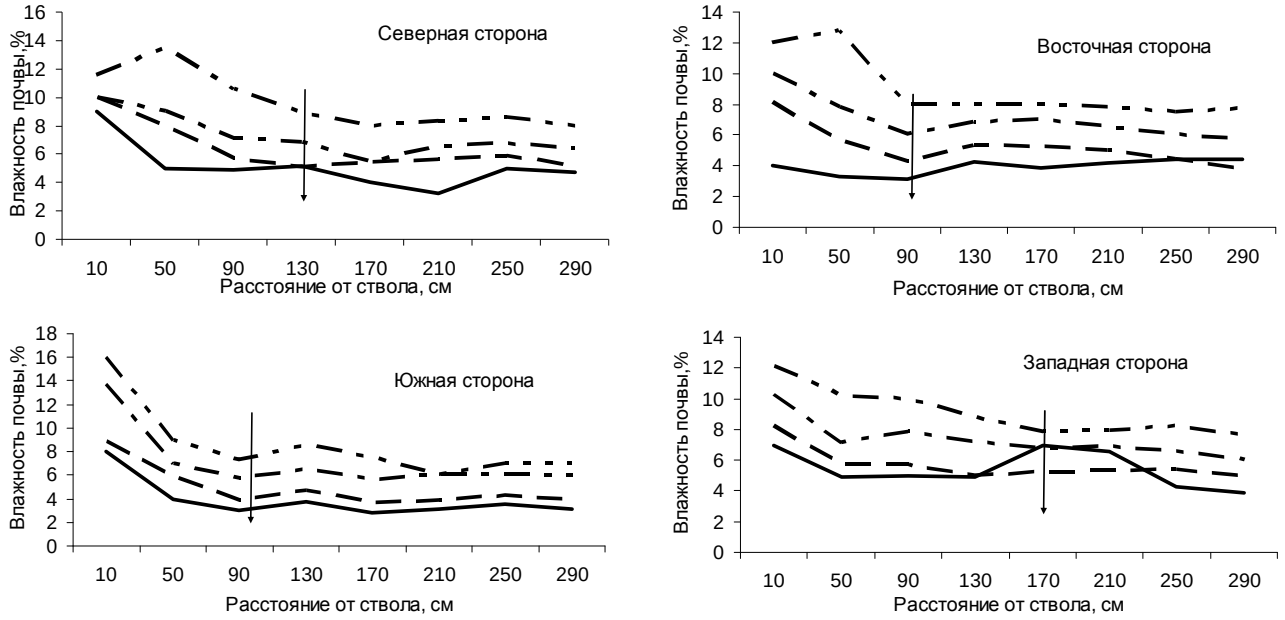


Рис. 2. Изменение влажности почвы при удалении от ствола саксаула черного в разных направлениях. **Fig. 2**. Soil moisture content changes with the distance from the trunk of the black saxaul in different directions.

Условные обозначения (Legend): —— влажность почвы на глубине 0-1 см (soil moisture in the depth 0-1 sm);
- - - на глубине 1-5 см (soil moisture in the depth 1-5 sm);
-· - ·-- на глубине 5-10 см (soil moisture in the depth 5-10 sm);
-·· - ··- на глубине 10-20 см (soil moisture in the depth 10-20 sm);
↓ - проекция кроны (sacsaul crown projection)

По кайме кроны (границе внешней части фитогенного поля с внутренней стороной) в трех направлениях (север, восток, запад) наблюдается низкая влажность почвы, т.е. с удалением от ствола саксаула черного в этих направлениях влажность почвы уменьшается, и самая низкая влажность почвы наблюдается на кайме кроны. А в южном направлении такой характер в распределении почвенной влаги несколько нарушается.

Во внешней части фитогенного поля саксаула черного в восточном, западном и северном направлениях наблюдается повышение влажности почвы, а на расстоянии 290 см от ствола в западном и северном направлениях влажность почвы постепенно уменьшается.

Распределение осоки толстостолбиковой и мятлика луковичного в пределах фитогенного поля. Динамика распределения численности побегов мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой в пределах фитогенного поля черного саксаула представлена на рис. 3.

Наименьшее количество побегов мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой наблюдается в минимальном фитогенном поле (под кроной). Это легко объяснимо: подкроновая почва засолена и иссушена, а кроме того, ослаблена освещенность. Поэтому эти виды здесь вытеснены и приурочены в основном к периферийной части подкронового пространства. Численность побегов мятлика луковичного в несколько раз больше, чем осоки толстостолбиковой. Это объясняется тем, что мятлик луковичный в отличие от осоки толстостолбиковой более солеустойчив (Шамсутдинов, 1975).

Характер изменения кривых численности видов-фитометров во внешней части фитогенного поля неодинаков. В поднокроновом пространстве саксаула черного резко увеличивается количество побегов мятлика луковичного (до 858 шт/м^2), а на следующей площадке достигает максимума – 1031 шт/м^2. Высокое значение этого показателя сохраняется и при удалении на расстояние до 120 см от

периферии кроны. Это, бесспорно, результат благоприятного влияния фитогенного поля саксаула черного. При дальнейшем удалении от фитогенного поля саксаула количество побегов значительно уменьшается и в промежутке между 180 и 240 см от кроны саксаула черного уже насчитывается 425-451 шт/м^2, что свидетельствует об уменьшении напряженности фитогенного поля. С приближением к соседней особи саксаула черного наблюдается некоторое увеличение численности побегов мятлика луковичного.

Рис. 3. Динамика распределения количества побегов мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой в фитогенном поле саксаула черного. **Fig. 3.** Dynamics of distribution of the shoots number of *Poa bulbosa* and *Carex pachystylis* in black saxaul phytogenous field.

Условные обозначения (Legend): —— *Poa bulbosa* , – – – – *Carex pachystylis*

В отличие от мятлика луковичного реакция осоки толстостолбиковой на действие фитогенного поля саксаула черного отрицательная, то есть осока как бы «отталкивается» от последнего. По мере удаления от возбудителя фитогенного эффекта, следовательно, с уменьшением его напряженности увеличивается численность побегов вида-фитометра. Постепенное нарастание численности осоки наблюдается на расстоянии до 180 см от кроны саксаула черного, в дальнейшем этот показатель достигает наибольшей величины и стабилизируется. Этому способствуют, видимо, её биологические особенности – довольно высокая засухоустойчивость и способность к перенесению более глубокого обезвоживания по сравнению с мятликом луковичным (Шамсутдинов, 1975). Вне зоны наибольшего фитогенного воздействия высокая напряженность абиотических факторов (температура, солнечная радиация, влажность воздуха и почвы и др.) оказывает отрицательное влияние на мятлик луковичный.

Под влиянием саксаула черного мятлик луковичный растет и развивается лучше, а осока толстостолбиковая, наоборот, хуже, чем в природных полынно-эфемеровых фитоценозах (контроль) (табл. 2).

Необходимо отметить, что под кроной саксаула черного, на расстоянии до 120 см от ствола они (мятлик луковичный, осока толстостолбиковая) не встречаются. С приближением к периферии, границе внешней и внутренней части фитогенного поля, появляются сначала мятлик луковичный, а затем осока толстостолбиковая. Их рост и развитие подавлены, и накопление надземной фитомассы незначительное, что объясняется засоленностью подкроновой почвы и недостатком света.

При дальнейшем удалении, особенно с выходом во внешнюю часть фитогенного поля, наблюдается пышное развитие мятлика луковичного. Вблизи от кроны саксаула черного, видимо, для этого эфемероида создается оптимальная экологическая обстановка. Здесь высота его побегов более 25 см, а накапливаемая фитомасса максимальная – 52.9 г/м^2 (табл. 2). Однако со снижением напряженности фитогенного поля эти показатели уменьшаются и приближаются к контролю.

В фитогенном поле саксаула черного рост и развитие, жизненное состояние осоки толстостолбиковой, как правило, подавлены. Вблизи кроны саксаула черного онтогенетическое развитие этого эфемероида затормаживается, он не образует семена и нередко засыхает в фазе

вегетации. С удалением от ствола саксаула черного наблюдается увеличение высоты осоки и на расстоянии 300-360 см от ствола развивается почти так же, как на открытом пастбище (контроль). Ослабление напряженности фитогенного поля способствует созданию благоприятных условий для роста и развития осоки толстостолбиковой.

Таблица 2. Высота растений и надземная фитомасса мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой в пределах фитогенного поля саксаула черного (Карнабский стационар ВНИИК, 1982 г.). **Table 2**. Height of plants and overground phytomass of *Poa bulbosa* and *Carex pachystylis* within black saxaul phytogenous field (Karnab permanent establishment, 1982)

Расстояние от центра фитогенного поля, см	Высота растений, см		Надземная фитомасса, г/м2	
	мятлик луковичный	осока толстостолбиковая	мятлик луковичный	осока толстостолбиковая
30	0	0	0	0
60	0	0	0	0
90	0	0	0	0
120	0	0	0	0
150	8.43±0.93	0	0.06	0
180	16.65±1.39	5.89±0.72	7.33±1.68	0.27
210	21.04±1.86	6.70±0.55	23.05±6.14	0.87±0.18
240	25.04±1.04	7.17±0.13	48.63±3.03	3.62±1.10
270	25.22±0.66	7.96±0.32	52.90±2.68	4.10±0.94
300	22.93±0.71	8.74±0.52	41.05±4.64	4.61±1.28
330	19.35±0.95	8.90±0.30	30.31±2.69	6.40±1.91
360	17.32±0.61	8.40±0.18	24.95±3.34	5.75±1.44
Контроль	16.18±0.76	8.85±0.18	22.58±2.33	5.65±0.74

Накопление надземной фитомассы осоки толстостолбиковой подчинено тем же закономерностям, что и у мятлика луковичного. При удалении от центра фитогенного поля с уменьшением его напряженности наблюдается увеличение надземной фитомассы осоки толстостолбиковой.

В результате установлено, что мятлик луковичный под влиянием саксаула черного растет и развивается лучше, чем в природных полынно-эфемеровых фитоценозах. Однако пышное развитие его отмечается не на всей территории фитогенного поля.

Наши наблюдения показали, что на территории радиусом 120 см от ствола саксаула мятлик не встречается. Это можно объяснить высокой засоленностью почвы под кроной, на что указывали многие авторы (Лобко, Сафонова, 1978; Акжигитова, 1982; Шамсутдинов, Шамсутдинов, 2005).

Мятлик появляется на участках, удаленных от ствола на расстояние 150 см. На этом подкроновом участке растения низкорослые (8-43 см), при удалении от ствола они выше. Максимальной высоты мятлик луковичный достигает в экотоне, т.е. на границе внешней и внутренней части фитогенного поля, на что обратили внимание и другие авторы (Залетаев, 1975). При дальнейшем удалении от ствола он снова становится низкорослым, что указывает на снижение фитогенного воздействия саксаула черного.

Продуктивность травянистых растений в фитогенном поле саксаула черного. Результаты определений продуктивности травяных растений в фитогенном поле и за его пределами приведены в таблице 3 и рисунке 4. В фитогенном поле саксаула черного рост и развитие осоки толстостолбиковой хуже, чем на природном полынно-эфемеровом пастбище (контроль). Непосредственно под кроной саксаула она не встречается и появляется только с расстояния 150 см, при этом растения низкорослы, жизненное состояние их подавлено. Здесь крона саксаула редеет, и фитогенное влияние его снижается. С удалением от ствола саксаула черного наблюдается увеличение высоты осоки толстостолбиковой. На расстоянии 300-360 см от ствола она развивается почти так же, как на открытом пастбище. Здесь ясно видно, что снижение напряженности фитогенного поля саксаула черного способствует более благоприятному росту и развитию осоки толстостолбиковой.

Накопление фитомассы мятликом луковичным и осоки толстостолбиковой подчинено тем же закономерностям: величина ее резко возрастает с переходом к внешней части фитогенного поля (240-300 см) и достигает своего максимума на расстоянии 240-270 см от ствола. В экотоне мятлик луковичный формирует в два раза больше надземной фитомассы, чем на природном полынно-эфемеровом пастбище. При дальнейшем удалении от ствола фитомасса уменьшается, что свидетельствует об уменьшении фитогенного воздействия саксаула черного (табл. 3).

Таблица 3. Величина надземной фитомассы травяных растений при удалении от ствола саксаула черного (Карнабский стационар ВНИИК, 1982 г.). **Table 3.** The value of the above-ground phytomass of grass vegetation with the distance from the trunk of the black saksaul (Karnab permanent establishment, 1982).

Расст. от ствола, см	На 0.15 м^2				На 1 м^2			
	мятлик луковичный	осока толстосто-лобиковая	разнотравье	всего	мятлик луковичный	осока толстосто-лобиковая	разнотравье	всего
+ 30	0	0	0	0	0	0	0	0
+ 60	0	0	0	0	0	0	0	0
+ 90	0	0	1.24 ± 0.36	1.24 ± 0.36	0	0	8.26 ± 2.39	8.26 ± 2.39
+ 120	0	0	4.72+1.21	4.72 ± 1.21	0	0	31.42 ± 8.02	31.42 ± 8.02
+ 150	0,01	0	14.86 ± 3.14	14.87 ± 3.15	0,06	0	99.10 ± 20.96	99.10 ± 20.96
+ 180	1.10 ± 0.25	0.04	15.43 ± 3.78	16.57 ± 3.83	7.33 ± 1.68	0.27	102.88 ± 25.22	110.47 ± 25.54
+ 210	3.46 ± 0.92	0.13 ± 0.02	15.70 ± 1.38	19.29 ± 1.73	23.05 ± 6.14	0.87 ± 0.18	104.7 ± 9.22	128.6 ± 11.55
+ 240	7.29 ± 0.45	0.54 ± 0.16	14.26 ± 2.10	22.10 ± 1.55	48.63 ± 3.03	3.62 ± 1.10	95.08 ± 14.02	147.33 ± 10.36
+ 270	7.93 ± 0.40	0.61 ± 0.14	7.84 ± 2.15	16.37 ± 1.77	52.90 ± 2.68	4.10 ± 0.94	52.15 ± 14.41	109.15 ± 11.61
+ 300	6.16 ± 0.69	0.69 ± 0.19	3.98 ± 1.00	10.83 ± 0.69	41.05 ± 4.64	4.61 ± 1.28	26.52 ± 6.68	72.18 ± 4.59
+ 330	4.55 ± 0.40	0.96 ± 0.28	2.82 ± 0.27	8.33 ± 0.64	30.31 ± 2.69	6.40 ± 1.81	18.83 ± 1.83	55.49 ± 4.31
+ 360	3.74 ± 0.54	0.86 ± 0.21	1.98 ± 0.61	6.59 ± 0.93	24.95 ± 3.34	5.75 ± 1.44	13.15 ± 4.10	43.95 ± 6.20
конт-роль	3.39 ± 0.35	0.85 ± 0.11	1.31 ± 0.07	5.54 ± 0.37	22.58 ± 2.33	5.65 ± 0.74	8.71 ± 0.46	36.95 ± 2.45

В отличие от мятлика луковичного саксаул черный на осоку толстостолбиковую влияет отрицательно, о чем свидетельствует увеличение ее надземной фитомассы по мере удаления от ствола и при снижении напряженности фитогенного поля. Такая закономерность в расположении и развитии осоки толстостолбиковой в фитогенном поле саксаула черного объясняется ее меньшей солеустойчивостью, нежели мятлика луковичного. Это препятствует ее появлению непосредственно под кроной саксаула черного и вблизи нее, где почва более засолена. Зато здесь, где специфичная микросреда, пышно развиваются мятлик луковичный и другие солевыносливые и солелюбивые растения.

Под воздействием саксаула черного повышается величина надземной фитомассы и у других растений – до 14 раз по сравнению с природными полынно-эфемеровыми фитоценозами. Они формирует высокую надземную фитомассу на расстоянии от 150 до 240 см от центра фитогенного поля.

Непосредственно под кроной саксаула поселяются солянки натронная (*Salsola nitraria* Pall.) и солянка хрящецветная (*S. sclerantha* C. A. Mey), галохарис (*Halocharis hispida* (C.A.M.) Bge.), ячмень заячий *(Hordeum leporinum* Link.). Они проявляют себя как патиенты, захватывая освободившиеся экологические ниши. Под фитогенным воздействием саксаула черного происходит перераспределение травяной растительности. Во внутренней части фитогенного поля, где напряженность его воздействия высока (почва засоленная, сильное затенение), сначала появляются однолетние солянки (хрящецветная, натронная), галохарис и нередко заячий ячмень. Вслед за ними

поселяется разнотравье: костенец зонтичный (*Holosteum umbellatum* L.), ячмень заячий, гетерокарий жесткий (*Heterocaryum rigidum* A. DC) и другие растения, которые вместе с солянкой образуют переходную зону от солянкового кольца к другому.

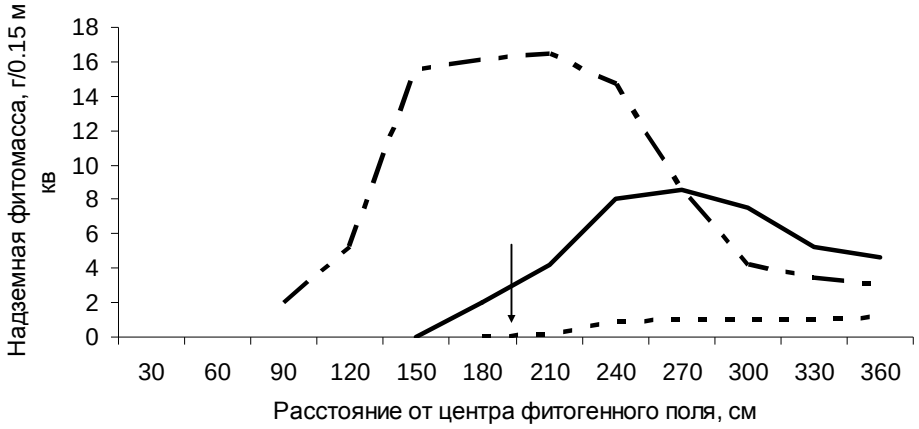


Рис. 4. Изменение величины надземной фитомассы травяных растений в фитогенном поле саксаула черного.
Fig. 4. Change in the amount of aboveground phytomass of grass cover in black saxaul phytogenous field.

Условные обозначения (Legend): —— *Poa bulbosa*
------- *Carex pachystylis*
–·–·– разнотравье (miscellaneous herbs)
↓ кайма кроны (crown border)

Следующее кольцо образует большое количество крепкоплодника сирийского (*Euclidium syriacum* (L.) R. Br.), пажитника (*Trigonella foenum-graecum* L.), дескурении (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl.), с одиночными особями костра дантониевидного (*Bromus danthoniae* Trin.), неравноцветника кровельного (*Anisantha tectorum* (L.) Nevski), неясноберника (*Aphanopleura capillifolia* (Regel & Schmalh.) Lipsky) и других, за счет чего резко возрастает надземная фитомасса травяных растений.

Наблюдаемые нами закономерности распределения растений в фитогенном поле еще раз подтверждают мнение А.А. Уранова (1965) о скачкообразном изменении напряженности при переходе от внутренней части фитогенного поля к внешней. Это обуславливает образование широкого кольца с преобладанием мятлика луковичного, начиная с расстояния от 180 до 300 см. И в этом кольце нередко встречаются крепкоплодник сирийский, пажитник, мортуки (*Eremopyrum* (Ledeb.) Jaub. & Spach), грыжник (*Herniaria* L.) и другие. В дальнейшем урожайность мятлика луковичного и разнотравья уменьшается, а у осоки толстостолбиковой, наоборот, повышается. С уменьшением количества особей мятлика луковичного увеличивается количество других видов, которые формируют незначительные величины надземной фитомассы.

При изучении влияния фитогенного поля саксаула черного на рост и развитие, а также величину надземной фитомассы травяных растений выяснилось, что под фитогенным воздействием этого кустарника изменяется ритм развития растений. Уже было сказано, что саксаул черный отрицательно влияет на осоку толстостолбиковую. Так, вблизи кроны, где напряженность фитогенного поля высока, онтогенетическое развитие этого эфемероида приостанавливается, семена не образуются, нередко растение засыхает в фазе вегетации.

Выводы

Под влиянием фитогенного поля саксаула черного происходит перераспределение мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой. Реакция первого вида-фитометра на действие эдификатора положительная, у второго – отрицательная. Размещение растений мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой в ценозе неслучайно: оно регулируется и поддерживается формированием фитогенного поля саксаула черного разной степени напряженности.

Перераспределение растений в фитогенном поле саксаула черного отражается на величине продуктивности травяных растений – осоки толстостолбиковой и мятлика луковичного. Наибольшая фитомасса наблюдается на периферии кроны и в околокроновом пространстве. В зависимости от возраста саксаула черного фитомасса травяных растений в 1.6-3.2 раза превосходит продуктивность природных эфемероидно-мятликовых пастбищ (контроль). Особенно высока надземная фитомасса мятлика луковичного и разнотравья. Высокие величины надземной фитомассы эфемероидов (мятлика луковичного и осоки толстостолбиковой) наблюдаются за пределами минимального фитогенного поля на расстоянии 90-150 см от кроны в зависимости от возрастного состояния саксаула черного.

Саксаул черный, преобразуя условия среды, сильно влияет на травяную растительность. Под его влиянием происходит перестройка растительного покрова, изменяется их ритм развития. Мятлик луковичный в фитогенном поле находит оптимальный режим для роста, развития и накопления высокого урожая. Вместе с тем осока толстостолбиковая здесь подавлена, она не проходит полного цикла онтогенетического развития.

Благоприятный микроклимат, формируемый под средообразующим воздействием саксаула черного, способствует повышению урожайности травяных растений в 2-4 раза и увеличению видового разнообразия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акжигитова Н.И. 1982. Галофильная растительность Средней Азии и ее индикационные свойства. Ташкент: Фан. 189 с.

Доспехов Б.А. 1985. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 352 с.

Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 424 с.

Залетаев В.С. 1975. Жизнь в пустыне. М.: Мысль. 271 с.

Ибрагимов И.О. 1975. Эколого-биологическое обоснование создания высокопродуктивных пастбищ из смеси кустарников, полукустарников и трав на подгорных равнинах Узбекистана // Автореф. дисс… канд. биол. наук. г. Фрунзе. АН КиргССР. 29 с.

Лобко О.С., Сафонова Л.И. 1978. Гумусообразования в почвах Карнабчуля под влиянием черного саксаула // География, эволюция и использование легких почв. Пущино. С. 121-130.

Михайлова Н.Ф. 1977. О характере взаимоотношений некоторых плотно-дерновидных злаков // Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношение). М.: Наука. С. 100-108.

Нечаева Н.Т., Шамсутдинов З.Ш., Мухаммедов Т.М. 1978. Улучшение пустынных пастбищ Средней Азии. Ашхабад: Илым. 62 с.

Нечаева Н.Т., Приходько С.Я. 1966. Искусственные зимние пастбища в предгорных пустынях Средней Азии. Ашхабад: Туркменистан. 227 с.

Спехт Р. 1964. Микросреда в естественном растительном сообществе // Климатология и микроклиматология. Перевод с английского. М.: Прогресс. С. 173-177.

Убайдуллаев Ш.Р. 1990. Фитогенное поле черного саксаула (*Haloxylon aphyllum*) и его роль в фитомелиорации эфемероидно-полынных пастбищ Узбекистана // Автореферат дисс… на соискание ученой степени канд. биол. наук. Ташкент. 224 с.

Убайдуллаев Ш.Р. 1988. Саксаул черный как перераспределитель солнечной радиации в пастбищных агрофитоценозах // Вопросы селекции, семеноводства и укрепления кормовой базы каракулеводства. Труды ВНИИК. Ташкент. С. 88-107.

Убайдуллаев Ш.Р. 1986. Температурный режим в фитогенном поле саксаула черного в условиях Карнабчуля // Аридное кормопроизводство. Труды ВНИИК. Ташкент. С. 133-148.

Уранов А.А., Михайлова Н.Ф. 1974. Из опыта изучения фитогенного поля *Stipa pennata* L. // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 79. № 5. С. 151-160.

Уранов А.А. 1965. Фитогенное поле //Проблемы современной ботаники. М.-Л.: Наука. Т. 1. С. 251-254.

Шамсутдинов З.Ш. 1993. Биологическая мелиорация: концепция, перспективы // Мелиоративное и водное хозяйство. № 6. С. 6-11.

Шамсутдинов З.Ш. 1985. Адаптивная система интенсивного аридного кормопроизводства (обзор). Ташкент: УзНИИНТИ. 36 с.

Шамсутдинов З.Ш. 1979. О теории и практике фитомелиорации пустынных пастбищ // Проблемы освоения пустынь. № 6. С. 27-31.

Шамсутдинов З..Ш. 1976. Черносаксауловые пастбищезащитные полосы // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. № 9. С. 117-123.

Шамсутдинов З.Ш. 1975. Создание долголетних пастбищ в аридной зоне Средней Азии. Ташкент: Фан. 176 с.

Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. 2012. Биогеоценотические принципы и методы экологической реставрации пустынных пастбищных экосистем Средней Азии // Аридные экосистемы. №3. С. 5-21.

Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. 2009. Принципы и методы фитомелиорации деградированных агроландшафтов аридных территорий России // Мелиорация и водное хозяйство. №5. С. 21-24.

Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. 2009. Экологическая реставрация пастбищ (на основе новых сортов кормовых галофитов). М.: ФГОУ ДПОС РАКО АПК. 295 с.

Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. 2007. Биогеоценотехнология восстановления нарушенных аридных пастбищных экосистем // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. №3. С. 37-39.

Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. 2005. Галофитное растениеводство (эколого-географические основы). М.: Изд-во "Советский спорт". 404 с.

Шамсутдинов З.Ш., Ионис Ю.И., Шамсутдинов Н.З. 2005. Создание долголетних пастбищных экосистем в полупустынной зоне методом биогеоценотехнологии // Кормопроизводство. № 12. С. 7-12.

Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. 2000. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. М.: Эдель-М. 399 с.

Шамсутдинов З.Ш., Ибрагимов И.О. 1983. Долголетние пастбищные агрофитоценозы в аридной зоне Узбекистана. Ташкент: Фан. 167 с.

Шамсутдинов З.Ш., Ибрагимов И.О. 1975. Эколого-фитоценотические предпосылки коренного улучшения пастбищ подгорных равнин Средней Азии // Каракулеводство. Ташкент. Вып. IV. С. 345-360.

Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N. 2008. Halophytes Utilization for Biodivesity and Productivity of Degraded Pastures Restoration in Arid Regions of Central Asia and Russia // Biosaline Agriculture & High Salinity Tolerance / Eds. Chedly Abdelly, Munir Ozturk, Muhamed Asbrafand Claude Grignon. Switzerland: Birkhauser Verlag. P. 293-240.

Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z. 2002. Biogeocenotic principles and methods of degraded pastures phytomelioration in Central Asia and Russia / co-author N.Z. Shamsutdinov // Prospects for saline agriculture. Netherlands. P. 29-35.

THE PRODUCTIVITY OF GRASSES PLANTS IN THE SPHERE OF PHYTOGENOUS FIELD OF THE BLACK SAXAUL (*HALOXYLON APHYLLUM* (Minkw.) Iljin) IN THE KARNABCHUL DESERT

© 2014. Z.Sh. Shamsutdinov*, Sh.R. Ubaydullaev, N.Z. Shamsutdinov***, B.N. Nasiev******

** All-Russian scientific research feed institute by V.R. Williams, Russian academy of agricultural sciences, Russia, 141055 Moscow Region, Lobnya, st. Nauchnu gorodok, bldg 1. E-mail: aridland@mtu-net.ru*
*** Karshi Engineering Economic Institute, 180103, Uzbekistan, Karshi, st Mustakillik, 225, E-mail: kiei_info@edu.uz*
**** Institute for Hydraulic Engineering and Land reclamation, Russia, Moscow, B.Akademicheskaya str., 44*
***** West Kazakhstan State University, 090000, Kazakhstan, Uralsk, st. Dostyk, 162, E-mail:zapkazgu@wksu.kz*

The peculiarities of phytogenous field formation under sphere generative of *Haloxylon aphyllum* influence in Karnabchul desert are considered. The dynamics of soil moisture, thermal regime of air and light in phytogenous field shows. The nature of distribution and accumulation of phytomass of the grasses plants (*Poa bulbosa* and *Carex pachystylis*) within and outside of phytogenous field of the black saxaul describes.

Key words: phytogenous field, *black saksaul* (*Haloxylon aphyllum)*, environmental factors, grasses plants, productivity, sphere generative function.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 59-69

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.81:633.2.03(571.54)

СТЕПНЫЕ СООБЩЕСТВА НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: РАЗНООБРАЗИЕ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ

© 2014 г. М.Г. Меркушева, О.А. Аненхонов, Н.К. Бадмаева, С.Б. Сосорова

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6. E-mail: merkusheva48@mail.ru

Поступила 04.09.2013

Изучено современное состояние разнообразия и биологической продуктивности степных сообществ на каштановых почвах Западного Забайкалья. Установлено, что ботанический состав представлен видами 17-20 семейств. Основу сообществ и величину их продуктивности формируют 6-7 видов, разнообразие – единичные и малоэкземплярные виды, доля которых значительна. Биологическая продуктивность степных сообществ низкая (3-4 балла). Соотношение надземной и подземной фитомасс варьирует в пределах 1:12-36. Характер распределения подземной фитомассы поверхностный, в основном она сконцентрирована в слое почвы 0-20 см.

Ключевые слова: степные сообщества, каштановые почвы, разнообразие, биологическая продуктивность.

Введение

Степная растительность на каштановых почвах Западного Забайкалья (Республика Бурятия) является ценным природным ресурсом региона. От ее состояния зависит продуктивность пастбищ, площадь которых составляет 458.8 тыс. га или 55% от всего фонда каштановых почв (Убугунов и др., 2002). Как правило, степи размещаются на склонах и шлейфах межгорных понижений, предотвращая развитие эрозии и дефляции каштановых почв легкого гранулометрического состава, крайне податливых к этим негативным процессам, т.е. выполняют важные экологические функции. Степная растительность на каштановых почвах Забайкалья, согласно Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России (2001), отнесена к приоритетным экосистемам охраны.

Имеющиеся данные характеризуют в основном флористический состав степей (Рещиков, 1961; Пешкова, 1972; 1985; Определитель …, 2001; Бурдуковская, Аненхонов, 2009; Аненхонов и др., 2012), урожайность и качество трав степных пастбищ (Горшкова, 1973; Цыренов, 1976; Харитонов, 1980; Аненхонов и др., 2001).

Биологическая продуктивность является важнейшей характеристикой растительных сообществ, отражающих экологический потенциал местообитания, их зональную и региональную специфику. Изученность биопродуктивности степных сообществ Забайкалья недостаточная, особенно запасов и распределения подземной фитомассы по профилю почв (Горшкова, 1966; Меркушева и др., 2000; Бойков и др., 2002). Как известно, подземный ярус – это хранилище биоразнообразия степей, в т.ч. их генетического фонда – семян (Titlyanova et al., 1999). С сохранением в почве корневищ и узлов кущения связана быстрая смена доминантов надземной части сообществ, что является одним из факторов устойчивости степных экосистем.

Целью данной работы являлось изучение разнообразия степных сообществ, запасов надземной и подземной фитомассы в период отсутствия интенсивного выпаса и усиления аридизации климата.

Материалы и методы

Объектами изучения являлись растительные сообщества на каштановых почвах Западного Забайкалья. Из-за территориальной разобщенности сухостепная зона делится на 3 части (рис. 1), которые несколько различаются рельефом, климатическими и почвенными условиями, а также размерами котловин.

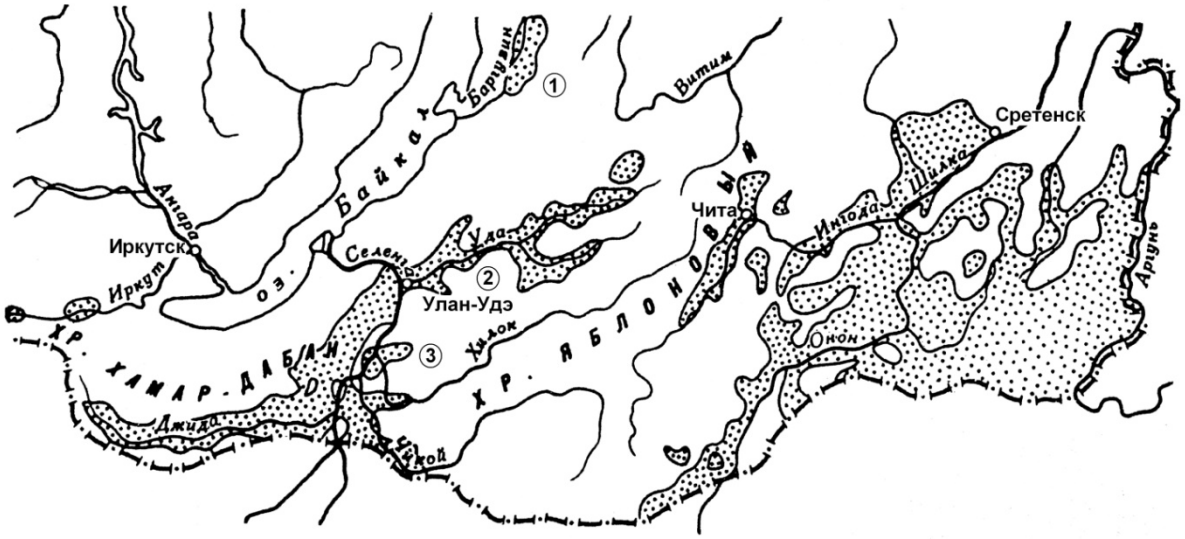


Рис. 1. Распространение степей в Западном Забайкалье (Пешкова, 1972): 1 – Баргузинская; 2 – Удинская; 3 – Южная. **Fig. 1.** Distribution of steppes in the Western Transbaikalia (Peshkova, 1972): 1 – Barguzin dry steppe; 2 – Udinskaya; 3 – South dry steppe.

Исследования проводили в Курумканском (Баргузинская сухая степь), Хоринском (Удинская сухая степь), Иволгинском, Селенгинском, Мухоршибирском (Южная сухая степь) районах Республики Бурятия в 2000-2010 гг.

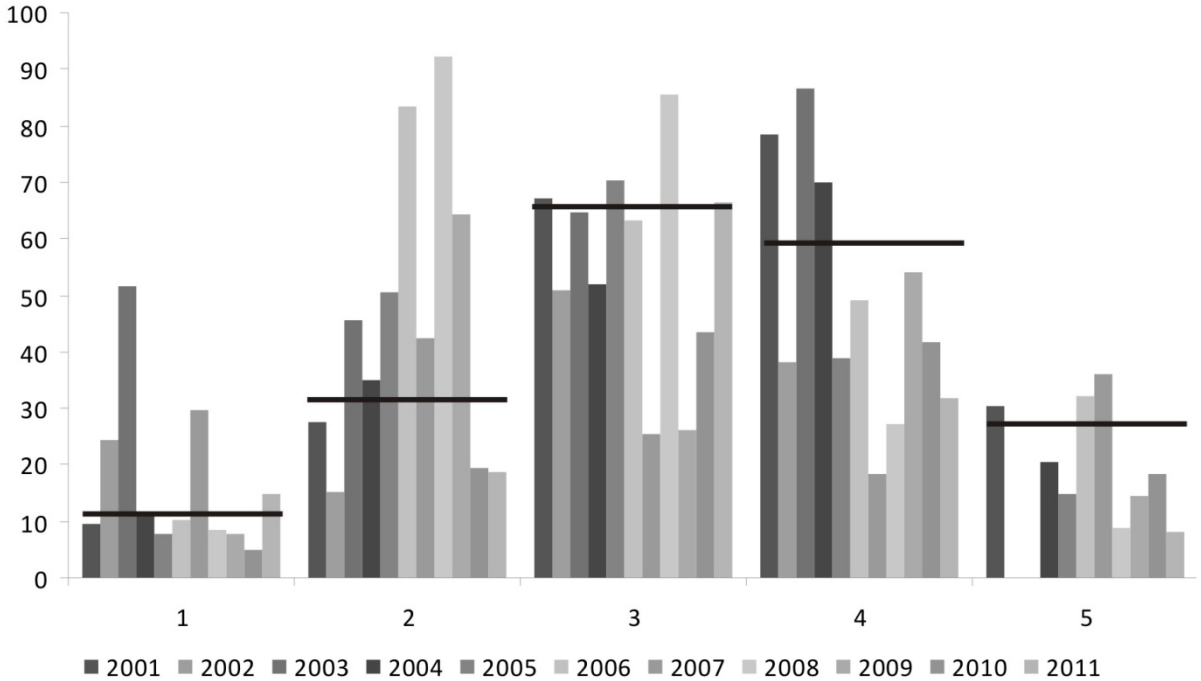
Баргузинская степь включает в себя сухостепные урочища, нижние части склонов Икатского хребта, высокие современные и древние террасы р. Баргузин и его притоков Аргады и Гарги с преобладанием супесчаных каштановых почв на мощных песчаных отложениях. Сумма температур выше 10°С составляет 1700-1800°С. Продолжительность безморозного периода 105-110 дней. В среднем за год выпадает 205 мм осадков.

Удинская степь занимает подножие и южные склоны хребта Улан-Бургасы в пределах Удинского межгорного понижения и склоны хребта Цаган-Дабан, прилегающие к долине р. Кижинга. Наиболее распространены маломощные хрящевато-щебнистые каштановые почвы на сильно скелетных почвообразующих породах. Сумма температур выше 10°С составляет 1650-1800°С, продолжительность безморозного периода 85-95 дней. Среднегодовая сумма осадков – 230 мм.

Южная степь с Иволгинской, Гусиноозерской, Боргойской и Тугнуйской котловинами, где степи приурочены к днищам и южным склонам межгорных депрессий на каштановых и темно-каштановых почвах, значительная часть которых подвержена в различной степени эрозии, особенно ветровой. Большие массивы заняты подвижными песками. Термические ресурсы за период с температурой выше 10°С равны 1900-2000°С, безморозный период длится 100-116 дней. Среднегодовое количество осадков на большей части территории составляет 225 мм.

Свойства и режимы каштановых почв под степными ценозами изучены ранее (Меркушева и др., 2000; 2006; Меркушева, 2012), поэтому здесь приводим только их краткую характеристику. Каштановые почвы под степными пастбищами характеризуются укороченным профилем, легким гранулометрическим составом с разной степенью щебнистости, неблагоприятными водно-физическими свойствами, слабощелочной реакцией среды в верхних горизонтах и щелочной – в нижних, небольшой емкостью катионного обмена, промытостью от легкорастворимых солей и наличием карбонатов, количество которых широко варьирует. Длительное пребывание почв в течение года в криоаридных условиях и специфичный химический состав органического вещества, поступающего в почву (корневой опад) обусловили формирование своеобразного микробоценоза с относительно большой численностью микроорганизмов, представленных в основном ксерофитными формами. Валовое количество фосфора, калия и других макроэлементов высокое. Обеспеченность подвижными формами микроэлементов достаточная.

В настоящее время наблюдается усиление аридности климата: меньшее количество осадков и изменение их распределения за вегетационный период по сравнению с многолетними данными (рис. 2).



Условные обозначения: 1 – май; 2 – июнь; 3 – июль; 4 – август; 5 – сентябрь.
среднемноголетняя норма осадков.
Legend: 1 – may; 2 – june; 3 – july; 4 – august; 5 – september. mean annual rainfall

Рис. 2. Количество осадков за май-сентябрь в сухостепной зоне Западного Забайкалья (метеостанция с. Иволгинск). **Fig. 2.** The precipitation for May-September in the dry steppe zone of Western Transbaikalia (meteorological service, Ivolginsk).

Определение проективного покрытия и обилия видов в сообществах проводили по Браун-Бланке на площади 25 м^2. Названия растений даны по (Определитель растений Бурятии, 2001). Флористическое сходство рассчитано по коэффициенту Жаккара (Миркин, Розенберг, 1983):

$$K_j = c/a + b - c\ ,$$

где a – число видов в одном сообществе;
b – число видов в другом ценозе;
c – число видов, общих для двух сообществ.

Запасы надземной и подземной фитомасс определяли в 1-ю декаду августа. На это время приходится максимум запасов корневой массы и наибольшая продуктивность трав. Надземную массу определяли укосным методом. Травостой срезали у самой поверхности почвы с площадок 50×50 см в десятикратной повторности. Запасы подземной фитомассы в сообществах изучали методом монолитов с последующей отмывкой на почвенных ситах (Шалыт, 1960). В каждом сообществе почвенные монолиты отбирали с трех площадок размером 25×25 см послойно через 5 см до глубины 20 см, затем до 50 см. Отмытые корни высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. Данные по запасам надземной и подземной фитомасс были обработаны методами вариационной статистики.

Результаты и обсуждение

По классификации Г.А. Пешковой (1985), степная растительность Забайкалья отнесена к трем классам формаций – горных, настоящих и луговых степей.

К горным степям принадлежат кистевидномятликовые, бесстебельнолапчатковые, холоднополынные и другие формации; к настоящим – гребенчатотонконоговые, твердоватоосоковые, ковыльные и др. Часть формаций (холоднополынные, твердоватоосоковые,

бесстебельнолапчатковые) является дигрессионными вариантами коренных формаций. Ландшафтное значение в котловинах имеют сообщества, относящиеся к горным и настоящим степям. Сообщества луговых степей вкраплены среди них небольшими участками. Пространственная структура степной растительности характеризуется довольно высокой сложностью, что связано с разнообразием экспозиционного положения, почвенных условий, степени каменистости субстратов и др. Горные степи занимают верхние части необлесенных сопок, расположенных в долинах и их крутые, обычно каменистые участки, а также южные склоны хребтов по периферии долин. С горными степями пространственно сопряжены настоящие степи, образуя вместе с ними различные комбинации и сочетания. Но чаще они преобладают на подгорных шлейфах и нижних частях пологих склонов.

Разнообразие степной растительности. Наиболее распространены ленскоовсяницевые, полидоминантнозлаковые и кистевидномятликовые степи, которые характеризуются однородными, невысокими (10-30 см) травостоями с проективным покрытием в широких пределах – 30-70 %. В их составе доминируют *Poa botryoides*, *Festuca lenensis*, *Artemisia frigida*. Нередко содоминантами являются *Koeleria cristata*, *Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*. В качестве примеси встречаются *Artemisia commutata*, *Veronica incana*, *Galium verum*, *Potentilla bifurca*, *P. acaulis*, *Bupleurum scorzonerifolium*, *Thymus serpyllum* и др.

Холоднополынные степи (*Artemisia frigida*) распространены практически по всей сухостепной зоне. Количество видов небольшое – 18-20. В травостоях встречаются *Poa botryoides*, *Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*, *Cymbaria dahurica*, *Allium bidentatum*, единично *Astragalus adsurgens* и др.

Бесстебельнолапчатковые (*Potentilla acaulis*) и твердоватоосоковые (*Carex duriuscula*) степи формируются на участках, наиболее подверженных выпасу и вытаптыванию. Они, как и холоднополынные степи, обеднены по видовому составу, в них встречаются такие характерные представители дигрессионного ряда как *Plantago media*, *Artemisia frigida*, *Potentilla multifida* и др.

Гребенчатотонконоговые (*Koeleria cristata*) и ковыльные (*Stipa krylovii*) степи часто территориально связаны между собой и с кистевидномятликовыми степями, образуя переходные друг к другу варианты. Травостой представлен типичными видами степей Забайкалья: *Agropyron cristatum*, *Poa botryoides*, *Stipa baicalensis*, *Carex duriuscula*, *Potentilla acaulis*, *Oxytropis oxyphylla*, *Leontopodium conglobatum* и др.

Китайсколеймусовые (*Leymus chinensis*) луговые степи формируются на террасах, плоских повышениях днищ долин, нижних частей пологих подгорных шлейфов на слабозасоленных почвах с относительно неглубоким залеганием грунтовых вод.

Стоповидноосоковые степи занимают небольшие площади, приуроченные к ложбинам и западинам на склонах световых экспозиций. Им присущ довольно своеобразный состав. Специфичность их определяется, в частности, такими видами как *Phlomis tuberosa*, *Potentilla longifolia*, *Achnatherum sibiricum*, *Polygonatum odoratum*, *Ribes diacantha*, *Thalictrum foetidum* и др. В этих же местообитаниях, но более влагообеспеченных, встречаются красодневовые степи (*Hemerocallis minor*).

Несмотря на территориальную разобщенность, флоры разных районов сухой степи идентичны, так как они сформировались одновременно. Флора изученных степных сообществ представлена 17-20 семействами, из которых наибольшее видовое разнообразие характерно для сложноцветных, злаковых и розоцветных (табл. 1). Преобладание сложноцветных связано с их широкой экологической амплитудой и видовой насыщенностью этого семейства.

Сравнение ареалогического состава степных сообществ (рис. 3а) выявило, что в Баргузинской и Удинской степях существенна доля растений циркумполярного ареала, превосходящая южную подзону в 3.3-3.6 раза, что обусловлено большей континентальностью природных условий. В то же время в южной степи возрастает долевое участие растений южно-сибирского типа и отмечено наличие видов манчжуро-даурского ареала. Общим для ареалогического состава трех подзон является преобладание азиатских типов (51, 52 и 39 % соответственно).

В Баргузинской и Удинской степях доминирует степная группа, доля горностепной в 1.9 и 2.5 раза меньше (рис. 3б), тогда как в южной степи горностепная группа превышает степную в 1.5 раза. Котловинный характер рельефа и высокая облесенность территории предопределяют относительно широкое распространение растений лесостепной группы в Баргузинской и Удинской степях, как более северных.

Таблица 1. Современное состояние фиторазнообразия степных сообществ Западного Забайкалья. **Table 1.** Current state plant diversity of the steppe communities of the Western Transbaikalia

№	Семейство	Количество видов		
		Тугнуйская степь	Иволгинская степь	Селенгинская степь
1	*Poaceae*	8	8	7
2	*Fabaceae*	6	4	4
3	*Cyperaceae*	3	2	2
4	*Asteraceae*	15	9	13
5	*Rosaceae*	4	4	4
6	*Scrophulariaceae*	3	1	2
7	*Rubiaceae*		1	
8	*Crassulaceae*	2	1	2
9	*Liliaceae*		1	1
10	*Chenopodiaceae*		2	
11	*Caryophyllaceae*	3	1	2
12	*Ranunculaceae*	3	1	
13	*Brassicaceae*	2	1	2
14	*Apiaceae*	3	1	1
15	*Convolvulaceae*		1	1
16	*Boraginaceae*	1	1	1
17	*Iridaceae*	1		1
18	*Lamiaceae*	3		2
19	*Alliaceae*	1	1	1
20	*Limoniaceae*	1		1
21	*Polygonaceae*	1		1
22	*Mymelaeaceae*			1
23	*Dipsacaceae*	1		
24	*Papaveraceae*	1		
25	*Polygalaceae*	1		

Эуксерофиты составляют 45-47%, криоксерофиты – 14-16%, остальная доля приходится на мезоксерофиты и ксеромезофиты. В основном распространены виды растений со стержнекорневой и длиннокорневищной системами корней, и незначительно – кистекорневой. Существенная доля стержнекорневых растений (29-32%), большей частью разнотравья, обусловлена склоновым размещением сообществ, холодной малоснежной зимой, ветреной весной, что позволяет им сохранять жизнеспособность почки возобновления. Относительно большое количество растений с корневищными системами (30-36%) свидетельствует о хорошей аэрации почв. Наши данные согласуются с результатами исследований степных сообществ Западного Забайкалья (Новак, Фомина, 1979). В степях же Восточного Забайкалья (Горшкова, 1966) и Восточной Монголии (Жаргалсайхан, 2008) количество стержнекорневых и корневищных растений составляет соответственно (%): 50.0 и 18.6-30.9; 35.4-42.4 и 17.0-27.9.

Видовой состав. Разнообразие и обилие видов, слагающих конкретное сообщество на каштановых почвах, изучено по гипсометрическому профилю с вершины увала (h=800 м), по склону до пологогрядовой равнины (h=600 м) на примере Тугнуйской степи (табл. 2). Следует отметить, что гранулометрический состав почв изменяется от сильно щебнистого (вершина), дресвянистого (склон) до песчаного (равнина).

Проективное покрытие овсяницево-разнотравного сообщества равно 65%, холоднополынно-злакового – 80 и разнотравно-злакового – 70%. Наибольшую долю в проективном покрытии степных сообществ составляет разнотравье (рис. 4), в которой почти треть приходится на виды семейства сложноцветных. Долевое участие злаков в проективном покрытии существенно ниже (в 2.1-3.7 раза)

по сравнению с группой разнотравья. Доля бобовых и осок мала и несколько возрастает в сообществе, произрастающем на равнине.

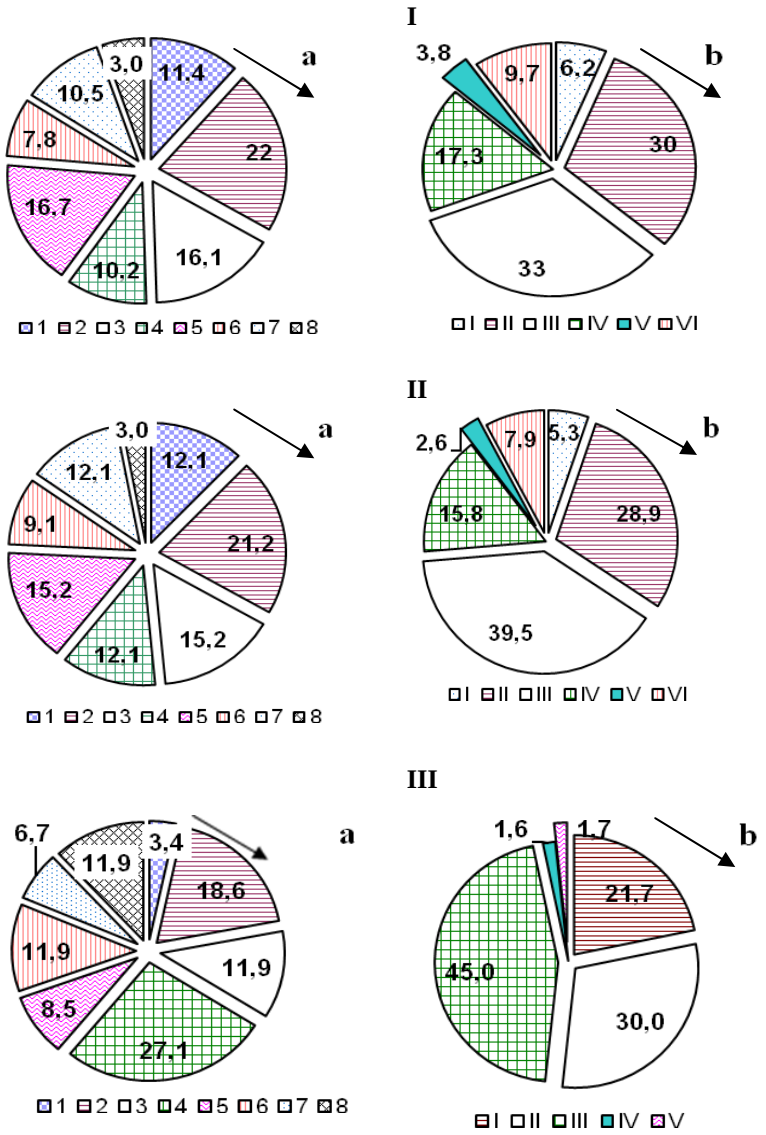


Рис. 3. Ареалогический (a) и поясно-зональный (b) состав степных сообществ баргузинской (I) удинской (II) и южной (III) степей, % от общего количества видов. **Fig. 3.** Arealogical (a) and belt-zonal (b) composition of steppe communities of the Barguzinskaya (I), Udinskaya (II) and South (III) steppes, % of total species.

Условные обозначения: *Баргузинская (I), Удинская (II) степи.* Ареалогический состав: 1 – циркумполярный; 2 – евроазиатский; 3 – североазиатский; 4 – южносибирский; 5 – общеазиатский; 6 – восточноазиатский; 7 – центральноазиатский; 8 – космополитный. Поясно-зональный состав: I – светлохвойная лесная; II – лесостепная; III – степная; IV – горностепная; V – пустынно-степная; VI – антропофильная. *Южная (III) степь.* Ареалогический состав: 1 – циркумполярный; 2 – евроазиатский; 3 – североазиатский; 4 – южносибирский; 5 – общеазиатский; 6 – восточноазиатский; 7 – центральноазиатский; 8 – манчжуро-даурский. Поясно-зональный состав: I – лесостепная; II – степная; III – горностепная; IV – пустынно-степная; V – антропофильная **Legend:** *Barguzinskaya (I), Udinskaya (II) steppes.* Arealogical composition: 1 – circumpolar; 2 – eurasian; 3 – north-asian; 4 – south-siberian; 5 – asian; 6 – east-asian; 7 – central-asian; 8 – cosmopolitan. Belt-zonal composition: I – light-coniferous forest; II – forest-steppe; III – steppe; IV – mountain-steppe; V – desert-steppe; VI – anthropophyte. *South (III) steppe.* Arealogical composition: 1 – Circumpolar; 2 – eurasian; 3 – north-asian; 4 – south-siberian; 5 – asian; 6 – east-asian; 7 – central-asian; 8 – manchurian-daurian. Belt-zonal composition: I – forest-steppe; II – steppe; III – mountain-steppe; IV – desert-steppe; V – anthropophyte.

Таблица 2. Разнообразие и проективное покрытие видов (ПП) в степных сообществах. **Table 2.** The variety and the projective cover of species in steppe communities.

Festuceto-Varioherbosum	пп*	Atremisio frigidae-Graminetum	пп	Varioherbosae-Graminetum	пп
Festuca lenensis	2a	*Stipa baicalensis*	2a	*Cleistogenes squarrosa*	2a
Thymus serpyllum	1	*Achnatherum sibiricum*	1	*Heteropappus altaicus*	2a
Filifoilum sibiricum	2m	*Koeleria cristata*	2m	*Poa botryoides*	2m
Bupleurum bicaule	2m	*Poa botryoides*	2m	*Agropyron cristatum*	2m
Iris humilis	1	*Carex pediformis*	1	*Artemisia commutata*	1
Pilsatilla turczaninovii	1	*C. korshinskyi*	+	*Hedysarum fruticosum*	1
Scabiosa comosa	2m	*Artemisia frigida*	2b	*Serratula centauroides*	1
Potentilla sericea	1	*Potentilla acaulis*	2a	*Potentilla tanacetifolia*	1
Alyssum obovatum	2m	*Veronica incana*	2a	*Scabiosa comosa*	1
Heteropappus altaicus	1	*Artemisia commutata*	1	*Ledebouriella divaricata*	1
Polygonum angustifolium	1	*Heteropappus altaicus*	1	*Aster alpinus*	1
Orostachys malacophilla	1	*Scabiosa comosa*	1	*Leibnitzia anandria*	+
Youngia tenuifolia	1	*Schizonepeta multifida*	+	*Orostachys malacophylla*	+
Orostachys spinosa	2a	*Allium bidentatum*	1	*Thymus serpyllum*	2a
Arctogeron gramineum	2a	*Bupleurum scorzonerifolium*	1	*Chamaerhodos erecta*	1
Cleistogenes squarrosa	+	*Cleistogenes squarrosa*	2m	*Carex korshinskyi*	2m
Silene jeniseensis	1	*Thymus serpyllum*	1	*Veronica incana*	+
Caragana pygmaea	+	*Dontostemon integrifolius*	1	*Bupleurum scorzonerifolium*	1
Artemisia commutata	1	*Youngia tenuifolia*	+	*Dontostemon integrifolius*	1
Allium bidentatum	1	*Oxytropis oxyphylla*	+	*Alyssum lenense*	1
Amblynotus rupestris	1	*Cymbaria dahurica*	1	*Linaria burjatica*	+
Dianthus versicolor	1	*Astragalus scaberrimus*	+	*Artemisia palustris*	+
Aster alpinus	1	*Goniolimon speciosum*	r	*Gueldenstaedtia verna*	1
Crepis crocea	+	*Pulsatilla turczaninovii*	+	*Silene jeniseensis*	+
Stemmacantha uniflora	+	*Dianthus versicolor*	r	*Peucedanum baicalense*	1
Carex pediformis	1	*Orostachys malacophylla*	+	*Thermopsis lanceolata*	r
Scorzonera austriaca	1	*Artemisia scoparia*	+	*Thalictrum squarrosum*	+
Linaria burjatica	+	*Leontopodium campestre*	r	*Stipa baicalensis*	+
Carex duriuscula	1			*Stipa sibirica*	+
Artemisia frigida	1			*Oxytropis oxyphylla*	1
Stellaria cherleriae	+			*Potentilla acaulis*	+
Koeleria cristata	+			*Scutellaria scordiifolia*	r
*Festuca sp.***	1			*Papaver nudicaule*	+
Poa botryoides	1				
Polygala tenuifolia	+				

Примечание: * – r – единичная особь; (+) – 2-5 особей, пп < 1 %; 1 – до 50 особей, пп 1–5 %; 2m – более 50 особей, пп 1-5 %; 2a – пп 6-15 %; 2в – пп 16-25 %; ** – не определено до вида. **Notes:** * пп – projective cover, r – singular individual; (+) – 2-5 individuals, projective cover < 1 %; 1 – до 50 особей, projective cover 1–5 %; 2m – more than 50 individuals, projective cover 1-5 %; 2a – projective cover 6-15 %; 2в – projective cover 16-25 %; ** – spicies is not identified.

Число видов в сообществах равно соответственно 35, 28 и 33 (табл. 2), однако в формировании ценоза и его продуктивности основная роль принадлежит 6-7 видам. Содержание единичных видов и с малой экземплярной насыщенностью относительно большое: 8, 11 и 13 или соответственно 23 и 39% от общего числа видов в сообществах.

Между овсяницево-разнотравным и холоднополынно-злаковым сообществами величина сходства по коэффициенту Жаккара равна 0.26; между холоднополынно-злаковым и разнотравно-злаковым – 0.30; между овсяницево-разнотравным и разнотравно-злаковым – 0.11. Следовательно, разнообразие ботанического состава в сообществах определяется размещением их на элементах рельефа, почвенно-экологическими условиями, что в конечном итоге влияет на величину биологической продуктивности.

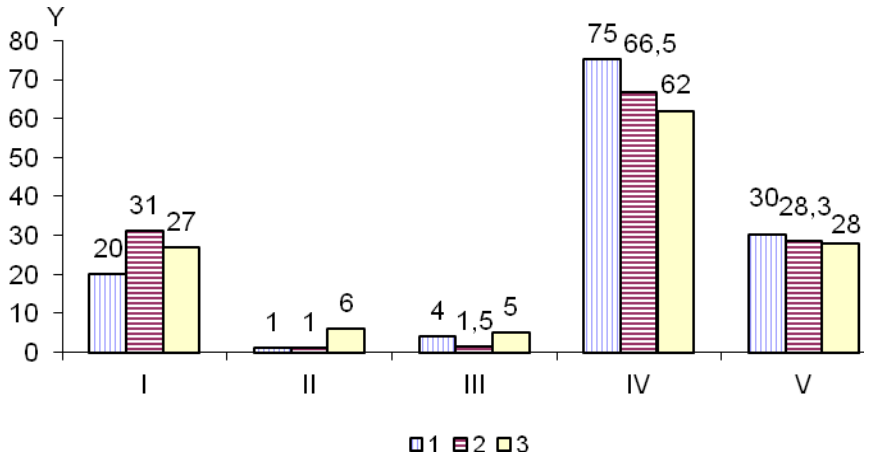


Рис. 4. Долевое участие разных групп растений в проективном покрытии степных сообществ, %. **Fig. 4.** Equity participation of different groups of plants in the projective cover of steppe, %.

Примечания: *сообщества*: 1 – овсяницево-разнотравное, 2 – холоднополынно-злаковое, 3 – разнотравно-злаковое; *ботанические группы*: I – злаки. II – бобовые, III – осоки, Ш – разнотравье, IV – астровые. **Notes:** community: 1 – *Festuceto-Varioherbosum*, 2 – *Atremisio frigidae-Graminetum*, 3 – *Varioherbosae-Graminetum;* botanical groups: I – *Poaceae*, II – *Fabacea*e, III – *Cyperacea*e, IV – *Varioherbosae*, V – *Asteraceae*.

Биологическая продуктивность. Особенностью степных пастбищ Забайкалья, как известно, является формирование их на холодных почвах в условиях расчлененного низкогорного рельефа, недостаточного увлажнения и интенсивной солнечной радиации, что определяет характер размещения, уровень биологической продуктивности растительных сообществ, сезонность их развития (Горшкова, 1973). Как правило, запасы надземной фитомассы уменьшаются от подножий склонов к их вершинам.

Все типы степных пастбищ Забайкалья и сопредельных территорий находятся в той или иной стадии дигрессии (упрощение структуры травостоя, обеднение видового состава), обусловливающей снижение их продуктивности (Гунин и др., 2003; Микляева и др., 2004; Бажа и др., 2008). Применительно к сухостепным пастбищам региона И.В. Савченко (1972) установлены следующие стадии пастбищной дигрессии: недостаточного выпаса, умеренного, усиленного и сбоя. При усиленном выпасе выпадают основные дерновинные злаки сообщества, начинают доминировать осоки – твердоватая и стоповидная. На стадии полусбоя и сбоя коренные сообщества сменяются чисто осоковыми и полынными. Считается (Савченко, 1976), что полная смена коренных сообществ заканчивается, как правило, твердоватоосоковыми.

Хотя в настоящее время и отсутствуют нагрузки на степные пастбища, однако ранее существовавший интенсивный выпас (3-4 стадии) привел к формированию больших площадей степей дигрессионного ряда. Выявлено, что исходная растительность, возможно, из-за аридности климата (рис. 2) в последнее десятилетие не восстановилась в полной мере. Еще одной причиной может быть занятие твердоватоосоковыми и холоднополынными растениями своей экологической ниши, противодействующей внедрению других видов.

Согласно нашим многолетним наблюдениям (табл. 3), общие запасы сухой фитомассы в степных сообществах в зависимости от размещения на элементах рельефа, ботанического состава, степени деградации травостоя и влагообеспеченности вегетационного сезона варьируют от 954 до 2482 г/м^2/год, что позволяет их отнести к индексам 3-4 балла, как малопродуктивным (Базилевич, Родин, 1964; Базилевич, 1993). У подножий склонов формируются более продуктивные (5 баллов) сообщества, такие как, например, ковыльно-разнотравные в Иволгинской степи (Меркушева и др., 2000).

В общих запасах фитомассы на долю подземной приходится 92.3-97.3%, тогда как надземная составляет 2.7-7.7%. В слое почвы 0-20 см сконцентрировано до 89 % всей подземной фитомассы, в том числе в слое 0-5 см 56-70%. Приуроченность большого количества подземной фитомассы к поверхностным горизонтам связана с малым количеством атмосферных осадков и скелетностью

гранулометрического состава почв. Такой характер распределения подземной фитомассы оказывает большое влияние на содержание и распределение гумуса по профилю каштановых почв.

Таблица 3. Биологическая продуктивность степных сообществ Западного Забайкалья на каштановых почвах, г/м^2/год сухой массы. **Table 3.** Biological productivity of the steppe communities of the Western Transbaikal region on chestnut soils, g/m^2/year of dry matter.

Местоположение	Сообщество	Фитомасса			Отношение надземной к подземной фитомассе
		общая	надземная	подземная	
Баргузинская степь	*Carex duriuscula community*	954	28±4* / 2.9	926±28 / 97.1	1:33
	Poo attenuatae-Stipetum	1530	85±7 / 5.6	1445±14 / 94.4	1:25
	Atremisio frigidae-Caricetum duriusculae	1021	39±5 / 3.8	982±27 / 96.2	1:14
Удинская степь	*Gramini-Varioherbosae-Caricetum duriusculae*	1394	66±2 / 4.7	1328±28 / 95.3	1:20
	Artemisio scopario-Caricetum duriusculae	1634	74±3 / 4.5	1560±83 / 95.5	1:21
	Varioherbosae-Caricetum duriusculae	1284	56±1 / 4.4	1228±43 / 95.6	1:22
Иволгинская степь	*Varioherbosae-Festucetum*	1764	63±2 / 3.6	1701±95 / 96.4	1:27
	Agropyro-Atremisietum frigidae	2150	80±6 / 3.7	2070±87 / 96.8	1:26
	Atremisio frigidae-Graminetum	1940	97±4 / 5.0	1843±69 / 95.0	1:19
	Stipeto-Cariceto-Varioherbosum	2482	149±1 / 6.0	2333±105 / 91.0	1:16
Селенгинская степь	*Carici duriusculae-Festucetum lenensis*	1554	42±1 / 2.7	1512±45 / 97.3	1:36
	Leymetum chinensis	1807	55±2 / 3.0	1752±47 / 97.0	1:32
	Cariceto-Gramini-Atremisietum frigidae	1960	120±5 / 6.1	1840±81 / 93.9	1:15
Боргойская степь**	*Potentillo-Stipeto-Festucetum*	1392	39 / 2.8	1353 / 97.2	1:35
	Serratulo-Filifolieto-Festucetum	2132	123 / 5.8	2009 / 94.2	1:16
	Atremisio-Stipeto-Festucetum	1791	115 / 6.4	1676±4 / 93.6	1:15
Тугнуйская степь	*Festuceto-Varioherbosum*	1776	87±6 / 4.9	1689±26 / 95.1	1:19
	Atremisio frigidae-Graminetum	1923	119±16 / 6.2	1804±37 / 93.8	1:15
	Varioherbosae-Graminetum	1768	136±24 / 7.7	1632±32 / 92.3	1:12

Примечания: * над чертой – г/м^2/год, под чертой – % от общей фитомассы, ** по данным Т.Г. Бойкова и др., 2002. **Notes**: * above the line – g/m^2/year, under the line – % of total phytomass, ** data after T.G. Boikov etc., 2002.

Живые корни, по нашим данным, составляют 18-28% от общей подземной массы степных сообществ, что характерно для Забайкалья (Снытко, Нефедьева, 1988). Большие запасы подземной

мортмассы в степных сообществах обусловлены низкой степенью их деструкции из-за слабой микробиологической активности, которая усиливается только в краткий период оптимального сочетания температуры и влаги.

Соотношение надземной и подземной фитомассы, как показатель условий произрастания, в степных сообществах характеризуется большими значениями и закономерно уменьшается вниз по склону, что обусловлено улучшением водного и пищевого режимов почв.

Выводы

Степная растительность в горных котловинах Западного Забайкалья представлена тремя классами формаций – горными, настоящими, луговыми. Ландшафтное значение имеют горные и настоящие степи, которые пространственно сопряжены и образуют разные варианты сообществ.

Флору степных сообществ формируют 17-20 семейств, из которых наибольшее видовое разнообразие характерно для сложноцветных, злаковых и розоцветных.

Территориальная разобщенность степей оказывает влияние на ареалогический и поясно-зональный составы сообществ. Эуксерофиты составляют 45-47%, криоксерофиты – 14-16%, остальная доля приходится на мезоксерофиты и ксеромезофиты. Широко распространены виды со стержнекорневой (29-32%) и корневищной (30-36%) корневыми системами.

Среднее количество видов в сообществах равно 28-35. В формировании ценоза основная роль принадлежит 6-7 видам. Разнообразие поддерживается за счет единичных и малоэкземплярных видов, доля которых существенна, 23-39%.

Биологическая продуктивность степных сообществ низкая – 954-2482 г/м^2/год сухого вещества. На подземную фитомассу, которая сосредоточена в основном слое почвы 0-20 см, приходится 92.3-97.3% от общих запасов. Живые корни составляют 18-28% от подземной массы.

Соотношение надземной и подземной фитомассы в степных сообществах варьирует в пределах 1:12-36 и уменьшается вниз по склону, что обусловлено улучшением водного и пищевого режимов почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аненхонов О.А., Бадмаева Н.К., Меркушева М.Г. 2012. Общая характеристика растительного покрова бассейна рек Тугнуй-Сухара (Западное Забайкалье) // Биологические науки Казахстана. № 2. С. 6-15.

Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д., Сэкулич И.Р. 2001. Пастбищные угодья в Баргузинской котловине: состояние и использование // Хозяйство, культура и окружающая среда в районах Внутренней Азии. Новосибирск: Наука. С. 154-163.

Бажа С.Н., Баясгалан Д., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Прищепа А.В., Хадбаатар С. 2008. Особенности пастбищной дигрессии степных экосистем Центральной Монголии // Ботанический журнал. Т. 93. № 5. С. 657-681.

Базилевич Н.И. 1993. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука. 293 с.

Бойков Т.Г., Харитонов Ю.Д., Рупышев Ю.А. 2002. Степи Забайкалья: Продуктивность, кормовая ценность, рациональное использование и охрана. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 228 с.

Бурдуковская Г.В., Аненхонов О.А. 2009. Флора бассейна реки Иволги и ее антропогенные изменения (Западное Забайкалье). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 267 с.

Горшкова А.А. 1966. Биология степных пастбищных растений Забайкалья. М.: Наука. 274 с.

Горшкова А.А. 1973. Пастбища Забайкалья. Иркутск: Восточно-Сибирское кн. изд-во. 159 с.

Гунин П.Д., Микляева И.М., Бажа С.Н., Слемнев Н.Н., Чердонова В.А. 2003. Особенности деградации и опустынивания растительных сообществ лесостепных и степных экосистем Южного Забайкалья // Аридные экосистемы. Т. 9. № 19-20. С. 7-21.

Жаргалсайхан Л. 2008. Динамика пастбищной растительности степных экосистем Восточной Монголии: Автореф. канд. биол. наук. М. 29 с.

Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н. 2000. Биопродуктивность и химический состав надземной и подземной фитомассы растительности степных пастбищ Западного Забайкалья // Агрохимия. № 12. С. 36-44.

Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Корсунов В.М. 2006. Биопродуктивность почв сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Забайкалья. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 515 с.

Меркушева М.Г. 2012. Гумусовое состояние и структура микробоценозов в дефлированных каштановых почвах Баргузинской котловины (Западное Забайкалье) // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 2. С. 44-53.

Микляева И.М., Гунин П.Д., Слемнев Н.Н., Бажа С.Н., Факхире А. 2004. Нарушенность растительности степных экосистем // Аридные экосистемы. Т. 10. № 24-25. С. 35-47.

Миркин Б.М., Розенберг Г.С. 1983. Толковый словарь современной фитоценологии. М.: Наука. 133 с.
Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России (проект). 2001. М.:РАН. 64 с.
Новак Л.Б., Фомина Е.М. 1979. Сравнительная характеристика флоры Джидинских и Селенгинских степей // Кормовые угодья и леса Средней Сибири и Забайкалья. Иркутск: Иркутский технический университет. С. 85-89.
Определитель растений Бурятии. 2001. / Под ред. О.А. Аненхонова. Улан-Удэ: Респо типография. 672 с.
Пешкова Г.А. 1972. Степная флора Байкальской Сибири. М.: Наука. 207 с.
Пешкова Г.А. 1985. Растительность Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск: Наука. 144 с.
Рещиков М.А. 1961. Степи Западного Забайкалья. М.: Изд-во АН СССР. 174 с.
Савченко И.В. 1972. Влияние выпаса на растительность степных пастбищ Забайкалья: Автореф. дисс. … канд. биол. наук. М. 26 с.
Савченко И.В. 1976. Влияние хозяйственной деятельности человека на степные пастбища Забайкалья // Естественные кормовые ресурсы Советского Союза и перспективы их рационального использования. М. Том II. С. 133-140.
Снытко В.А., Нефедьева Л.Г. 1988. Настоящие степи Забайкалья, Читинская область. // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Новосибирск: Наука. С. 49-58.
Убугунов Л.Л., Ральдин Б.Б., Убугунова В.И. 2002. Почвенный покров Бурятии как базовый компонент природных ресурсов Байкальского региона. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 53 с.
Харитонов Ю.Д. 1980. Кормовая ценность степных пастбищ Юго-Западного Забайкалья. Новосибирск: Наука. 128 с.
Цыренов Г.Б. 1976. Сухостепные пастбища Бурятии. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во. 71 с.
Шалыт М.С. 1960. Методика изучения морфологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ // Полевая геоботаника. М.-Л. Т. 11. С.369.
Tytlyanova A.A., Kosych N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova Y.P. 1999. Pattern and process in above-ground and below-ground components of grassland ecosystems // J. Vegetion Sciteces. № 10. P. 307-320.

STEPPE PLANT COMMUNITIES ON CHESTNUT SOILS OF THE WESTERN TRANSBAIKALIA: DIVERSITY AND BIOPRODUCTIVITY

© 2014. M.G. Merkusheva, O.A. Anenkhonov, N.K. Badmaeva, S.B. Cosorova

General and Experimental Biology of the Russian Academy of Sciences
Russia, 670047 Ulan-Ude, str. Sakhyanovoy 6. E-mail: merkusheva48@mail.ru

The modern state of biological diversity and productivity of steppe communities on chestnut soils of the Western Transbaikalia is studied. The botanical composition is represented species plants 17-20 families. 6-7 species of plant is formed the basis of communities, diversity is composes single and few instance species, which share significant. The biological productivity of the steppe communities is low (3-4 points). The ratio of over-ground and underground phytomass varies 1:12-36. The character of distribution of the underground mass is superficial, most part of it concentrated in the 0-20 cm soil layer.
Keywords: Steppe plant communities, brown soil, diversity, biological productivity.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 70-78

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 591.553:599.32(571.1)

НАСЕЛЕНИЕ ГРЫЗУНОВ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН. СООБЩЕНИЕ 2. ЗООГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

© 2014 г. Н.М. Окулова*, Л.А. Хляп*, Ф.Г. Бидашко, А.А. Варшавский*,**

А.К. Гражданов*, В.В. Неронов***

**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия,117071 Москва, Ленинский проспект, 33. E-mail: natmichok@mail.ru
***Уральская противочумная станция, Республика Казахстан, 417001 г. Уральск,*
ул. Чапаева, д. 36/1. E-mail: pchum@nursat.kz
****Российский научно-исследовательский противочумный институт "Микроб"*
Россия, 410005 Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: akgrazhdanov@mail.ru

Поступила 13.12.2012

Даны характеристика населения грызунов и зоогеографических единиц разного ранга, выделенных на территории Западно-Казахстанской области и представленных на карте в Сообщении 1 (Окулова и др., 2014).

Ключевые слова: население грызунов, Западный Казахстан, зоогеография, районирование.

Методика

Зоогеографические характеристики даны с учетом результатов иерархического районирования, выполненного нами с применением кластерного анализа. Изменение разнообразия населения грызунов внутри каждой провинции описано в соответствии с составленной нами картой населения грызунов (рис. 3, Сообщение 1 – Окулова и др., 2014). Показатели численности касаются многолетних средних: для сусликов – экз./га при пробуждении, для тушканчиков – экз./га или экз. на 10 км ночного учёта с автомобиля в весенне-летний период, для остальных грызунов во время осенних учётов (мелких грызунов в числе зверьков на 100 ловушко-суток (лс) учётов ловушками Геро, для песчанок в экз./га осенью). Происхождение видов дано по А.В. Афанасьеву (1960) с дополнениями: северо-евразийское (С-Е); европейское (Е), восточное и юго-восточное (В) и прочее. По экологическому облику рассматривали: лесные виды, включая лесостепные (Л); степные (С), полупустынные (Пп), пустынные (П) и прочие.

Более подробно методика исследования описана в сообщении 1 (Окулова и др., 2014).

Результаты

Распределение грызунов по доле видов разного происхождения и экологической принадлежности в различных зоогеографических провинциях Западно-Казахстанской области показано в таблице.

Район 1. Население грызунов Волго-Уральского междуречья и Северного Зауралья. Располагается в северной части ЗКО как на правом, так и на левом берегу реки Урал, южнее с. Чапаев – только на правом берегу. Характеризуется максимальной долей видов северо-евразийского (19-29.4%) происхождения, повышенной – европейского (8-17.6%) и минимальной – восточного (41.2–57.1%). Максимальна доля лесных видов (12-29.4%), средняя – степных (8.3-16.7%) и полупустынных видов (23.4-36.4%), а пустынных – ниже среднего (до 23.8%). Включает 4 подрайона.

Подрайон 1.1. Северное Зауралье. Население грызунов Илекского сухо-степного и Северного полупустынного припойменного районов. Единственная часть района, расположенная на левом берегу Урала. По сравнению с подрайонами 1.2. и 1.3. характеризуется максимальной долей видов северо-евразийского и европейского происхождения (29.4 и 17.6% соответственно), минимальной долей – южного и юго-восточного (41.2%). Здесь максимальна доля лесных видов (29.4%), довольно много – степных (11.7%), относительно мало полупустынных (23.4%) и минимальная доля пустынных видов (11.7%). В подрайне встречаются малый и большой суслики, местами байбак. Плотность малого суслика от высокой до средней (более 20 экз./га). Численность домовой мыши

средняя (4-5 на 100 лс). В поймах мелких рек, по сравнению с такими же биотопами в других частях области, повышена доля обыкновенной полёвки и малой лесной мыши, относительно велика доля рыжей полёвки. Среди тушканчиков доминирует большой тушканчик (около 75% среди всех тушканчиков), среди хомяков и хомячков – обыкновенный хомяк. Зоологическая изученность недостаточна. Включает одну провинцию.

Таблица. Соотношение количества видов (в %%) по происхождению и экологическому облику в различных зоогеографических провинциях Западно-Казахстанской области. **Table.** The ratio of the number of species (%%) according to zoogeographic origin and ecological image in various zoogeographic provinces of West Kazakhstan.

Провинция	Происхождение				Экологический облик					Число видов
	С-Е	Е	В	Прочие	Л	С	Пп	П	Прочие	
1.1.1.	29.4	17.6	41.2	11.8	29.4	11.7	23.4	11.7	23.4	17
1.2.1.	29.2	16.7	41.7	12.5	25	16.7	25	12.5	20.8	24
1.2.2.	25.9	14.8	44.4	14.8	22.2	14.8	25.9	14.8	22.2	27
1.3.1.	24	8	52	16	12	12	32	16	28	25
1.3.2.	25	8.3	54.2	12.5	16.7	8.3	33.3	20.8	20.8	24
1.3.3.	19	9.5	57.1	14.3	14.3	9.5	33.3	23.8	19	21
1.3.4.	27.3	9.1	50	13.6	18.2	9.1	36.4	22.7	13.6	22
1.4.1.	25	10	45	20	20	10	35	10	25	20
2.1.1.	17.2	10.3	58.6	13.8	17.2	10.3	27.6	27.6	17.2	29
2.2.2.	20.8	8.3	66.7	4.2	12.5	12.5	33.3	33.3	8.3	24
Вся область	23.8	10.7	52.1	13.4	20.7	19,5	11.5	30.3	18.0	35

Примечания: С-Е – северо-евразийское; Е – европейское, В – восточное и юго-восточное; Л – лесные и лесостепные виды; С – степные виды, Пп – полупустынные виды, П – пустынные виды. **Notes:** С-Е – north-eurasian origination; Е– european, В – eatern and south-eastern; Л – forest and forest-steppe species, С – steppe species, Пп – semi-desert species, П – desert species, прочие- the rest.

Для Северного Зауралья характерны различные варианты степей и долинные комплексы. В дерновинно- и корневищно-злаковых выпасаемых степях (на карте выдел № 1). доминирует малый суслик при среднем уровне его численности, значительна роль хомячка Эверсманна, большого и малого тушканчиков. В сухостепном участке севернее р. Утва (№ 2) доминирует емуранчик (высокая численность), заметна роль степной пеструшки. В тростниково-камышовых зарослях пойм рек Илек и Утва с лугами, кустарниками и тополево-ивовыми лесами (местами с дубом) (№ 3) доминируют водяная полевка и малая лесная мышь. Обычна домовая мышь. Средней численности достигает обыкновенная полевка, а из степных видов малый суслик и обыкновенный хомяк. Кроме того, присутствуют таежные (рыжая полевка) и пустынные виды (тарбаганчик, слепушонка). Часть степей распахана (№ 5), и доминирующим видом становится домовая мышь, содоминантом – обыкновенная полевка. На фрагментах целины среди полей сохраняются типичные для региона степные и пустынные виды грызунов.

Подрайон 1.2. Северное Приуралье. Население грызунов северных и центральных, прилежащих к реке Урал участков глинистой полупустыни Волго-Уральского междуречья. Здесь отмечена близкая к максимальной по области доля видов северо-евразийского и европейского происхождения (27.5 и 15.7% соответственно), близкая к минимуму доля видов южного и юго-восточного происхождения (43.1%). Довольно велика доля лесных видов (23.5%), максимальна – степных (15.7%), близкая к минимуму доля полупустынных (25.5%) и пустынных (13.7%). Включает 2 провинции.

Провинция 1.2.1. Зелёновская. Население грызунов северной глинистой прикаспийской полупустыни (Зелёновский, Каменский районы – северная часть Узенско-Чижинских разливов).

Здесь доля северо-евразийских и европейских форм близка к максимуму, а южного и восточного происхождения – к минимуму. Максимальна доля степных видов, близка к максимуму лесных, средняя – полупустынных, близка к минимуму – пустынных (табл.). Численность малого суслика высока (более 20 экз./га) и имела до 80-х годов XX века положительный, а позже – отрицательный многолетний тренд (Окулова и др., 2001). Большого суслика немного. Численность домовой мыши в природе может быть относительно устойчивой и довольно высокой, колеблется в пределах от 5 до 19, обыкновенной полёвки относительно много – около 2 на 100 лс. Численность тушканчиков относительно низка (0.2-0.4 экз./га), среди них доминирует большой (76%), реже встречаются емуранчик или тарбаганчик (по 11-12%). В южной части преобладают малый тушканчик и тарбаганчик – по 34 – 36% от всех тушканчиков). Наблюдается максимальное обилие степной мышовки. В 50-х гг. XX в. была отмечена устойчивая и довольно высокая численность степной пеструшки на разливах. Среди хомяков и хомячков чаще встречается обыкновенный хомяк, хомячок Эверсманна довольно редок. Имеются остатки поселений байбака, почти исчезнувшего.

Значительную площадь занимают сообщества с доминированием домовой мыши и обыкновенной полевки на пахотных землях (№№ 4 и 5). По вкраплениям древесной и кустарниковой растительности встречается рыжая полевка, малая лесная мышь, а на севере области (№ 4) полевка-экономка и лесная мышовка. Численность малого суслика на разнотравно-злаковых степных целинных участках по балкам на севере области (№ 4) высокая, южнее (№ 5) – средняя. Численность большого суслика в местообитаниях с обилием злаков местами средняя. В результате распашки исчезает сурок, сохраняясь в полынных понижениях среди полей на севере области (№ 4). Иначе распределен большой тушканчик: его численность немного выше по фрагментам целины на юге пашен (№ 5). Условия для малого тушканчика в этой провинции благоприятны, и иногда он доминирует среди тушканчиков. Обычна степная мышовка. Емуранчика и полевую мышь отмечали до 1960 г. Серая крыса на рубеже веков достигла средней численности и расселяется.

Среди населения грызунов ксерофильных растительных сообществ выделено 2 варианта (№№ 6 и 7). В западной части (№ 6) доминирует домовая мышь и временами степная пеструшка, численность которой в годы массовых размножений поднимается до высокой. Доля обыкновенной полевки невысока. Малого суслика мало. К юго-востоку (№ 7) видовое разнообразие меняется: не регистрировали слепушонку и общественную полевку, но отмечали малую лесную мышь, желтого суслика и тарбаганчика. Кроме того, юго-восточная часть характеризуется доминированием и высокой (до 40 экз./га) численностью малого суслика. Среди тушканчиков преобладают малый и тарбаганчик, обилие невысоко (0.3 экз./га). Численность мелких грызунов также невелика (4.8 экз. на 100 лс), доминирует домовая мышь, иногда обыкновенная полёвка, достигающая в годы пиков численности среднего уровня, или хомячок Эверсманна, доля которого изредка достигает четверти отловленных грызунов. Водяная полевка обычна по широко представленным луговым понижениям.

В пойме р. Урал (преимущественно широтная часть его течения – выдел 8) доминирует малая лесная и в некоторые годы домовая мыши. Уровень численности всех мышевидных грызунов средний (9.6 на 100 лс). Доля малой лесной мыши среди них - 69.2%, рыжей полёвки и домовой мыши по 14.5%, но в отдельные годы роль домовой мыши возрастает. Обитает, хотя и не в большом числе, бобр. Численность большого тушканчика средняя, тарбаганчик и степная мышовка редки. Еще ниже численность обыкновенных полёвок, обыкновенных хомяков, хомячков Эверсманна и водяных полёвок. Полевая мышь исчезла после 1960 г.

Провинция 1.2.2. Чапаев. Население грызунов северной глинистой прикаспийской полупустыни с разливами в междуречье Кушума и Урала. Провинция характеризуется средними по области соотношениями долей видов, сгруппированных как по происхождению, так и по экологическому облику. Многолетний тренд численности малого суслика аналогичен таковому в провинции 1.2.1. Основная часть занята населением с доминированием малого суслика, домовой мыши и степной пеструшки в пустынных типчаково-ковыльных степях (№ 9). Численность этих видов – средняя, но межгодовые колебания численности пеструшки более резкие: от низкой, до высокой в годы массового размножения. Численность мышевидных грызунов около 4.4 на 100 лс, доля домовой мыши – 40.7%. Жёлтый суслик немногочислен, живёт на валах по берегам гидротехнических сооружений (каналов, водохранилищ). Большого суслика нет. Среди тушканчиков при средней численности преобладает большой тушканчик. Тарбаганчик и малый тушканчик малочисленны.

Встречаются хомячок Эверсманна, тамарисковая песчанка. У водоёмов поддерживается средняя численность водяной полёвки и ондатры, в луговых западинах – обыкновенных полёвок.

В окружающих степных местообитаниях, сочетающихся со злаковыми и тростниковыми низинами, доминирует домовая мышь (№№ 10, 11, 12), на юго-востоке провинции (№ 12) вместе с малым сусликом. Степная пеструшка, которой обычно немного, может в отдельные годы достигать высокой численности. Большие площади начинает занимать водяная полевка. Тамарисковая песчанка здесь встречается не так широко, преимущественно по участкам песков в разной степени задернованных и опесчаненным гривам. В юго-восточной части (№№ 11, 12) повышается до среднего уровня численность малого тушканчика, нет обыкновенного хомяка, но встречается серый хомячок. В населении северного из этих двух вариантов (№ 11) нет обыкновенной полевки и мыши малютки. По Кушуму (№ 11) не отмечены степная пеструшка, малый тушканчик, слепушонка.

В эту провинцию мы включили также население поймы р. Урал (бо**л**ьшая часть его меридионального течения) с доминированием водяной полевки, малой лесной мыши и периодически домовой (№№ 13 и 14). Высокое видовое богатство пойменного населения, участие в составе доминантов малой лесной мыши, небольшие, хотя и имеющиеся, различия населения разных берегов Урала, стали причиной проведения границы между районами по восточной границе пойменного выдела, т.е. в провинцию Чапаев мы включили оба берега обсуждаемой части р. Урал. При этом нужно отметить экотональный характер границы высокого ранга и возможность ее проведения по руслу р. Урал.

В пойме (№№ 13 и 14) с низкой численностью встречаются как лугово-лесные виды: мышь-малютка, обыкновенная полёвка, так и степные: малый суслик, большой тушканчик, степная мышовка, хомячки серый и Эверсманна, обыкновенный хомяк. По фрагментам песков с юга проникают пустынные виды: желтый суслик, тамарисковая песчанка, достигающая местами (№ 14) высокой численности (8.2 в правобережной и 8.8 экз./га в левобережной пойме), и редкая полуденная песчанка. Северная часть поймы р. Урал довольно широкая и лесистая (№ 13). Сюда с севера по лесам кустарникам проникают рыжая полёвка и желтогорлая мышь, до 1972 г. встречалась полевая мышь. Изредка встречаются большой суслик, серая крыса, бобр и ондатра, которые не обитают в других частях этой провинции. На самом юге отмечена поимка степного сурка (2 экз.). Численность мышевидных грызунов в этой части поймы (№ 13) высокая (до 18.4 на 100 лс). Доминирующая малая лесная мышь составляет в отловах 66.5%, домовая мышь доминирует не ежегодно. Доля обыкновенных полёвок немного больше, чем в соседних выделах (22.4%), их численность меняется от низкой до средней. Наблюдается сильное антропогенное воздействие. На бахчах преобладает домовая мышь, реже – малая лесная; в бурьянах наиболее обычны малая лесная мышь и обыкновенная полёвка, на сенокосах встречаются степная пеструшка, обыкновенные полёвки. В населении грызунов южной части поймы (№ 14) постоянные доминанты – домовая мышь и водяная полевка, доля малой лесной мыши снижена. Численность малого суслика не имеет многолетнего тренда и снижена в припойменных участках до 9.8. Численность жёлтого суслика высока, достигает 9.1 экз./га, тамарисковых песчанок – около 8 экз./га, в последние годы больше. Численность тушканчиков средняя, иногда высокая, около 1.2 экз./га, преобладают большой и малый тушканчики (по 44-46% от всех тушканчиков), доля последнего к югу возрастает. Полуденные песчанки после 1960 г. почти перестали встречаться, но стали проникать большие и краснохвостые песчанки.

<u>Подрайон 1.3. Средне-Приуральский. Население грызунов Средне-Приуральского участка южной глинистой полупустыни и северной песчаной пустыни центра и севера Волго-Уральских песков.</u> Население грызунов характеризуется минимальной долей видов европейского происхождения (8.7%), средним – северо-евразийского (23.9%) и восточного или юго-восточного происхождения (53.3%). Здесь минимальна доля степных видов (9.8), близка к минимуму доля лесных (15.2%), максимальна доля полупустынных видов (33.7%), отмечена средняя доля пустынных видов (20.7%). Численность малого суслика имеет отрицательный многолетний тренд (Окулова и др., 2001). Чем ближе к югу, тем ниже численность малого суслика, тем раньше начался многолетний спад численности, тем глубже современная её депрессия. Подрайон включает 4 провинции.

Провинция 1.3.1. Новая Казанка. Приурочена к переходной полосе от глинистой пустыни к северной части Волго-Уральских песков. В населении грызунов (**выдел 15**) доминирует тамарисковая песчанка, которая достигает здесь среднего уровня численности (6.9 экз./га) и составляет около 77% населения малых песчанок. Плотность обеих песчанок составляет 9 экз./га.

Тушканчиков немного (около 0.2 экз./га), малый преобладает на плотных грунтах, а мохноногий – в песках. Численность желтого суслика средняя (2.4 экз./га), слепушонки, серого хомячка – низкая. Хомячок Эверсманна встречался в 1930-1940-х гг., позже исчез. Малого суслика немного (10 экз./га), лишь локально он достигает среднего уровня. Степная мышовка имеет среднюю численность. Возле Камыш-Самарских озёр преобладает домовая мышь, реже – лесная, доля которой возрастает при росте увлажнения, относительно много водяной полёвки (около 11 экз. на 1 км береговой линии)

Провинция 1.3.2. Калмыково. Население грызунов южной глинистой полупустыни и северо-восток Волго-Уральских песков. Здесь относительно велика доля северо-евразийских видов при близкой к минимуму доле видов европейского происхождения; средняя доля видов южного и юго-восточного происхождения. Минимальна доля степных форм, близка к максимуму доля полупустынных; средние доли наблюдаются для пустынных и лесных форм (табл.).

На стационарах этой провинции: Кзыл-Капкан (выдел 16) и Байгазы (выдел 17), закреплённые мелко-бугристые пески чередуются с участками равнинной супесчаной полупустыни с относительно малой долей разбитых песков, тогда как Калмыково (выдел 18) расположено в ландшафте глинистой южной полупустыни. Население грызунов различных частей провинции (№№ 16, 17, 18) во многом сходно. Видовой состав различается незначительно: малый суслик отмечен в краевых частях провинции (№№ 16 и 18), а на востоке (№ 18) встречается водяная полевка и проникла большая песчанка. Доминирует везде тамарисковая песчанка (70-78% среди песчанок). Суммарная численность малых песчанок сниженная (5-7 экз./га) и довольно неустойчивая, особенно полуденной. Заметную роль играют тушканчики, из которых преобладает мохноногий (58%). Плотность всех тушканчиков от 0.1-0.2 до 1.25 на га. Численность большого и малого тушканчиков увеличивается к востоку провинции (№ 18). Емуранчик и тарбаганчик редки, хотя последний местами составляет до 15% среди тушканчиков. Из мышевидных грызунов повсеместно регистрировали домовую мышь. Ее численность снижена до 1-7 на 100 лс, на востоке провинции чуть выше. Типична степная пеструшка, дающая периодически небольшие и изредка – высокие всплески численности. Реже встречаются обыкновенные полёвки, заселяя заросшие участки, их численность – 1.5 на 100 лс. Во влажных местообитаниях востока провинции (№ 18) они могут достигать средней численности, водяных полёвок немного. Численность серого хомячка, предпочитающего участки мелко-бугристых песков и хомячка Эверсманна, заселяющего степные песчаные участки (ашики), низка. Последний вид на востоке провинции (№18) встречается локально. Жёлтый суслик всюду немногочислен, и лишь на востоке провинции (№18) локально отмечают среднюю численность. Малые суслики заселяют ашики. К концу XX в. их численность снизилась от 10-15 до 3-7 экз./га, а позже они – на грани исчезновения. В центре провинции (№ 17) малых сусликов не отмечали, в восточной части (№ 18) численность низкая, но устойчивая.

Провинция 1.3.3. Урда. Население грызунов западной части Волго-Уральских песков. Здесь довольно мала доля видов северо-евразийского и европейского происхождения, средняя доля видов южного и юго-восточного происхождения. Доля полупустынных форм близка к максимуму, а лесных форм – к минимуму. Прочие экологические группы встречаются в среднем соотношении (табл.).

В этой провинции на территории ЗКО выделено 2 варианта населения грызунов, приуроченных к участкам псаммофильного разнотравья в составе преимущественно белополынных северных пустынь (выдел 19 – северная часть провинции) или песчанополынников (выдел 20 – центральная часть). На западе провинции расположен огромный солончак, он и его ближайшие окрестности лишены постоянного населения грызунов. Видовой состав обоих вариантов населения сходен, за исключением хомячка Эверсманна и емуранчика, отмеченных в северной части провинции (№ 19) и обыкновенной полевки, обнаруженной в ее центральной части (№ 20). Сходны они также доминированием тамарисковой песчанки: На севере (№ 19) ее доля среди песчанок 87.4%, а в центральной части (№ 20) чуть выше (88-90% при среднем обилии обеих песчанок 6.3 экз./га). Центральная часть провинции (№ 20), приуроченная к развиваемым бугристым пескам, отличается более высокой, чем на севере (№ 19), численностью практически каждого из обитающих видов, кроме тарбаганчика и слепушонки, которые к югу встречается реже, и повсеместно малочисленных домовой мыши, полуденной песчанки и степной пеструшки. Последняя появляется локально в годы разлитых пиков численности. Малый суслик довольно обычен, достигая местами средней численности 8-18 экз./га (в выделе 19 его поселения локальны). Жёлтый суслик обитает при средней численности. Среди тушканчиков доминируют большой и малый (по 46-47% от всех тушканчиков),

их численность местами достигает 3 экз./га. В участках песков отмечено доминирование, но невысокая численность мохноногого тушканчика (0.14 экз./га). Общая численность мышевидных грызунов низка (0.96 на 100 лс). Домовой мыши в природе меньше, чем где бы то ни было.

Провинция 1.3.4. Джангала. Население грызунов переходной части от южной полупустыни к северу песков и центра Волго-Уральских песков. Новая Казанка, Сасык-Тау, Новый Уштаган, Айбас. Юг Джангалинского района и север Гурьевской области. Для провинции характерна малая доля европейских форм, но близкая к максимуму доля видов северо-евразийского происхождения; доля южных и юго-восточных форм средняя. Отличается максимальной долей полупустынных видов, малой долей степных и средней всех прочих (табл.).

Характерна высокая численность малых песчанок (9.3 экз./га), среди них часто преобладает полуденная песчанка (30-60% среди песчанок), ее доля нарастает от окраин (23-30%) к центру песков (40-53%, а в выделе № 22: 50-60%). Другой значимый вид – мохноногий тушканчик (0.4 экз./га и 74.8% среди тушканчиков). Численность малого суслика до 1960-х гг. была низкой, местами по глинистым останцам среди пустыни средней (10 экз./га), до 1970-80 гг. имела отрицательный многолетний тренд, после чего малый суслик исчез, изредка встречаясь в относительно небольшом пятне с несколько иным населением (выдел № 16, см. характеристику в 1.3.2.). Жёлтый суслик при почти повсеместном распространении имеет среднюю численность (4.3 экз./га). Отмечена средняя, местами низкая, численность тарбаганчика и малого тушканчика, низкая – большого тушканчика и степной мышовки. Численность мышевидных грызунов низкая (1.72 на 100 лс). Повсюду встречается серый хомячок, во влажных биотопах преобладает домовая мышь, а в песках велика доля обыкновенных полёвок. Чаще, чем в других провинциях, встречается степная пеструшка, которая изредка может давать вспышки численности. Обыкновенный хомяк отмечен в антропогенных биотопах (плантации, огороды). В 1-й половине XX в. отмечали полевую и малую лесную мышей, хомячка Эверсманна, емуранчика.

Подрайон 1.4. Западный. Население грызунов западной глинистой полупустыни Джаныбекского поднятия к востоку до течения реки Малый Узень (Джаныбекский, Казталовский и запад Фурмановского района). Самый западный из подрайонов. Характерна несколько более низкая, чем в среднем по области, доля видов восточного и юго-восточного происхождения (45%) при слабо повышенной или близкой к средней доле остальных форм. Максимальна доля полупустынных видов (35%), лесных – чуть выше среднего значения (20%), степных и пустынных – минимальна (по 10%). Кривая многолетнего тренда численности малого суслика такая же, как в подрайоне 1.2.2., но спад численности начался позже и был не столь глубоким. Везде в природных биотопах доминирует домовая мышь, численность её средняя. Включает 1 провинцию (табл.).

Провинция 1.4.1. Джаныбек. Население грызунов Джаныбекского, Казталовского и западной части Фурмановского района. Основную площадь провинции занимает население с постоянно высокой (50 и более экз./га) плотностью малого суслика (выделы 24 и 25). Характерна домовая мышь, имеющая среднюю численность, степная пеструшка, достигающая высокой численности в годы массового размножения. Встречаются слепушонка, большой тушканчик. По увлажненным биотопам здесь обычны обыкновенная полевка, обыкновенный хомяк, водяная крыса, среднюю численность имеет степная мышовка, реже встречаются малая лесная мышь, мышь-малютка,. В пустынных полынно-типчаково-ковыльных степях (выдел 24) кроме перечисленных видов обитает общественная полевка, достигающая в годы ее подъемы средней численности, по бурьянам на залежах ловится хомячок Эверсманна, вдоль железнодорожного полотна селится тамарисковая песчанка. По возвышенным участкам Джаныбекского поднятия и междуречным районам (выдел 25) отмечены малый тушканчик и тарбаганчик, у оз. Сакрыл регистрировали желтого суслика.

Во всех остальных частях провинции численность малого суслика низка и основа населения грызунов – домовая мышь. В пустынных степях на востоке провинции (выдел 26) фауна относительно обеднена. Домовая мышь составляет 45% среди пойманных мышевидных грызунов, общая численность которых – 9.2 на 100 лс. В годы пиков численности доминирует степная пеструшка, местами иногда бывает обычной общественная полевка. При общей невысокой численности (0.27 экз./га) среди тушканчиков преобладает малый (46.4%), обычен большой тушканчик. В понижениях встречается малая лесная мышь, в отдельные годы она составляет до 31.3% отловленных зверьков. Изредка встречаются хомячок Эверсманна и тамарисковая песчанка. Район Арал-Сора с обильными засолёнными участками отличается от предыдущего отсутствием

малого тушканчика и тамарисковой песчанки, но наличием тарбаганчика, серого хомячка, а по увлажненным местообитаниям еще хомячка Эверсманна и обыкновенного хомяка. Население грызунов юго-запада области (выдел 28) изучено слабо. Малый суслик здесь, по-видимому, совсем исчез, кроме домовой мыши значимы тушканчики (большой, малый и тарбаганчик), встречается тамарисковая песчанка.

В населении пойм обоих Узеней, для которых характерны долинные комплексы и бессточные понижения с галофитными лугами, тростниками и камышом, местами с кустарниками по урезу воды, устойчиво доминирует домовая мышь (выделы 29-31). Немного ниже численность малой лесной мыши и слепушонки, еще ниже – обыкновенной полевки и тамарисковой песчанки. По гривам можно встретить малочисленные поселения малых сусликов. По Малому Узеню (выделы 29, 30) обитает малочисленная обыкновенная полевка, по Большому Узеню (выдел 31) – изредка хомячок Эверсманна, малый тушканчик и тарбаганчик. Обыкновенный хомяк отмечен в пойме Большого (выдел 30) и в северной части Малого (выдел 29) Узеня. Полуденную песчанку отмечают в южной части поймы Малого Узеня и по западному берегу Большого Узеня (выдел 30). По Большому Узеню (выдел 31) в годы подъёмов численности местами заметна общественная полёвка, в прибрежных биотопах довольно много водяной полёвки (до 11 на 1 км учёта по береговой линии).

Район 2. Население грызунов центральной и южной частей Зауральского участка области. Район чётко отличается от остальной части области минимальной или ниже среднего долей североазиатско-европейских видов (18.9%), малой долей европейских форм (9.4%), максимальной долей восточных и юго-восточных форм (60.4%). По экологическому облику район характеризуется сходной с районом 1 долей степных (11.3%) и полупустынных (30.2%) видов, максимальной – пустынных (30.2%); доля лесных форм близка к минимуму (15.1%). Включает 2 подрайона.

Подрайон 2.1. Джамбейта. Население грызунов северной части глинистой полупустыни Зауралья (окрестности стационара Джамбейты). Здесь велика доля видов восточного и юго-восточного происхождения (58.6%) и относительно мало европейских форм(10.3%). Доля северо-евразийских видов минимальна (17.2%). Прослеживается повышенная доля пустынных видов (27.6%), слабо сниженные, по сравнению со средне-областными, значения долей прочих форм. Для подрайона характерно присутствие трёх видов сусликов (большого, малого и жёлтого). Многолетний параболический тренд численности малого суслика имел максимум в 1960 – 1980-е гг., а в 2000-е гг. численность стала снижаться. Включает 1 провинцию (табл.).

Провинция 2.1.1. Джамбейта. Северная часть подрайона. Основу населения грызунов представляют сообщества с доминированием малого суслика в глинистых белополынно-чернополынных полупустынях (№№ 32, 33), чередующиеся с сообществами с доминированием водяной полевки по засоленным поймам и плесам пересыхающих рек (выделы 40, 41). Выделы 32 и 33 близки по населению и различаются присутствием обыкновенных полевок только в выделе 32, а тамарисковых песчанок (около 5.5 экз./га) – только в выделе 33. Характерна повсеместно высокая (20 и более экз./га) численность малого суслика. Местами по западинам многочисленен большой суслик. Численность мышевидных грызунов в целом высокая: домовой мыши – 11 на 100 лс, обыкновенной полёвки – 1.5 – 2.2 на 100 лс. Среднюю численность имеет хомячок Эверсманна. Заметную роль в населении грызунов играют тушканчики, преобладает емуранчик (до 70%) или малый (местами 50% среди тушканчиков). Численность их невысока (0.17 экз./га). Суммарная по провинции численность тушканчиков составляет около 0.5 экз./га или 4.5 на 10 км ночного автомобильного учёта. Встречаются жёлтый суслик, толстохвостый тушканчик, слепушонка, серый хомячок и степная пеструшка, их численность повсеместно низка.

По берегам степных водоёмов, поймам и плесам пересыхающих рек (выделы 40 и 41) много водяных полёвок (около 11 на 1 км учёта по береговой линии). Среднюю численность имеют домовая и малая лесная мыши, обыкновенная полёвка, обыкновенный хомяк, степная мышовка. Малочисленны мышь-малютка, и тамарисковая песчанка. Различаются выделы 40 и 41 присутствием большого суслика только в 40 выделе, а емуранчика, толстохвостого тушканчика, местами полуденной и большой песчанок – только в 41. Средняя встречаемость степной мышовки.

В восточных (выделы 35) и южных частях провинции (выделы 36, 37) численность малого суслика снижается, соответственно возрастает роль тушканчиков. Каждый из 5 видов тушканчиков достигает средней численности, но преобладает емуранчик (81.7% встреч). Вблизи поймы Урала (выдел 35) среди тушканчиков преобладает малый (64.7%) при средней численности зверьков этой

группы 0.2 экз./га. Роль большого тушканчика к юго-востоку провинции (выдел 37) снижается. Численность хомячка Эверсманна средняя, серого – низкая. Мало жёлтого суслика и слепушонки. Здесь не отмечекна степная пеструшка. На юге выдела 35 в начале XXI в. возникли колонии больших песчанок со средней численностью. Южные окраины провинции (выделы 36 и 37) характеризуются присутствием большой песчанки. На самом юго-востоке (выдел 37) встречаются большой суслик, достигающий средней численности, и немногочисленная полуденная песчанка.

Выделы 38 и 39, расположенные в восточной части провинции, характеризуются высокой численностью емуранчика (местами малого тушканчика) и средней – тамарисковой песчанки. Обычна степная пеструшка. Численность остальных видов низкая, но фрагментарно по песчаным гривам многочисленна домовая мышь. На отдельных небольших участках по окраинам заросших островных песков обитает уральский слепыш, не встречающийся в других частях ЗКО. В отличие от выдела 38 только в 39 обитает полуденная песчанка. На северо-востоке провинции встречаются распаханные участки (выдел 5). Там доминирует хомячок Эверсманна, а на фрагментах целины преобладает емуранчик. Самая восточная часть провинции (выдел 34) изучена слабо. Малый суслик доминирует, но данных о его плотности нет. Выявлено присутствие степной мышовки, большого тушканчика, серого хомячка, степной пеструшки, слепушонки, местами желтого суслика, а по западинам – большого суслика, численность которого низкая.

Подрайон 2.2. Южное Зауралье. Население грызунов глинистой полупустыни и песчаных пустынь юго-восточной части области. В населении грызунов снижены доли видов северо-евразийского и европейского происхождения и максимальны доли видов восточного и юго-восточного происхождения (66.7%). В подрайоне максимальна доля пустынных видов (33.3%), немного выше средне-областных значений доля степных и полупустынных видов. Доля лесных по сравнению со средними заметно снижена. Включает 1 провинцию.

Провинция 2.2.1. Южное Зауралье. В населении грызунов пустынно-степных территорий (№№ 42-45) основную роль играют тушканчики. Повсеместно встречается 5 видов. Их суммарная численность здесь самая высокая в области – 1.2 экз./га по учётам на площадках и около 6 экз./10 км ночного автомобильного учёта. Преобладает емуранчик (68.7%), обычны по всей провинции большой тушканчик и тарбаганчик, в северной ее части (выделы 42 и 43) толстохвостый тушканчик, а на северо-западе (выдел 42) – малый. Численность малых песчанок средняя: 7.7 экз./га, среди них доля тамарисковой, обитающей здесь повсеместно, составляет около 76%. Полуденная песчанка отмечена в западной и южной частях провинции (выделы 42, 45, 47). Еще реже встречается краснохвостая песчанка, расселившаяся с юга до центральных частей провинции (выделы 44–47). Большая песчанка сейчас расселилась по всей провинции, местами многочисленна и доминирует в населении грызунов. Численность малого суслика на значительной территории, занятой глинистой полупустыней, снижена (около 14 экз./га). Характерно заметное присутствие хомячка Эверсманна и в некоторые годы общественной полевки. Жёлтый суслик, серый хомячок и слепушонка малочисленны. На севере провинции (выделы 42 и 43) изредка встречается лесная мышь.

В эту провинцию мы включили также население южной части поймы р. Урал (выдел 46), видовой состав которого обеднен. В последние десятилетия (после 2000 г.) сюда вселились большая песчанка, ставшая многочисленной, и краснохвостая песчанка, что сближает население этой части поймы с населением грызунов других частей провинции. В пойменных кустарниках обычна (местами многочисленна) тамарисковая песчанка. Полуденная песчанка встречалась здесь только до 1960 г., позже почти исчезла. Вместе с ней на бахчах была многочисленна полевая мышь, сейчас она здесь не встречается, а доминирует домовая мышь. Общая численность мышевидных грызунов в пойме на среднем уровне (7.8 на 100 лс), среди них преобладает малая лесная мышь, доля которой ниже, чем выше по течению (выдел 14); ей сопутствуют домовая мышь и обыкновенная полёвка. Среди хомяковых выявлены хомячок Эверсманна и серый. В тростниково-галофитных лугах поймы Уила (выдел 47) многочисленна водяная полёвка, значима роль домовой мыши, обитают малая лесная мышь, общественная полёвка и все 4 вида песчанок.

Выводы

В Западно-Казхахстанской области наибольшим своеобразием характеризуется район Среднего и Южного Зауралья, в котором доля видов восточного и юго-восточного происхождения, а также доля пустынных видов больше, чем в других частях Западно-Казахстанской области. Сложность и

комплексность ландшафтной структуры региона обуславливают сложное переплетение границ распространения видов и экотональный характер границ между выделенными единицами зоогеографического районирования. Даже граница высокого ранга (между районами), приуроченная к пойме реки Урал, не линейна. Население обоих берегов Урала в центральной части региона в большей степени тяготеет к Предуральному району, а южной части Западно-Казахстанской области – к Зауральному.

Из 36 видов фауны грызунов области 12 отмечены среди доминирующих видов различных вариантов населения. В б**о**льшей части выделов доминируют: домовая мышь (в 21 вариантах из 47), тамарисковая песчанка (в 11), малый суслик (в 9), емуранчик (в 9), водяная полевка (6), малая лесная мышь (5), степная пеструшка (5). Остальные виды: большой суслик, малый тушканчик, большая и полуденная песчанки, обыкновенная полевка входили в состав доминантов не более 3 вариантов населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев А.В. 1960. Зоогеография Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН. КазССР. 258 с.

Окулова Н.М., Маштаков В.И., Медзыховский Г.А., Гражданов А.К. 2001. Многолетняя динамика численности малого суслика в Западном Казахстане. Т. 7. № 14-15. С. 100-115.

Окулова Н.М., Хляп Л.А., Бидашко Ф.Г., Варшавский А.А.,. Гражданов А.К, Неронов В.В. 2014. Население грызунов Западно-Казахстанской области Республики Казахстан (картографический анализ). Сообщение 1. Методика и зоогеографическая характеристика // Аридные экосистемы. Т. 20. № 2. С. 37-52.

RODENT COMMUNITIES IN WESTERN KAZAKHSTAN AREA, KAZAKHSTAN REPUBLIC. II. ZOOGEOGRAPHY CHARACTERISTICS

© 2014. N.M. Okulova*, L.a. Khlyap*, F.G. Bidashko, A.A. Warshavskyi*, A.K. Grazhdanov**, V.V. Neronov***

**Severtzov's Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences. Russia, 117071. Moscow, Leniskyi prospect, 33. E-mail:* natmichok@mail.ru,
***Uralsk" Antiplague Station. Kazakhstan Republic 417001, Uralsk. Street Chapaeva, 36/1. E-mail:* pchum@nursat.kz

In this report we give characteristics of rodent communities or various rank zoogeographic units that have fragmented by us in the West Kazakhstan area and have presented on the map in the Report 1 (Okulova et al., 2014).

Keywords: rodent communities, Western Kazakhstan, zoogeography, regionalization.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 79-93

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.4

ПОЧВЫ В ЗОНЕ КОНТАКТА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ И БУРЫХ АРИДНЫХ ПОЧВ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ[1]

© 2014 г. Панкова Е.И.*, Новикова А.Ф.*, Конюшкова М.В.*,, Шадрина М.Б.***, Мухортов В.И.******

**Почвенный институт им. В.В. Докучаева*
Россия, 119017 Москва, Пыжевский пер. 7. E-mail: pankova@agro.geonet.ru
***Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ*
Россия, 119991 Москва, Ленинские горы, МГУ, ГСП-1. E-mail:mkon@inbox.ru
****Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина 3. E-mail: shadrim@mail.ru
*****Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия*
Россия, 416231 Астраханская обл., Черноярский р-н, с. Соленов займище.
E-mail:muhortov1951@mail.ru

Поступила 09.12.2013

Изучены свойства целинных светло-каштановых, бурых аридных почв, а также солонцов светлых, расположенных в зоне контакта сухих степей и полупустынь Астраханской области на правобережье Волги, около пос. Соленое Займище Черноярского района (около 48°с.ш.). По климатическому районированию (1961), территория работ относится к единому району с жарким сухим климатом (гидротермический коэффициент 0.3-0.4); по геоботаническим данным (Сафронова, 2003), здесь проходит граница сухих степей и пустынь (полупустынь). Здесь же проходит граница двух геоморфологических районов Прикаспийской низменности: Северной Сарпинской низменной равнины и Южной Сарпинской низменности (Доскач, 1979). Анализ почвенных материалов показал, что изучаемый район на разных почвенных картах относится к различным почвенным зонам (светло-каштановой подзоне и бурой аридной зоне). Приведенные нами описания разрезов по классификациям почв 1977 и 2004 гг., заложенных в указанном регионе, а также аналитические материалы свидетельствуют о близости свойств светло-каштановых и бурых аридных почв (в зоне их контакта) вследствие сходного гранулометрического состава почв, т.к., по нашему мнению, сходство и различия зональных почв (светло-каштановых и бурых аридных) определяются, в первую очередь, особенностями почвообразующих пород: в северной части Прикаспийской низменности они представлены преимущественно раннехвалынскими тяжело- и среднесуглинистыми отложениями, в южной части – более легкими позднехвалынскими легкосуглинистыми и супесчаными отложениями. На фоне зональных почв выделяются солонцы светлые автоморфные, формирование которых связано с выходом засоленных пород.

Ключевые слова: почвы полупустынь и сухих степей, светло-каштановые почвы, бурые полупустынные почвы, генезис почв

Введение

Целью работы являлось, во-первых, изучение особенностей целинных светло-каштановых и бурых аридных почв, расположенных на территории Астраханской области в пределах земель Прикаспийского научно-исследовательского института аридного земледелия (ПНИИАЗ), и, во-вторых, отбор образцов почв для проведения метагеномных исследований зональных почв России. Территория исследования расположена в зоне контакта сухих степей и полупустынь на территории Прикаспийской низменности.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-04-00107 и 14-04-31436).

Для выявления сходства и различий почв сухих степей и полупустынь сопоставлялись условия их формирования (климат, литолого-геоморфологические особенности, растительность), а также морфологические и физико-химические свойства светло-каштановых, бурых аридных почв и солонцов, формирующихся в комплексе с зональными почвами. Анализировались опубликованные картографические и литературные материалы, содержащие информацию о районе исследований и особенностях почв зоны контакта светло-каштановых и бурых аридных почв.

Объекты и методы исследования

Изучение целинных почв проводилось в сентябре 2011 года на территории Прикаспийской низменности, на правобережье реки Волги у селения Соленое займище Черноярского района Астраханской области, расположенного около 48°с.ш. (рис. 1). Объектом исследования являлись светло-каштановые почвы (разрезы А-1 и А-2), а также бурая аридная почва (разр. А-10) и солонец мелкий солончаковый (разр. А-8), расположенный рядом с бурой аридной почвой. В качестве солонца светло-каштановой подзоны был рассмотрен солонец (разрез 18) из работы В.П. Зволинского и В.Г. Ларешина (1996) и Тилухан-Мулешевой (1999).

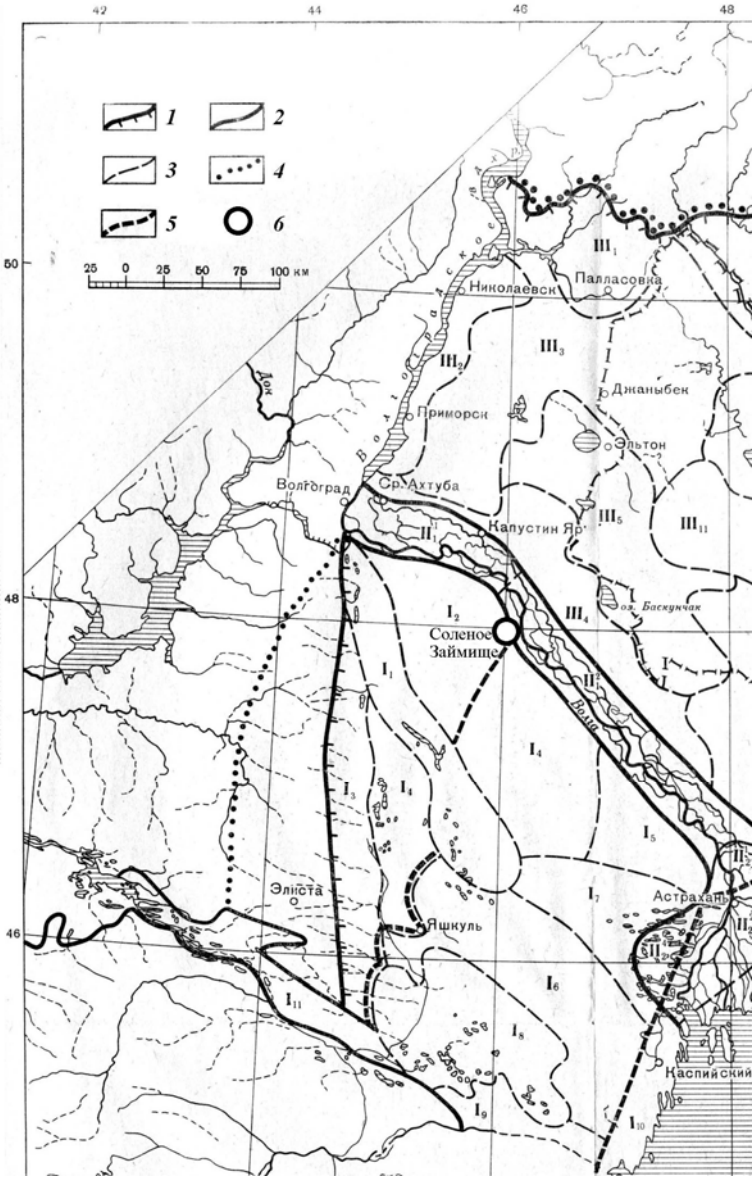


Рис. 1 Схематическая карта природного районирования западной части Северного Прикаспия (Доскач, 1979).
Fig. 1. The schematic map of the natural zoning of the western part of the Northern Caspian region (Doskach, 1979).

Условные обозначения к рис. 1 (Legend to fig. 1): 1 – граница Прикаспийской низменности (the boundary of the Caspian Lowland); 2 – границы природных областей (boundaries of natural regions); 3 – границы природных районов (boundaries of natural districts); 4 – граница зоны полупустыни (the boundary of the semidesert zone); 5 – граница литоморфологических поясов (boundaries of lithomorphological belts); 6 – район исследований (study area). Природные районы (Natural districts): I. Западный правобережный Прикаспий (West writeshore Precasipan) : I_1 - Сарпинская ложбина (Sarpian hollow); I_2 - Северная Сарпинская низменная равнина (Northern Sarpian lowland); I_3 - Приергенинская равнина (Priergeninskaya plain); I_4 - Южная Сарпинская низменность (Southern Sarpian lowland); I_5 - Астраханская перевеянная низменная равнина (Astrakhan aeolian lowland); I_6 - Центрально-Черноземельская песчаная равнина (Central Cherny Zemly sand plain); I_7 - Район бэровских бугров и подстепных ильменей (Baer mounds and steppe lakes); I_8 - Нарын-Худукский озерный бессточный район (Naryn-Khuduk lacustrine closed region); I_9 - Прикумская грядово-ложбинная равнина (Kuma ridge-hollow plain); I_{10} - Приморская песчано-солончаковая низменная равнина (Coastal sandy and solonchakous lowland); I_{11} - Манычская ложбина (Manych hollow). II. Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги (Volga-Akhtuba floodplain and the Volga delta): II_1^1 - Северная лугово-лесная пойма (Northern meadow-forest floodplain); II_1^2 - Южная преимущественно луговая пойма (Southern meadow floodplain); II_2^1 - Вершина дельты (Upper delta); II_2^2 - Средний пояс центральной части дельты (Central delta); II_2^3 - Приморский тростниковый пояс дельты (Coastal cane belt of delta); II_2^4 - Западные подстепные ильмени (Western steppe lakes); II_2^5 - Восточные подстепные ильмени (Eastern steppe lakes). III. Волго-Уральское междуречье (The Volga-Ural interfluves): III_1 - Еруслано-Торгунская суглинистая сухостепная равнина (Yeruslan-Torgun loamy dry steppe plain); III_2 - Приволжская опесчаненная гряда (Volga sand ridge); III_3 - Северо-западная бессточная суглинистая Джаныбекская полупустынная равнина (; III_4 - Приволжская песчано-супесчаная полоса с массивами перевеянных песков (Volga sand belt with aeolian sands). III_5 - Эльтонско-Боткульская супесчаная озерно-солончаковая равнина (Elton-Botkul sandy lacustrine solonchakous plain).

При выборе участка для заложения опорных разрезов использовались имеющиеся картографические материалы: почвенная карта Астраханской области масштаба 1:300000 (1985), схема природного районирования Прикаспийской низменности (Доскач, 1979), почвенно-мелиоративная карта Союзгипроводхоза М 1:500000 (1989), а также космические снимки Landsat (с разрешением 30 м).

На участках опорных разрезов проводилось детальное геоботаническое описание растительности. Все разрезы были привязаны навигатором GPS, определены их высотные отметки. Проведено морфологическое описание почв и отбор образцов для аналитической характеристики почв. Название почв давалось на основе почвенных классификаций 1977 и 2004 гг. Химические анализы образцов почв проводились в лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева по общепринятым методикам (Воробьева, 2006). Кроме того, при обработке материалов для выявления специфических свойств почв и характеристики природных условий были привлечены опубликованные материалы других авторов.

Результаты исследований

Общие сведения о природе и почвах района работ. Согласно схеме природного районирования Прикаспийской низменности (Доскач, 1979), район работ относится к области западного правобережного Прикаспия, к природному району Северной Сарпинской низменной равнины и Южной Сарпинской низменности Прикаспия (рис. 1). Северная Сарпинская низменная равнина – это плоская древнеморская раннехвалынская аккумулятивная равнина (абс. отметки от 50-40 м на севере до 5-0 на юге). Основная часть равнины сложена засоленными нижне- и среднехвалынскими глинами. Местами древнеморские отложения перекрыты аллювиально-дельтовыми, более легкими отложениями протоков Волги (Егоров, Попов, 1976). Грунтовые воды хлоридно-натриевого и хлоридно-сульфатно-натриево-магниевого состава находятся на глубине 10-20 м; в западинах они

поднимаются иногда до 1-3 м. Минерализация грунтовых вод варьирует от 3 до 15 г/л. В почвенном покрове преобладают комплексы светло-каштановых почв с солонцами. Светло-каштановые почвы формируются под типчаково-ковыльно-белополынными ассоциациями, солонцы – под разреженными прутняково-камфоросмо-чернополынными ассоциациями.

К югу от Сарпинской низменной равнины (район I_2 на карте А.Г. Доскач, 1979) выделен район Южной Сарпинской низменности (район I_4), представляющий собой морскую и дельтово-морскую верхнехвалынскую равнину (абс. отметки 0-5 м на севере и до минус 18 м на юге), которая осложнена веером ложбин и массивами бугристо-барханных песков.

Низменность приурочена к области широкого распространения песчаных и супесчаных отложений. Грунтовые воды представлены линзами пресных вод, которые лежат на пласте соленых грунтовых вод (6-8 г/л), глубина грунтовых вод 6-8 м. Растительность злаково-полынная. Общий облик территории Южной Сарпинской низменности более пустынный по сравнению с северной низменной Сарпинской равниной. Господствуют бурые полупустынные (аридные) почвы, часто легкого гранулометрического состава в комплексе с солонцами.

Район наших исследований расположен в переходной зоне в полосе контакта Северной Сарпинской низменной равнины и Южной Сарпинской низменности. Эта территория осложнена буграми, дюнообразными валами и котловинами выдувания (Зволинский, Ларешин, 1996). Легкие отложения вблизи Волги могут быть связаны с блужданием русла пра-Волги (Егоров, Попов, 1976).

Растительный покров переходной зоны от сухих степей к опустыненным степям (полупустыням) и далее к более пустынным территориям Прикаспийской низменности рассмотрен в статье И.Н. Сафроновой (2003). Эта статья специально посвящена проблеме выделения по растительности границы между сухостепной и пустынной (по определению геоботаников) зонами Прикаспийской низменности. И.Н. Сафронова проводит эту границу примерно по широте 48º30' с.ш. с небольшими отклонениями к северу и к югу; при этом автор не исключает возможности проведения границы несколько южнее. В то же время в статье отмечается, что в зависимости от климатических колебаний (в первую очередь, аридности климата) и антропогенного воздействия (перевыпаса), граница зон, выделяемых по растительному покрову, могут несколько смещаться к северу и к югу от 48º30' с.ш.

Климатические особенности района достаточно подробно рассмотрены в агроклиматическом справочнике Астраханской области (1961). Согласно агроклиматическому районированию (рис. 2), район наших исследований целиком относится к подрайону I б, характеризуемому сухим, жарким климатом (табл. 1). Оценка климата в указанной работе проводилась по гидротермическому коэффициенту и сумме положительных температур. Гидротермический коэффициент (ГТК) вычислялся по формуле: ГТК = $\frac{EP}{Et:10}$, где ЕР – сумма осадков за период с температурой +10° и выше, Et – сумма положительных температур за тот же период. При значении ГТК – 0,3-0,5 климат района рассматривается как сухой полупустынный, при ГТК<0,3 климат оценивается как крайне сухой пустынный.

Общая характеристика почвенного покрова объекта исследований проведена нами на основе анализа средне- и мелкомасштабных карт. На почвенной карте РСФСР (под ред. В.М. Фридланда, М 1:2500000, 1988) в районе наших работ показано господство бурых полупустынных (аридных) почв (рис. 3). То же самое отражено на карте Астраханской области в Национальном атласе почв РФ (2011). На почвенной карте Астраханской области М 1:300000 (1985) и на почвенной карте Республики Калмыкии и Астраханской обл. М 1:2500000 (Засоленные почвы России, 2006) в районе наших исследований в северной части выделены светло-каштановые почвы, а на юге района выделена зона бурых полупустынных почв. Таким образом, сопоставление картографических материалов показало, что до настоящего времени на почвенных картах четко не определена граница зон сухостепных светло-каштановых и бурых полупустынных (аридных) почв.

Согласно «Классификации и диагностике почв» (1977), светло-каштановые почвы относятся к наиболее засушливым почвам сухостепной зоны, а бурые – к зоне полупустынь, границы между ними, как указано в классификации, часто проводятся по ландшафтным или ботаническим показателям, которые, в свою очередь, изменяются во времени (Бананова, 1997; Сафронова, 2003, 2006). По описанию, приведенному в почвенной классификации (Классификация…, 1977), светло-каштановые сухостепные почвы характеризуются осветленным бесструктурно-слоеватым гумусовым

горизонтом (А), мощностью 15 см (иногда более); явно выраженным уплотненным бурым горизонтом (B_1) комковатой структуры (15-30 см); глубже 30-40 см горизонт B_1 переходит в плотный белоглазково-карбонатный горизонт ($C_к$), который на глубине 80-120 см переходит в более рыхлый горизонт С с кристаллами гипса и легкорастворимых солей.

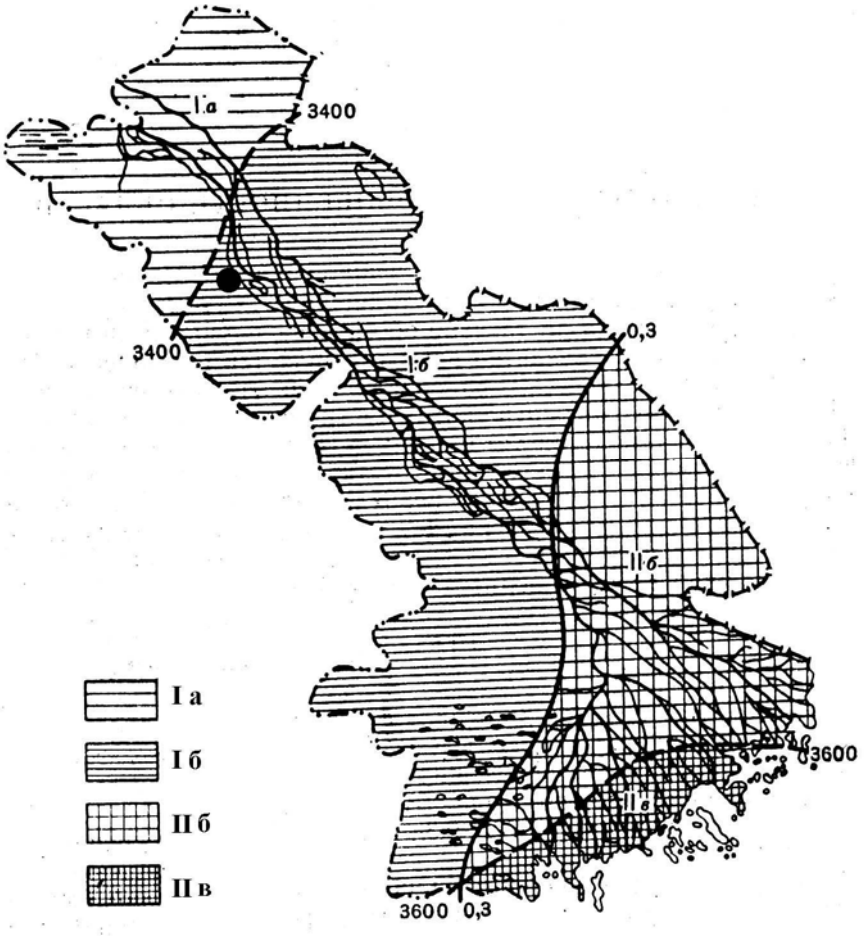


Рис. 2. Схема агроклиматического районирования Астраханской области (Агроклиматический справочник…, 1961). **Fig. 2.** Agroclimatic zoning of Astrakhan region (Agroclimatic handbook…, 1961).

Условные обозначения: I а – сухой, теплый, ГТК 0.4-0.5, Σt=3200-3400°С; I б – сухой, жаркий, ГТК 0.3-0.4, Σt=3400-3600°С; II б – крайне сухой, жаркий, ГТК<0.3, Σt=3500°С; II в – крайне сухой, очень жаркий, ГТК<0.3, Σt>3600°С. **Legend:** I a – dry, warm, hydrothermal coefficient 0.4-0.5, Σt=3200-3400°C; I б – dry, hot, hydrothermal coefficient 0.3-0.4, Σt=3500°C; II в –extremely dry, very hot, hydrothermal coefficient <0.3, Σt>3600°C.

Бурые полупустынные (пустынно-степные) почвы, по «Классификации и диагностике почв» (1977), характеризуются следующим профилем: горизонт А сверху представлен крупнопористой корочкой (2-4 см), ниже идет слоеватый светло-серый горизонт (12-15 см); глубже горизонт В – бурый крупно-комковатый, уплотненный, который сменяется горизонтом $B_к$ - плотным комковато-ореховатым с белоглазкой (мощностью 25-40 см); еще глубже лежит горизонт ВС – с гипсовыми выделениями и далее С – более рыхлый, с легкорастворимыми солями и гипсом. Вскипание от HCl может наблюдаться с поверхности, а иногда отмечается до глубины около 12 см.

По Классификации почв 2004 года, светло-каштановые почвы не выделяются. Они включены в тип каштановых и объединены с бурыми аридными почвами в один отдел – аккумулятивно-карбонатных малогумусных почв. Каштановые почвы характеризуются профилем с горизонтами AJ, BMK, CAT, C_{Ca}; бурые аридные – с горизонтами AKL, BMK, BCA, C_{Ca}. Различия этих почв определяются, главным образом, выраженностью верхнего, а также карбонатного горизонтов. В каштановых почвах отмечается горизонт CAT – текстурно-карбонатный, имеющий сегрегированную

форму новообразований. В бурых почвах выделяется гор. ВСА – аккумулятивно-карбонатный. Так как, с нашей точки зрения, неправомерно сравнивать бурые почвы с каштановыми почвами в целом, особенно в зоне их контакта (из-за сильных различий в гумусированности, мощности гумусового горизонта, глубине залегания и формах карбонатных новообразований в каштановых почвах), то в статье мы используем прежнее разделение каштановых почв и анализируем только светло-каштановые почвы.

Таблица 1. Основные климатические и погодные условия района исследования (по данным метеостанции с. Черный Яр) (Зволинский, Ларешин, 1996). **Table 1.** Main climatic and weather indices of the study area (Cherny Yar meteostation) (Zvolinskii and Lareshin, 1996).

Наименование показателя	месяцы												год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя многолетняя месячная t (°C)	-9.2	-8.4	-2	8.7	16.7	21.5	24.3	22.8	16.3	8.3	0.3	-5.3	7.8
Средняя многолетняя сумма активных t (°C)	0	0	11	260	518	645	754	706	488	254	29	0	3665
Средняя многолетняя сумма эффективных t выше 10°C	0	0	0	28	208	345	444	396	188	13	0	0	1622
Средняя многолетняя сумма эффективных t выше 5°C	0	0	0	78	363	495	599	551	338	99	0	0	2523
Средняя многолетняя сумма осадков, мм	18	18	18	18	31	26	23	18	23	20	20	20	256
Средняя многолетняя месячная относительная влажность воздуха, %	85	83	78	62	54	50	50	52	57	69	80	84	67
Средний многолетний месячный коэффициент аридности	0	0	0	0.69	0.59	0.4	0.3	0.25	0.47	0.78	0	0	0.49
Средняя многолетняя испаряемость, мм	0	0	0	79	146	199	216	199	130	57	0	0	1029
Средний многолетний коэффициент увлажнения, %	0	0	0	23	21	13	11	9	18	35	0	0	18
Средний максимум температуры воздуха (°C)	-5.6	-4.7	2.3	14.7	22.9	27.5	30.5	29.4	22.9	13.6	4.4	-2.1	13
Абсолютный максимум температуры воздуха (°C)	12	12	21	31	36	39	40	43	37	30	18	11	43
Средний минимум температуры воздуха (°C)	-13	12.2	-6.2	3.3	10.6	15.8	18.2	16.5	10.3	3.5	-2.9	-8.4	3
Абсолютный минимум температуры воздуха (°C)	-38	-36	-29	-13	-4	3	7	4	-4	-10	-29	-36	-38
Средняя суточная амплитуда температур	7.4	7.5	11.4	12.3	11.7	12.3	12.9	12.6	12.6	10.1	7.3	6.3	10
Средняя месячная скорость ветра, м/сек	5.4	4.9	5	4.3	4.3	4	3.6	3	4	4.5	4.6	5.2	4.5

Проблема разделения бурых и светло-каштановых почв на протяжении многих лет вызывает дискуссию. Так, Бессонов (1926) писал, что выделение бурых почв в самостоятельную почвенную зону не обосновано. Н.Н. Болышев (1972) в монографии «Происхождение и свойства почв полупустыни», сравнивая светло-каштановые и бурые полупустынные почвы, говорил о том, что эти почвы имеют много общего. По мнению Н.Н. Болышева, бурые и светло-каштановые почвы близки генетически и формируются под влиянием одних и тех же почвенных процессов.

В комплексе с зональными светло-каштановыми и бурыми аридными почвами выделяются солонцы автоморфные. По классификации 2004 г. они относятся к отделу щелочно-глинисто-дифференцированных почв, к типу солонцов светлых, включающих горизонты AJ, SEL, BSN, BMK, BCA, Cca.

В отличие от светло-каштановых и бурых почв солонцы характеризуются четко дифференцированным профилем, ярко выраженным солонцовым горизонтом, наличием в профиле

почв легкорастворимых солей, которые, как правило, выделяются уже в первом метре (и даже в первом полуметре) почвенного профиля.

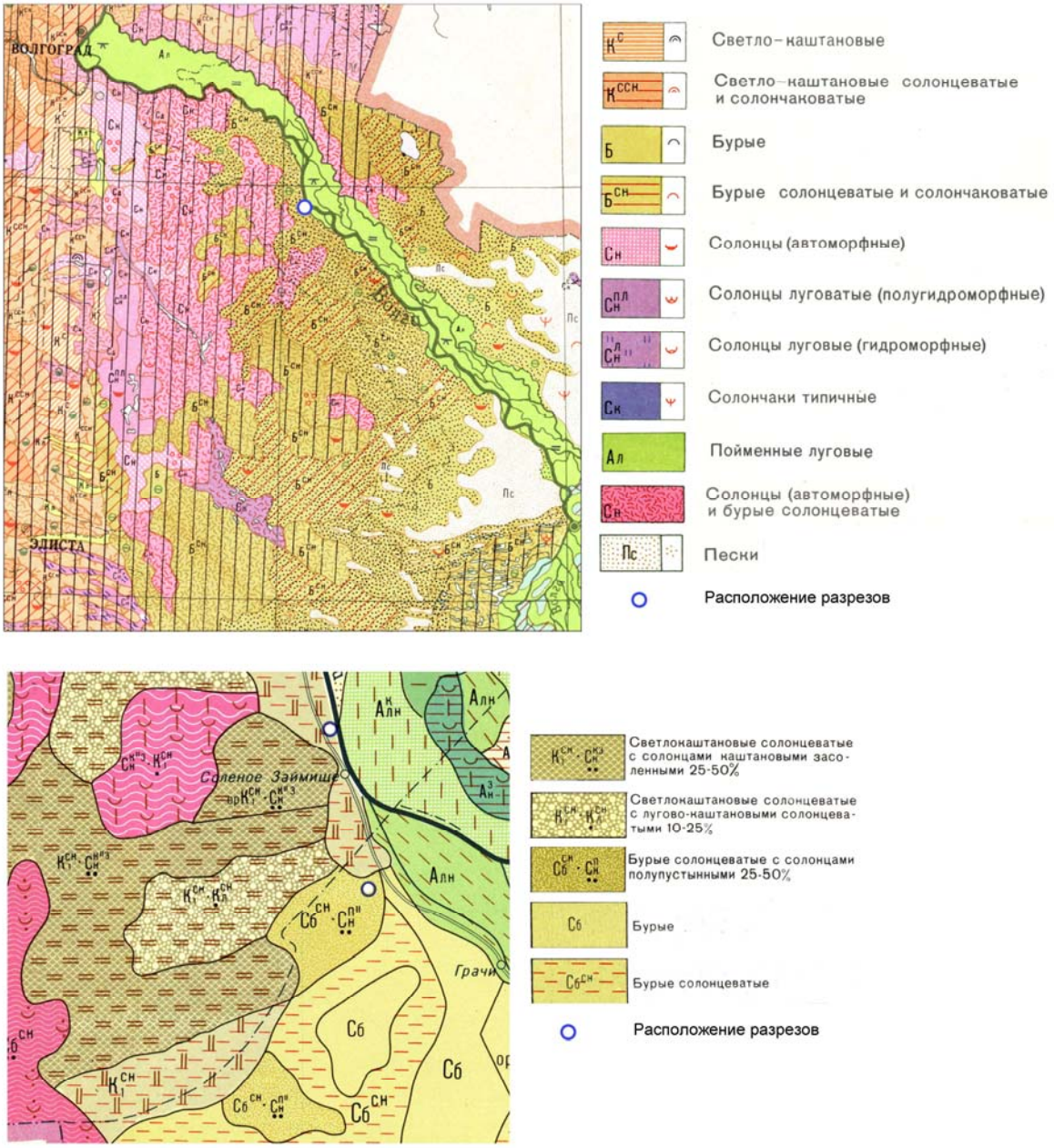


Рис. 3. Фрагменты почвенной карты РСФСР М 1:2500000 (под ред. Фридланда, 1988) (сверху) и (Б) почвенной карты Астраханской области М 1:300000 (1985) (снизу) на район исследования. **Fig. 3.** The fragments of the soil map of the USSR 1:2,500,000 (ed. V.M. Fridland, 1988) (upper) and soil map of Astrakhan oblast 1:300,000 (1985) (lower) for the study area.

Процент участия солонцов в почвенном покрове может сильно варьировать (от 10 до 50%). На правом берегу Волги, в районе контакта светло-каштановых и бурых почв, особенно в районе древнедельтовых протоков на легких породах, процент участия солонцов низкий - 10-25% и ниже (Болышев, 1972, Егоров, Попов, 1976; Хостинцев, 1962).

Наиболее подробно почвенный покров и свойства светло-каштановых почв и солонцов в районе наших исследований были изучены ранее В.П. Зволинским (1991), В.П. Зволинским, В.Г. Ларешиным (1996), Тилухан-Мулешевой (1999), В.В. Горчаковым и Тилухан-Мулешевой (2000), И.Н. Любимовой (2003), Д.И. Люри и др. (2010).

Характеристика почв зоны контакта сухих степей и полупустынь. Разрезы А-1 и А-2 (целинные светло-каштановые почвы) были заложены на выровненном участке, вблизи обрывистого берега Волги, на раннехвалынской равнине, покрытой типчаково-ковыльно-полынной растительностью. Это очень небольшой сохранившийся целинный участок. Растительный покров разреза А-2 представлен *Artemisia lerchiana* (cop2), *Kochia prosrtata* (cop1), *Festuca valesiaca* (sp), *Agropyron desertorum* (sp), *Stipa lessingiana* (sp.-gr.), *Tanacetum achilleifolium* (sp), *Poa bulbosa* (sp), *Allisum desertorum* (sp), ОПП – 65%, задернованность – 50%; злаково (типчак, ковыль, житняк) – прутняково-лерхополынное растительное сообщество.

Разрез А-2 находится в 6 метрах к северу от разреза – обнажения А-1; координаты: 47,93846 с.ш., 46,13045 в.д.; абсолютная отметка около – 5м.

Почва очень слабо вскипает с поверхности до 17 см, далее не вскипает до 30 см, глубже вскипает по всему профилю.

AJ 0-17 см – светло-гумусовый, сухой, желтовато-палевый (10 YR 6/4), слабо задернован, легкого гранулометрического состава (супесь) пылеватая, структура непрочно комковато-пылеватая (порошистая), переход четкий.

$ВКМ_1$ 17-30 - сухой, бурый (10 YR 5/4), плотный, среднесуглинистый, призмовидной структуры, постепенно переходит в более четко выраженный ксерометаморфический горизонт.

$ВКМ_2$ - 30-40 см – сухой, бурый (10 YR 5/4), суглинистый, плотный, призмовидной структуры, единичные пятна карбонатов, переход постепенный.

$САТ_1$ 40-60 см – сухой, палевый с буроватостью (7,5 YR 5/4), с размытыми карбонатными пятнами, суглинистый, текстурно-карбонатный, призмовидно-глыбистый, переход постепенный.

$САТ_2$ 60-85 см – тот же текстурно-карбонатный суглинистый горизонт, но с более четко выраженными карбонатными пятнами, редко белоглазка.

$C1_{Ca,s}$ 85-120 см – свежий, желтовато-палевый (10 YR 6/4), плотный, суглинистый, структура выражена нечетко, единичны прожилки легкорастворимых солей и гипса, проходят корни.

$C2_{Ca,s\ 1Ca,s}$ 120-140 см – свежий, палево-бурый (10 YR 6/4), легкосуглинистый, плотный, мелкокристаллические прожилки солей, переход резкий.

D_1 140-160 см – свежий, палево-бурый (10 YR 7/4), пылеватый песок с включением мелких белых ракушек.

Почва – светло-каштановая (малогумусовая), глубоко солончаковатая.

Подводя итог морфологической характеристики целинной светло-каштановой почвы, подчеркнем, что ряд особенностей этих почв вполне соответствует их типовому описанию, приведенному в Классификации и диагностике почв России (2004).

Изученный нами профиль целинных светло-каштановых почв (р. А-2) характеризуется следующими особенностями: верхний светло-гумусовый горизонт (AJ, 0-17 см) серовато-палевый, сухой, легкого гранулометрического состава (песок пылеватый); ниже расположен морфологически отчетливо выраженный ксерометаморфический горизонт (ВМК) с морфологическими признаками солонцеватости, светло-буроватого цвета, плотный, крупно-призмовидный структуры. Карбонаты в виде белесоватого налета отмечаются в нижней части ксерометаморфического горизонта (ВМК), с 30-32 см единичные пятна карбонатов, а с 40 см выделяется очень плотный текстурно-карбонатный горизонт (САТ) с размытыми пятнами карбонатов; глубже (с 85 см) выделяется горизонт C_{ca} - желтовато-палевого цвета, пылеватый средний суглинок, в виде редких прожилок встречаются соли.

Морфологическая солонцеватость подтверждается дифференциацией почвенного профиля по распределению илистой фракции (<0.001 мм). Легкий гранулометрический состав светло-гумусового горизонта (пылеватый песок и супесь) сменяется пылеватым средним суглинком в ксерометаморфическом горизонте (ВМК). В этом же горизонте содержание илистой фракции в 4 раза превышает содержание ила в верхнем светло-гумусовом горизонте (AJ). Почвообразующая порода представлена средним суглинком, переходящим на глубине 120 см в легкий суглинок, а глубже 140 см – в песок связный.

Аналитическая характеристика каштановых целинных почв приведена в таблицах 2-4: pH суспензии равняется 8.4-8.6, увеличиваясь до 8.8-8.9 в карбонатном горизонте. Содержание гумуса низкое: в верхнем гумусовом горизонте оно достигает 1.42-2%, в ксерометаморфическом горизонте (ВМК) уменьшается до 0.73%.

Среди обменных катионов преобладает кальций, но в ксерометаморфическом горизонте и глубже в 2.5 раза увеличивается содержание обменного магния по сравнению со светлогумусовым горизонтом. Содержание обменного натрия остается низким (<1.1%) по всему профилю. Солонцовый процесс в настоящее время не проявляется (Хитров, 2004).

Карбонаты присутствуют с поверхности (1.4-2.3%), максимальное их содержание (14-16.5%) – отмечается в карбонатном горизонте на глубине 40-80 см. Почвообразующая порода содержит 6,8-9.0% $CaCO_3$ и только в песке – 2.0%. Содержание гипса очень низкое (0.016%), отмечается с глубины 100 см.

Профиль почвы до глубины 85 см не засолен (табл. 4). Слабое засоление сульфатно-хлоридного химизма обнаружено глубже 85 см, то есть в конце первого метра; засоление увеличивается до средней степени на глубине 120-140 см. Таким образом, целинная светло-каштановая почва является глубоко солончаковатой, слабозасоленной сульфатно-хлоридного химизма. В профиле почв морфологически выражена солонцеватость, но данные анализов (табл. 3) свидетельствуют об очень низком содержанием обменного натрия на фоне относительно высокого содержания магния (до 34%).

Целинные бурые аридные почвы полупустынной зоны были изучены нами в 6 км к югу от разр. А-2. Это самая северная часть Южной Сарпинской низменности (рис. 2), осложненной заросшими песчаными буграми и межбугровыми понижениями. На относительно выровненном, слегка пониженном участке был заложен разр. А-10.

Общий облик Южной Сарпинской низменности с бурыми почвами и Северной Сарпинской равнины со светло-каштановыми почвами отличается, прежде всего, по составу и окраске почвообразующих пород. В пределах бурой зоны окраска пород имеет красноватый оттенок.

Растительный покров в районе разреза А-10 представлен *Artemisia lerchiana* (cop1-2), *Tanacetum achillefolium* (cop1-sp), *Festuca valesiaca* (sp-cop1), *Poa bulbosa* (sp), *Stipa capillata*? (sol), *Anizantha tectorum* (sp). ОПП 15%, задернованность 50%, злаково-ромашково-лерхополынное сбитое сообщество.

Разрез А-10. Заложен на равнине с небольшим уклоном на юг. Разрез 10 характеризует целинный участок с зональной бурой аридной почвой. Координаты: 47,88749 с.ш.; 46,12294 в.д. Очень небольшое мезопонижение, поверхность почти ровная. Абс. отм. –3 м. Вскипание от HCl с 38 см (что значительно глубже, чем принято в классификациях почв 1977 и 2004 гг.).

AKL (A^2) 0-15 см. Влажный после дождя, светло-серый, с поверхности пористая корочка, бурый (7,5YR 4/6), легкоглинистый, рыхлый, ниже слоевато-порошистый, много корней, переход резкий по цвету и плотности.

ВМК (В) 15-44 см. Сухой, бурый (5YR 4/6), суглинистый, очень плотный, крупнопризмовидный, встречаются корни, переход резкий по выделению карбонатов.

ВСА (BC_{ca}) 44-80 см. Сухой, палево-буроватый с белесоватым оттенком от карбонатов, глубже 60 см отмечается белоглазка, суглинистый, очень плотный, сухой, ореховатый, переход заметный.

C_{ca} (C_1) 80-130 см. Сухой, палево-буроватый (7.5YR 5/6), легкий суглинок с включением обломков, ракушек, уплотненный, переход по цвету и гранулометрическому составу.

D_{ca} (C_2) 130-160 см. Желтовато-палевый (7.5YR 6/6) пылеватый сухой песок.

Почва: Бурая полупустынная (аридная) легкосуглинистая незасоленная, несолонцеватая.

Содержание гумуса в верхнем горизонте около 2%, то есть примерно такое же, как и в светло-каштановой почве (разр. А-2). Почва незасолена, в верхней части профиля характеризуется слабощелочной, а глубже - щелочной реакцией; pH и общая щелочность повышены в карбонатном горизонте и породе (табл. 2). В составе обменных катионов преобладает кальций, содержание обменного натрия в верхних горизонтах 0.1-1.5% от суммы обменных оснований.

[2] В скобках приведены индексы классификации почв 1977 г.

Таблица 2. Химические свойства (pH, содержание гумуса, карбонатов, гипса) и гранулометрический состав изученных почв. **Table 2.** Chemical properties (pH, content of humus, carbonates and gypsum) and texture of the studied soils.

Разрез	Глубина	Горизонт	pH	Гумус, %	CO2 карб, %	SO4 гипса, %	Гранулометрический состав	
							<0.001	<0.01
Р. А-1. Светло-каштановая малогумусная	0-10	AJ1	8.31	0.97	2	н/д	н/д	н/д
	10-20	AJ2	8.47	0.84	0.8	н/д	н/д	н/д
	20-32	BMK1	8.28	0.92	0.1	н/д	н/д	н/д
	32-42	BMK2	8.27	0.74	7.9	н/д	н/д	н/д
	50-70	CAT	8.88	н/д	17.2	н/д	н/д	н/д
	80-105	Cca,s	8.6	н/д	11.1	н/д	н/д	н/д
	105-125	Cca,s	8.53	н/д	8	н/д	н/д	н/д
	125-135	D1ca,s	8.23	н/д	7.4	0.587	н/д	н/д
	150-160	D2ca,s	8.35	н/д	1.1	0.078	н/д	н/д
	165-180	D2ca,s	8.37	н/д	7.9	0.474	н/д	н/д
	180-200	D2ca,s	8.35	н/д	3.2	0.082	н/д	н/д
Р. А-2. Светло-каштановая малогумусная глубокосолончаковатая	0-10	AJ1	8.53	1.42	2.3	н/д	6.67	10.42
	10-17	AJ2	8.7	1.02	1.4	н/д	6.66	9.57
	20-30	BMK1	8.49	0.73	0.3	н/д	25.24	36.3
	30-40	BMK2	8.42	н/д	3.5	н/д	23.8	35.68
	40-60	CAT	8.8	н/д	14.6	н/д	27.13	43.81
	60-80	CAT	8.91	н/д	16.4	н/д	24.36	44.81
	85-100	Cca,s	8.87	н/д	9.8	н/д	20.64	33.05
	100-115	Cca,s	8.66	н/д	8.9	0.016	23.86	32.93
	120-140	D1ca,s	8.39	н/д	6.8	0.415	19.5	28.73
	140-150	D2ca,s	8.36	н/д	2	0.252	7.46	8.83
Р. 19. Светло-каштановая солончаковатая (Зволинский, Ларешин, 1996)	0-15	A1-A2	н/д	н/д	н/д	н/д	30.11	44.54
	20-30	B1	н/д	н/д	н/д	н/д	38.19	61.32
	45-55	B2	н/д	н/д	н/д	н/д	33.69	52.83
	90-100	C	н/д	н/д	н/д	н/д	22.33	34.72
	120-130	D1	н/д	н/д	н/д	н/д	19.29	28.15
	160-170	D2	н/д	н/д	н/д	н/д	15.73	24.34
	230-240	D3	н/д	н/д	н/д	н/д	1.56	25.32
	250-260	D4	н/д	н/д	н/д	н/д	12.12	18.46
Р. 18. Солонец светло-каштановый высокосолончаковый среднестолбчатый остаточно-натриевый сульфатно-хлоридный (Зволинский, Ларешин, 1996)	0-12	A1-A2	н/д	н/	н/д	н/д	29.4	41.5
	12-28	B1	н/д	н/д	н/д	н/д	39.65	63.53
	35-45	B2	н/д	н/д	н/д	н/д	33.14	55.17
	55-65	B-C	н/д	н/д	н/д	н/д	33.05	52.16
	75-85	C	н/д	н/д	н/д	н/д	34.94	56.7
	112-122	C-D	н/д	н/д	н/д	н/д	23.55	39.88
	130-140	D	н/д	н/д	н/д	н/д	30.3	49.6
	160-170	D	н/д	н/д	н/д	н/д	26.27	51.09
	200-210	D	н/д	н/д	н/д	н/д	18.92	29.56
	230-240	D	н/д	н/д	н/д	н/д	30.01	53.74
	260-270	D	н/д	н/д	н/д	н/д	10.6	25.62
Р. А-8 Солонец светлый мелкий средненатриевый, солончаковый	0-8	AJ	8.13	1.31	н/д	н/д	11.41	21.56
	8-17	BSNs	8.31	1.22	н/д	н/д	37.08	54.42
	17-30	BMKs	8.44	0.96	3.8	н/д	47.75	62.48
	30-40	BCAs	8.46	0.54	9.49	н/д	39.27	56.76
	40-60	BCAs	8.44	0.47	12.28	н/д	31.59	47.7
	80-100	Cca,s	8.22	н/д	8.9	0.714	26.36	41.72
	120-140	Dca,s	8.41	н/д	6.47	0.213	25.88	36.92
	150-160	Dca,s	8.37	н/д	8.7	0.367	27.86	59.34
Р. А-10 Бурая аридная (полупустынная)	0-15	AKL	7.27	1.18	н/д	н/д	13.14	19.75
	20-40	BMK	8.1	0.62	н/д	н/д	19.03	28.07
	45-60	BCA	8.65	0.34	13.39	н/д	24.42	40.44
	60-80	BCA	8.9	0	6.79	н/д	17.48	24.54
	80-100	Cca	9.1	н/д	4.4	н/д	21.47	31.03
	130-150	Dca	8.55	н/д	5	0	8.19	36.4
	150-160	Dca	8.78	н/д	12.85	0	8.16	32.99

Содержание обменного магния достигает 25-40%; до глубины 80 см отсутствуют физико-химические условия развития солонцового процесса (B=0) (Хитров, 2004).

В комплексе с зональными светло-каштановыми и бурыми аридными почвами развиты солонцы, площадь которых на исследуемой территории небольшая (до 10%).

Характеристика солонцов автоморфных, светлых, формирующих почвенный покров сухостепной и полупустынной зон, дана на примере разреза 18 (Зволинский, Ларешин, 1996), расположенного на Северной Сарпинской низменной равнине, и разреза А-8, описанного нами в 200 м на восток от разр. А-10, расположенного в пределах Южной Сарпинской низменности зоны бурых аридных почв.

Разрез А-8. Равнина с небольшим уклоном на юг. Координаты 47,88507 с.ш.; 46,12601 в.д. абсолютная отметка –2м. Вскипание от HCl с 17 см.

Растительный покров представлен *Artemisia pauciflora (*cop1), *Artemisia lerchiana* (sp), *Anabasis aphylla* (sp.gr), *Poa bulbosa* (sp). ОПП – 15%, задернованность – 55-60 %; мятликово-лерхополынно–чернополынное с участием итсегека (*Anabasis aphylla)* растительное сообщество.

AJ (A) 0-8 см. Влажный после дождя, светло-серый с буроватым оттенком (10YR 6/4), легкосуглинистый, чешуйчито-слоеватый переход к нижележащему горизонту резкий.

BSN_s (B_1) 8-17 см. Сухой, буровато-красноватый (5YR 4/4), очень плотный, столбчато-призмовидной структуры, тяжелосуглинистый, корни, переход постепенный.

BMK_s (B_2) 17-30 см. Сухой, светло-буровато-красноватый (5YR 4/6), неоднородно окрашенный, с белесоватым оттенком от пропитывающих горизонт солей, с более темными гумусовыми потеками, плотный, мелкопризматичный, тяжелосуглинистый; соли в виде прожилок, корней мало, переход по плотности и цвету.

BCA_s (BC_K) 30-70 см. Сухой, светло-буроватый (5YR 4/6) с белесоватым налетом от карбонатов, на поверхности структурных отдельностей натек более темного цвета, плотный, ореховатый, пористый, суглинистый, корней нет. Глубже 40 см более светлый, желтовато-буроватый с белесоватым оттенком от карбонатов и солей, суглинистый, ореховатый, переход заметный.

$C_{ca,s}$ (C_1) 70-110 см. Сухой, желтовато-буроватый (7.5YR 4/6), с темными вкраплениями (точками), обильные включения солей, суглинистый.

$D_{ca,s}$ (C_2) 110-160 см. Сухой, желтовато-буроватый (7.5YR 4/6), с темными марганцовыми вкраплениями (точками), обильное включение солей и гипса, особенно по граням в виде прожилок, плотный, тяжелый суглинок.

Почва: солонец светлый суглинистый, мелкий средненатриевый, солончаковый, сульфатно-хлоридный.

Профиль солонца резко дифференцирован. Вскипание от HCl отмечается на границе солонцового и подсолонцового горизонтов. Подсолонцовый горизонт неоднороден по окраске – светло-буроватый с красноватым оттенком и белесоватым налетом от карбонатов, встречаются соли, глинистый, призмовидно-ореховатый. На глубине 30-70 см располагается карбонатный горизонт, желтовато-буроватый с белесоватым налетом от карбонатов, с прожилками солей, ореховатой структуры.

Почвообразующая порода (70-110 см) – желтовато-светло-бурый тяжелый суглинок с темными марганцовистыми вкраплениями и прожилками солей. Подстилающая порода представлена тяжелым суглинком, переходящим на глубине 160 см в средний суглинок.

Распределение физической глины в почвенном профиле типично для солонца (табл. 2). Гранулометрический состав верхнего горизонта легкосуглинистый; солонцовый и подсолонцовые горизонты (8-40 см), тяжелосуглинистые; глубже идет некоторое облегчение гранулометрического состава до среднего суглинка. Содержание гумуса в верхних горизонтах 1.2-1.3%. Засоление почвенного профиля, начиная с солонцового горизонта, сильное, хлоридное, в нижней части профиля сульфатно-хлоридно-натриевое (табл. 4). pH по всему профилю ниже 8.5 (табл. 2) , в том числе в солонцовом и подсолонцовом горизонтах. Таким образом, солонцы по засолению характеризуются как нейтральные.

Для солонца характерно наличие карбонатов (3.8%) уже в подсолонцовом горизонте, ниже содержание карбонатов существенно увеличивается (в карбонатном слое до 10-12%) и остается

довольно высоким в породе (6.5-9%). Гипс обнаруживается только на глубине 80-100 см (0.17%) (табл. 2).

Таблица 3. Состав обменных катионов в изученных почвах. **Table 3.** The content of exchangeable cations in the studied soils.

Разрез*	Глубина	Горизонт	Обменные катионы, смоль(экв)/кг				Сумма	Обменные катионы, % от суммы			
			Ca	Mg	Na	K		Ca	Mg	Na	K
Р. А-1	0-10	AJ1	6.45	0.9	0	0.61	7.96	81	11.3	0	7.7
	10-20	AJ2	11.59	1.8	0	0.63	14.02	82.7	12.8	0	4.5
	20-32	BMK1	15.35	3.96	0.04	0.24	19.59	78.4	20.2	0.2	1.2
	32-42	BMK2	12.6	5.62	0.14	0.15	18.51	68.1	30.4	0.8	0.8
	50-70	CAT	7.35	8.31	1.1	0.19	16.95	43.4	49	6.5	1.1
Р. А-2	0-10	AJ1	6.78	0.6	0	0.34	7.72	87.8	7.8	0	4.4
	10-17	AJ2	5.25	0.61	0.06	0.28	6.2	1	9.8	1	4.5
	20-30	BMK1	14.55	3.84	0.09	0.3	18.78	77.5	20.4	0.5	1.6
	30-40	BMK2	12.2	4.38	0.01	0.23	16.82	72.5	26	0.1	1.4
	40-60	CAT	11.7	6.27	0.18	0.17	18.32	63.9	34.2	1	0.9
Р. 19 (Зволинский, Лареши н, 1996)	0-15	A1-A2	8.74	2.99	0.17	1.15	13.05	67	22.9	1.3	8.8
	20-30	B1	12.63	3.81	0.19	0.46	17.09	73.9	22.3	1.1	2.7
	45-55	B2	10.04	5.18	0.21	0.22	15.65	64.2	33.1	1.3	1.4
	90-100	C	7.45	6.15	0.31	0.26	14.17	52.5	43.4	2.2	1.8
	120-130	D1	6.31	6.8	0.56	0.3	13.97	45.2	48.7	4	2.1
	160-170	D2	5.02	6.15	1.01	0.33	12.51	40.1	49.2	8.1	2.6
	230-240	D3	2.91	5.51	2.87	0.33	11.62	20.3	47.4	24.7	2.8
	250-260	D4	2.91	5.67	3.3	0.29	12.17	21.4	46.6	27.1	2.4
Р. 18 (Зволинский, Лареши н, 1996)	0-12	A1-A2	6.44	2.25	0.52	0.88	10.09	63.8	22.3	5.2	8.7
	12-28	B1	10.02	11.01	1.39	0.29	22.89	44.6	48.1	6.1	1.3
	35-45	B2	4.99	8.85	2.87	0.41	17.12	29.1	51.7	16.8	2.4
	55-65	B-C	4.51	8.69	2.17	0.39	15.76	28.6	55.1	13.8	2.5
	75-85	C	4.35	7.56	2	0.51	14.42	30.2	52.4	13.9	3.5
	112-122	C-D	3.06	3.89	1.36	0.23	8.54	35.8	45.6	15.9	2.7
	130-140	D	3.89	5.51	2.26	0.29	11.95	32.6	46.1	18.9	2.4
	160-170	D	4.37	6.15	2.43	0.35	13.3	32.9	46.2	18.3	2.6
	200-210	D	3.4	5.18	2.7	0.23	11.51	29.5	45	23.5	2
	230-240	D	2.75	6.15	2.26	0.29	11.45	24	53.7	19.7	2.5
	260-270	D	4.05	5.91	2.43	0.32	12.71	31.9	46.5	19.1	2.5
Р. А-8	0-8	AJ	3.81	2.28	0.29	0.63	7.01	54.4	32.5	4.1	9.0
	8-17	BSNs	9.0	8.76	7.48	0.37	25.61	35.1	34.2	29.2	1.4
	17-30	BMKs	8.2	9.32	6.98	0.33	24.83	33.0	37.5	28.1	1.3
	30-40	BCAs	6.35	8.81	4.91	0.54	20.61	30.8	42.7	23.8	2.6
	40-60	BCAs	6.3	7.98	4.0	0.39	18.67	33.7	42.7	21.4	2.1
Р. А-10	0-15	AKL	5.75	2.12	0.03	0.86	8.76	65.6	24.2	0.3	9.8
	20-40	BMK	11.6	3.97	0.01	0.16	15.74	73.7	25.2	0.1	1.0
	45-60	BCA	10.15	3.85	0.22	0.17	14.39	70.5	26.8	1.5	1.2
	60-80	BCA	6.5	4.61	0	0.13	11.24	57.8	41.0	0	1.2

Примечание: * классификационное положение почв приведено в таблице 2. **Note**: * classification position of soils is given in the table 2.

Содержание обменного натрия в солонцовом и подсолонцовом горизонтах достигает 29%; почвы относятся к многонатриевым солонцам.

Согласно критерию, разработанному Н.Б. Хитровым (2004), в настоящее время во всех почвенных горизонтах до 60 см отсутствуют физико-химические условия развития солонцового процесса (B=0). По приведенным показателям, целинный солонец является многонатриевым, светлым, мелким, солончаковым, сильнозасоленным, преимущественно сульфатно-хлоридного химизма.

Таблица 4. Состав водной вытяжки (1:5) в изученных почвах. **Table 4.** The content of water extract (1:5) in the studied soils.

Разрез*	Глубина	Горизонт	CO3	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na	K	Сумма солей, %	Сумма токс., солей, %
			смоль(экв)/кг									
P. A-1	0-10	AJ1	0	0.39	0.10	0.04	0.19	0	0.06	0.09	0.04	0.02
	10-20	AJ2	0	0.31	0.20	0.04	0.06	0.19	0.05	0.05	0.03	0.03
	20-32	BMK1	0	0.27	0.20	0.16	0.19	0.13	0.08	0.01	0.04	0.02
	32-42	BMK2	0	0.23	0.15	1.04	1.00	0.06	0.23	0.01	0.10	0.03
	50-70	CAT	0	0.50	0.20	1.16	0.25	0.38	1.09	0.01	0.13	0.11
	80-105	Cca,s	0	0.36	2.75	2.60	1.94	1.19	2.12	0.03	0.35	0.21
	105-125	Cca,s	0	0.30	1.85	0.92	0.75	0.81	1.72	0.04	0.19	0.14
	125-135	D1ca,s	0	0.25	2.0	15.24	7.06	6.13	2.64	0.07	1.10	0.62
	150-160	D2ca,s	0	0.09	0.40	1.72	1.00	0.38	0.89	0.04	0.15	0.08
	165-180	D2ca,s	0	0.35	1.65	8.76	5.88	1.13	2.75	0.07	0.70	0.30
	180-200	D2ca,s	0	0.25	0.75	1.72	1.19	0.19	1.35	0.04	0.18	0.10
P. A-2	0-10	AJ1	0	0.33	0.10	0	0.06	0.13	0.04	0.04	0.03	0.03
	10-17	AJ2	0	0.22	0.15	0	0.13	0.13	0.04	0.04	0.03	0.02
	20-30	BMK1	0	0.32	0.15	0.04	0.13	0.13	0.07	0.01	0.03	0.02
	30-40	BMK2	0	0.29	0.20	0.04	0.19	0.06	0.08	0.01	0.03	0.01
	40-60	CAT	0	0.61	0.15	0	0.25	0.13	0.14	0.01	0.05	0.03
	60-80	CAT	0	0.56	0.35	0	0.13	0.31	0.45	0.01	0.06	0.05
	85-100	Cca,s	0	0.65	1.20	1.00	0.31	0.81	1.45	0.02	0.18	0.15
	100-115	Cca,s	0	0.50	1.80	2.32	0.69	1.50	2.66	0.04	0.30	0.25
	120-140	D1ca,s	0	0.36	0.80	11.92	5.19	4.25	2.36	0.07	0.83	0.47
	140-150	D2ca,s	0	0.24	0.45	6.11	3.19	1.94	1.04	0.05	0.44	0.22
P. A-8	0-8	AJ	0	0.33	0.15	0.12	0.88	0.31	0.27	0.04	0.06	0.03
	8-17	BSNs	0	0.60	8.15	0.48	1.25	0.31	8.71	0.01	0.58	0.50
	17-30	BMKs	0	0.56	9.20	1.24	1.94	0.19	10.29	0.01	0.70	0.57
	30-40	BCAs	0	0.43	9.75	2.04	2.50	0.63	9.67	0.01	0.75	0.58
	40-60	BCAs	0	0.41	6.85	2.68	4.00	1.00	7.81	0.02	0.67	0.45
	80-100	Cca,s	0	0.24	2.70	5.12	2.00	0.50	4.81	0.04	0.51	0.37
	120-140	Dca,s	0	0.38	4.35	3.16	0.44	0.50	6.34	0.03	0.49	0.46
	150-160	Dca,s	0	0.37	4.05	2.40	0.25	0.13	5.50	0.02	0.42	0.40
P. A-10	0-15	AKL	0	0.37	0.05	0.32	0.25	0.06	0.06	0.09	0.05	0.03
	20-40	BMK	0	0.11	0.20	0.04	0.25	0.13	0.11	0.01	0.03	0.02
	45-60	BCA	0	0.39	0.30	0.12	0.19	0.31	0.36	0.01	0.06	0.04
	60-80	BCA	0	0.60	0.05	0.04	0.13	0.13	0.18	0.01	0.05	0.04
	80-100	Cca	0	0.62	0.05	0.04	0.25	0.06	0.31	0.01	0.05	0.03
	130-150	Dca	0	0.52	0.35	0.48	0.31	0.25	0.66	0.02	0.09	0.06
	150-160	Dca	0	0.49	0.30	0.12	0.31	0	0.40	0.02	0.06	0.03

Примечание: * Классификационное положение почвы приведено в таблице 2. **Note**: * Classification position of soils is given in table 2.

Сопоставление данных анализов солонцов светлых каштановой зоны (разр. 18, Зволинский, Ларешин, 1996) и бурой полупустынной зоны (разр. А-8) позволило констатировать следующее. Солонцы характеризуются близким гранулометрическим составом. Солонцовый горизонт выделяется с глубины 8-12 см, имеет глинистый состав. Верхний надсолонцовый горизонт в каштановом солонце представлен средним суглинком, а в буром солонце характеризуется легкосуглинистым составом. Обменный натрий достигает 28-29% от суммы обменных оснований в солонце бурой зоны и всего 6% в солонце каштановой зоны, повышаясь до 18% в подсолонцовом горизонте. Профиль солонцов засолен, но при этом, согласно расчетам (Хитров, 2004), солонцовый процесс в настоящее время в солонцах не проявляется. Этим объясняется, по-видимому, и относительно невысокое значение pH. Солонцы относятся к категории нейтральнозасоленных.

Из-за недостаточного количества материалов мы не смогли выявить каких-либо принципиальных отличий в солонцах бурой аридной зоны и светло-каштановой подзоны. Очевидно, что солонцы изученной территории достаточно близки по своим свойствам.

Заключение

Район исследований расположен на правобережье Волги в зоне контакта Северной Сарпинской низменной равнины и Южной Сарпинской низменности (Доскач, 1979) на широте около 48°с.ш. на границе южных (опустыненных) степей и северных пустынь Прикаспийской низменности (Сафронова, 2003).

Северная Сарпинская низменная равнина сложена преимущественно ранне- и среднехвалынскими тяжелыми суглинками, локально перекрытыми аллювиально-дельтовыми супесчаными отложениями пра-Волги (Егоров, Попов, 1976). На территории Северной Сарпинской низменной равнины господствуют светло-каштановые суглинистые почвы в комплексе с солонцами. В пределах Южной Сарпинской низменности господствуют легкие позднехвалынские отложения, на которых формируются бурые аридные почвы.

С нашей точки зрения, различия гранулометрического состава, в первую очередь, и определяют различие свойств светло-каштановых и бурых аридных почв. При формировании светло-каштановых почв на легких отложениях (что наблюдается в районе наших исследований около пос. Соленое Займище Астраханской области) различия между светло-каштановыми и бурыми аридными почвами нивелируются. Характерный для типа бурых аридных почв горизонт AKL, состоящий из пузырчатой корки и слоеватой подкорки, на легких породах плохо выражен. В этом случае, при картировании почв рекомендуется границу проводить с учетом растительного покрова (Классификация …, 1977). Однако сложность проведения границ между светло-каштановыми и бурыми аридными почвами усугубляется тем фактом, что район наших исследований приурочен к экотонной (переходной) зоне. Согласно данным геоботаников (Сафронова, 2003), в зависимости от увлажненности года и антропогенной нагрузки граница геоботанических зон (в экотонной зоне) может несколько смещаться. Именно этим, по-видимому, можно объяснить тот факт, что на разных почвенных картах в районе наших работ указано распространение то бурых аридных, то светло-каштановых почв.

Надеемся, что результаты метагеномных исследований дадут более определенный ответ на вопрос о различиях и сходстве изученных нами почв.

Считаем, что диагностика каштановых (светло-каштановых) и бурых аридных почв, приведенная в классификации почв 2004 г. требует уточнения.

Что касается солонцов, то, согласно классификации почв 2004 г., в пределах сухостепной и полупустынной зон выделен один тип автоморфных солонцов – солонцы светлые. Это соответствует и полученным нами данным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агроклиматический справочник Астраханской области. 1961. Л.: Гидрометеоиздат. 127 с.

Бананова В.А. 1997. Динамика хозяйственного использования природно-территориальных комплексов семиаридной зоны юго-востока европейской России // Аридные экосистемы. Т. 3. № 5. С. 67-74.

Безсонов А.И. 1926. О бурой зоне и бурых почвах // Почвоведение. № 2. С. 25-45.

Большев Н.Н. 1972. Происхождение и свойства почв полупустынь. М.: Изд-во Моск. ун-та. 195 с.

Воробьева Л.А. 2006. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС. 400 с.

Горчаков В.В., Тилухан Мулешева. 2000. Изменение состава легкорастворимых солей в светло-каштановых почвах Северного Прикаспия при их использовании в земледелии // Проблемы рационального природопользования природных зон Евразии. М.: Изд-во Моск. ун-та. С. 63-68.

Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской пустыни М.: Наука. 141 с.

Егоров В.В., Попов А.Ф. 1976. Природно-мелиоративное районирование Северного Кавказа и нижнего Поволжья // Почвоведение. № 1. С. 101-113.

Зволинский В.П. 1991. Комплексное развитие многоотраслевого сельскохозяйственного производства в системе АПК нижней Волги. М.: Изд-во Российского ун-та Дружбы народов. С. 13-45.

Зволинский В.П., Ларешин В.Г. 1996. Почвы солонцовых комплексов Северного Прикаспия. М.: Изд-во Российского ун-та Дружбы народов. 429 с.

Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М.: Колос. 223. с.

Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: Ойкумена. 235 с.

Любимова И.Н. 2003. Агрогеннопреобразованные почвы солонцовых комплексов сухостепной и полупустынной зон: автореферат дис. … д.с.-х.н. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 48 с.

Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. 2010. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС. 416 с.

Национальный атлас почв Российской Федерации. 2011. Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Астрель. 632 с.

Почвенная карта Астраханской области М: 1:300 000. 1985. Винница: Винницкая картографическая фабрика ГУГК СССР.

Почвенная карта РСФСР М 1:2500000 (под ред. В.М. Фридланда). 1988. М.: ГУГК. 16 л.

Сафронова И.Н. 2006. Можно ли подзону опустыненных степей называть экотоном? // Аридные экосистемы. Т. 12. № 30-31. С. 20-27.

Сафронова И.Н. 2003. Некоторые проблемы установления границы между степной и пустынной зонами Прикаспийской низменности // Мат-лы 3 междунар. симп. «Степи северной Евразии». УО РАН. Оренбург: ИПК Газпромпечать, С. 447-449.

Тилухан Мулешева. 1999. Некоторые характеристики антропогенных изменений почв солонцового комплекса Северного Прикаспия. Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Москва. 14 с.

Физико-географические районы Нижнего Поволжья. 1961. Саратов: Издательство Саратовского университета. 156 с.

Хитров Н.Б. 2004. Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. № 1. С. 18-31.

Хостинцев А.Р. 1962. К характеристике почвенного комплекса северных полупустынных районов Западного Прикаспия // Докл. ТСХА. Вып. 7. С. 121-129.

THE SOILS AT THE BOUNDARY BETWEEN THE ZONES OF LIGHT CHESTNUT AND BROWN ARID SOILS IN THE SOUTH OF RUSSIA

Ye.I. Pankova*, A.F. Novikova*, M.V. Konyushkova*,, M.B. Shadrina***, V.I. Mukhortov******

**V.V. Dokuchaev Soil Science Institute*
***Eurasian Center for Food Security of M.V. Lomonosov Moscow State University*
****Institute of Water Problems RAS*
*****Caspian Research Institute of Arid Agriculture*

Abstract. The properties of the virgin light chestnut and brown arid soils located at the boundary between dry steppes and semideserts in the Astrakhan oblast at the right bank of the Volga river near the settlement of Solenoe Zaimishche (about 48 N) were studied. According to the climatic zoning (1961), the study area belongs to the region with hot dry climate (hydrothermal index is 0.3-0.4). According to the geobotanical data (Safronova, 2003), this area lies at the boundary between dry steppes and deserts (semideserts). This area also lies at the boundary between geomorphological regions of the Caspian Lowland, namely, North Sarpa plain and South Sarpa lowland (Doskach, 1979). The analysis of soil data has shown that the studied area lies within different soil zones: the subzone of light chestnut soils and the zone of brown arid soils. Our data on soil description and chemical analyses show that the properties of light chestnut and brown arid soils are very close at the zone of their contact. The difference and similarity of these soils are mainly determined by parent material: in the north, it is represented by the Early Khvalyn heavy and medium loams; in the south, it is represented by Late Khvalyn light loams and loamy sands. In the south of Russia, light automorphic solonetzes are often found, the formation of which is related to the outcrops of saline material. In the whole, the difference between light chestnut and brown arid soil is not pronounced at the studied area.
Key words: semidesert soil, light chestnut soil, brown semidesert soil, soil genesis.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 94-101

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК.581.9:575.4

КОРМОВЫЕ РАСТЕНИЯ ПУСТЫНИ КЫЗЫЛКУМ

©2014 г. Х.Ф. Шомуродов, Ф.О.Хасанов

Институт генофонда растительного и животного мира Академии наук Республики Узбекистан. Узбекистан, 100125 г. Ташкент, ул. Боги-шамол, д.232-Б. E-mail: h.shomurodov@mail.ru

Поступила 03.10.2013

Статья посвящена анализу пастбищной флоры пустыни Кызылкум. Проанализировано распределение кормовых растений по биотопам, биоморфам и поедаемости. Проведен ареологический анализ пастбищной флоры Кызылкума, который характеризуется древнесредиземноморским генезисом и имеет генетические связи с иранскими, кавказскими, северо-среднеазиатскими и кажгаро-синьцзянскими флорами.

Ключевые слова: Кызылкум, пастбищная флора, поедаемость, биотопы, биоморфы, ареалы.

Пустыня Кызылкум расположена в междуречье двух крупнейших среднеазиатских рек Амударьи и Сырдарьи на площади более 300 000 кв.км. Восточные ее границы проходят по низкогорным хребтам Писталитау, Нуратау и Актау, простираясь до песков Сундукли на юго-востоке. Амударья является естественной границей на юге, западе и северо-западе, разграничивающей Кызылкум от Каракума. На северо-западе современная территория Кызылкума увеличилась примерно на 4 млн. га за счет усыхания Аральского моря. Причем эта территория представлена, главным образом, мощными солончаками и маршевыми песками и, реже по повышениям, бугристыми песками, которые также характерны и для всего северо-западного Кызылкума. По ботанико-географическому районированию Е.И. Рачковская и др. (2003) основную часть Кызылкума относит к южнотуранской провинции. При этом ее небольшая территория с севера (юго-восточная часть Аральского моря) и юго-востока отнесены к северотуранской и горносредне-азиатской провинции, соответственно.

В Кызылкуме суммарная солнечная радиация достигает 140-160 ккал/см^2 в год, а радиационный баланс – до 50-60 (местами до 70) ккал/см^2 в год. Продолжительность солнечного сияния высокая - 2500-3000 часов за год. Сумма температур выше 10^{0}С составляет 4000-5000^0 и выше. Среднегодовая температура около 16^{0}С, средняя температура января составляет 0-10^{0}С. Длительность вегетационного периода 240-260 дней (Рачковская, 2003). Основная часть атмосферных осадков выпадает в зимне-весенний и, отчасти, осенний период (максимум наблюдается с декабря по апрель). Годовое количество осадков составляет 70-125 мм. Летом осадков практически не наблюдается. На южной части Кызылкума снежный покров отсутствует. Как утверждает Е.И. Рачковская (2003), возвышенные аридно-денудационные пластовые равнины с покровом эоловых песков Кызылкума сложены меловыми, палеогеновыми, неогеновыми песчаниками, глинами и мергелями.

Кызылкум в развитии экономики Узбекистана имеет большое значение. Помимо ряда полезных ископаемых она является основной кормовой базой для каракулеводства и верблюдоводства. Изучение кормовых ресурсов Кызылкума, как основу кормовой базы пастбищного животноводства в республике, осуществлялось по двум направлениям: учёт доминантных кормовых видов и естественных запасов кормов в сообществах, а также разработка научных основ повышения продуктивности.

В данной работе приводится анализ кормовых растений Кызылкума с точки зрения поедаемости, распределения по биотопам и биоморфам, а также ареологии.

Объекты и методика исследований

Список кормовых растений составлен на основе существующих литературных данных и материалов, собранных в ходе экспедиций, организованных в 1997-2012 годы. При выявлении распределения кормовых растений по биотопам было использовано Определитель растений Средней Азии (1968-1993) и гербарные материалы, хранившиеся в Центральном гербарии Института генофонда растительного и животного мира АН РУз. При распределении кормовых растений по

поедаемости были использованы работы И.В. Ларина и др.(1950-1956). При выявлении биоморфы растений использовали классификацию В.В. Никитина (1965). Для ареалогического анализа пастбищной флоры Кызылкума за основу были приняты принципы Р.В. Камелина (1973).

Обсуждение результатов

Согласно предварительным расчетам флора Кызылкума исчисляется примерно 1050 видами (Хасанов и др. 2011). По нашим подсчетам, кормовая флора Кызылкума состоит из не менее чем 908 видов, относящихся к 345 родам и 68 семействам. Ведущее положение в спектре кормовой флоры Кызылкума занимают семейства Chenopodiaceae (148 видов), Asteraceae (112), Poaceae (106), Fabaceae (67), Brassicaceae (67), Polygonaceae (59), Boraginaceae (37), Caryophyllaceae (33), Lamiaceae (24) и Apiaceae (21). Спектр ведущих родов возглавляют: Astragalus (40 видов), Calligonum (34), Salsola (29), Artemisia (19), Cousinia (16), Climacoptera (15), Suaeda (15), Polygonum (15), Atriplex (12) и Allium, Ferula, Halimocnemis и Convolvulus (по 10).

В различных литературных источниках для 860 видов, встречающихся в Кызылкумах приведена кормовая характеристика разной детализации. По нашим подсчетам из 908 видов ценными, охотно поедаемыми являются 18.9% (172 вида), удовлетворительно поедаемыми – 50.1% (455 вида), плохо поедаемыми – 21.5% (196 видов). Всего лишь для 47 видов данные по поедаемости отсутствуют, 38 видов являются ядовитыми и почти не поедаются животными. Анализ распределения охотно поедаемых видов по семействам почти аналогичен таковому (спектр ведущих семейств и родов) всей кормовой флоры Кызылкума, но процентное соотношение охотно поедаемых видов внутри семейств, здесь совершенно другое. Например, в семействе Liliaceae охотно поедаемые виды составляют 60% от общего числа видов семейства. Вторую и третью позицию занимают виды семейств Brassicaceae (37%) и Poaceae (28%). В семействе Brassicaceae высокий процент охотно поедаемых видов можно объяснить видовым разнообразием родов Strigosella и Lepidium, виды которых являются мягко стебельными, охотно поедаемыми. Виды родов Stipa, Eremopyrum, Crypsis способствуют повышению этого показателя у злаков.

Анализ распределения кормовых растений по биотопам показывает высокое видовое разнообразие останцовых низкогорий (табл.). На территории Кызылкума (в пределах Узбекистана) расположены изолированные друг от друга возвышенности, вытянутые в широком направлении. Наиболее высокие из них – Тамдытау (922 м.), Кульджуктау (785 м.) и Букантау (764 м.), Аристантау (698 м), Аминзатау (639 м), Султанувастау (473 м). Сложены они сильно дислоцированными осадочными породами палеозойского возраста и интрузиями магматических пород. Осадочные породы представлены сланцами, известняками и песчаниками. Магматические породы сложены гранитами, гранодиоритами, габродиоритами и др. Годовое количество осадков не превышает 125 мм, а в сухие по осадкам годы едва достигает 80 мм. Почва на останцах в основном серо-бурые (в отдельных участках гор имеются светлые сероземы), в отличие от почв равнин маломощные, эродированные, большей частью скелетные (Закиров, 1971; Хасанов и др., 2011). Последнее позволило развитию здесь некоторых горных флористических элементов, связанных с флорами Тянь-Шаня и Памироалая. Флора самого восточного останцового хребта Кульджуктау до сих пор содержит многочисленные горносреднеазиатские элементы, такие как *Anemone petiolulosa* Juz., *Shibateranthis longistipitata* (Regel) Nakai, *Ranunculus sewerzowii* Regel, *Thalictrum isopyroides* C. A. Mey., *Lepyrodiclis holosteoides* (C. A. Mey.) Fisch. et C. A. Mey., *Amygdalus spinosissima* Bunge и некоторые другие. На хребте Кокчатау наряду с единственным видом юноны, а точнее *Iris hippolyti* (Vved.) Kamelin здесь были найдены чисто горные виды *Gagea taschkentica* Levichev, *Gentiana olivieri* Griseb. и *Tulipa korolkowii* Regel. Таких таксонов с генезисом горной флоры в останцовых низкогорьях насчитывается не менее 40 видов и все они в настоящее время произрастают в исключительно малых количествах, в крайних случаях они образуют, в основном, петрофитные микрогруппировки. Единственным исключением можно считать фрагментарные лужайки из эфемероидов в приводораздельных частях северного макросклона Кульджуктау и Кокчатау. Что касается большинства горных элементов на останцах, то эти виды, как правило, растут в трещинах скалистых пород посреди псаммофитных кустарниковых и полукустарничковых сообществ.

П.К. Закиров (1971) оценивал флору останцовых низкогорий в 570 видов, объединенных 263 родами и 48 семействами или 55% всех видов Кызылкума. По нашим подсчетам, здесь произрастает

не менее 514 кормовых видов или 90.1% флоры останцов и 48.9% флоры всего Кызылкума. Из них 149 видов произрастает только на останцах.

Таблица. Распределение кормовых растений Кызылкума по группам биотопов, биоморф и поедаемости. **Table.** Fodder plants of Kyzylkum deseret.

Биотопы	Количество видов	Спектр ведущих семейств	Жизненная форма			Распределение по поедаемости			
			Древесно - кустарниковая	Многолетники	Одно-двулетники	Охотно	Удовлетво-рительно	Плохо	Ядовитые
Останцовые низкогорья	514	Asteraceae (75 вид), Brassicaceae (56), Fabaceae (50), Chenopodiaceae (43), Poaceae (40).	73	189	254	110	223	138	37
Песчаная пустыня	489	Chenopodiaceae (71), Asteraceae (64), Poaceae (49), Brassicaceae (44), Polygonaceae (41)	114	131	245	107	234	101	39
Гипсовая пустыня	305	Chenopodiaceae (78), Poaceae (42), Asteraceae (28), Brassicaceae (26), Polygonaceae (23)	54	65	177	71	146	62	20
Солончаковая пустыня	268	Chenopodiaceae(104), Poaceae (38), Asteraceae (24), Brassicaceae (15), Polyganaceae (12)	50	59	159	59	154	38	13
Тугаи	166	Poaceae (43), Chenopodiaceae (14), Polygonaceae (14), Cyperaceae (12), Asteraceae (11)	17	77	68	28	93	30	13

По П.К. Закирову (1971) спектр ведущих семейств флоры останцовых низкогорий возглавляет Asteraceae (77 видов), Chenopodiaceae (60), Brassicaceae (56), Fabaceae (48) и Poaceae (41). По нашим подсчетам основу кормовых угодий низкогорий также составляют представители этих же семейств: Asteraceae (75 видов), Brassicaceae (56), Fabaceae (50), Chenopodiaceae (43) и Poaceae (40). Останцы по сравнению с другими экотопами Кызылкума более богаты не только по количеству кормовых растений, но и по обилию охотно поедаемых видов. Северные склоны низкогорий особенно богаты эфемерами и эфемероидами, которые являются излюбленными кормами сельскохозяйственных животных. В целом 110 видов, произрастающих в останцовых низкогорьях, охотно поедаются сельскохозяйственными животными (21.4% от всех кормовых растений останцов). Удовлетворительно поедаемых насчитывается 219, плохо поедаемых 136 видов, а ещё 36 видов являются ядовитыми.

Из 514 видов кормовых растений приуроченных к останцовым низкогорьям 235 видов или же 45.5% принадлежат к однолетним растениям. Многолетники здесь представлены 189 видами (36.6%), а доля древесно-кустарниковых растений невелика – 14.1%. Преобладание травянистых растений свидетельствует о высоком кормовом балансе останцов в весенний и летний период.

Второе место по обилию кормовых растений занимают песчаные пустыни Кызылкума. По данным Р.Д. Мельниковой (1973) площадь, занятая псаммофильным типом растительности в Узбекистане составляет 9119.9 тысяч гектаров, или 27% площади равниной части республики (не включая новообразовавшиеся песчаные массивы на осушенном дне Аральского моря). Из них более 7 млн. гектаров падают на долю песчаных массивов Кызылкума. Как отмечает Р.Д. Мельникова (1973), «подавляющая часть песчаных пустынь Азии – древнеаллювинальные равнины, подвергшиеся эоловой переработке». Наиболее распространенные эоловые форма рельефа Кызылкума – барханы и барханные цепи, бугристые, грядовые и котловинные пески, песчаные равнины. Песчаные пустыни от других экологических типов пустынь отличаются благоприятным водным режимом, обусловленной незначительной капиллярностью и влагоемкостью, что ведет к легкому проникновению в глубь толщи песка атмосферных осадков. Водопроницаемость песков составляет 180 мм/час. На вершине и верхних частях гряд и бугров преобладают частицы размером 0.25-0.05, которые составляют 60-90% от состава всех фракций. Глинистых частиц (0.01 мм) не более 3.0%. По склонам гряд и бугров формируются рыхлопесчанные пустынные почвы. В связи с меньшей подвижностью здесь возрастает количество глинистых и пылеватых частиц – 3.0-13.0%, а в понижениях до 24%. Содержание гумуса на межбарханных понижениях достигает 0.5-1.0%.

По данным Р.Д. Мельниковой (1973) в песчаных пустынях Узбекистана произрастают около 320 видов сосудистых растений, относящихся к 134 родам и 31 семейству, из которых 174 вида являются настоящими псаммофитами. Позднее М. Матвафаева (2012) для песчаных пустынь Узбекистана приводит 508 видов цветковых растений, относящихся к 204 родам и 47 семейству. При этом она отмечает, что подавляющее большинство видов составляют ксерофиты (28.7%), за ними следуют ксеропсаммофиты (25.7%), мезоксерофиты (25.3%), мезофиты (10.4%), ксеромезофиты (6.1%) и эвксерофиты (3.5%). По нашим подсчетам на песках Кызылкума произрастают 489 видов кормовых растений, из которых настоящими псаммофитами являются 76 видов, что составляет около 15.5% от всех кормовых растений, встречающихся на песках. Спектр ведущих семейств кормовых растений песчаных пустынь Кызылкума выглядит следующим образом: Chenopodiaceae (67 видов), Asteraceae (64), Poaceae (49), Brassicaceae (44) и Polygonaceae (41). Особенно следует отметить роль маревых во флоре песчаных пастбищ Кызылкума. Здесь произрастают 20 охотно, 40 удовлетворительно, 6 плохо поедаемых видов и всего лишь 1 ядовитый вид этого семейства. Повышение качества пастбищ Кызылкумских песчаников, несомненно, зависит от доли участия таких ценных кормовых растений, как *Halothamnus iliensis, H. subaphylla*, видов рода Haloxylon, большинства видов рода Salsola, *Krascheninnikovia ceratoides, K. ewersmanniana, Kochia prostrata*. Создавая основу травостоя псаммофильной растительности Кызылкума, они являются почти круглогодичным излюбленным кормом всех животных. При этом нельзя не упомянуть большое значение представителей семейства Asteraceae, Poaceae и Brassicaceae с высокопитательными полукустарниками и мягко стебельчатыми травянистыми растениями. Среди них выделяются виды родов Artemisia, Cirsium, Cousinia, Tragopogon, Eremopyrum, Stipagrostis, Stipa, Anisantha, Goldbachia, Hymenolobus, Isatis, Lepidium и Strigosella. Особенно следует отметить высокое кормовое значение видов рода Strigosella. Из 9 видов этого рода, произрастающих в Кызылкумах, 8 являются охотно поедаемыми. В целом, на песчаных пастбищах Кызылкума охотно поедаемых видов насчитывается 107 (21.9%), удовлетворительно поедаемых 234, плохо поедаемых 101 видов и 39 видов содержат ядовитые вещества. Как в останцовых возвышенностях, так и здесь преобладают однолетники – 230 видов (46.9%) и многолетники -131 вид (26.7%). Наличие 5 видов древесных растений *(Haloxylon aphyllum, H. persicum, Salsola richterii, S. paletzkiana, Ulmus pumila*) обогатило спектр жизненных форм песчаных пустынь. В целом 114 видов древесно-кустарниковых растений, урожайность которых более стабильна и не зависима от количества атмосферных осадков, свидетельствуют о высоком кормовом потенциале песчаных пустынь.

По данным И.Ф. Момотова (1973) на территории Узбекистана гипсовые пустыни занимают более 15 млн. га., и они в пределах Кызылкума различаются по особенностям почвенного и растительного покрова. Здесь автор выделяет 2 типа гипсовых пустынь: щебнисто-песчаная и щебнисто-глинистая

гипсовая пустыня на пролювиальных шлейфах и останцовых низкогорьях. Почвы серо-бурые, в разной степени засоленные, солонцеватые и несолонцеватые. На таких местообитаниях широко распространены такие ценные кормовые растения, как *Artemisia turanica, A.diffusa, Salsola orientalis, S. arbuscula, Astragalus villosissimus, Convolvulus hamadae, Calligonum junceum*. Следующая-галечниково-глинистая и суглинистая гипсовая пустыня на древнеаллювиальных и древнедельтовых отложениях Зарафшана, эдификаторами где выступают, кроме вышеприведенных видов, также *Salsola gemascens* и *Nanophyton erinaceum*. Серо-бурые почвы Кызылкума характеризуются малым содержанием гумуса – 0.2-0.6%. Слои кристаллического гипса в гипсоносных почвах Кызылкума залегают с глубины 25-60 см. Содержание гипса варьирует от сотых долей до 8-30 (70)%.

Флору гипсовой пустыни Е.П. Коровин (1961) считал весьма оригинальной и справедливо отмечал, что она богата эндемичными видами, принадлежащими как к реликтам, так и к новейшим образованиям. По нашим подсчетам кормовая флора гипсовой пустыни Кызылкума насчитывает 305 видов. Ведущее положение по числу видов занимают следующие семейства: Chenopodiaceae (78 видов), Poaceae (42), Asteraceae (28), Brassicaceae (26), Polygonaceae (23), Fabaceae (17), Caryophyllaceae (15), Apiaceae (6), Zygophyllaceae (6), Boraginaceae (5). Е.П. Коровин (1961) отмечает, что доминирующей ландшафтной формой в растительном покрове гипсовой пустыни Средней Азии является полукустарник. По его определению эта форма наиболее устойчива к пустынным условиям. Анализ жизненных форм кормовых растений гипсовой пустыни показывает, что, несмотря на ландшафтообразующий характер полукустарников, здесь по количеству видов преобладают однолетники – 170 видов, далее идут многолетники – 65 видов, из них 54 вида являются полукустарниками и кустарниками, а древесных видов всего 2. Такое обилие однолетников, прежде всего, связано с интенсивным использованием пастбищ. Большинство населенных пунктов и колодцев расположено в гипсовой пустыне, что способствует содержанию большего количества скота. Здесь сосредоточено 43% охотно поедаемых и 34% удовлетворительно поедаемых видов всего Кызылкума. Количество плохо поедаемых растений насчитывает 62 вида, а ядовитых 20.

В Кызылкуме наибольшее разнообразие галофильной растительности сосредоточено в солончаковых и озерных впадинах. Солончаки формируются за счет близко расположенных грунтовых вод. По данным Н.И. Акжигитовой (1982), вся равнинная часть Узбекистана относится к области распространения засоленных почв. На эту часть Узбекистана, относящуюся к пустынной зоне, приходится почти три четверти республики. Как отмечает автор, источником засоления могут служить как засоленные материнские породы, так и минерализованные грунтовые воды. В Кызылкумах наиболее широко распространены засоленные почвы и солончаки, развитые под влиянием грунтовых вод. Почвы отдельных участков Юго-Западного Кызылкума характеризуются довольно высоким содержанием сухого остатка на поверхности 0-10 см. Местами наблюдается рассоление верхнего слоя почвы за счет атмосферных осадков. Состав солей на поверхности почвы по отношению к сумме имеет следующие показатели: $CaSO_4$ – 15.54%, $NaSO_4$ – 38.46%, $MgSO_4$ – 1.88%, NaCl – 42.81%, $NaCO_3$ – 0.15%, то есть, много сульфатов на фоне высокого содержания хлористого натрия (Юсупова и др., 2008).

В Кызылкумах галофильная растительность встречается как сплошными массивами в долинах рек, так и отдельными пятнами среди мало засоленных почв. Водно-солевой режим почв является главным фактором, определяющим распространение галофитов. Эта группа растений активно реагирует на изменения степени засоленности почв. Различны их требования и к условиям увлажнения. Такая чуткая реакция многих галофитов к вышеприведенным факторам определяет их распределение в природе в известной последовательности в зависимости от степени засоления и увлажнения субстрата (Акжигитова, 1982).

В целом, на засоленных почвах Кызылкума, по нашим подсчетам, произрастают 268 видов кормовых растений. Из них 104 вида являются представителями сем. Chenopodiaceae. Второе место по обилию видов в растительном покрове засоленных земель занимает Poaceae (38), и далее – Asteraceae (24), Brassicaceae (15) и Polyganaceae (12). Из вышеупомянутых 268 видов, 41 являются настоящими галофитами (около 15.2%). Особо следует подчеркнуть роль маревых, которые составляют 75.6% настоящих галофитов (31 видов), что в целом подтверждает данные Н.И. Агжигитовой (1982) о господствующей роли маревых на засоленных местообитаниях Средней Азии. По ее данным из 44 родов этого семейства представители 36 родов связаны с засоленными местообитаниями. На засоленных почвах Кызылкума не отмечено ни одного представителя таких

крупных семейств как Boraginaceae, Lamiaceae и Apiaceae. Из всех кормовых растений засоленных земель Кызылкума 79,4% составляют удовлетворительно (154 видов) и охотно (59 видов) поедаемые виды, что говорит о высоком кормовом потенциале данного типа местообитания. Наряду с хорошо поедаемыми видами, здесь отмечено 38 плохо поедаемых и 13 видов ядовитых растений. Анализ распределения кормовых растений засоленных местообитаний по жизненным формам показывает и здесь господствующую роль однолетников, которые составляют около 57.4% от всей кормовой флоры солончаков. Второе положение занимают многолетники с 59 видами (22%), третье кустарники с 17 видами (6.3%). Остальные жизненные формы представлены 2-15 видами.

В настоящее время, более или менее значительные массивы тугаев в Кызылкуме сохранились в долине Амударьи, Сырдарьи и Зарафшана. Именно поймы пустынных рек являются местом выпаса большого поголовья скота. В отличие от прочих типов пустынных пастбищ, здесь животные находят зеленый корм в течение 8-9 месяцев в году. Наиболее полные материалы по флоре тугайной растительности приведены в работе З.А. Майлун (1973). Согласно ее данным, здесь доминируют представители семейств Poaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Fabaceae и Tamaricaceae. Преобладание злаков свойственно растительности пойм, также как господство маревых на засоленных почвах. Анализ кормовой флоры тугаев Кызылкума показывает, что здесь произрастают около 166 видов сосудистых растений относящихся 93 родам и 37 семействам, причем, 64 вида характерны только для тугаев. Спектр ведущих семейств выглядит следующим образом: Poaceae (43 вида), Chenopodiaceae и Polygonaceae (по 14), Cyperaceae (12), Asteraceae (11) и Brassicaceae (10). Обилие видов из семейства Poaceae и Cyperaceae в тугае объясняется тем, что они являются свойственными растениями для долины рек, а Asteraceae и Brassicaceae связано с биологической особенностью видов, так как гумидные местообитания являются их экологической нишей. В отличие от остальных биотопов здесь доминируют многолетники – 77 видов, однолетники вместе с двулетниками исчисляются 68 видами, а древесно-кустарниковая жизненная форма представлена 17 видами. Из приведенных выше 166 видов 28 являются охотно поедаемыми, 93 удовлетворительно и 30 плохо поедаемыми. 13 видов содержат ядовитые вещества.

Проведенный ареалогический анализ позволил более точно определить основные группы перспективных пастбищных фитомелиорантов. Всего было выделено 129 типов ареалов, которые были объединены в группы по принципу географического родства. Первая группа типов показывает оригинальный генезис пастбищных видов эндемичных для Кызылкумского ботанико-географического округа (Хасанов и др. 2011). Наличие 35 эндемичных видов с одной стороны говорит об оригинальности изучаемой флоры, а с другой – подразумевает привлечение эндемичных видов близлежащих пустынных территорий к фитомелиорационным работам. Прежде всего, это касается огромного количества (216) видов с арелами, не выходящими за пределы Туранской пустынной провинции. Именно эта группа видов является основным подспорьем в проведенных, а также в планируемых будущих фитомелиоративных проектах. Особо интересна группа иранских эндемиков, отличающихся большой пастбищной ценностью. Группа по генезису иранских видов составляет 85 видов. Один из редких краснокнижных видов с дизъюнктивным ареалом от центрального Кызылкума до центрального Ирана − эфемер *Onobrychis taevernierifolia* представляет собой новый и очень перспективный фитомелиорант. Другая малочисленная группа среднеазиатских видов, насчитывающая 27 таксонов, представляет интерес для фитомелираторов на останцах. То же самое можно сказать и о группе видов со связями на Кавказе, причем в широком смысле (с ареалами, уходящими далеко на восток до Джунгарии, Синьцзяня и южной Сибири). Большая группа видов с европейскими участками ареалов на самом деле отражает древнесредиземноморский генезис пастбищной флоры и не может быть использована в фитомелиративных целях на большей части территории Кызылкума. С другой стороны эта группа показывает большую близость пастбищной флоры Кызылкума с евро-средиземноморскими элементами, нежели с чисто Древнесредиземноморскими (17 видов). Очень показателен тот факт, что некоторые типы ареалов показывают очень слабые связи флоры Турана и южного Урала, где господствуют уже заливные луговые пастбища. Группа видов с древнесредиземноморским типом ареалов совсем невелика. Этому способствовала, видимо, парциальность изученной нами флоры. Причем количество общих европейских и Древнесредиземноморских видов почти в 2 раза больше (32 вида). Сюда же можно приплюсовать и 17 видов с умеренно-палеарктическим типом ареала. Особый интерес представляет

собой богатство южно-палеарктических (т. е. афро-индийских пустынных и азиатских литоральных) видов (23).

Заключение

Кормовая флора Кызылкума состоит из 908 видов сосудистых растений, относящихся к 345 родам и 68 семействам. Ведущее положение в спектре кормовой флоры Кызылкума занимают семейства Chenopodiaceae (148 видов), Asteraceae (112), Poaceae (106), Fabaceae (67), Brassicaceae (67), Polygonaceae (59), Boraginaceae (37), Caryophyllaceae (33), Lamiaceae (24) и Apiaceae (21). Спектр ведущих родов возглавляют: Astragalus (40 видов), Calligonum (34), Salsola (29), Artemisia (19), Cousinia (16), Climacoptera (15), Suaeda (15), Polygonum (15), Atriplex (12) и Allium, Ferula, Halimocnemis и Convolvulus (по 10). В кормовой флоре Кызылкума доминируют однолетники (почти ½ всех таксонов), доля многолетних исчисляется 283 видами (31.1%), а древесно-кустарниковая жизненная форма не превышает 166 видов (12.7%). Преобладание однолетних таксонов является тревожным индикатором усиливающегося антропогенного прессинга на пастбищную растительность района исследований.

Выявлен высокий кормовой потенциал останцовых низкогорий, где сосредоточено 514 видов кормовых растений, что составляет 90.1% флоры останцов или 48.9% флоры всего Кызылкума. Видовое богатство флоры останцовых низкогорий обусловлено наличием в ней горносреднеазиатских флористических элементов и интенсивными процессами видообразования, происходящими на всей территории Кызылкума. За останцовыми низкогорьями в изученной пастбищной флоре преобладают песчаные виды (489), хотя общее количество гипсофильных (305), солончаковых (268) и тугайных видов (166) также велико.

Пастбищная флора Кызылкума, как и естественная, характеризуясь древнесредиземноморским генезисом, имеет генетические связи с иранскими, кавказскими и северо-среднеазиатскими и даже кашгаро-синьцзянскими флорами, что подчеркивает перспективу использования общих видов в фитомелиративных работах. Большое количество видов с широкими типами ареалов показывает динамическое состояние изученной флоры, которое сильно приближено к антропогенно преобразованным вариантам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акжигитова Н.И. 1982. Галофильная растительность Средней Азии и ее индикационные свойства. Ташкент: «Фан». 189 с.

Закиров П.К. 1971.Ботаническая география низкогорий Кызылкума и хребта Нуратау. Ташкент: «Фан». 202 с.

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

Коровин Е.П. 1961. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана // Кн. 1. – Ташкент: АН РУз. 452 с.

Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А., Ларина В.К. и др. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. М. – Л.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. ТТ. I-III, 1950-1956.

Майлун З.А. 1973. Тугайная растительность // Растительный покров Узбекистана. Т. 2. Ташкент, «Фан». С. 303-376.

Матвафаева М. 2012. Узбекистон кумли чуллар флорасининг экологик гурухлари (Экологические группы флоры песчаных пустынь Узбекистана). Материалы республиканской научной конференции «Актуальные проблемы экологии растений». Ташкент: ИГРиЖМ. С.82-84.

Мельникова Р.Д. 1973.Псаммофильная растительность // Растительный покров Узбекистана. Т.2. Ташкент: «Фан». С. 4-80.

Момотов И.Ф. 1973. Гипсофильная растительность// Растительный покров Узбекистана. Т.2. Ташкент: «Фан». С. 81-192.

Никитин В.В. 1965. Жизненные формы растений флоры Туркмении. Ботанический журнал. Т.50. № 1. С. 44-49.

Определитель растений Средней Азии. Ташкент: «Фан». Т. I-X. 1968-1993.

Рачковская Е.И., Сафронова И.Н., Волкова Е.А. 2003. Ботанико-географическое районирование Казахстана и Средней Азии// Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). Санкт-Петербург: БИН. С. 192-222.

Рачковская Е.И. 2003.Природные особенности Казахстана и Средней Азии// Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). Санкт-Петербург: БИН. С.13-17.

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

Юсупова В.М., Стрельцова Л.Ф. 2012. Солевой состав почв в популяциях видов рода Suaeda в Кызылкумае и Мирзачуле // Экололгические поблемы опустынивания в Узбекистане. Материалы межд. науч. конф. Ташкент: ИГРиЖМ. С.209-211.

FODDER PLANTS OF KYZYLKUM DESERT

©2014 г. H.F.Shomurodov, F.O.Khasanov

Institute of the genepool of plants and animals
Uzbekistan, 100125 Tashkent, Durmon-yuli str., 32. E-mail: h.shomurodov@mail.ru

The analyze of Kyzylkum desert pasture flora is given. Distribution of fodder plants on biotopes, biomorphes and eating feature are analyzed. The natural habitat of Kyzylkum pasture flora showed that it is characterized Mediterranean genesis and has genetic relationship with Iranian, Caucasian, north- Central Asian and Kashgar-Xinjiang flora.
Keywords: Kyzylkum, pasture flora, biotopes, biomorphes, eating feature, natural habitat
is represented by Late Khvalyn light loams and loamy sands. In the south of Russia, light automorphic solonetzes are often found, the formation of which is related to the outcrops of saline material. In the whole, the difference between light chestnut and brown arid soil is not pronounced at the studied area.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 102-109

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 574.42(212.6)+581.557.24

ИЗМЕНЕНИЕ ОБИЛИЯ РАСТЕНИЙ РАЗНОГО МИКОРИЗНОГО СТАТУСА ПРИ ЗАРАСТАНИИ ТЕХНОГЕННОГО ОТВАЛА В ПОДЗОНЕ СУХИХ СТЕПЕЙ КАЗАХСТАНА

© 2014 г. Д.В. Веселкин *, А.Н. Куприянов **, Ю.А. Манаков **

**Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук*
Россия, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202. E-mail: denis_v@ipae.uran.ru
*** Институт экологии человека Сибирского отделения Российской академии наук*
Россия, 650065, Кемерово, Ленинградский проспект, 10. E-mail: kupr-42@yandex.ru

Поступила 10.06.2013

Проанализировано изменение обилия растений разного микоризного статуса в эндоэкогенетической сукцессии зарастания отвала вскрышных пород Федоровского угольного разреза (Караганда, Казахстан). В ходе сукцессии возрастает обилие растений, облигатно формирующих арбускулярную микоризу. Соотношение обилия растений разного микоризного статуса стабилизируется между 10-м и 20-м годами зарастания, изменяясь после этого незначительно.

Ключевые слова: микориза, травянистые растения, микоризные растения, сукцессии, самозарастание, сухие степи.

Изучению сукцессий растительности аридных территорий уделяется значительное внимание в связи с очевидной необходимостью обеспечения устойчивого природопользования. При этом основным функционально важным экосистемным взаимодействием традиционно и оправдано рассматривается взаимодействие в паре «растения – фитофаги» (Лебедева и др., 2011; Шамсутдинов, Шамсутдинов, 2012). Эта связка организмов не только значима в прикладном отношении, но и является системообразующей для существования травяных экосистем аридной зоны (Абатуров, Кулакова, 2010).

Однако животные-фитофаги – не единственный важный гетеротрофный компонент травяных экосистем. Для растений степей, полупустынь и в меньшей степени пустынь очень важны взаимодействия с микоризными грибами. Это следует из того, что 70–80% видов степных растений и 60–70% пустынных образуют микоризу, преимущественно арбускулярную (Селиванов, 1981). К настоящему времени достигнут значительный прогресс в изучении роли микориз в процессах динамики растительности. Установлено, что встречаемость микориз как специального приспособления для оптимизации почвенного питания закономерно изменяется в ходе сукцессий растительности, а исход конкурентных отношений между растениями во многом определяется возможностью, предрасположенностью и успешностью их взаимодействия с микоризными грибами (краткий обзор исследований этого направления см.: Веселкин, Бетехтина, 2011; Веселкин, 2012а, б). Общий вывод, вытекающих из анализа этих работ, состоит в том, что по мере эндоэкогенетических сукцессий теснота связи растений с микоризными грибами и важность микоризообразования возрастают.

Однако накопленные свидетельства об особенностях взаимодействия растений с микоризными грибами относятся, преимущественно, к естественным сукцессиям, реже – к сукцессиям, индуцированным человеком. Представляет интерес сопоставить закономерности, полученные в естественных и близких к ним условиях, с закономерностями, проявляющимися в искусственно сформированных местообитаниях с субстратами, неблагоприятными по физико-химическим свойствам. Проблематика исследования микоризообразования растений в техногенных местообитаниях, в частности на отвалах разработок полезных ископаемых, не нова. В рамках этого направления выполнено немало работ (например: Чибрик и др., 1980; Чибрик, Саламатова, 1985), но детальный анализ динамики особенностей взаимодействия растений с микоризными грибами в ходе прямых наблюдений за развитием растительности в техногенных местообитаниях, насколько нам

известно, не предпринимался. Такой анализ тем более актуален, что пессимальность локальных эдафических условий при зарастании техногенных субстратов в аридной зоне дополняется и усугубляется неблагоприятными климатическими условиями.

Цель работы: оценить закономерности изменения участия растений, по-разному взаимодействующих с микоризными грибами, в спонтанном зарастании техногенного отвала в подзоне сухих степей Казахстана на протяжении 29–36-летнего периода наблюдений за сукцессией.

Материалы и методы

Район. Проанализированы данные, полученные в ходе наблюдений на Восточном отвале вскрышных пород Федоровского угольного разреза (Центральный Казахстан, г. Караганда, 49º50' с.ш., 72º51' в.д.). Почвенный покров представлен, в основном, темно-каштановыми почвами и солонцами. В непосредственной близости от отвала обычны степные солонцы на пестроцветных глинах с тонким (до 6 см) гумусово-элювиальным горизонтом и плотным засоленным иллювиальным горизонтом со столбчатой структурой. На темно-каштановых почвах наиболее распространены сухие степи с преобладанием *Stipa capillata* L., *Seseli ledebourii* G. Don, *Artemisia nitrosa* Weber, *Festuca valesiaca* Gaudin. На маломощных почвах формируются сообщества с преобладанием *Stipa capillata, Festuca valesiaca, Centaurea sibirica* L., *Onosma simplicissima* L., *Scorzonera austriaca* Willd. На солонцах преобладает галофитное разнотравье (*Limonium caspium* (Willd.) Gams, *Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze, *Atriplex cana* C.A. Mey., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Camphorosma lessingii* Litv.).

Характеристика участков. Отвал, на котором проводили наблюдения, сформирован в 1941–1978 гг., некоторые его части не затронуты земляными и другими работами с 1971 г. Отвал сложен пестроцветными монтмориллонитовыми глинами с включением угольной пыли, алевролитов и аргиллитов. Плотность неравномерная: 1.2–1.3 г/см^3 в верхних слоях и 0.8–0.9 г/см^3 на глубине 60–90 см. Содержание легкогидролизуемого N составляет 3.5–4.6 мг/100 г, подвижных форм P – 0.6–0.9 мг/100 г, подвижных форм K – 8.5–10.0 мг/100 г почвы. В среднем содержание основных элементов минерального питания на отвале в 3–10 раз меньше, чем в зональных почвах. На некоторых участках наблюдается среднее и сильное сульфатное засоление. Суммарное содержание водорастворимых сульфатов, хлоридов и карбонатов варьирует от 0.07 до 1.33% массы абсолютно сухой почвы. Содержание ионов HSO_4^{2-} варьирует в диапазоне 0.6–20.6 мг-экв., ионов Cl^- – 0.3–0.8 мг-экв., HCO_3^- – 0.2–0.4 мг-экв.

Наблюдения за естественным зарастанием проведены в 1978, 1980, 1990 и 2006 гг. (Куприянов, 1989; Куприянов, Манаков, 2008) на одном и том же профиле протяженностью 1.5 км, охватывающем разные участки (рис. 1).

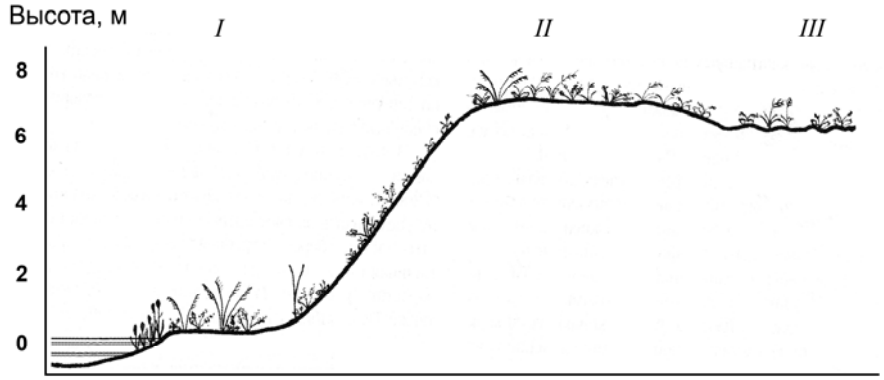


Рис. 1. Расположение участков на отвале. **Fig. 1.** The location of plots on the dump.

Условные обозначения I – околоводный, II – приподнятый, III – мелкобугристый. **Legend:** I – circumwater, II – elevated, III – small uneven.

Околоводный участок (*I*), иногда заливаемый талыми водами, располагается у основания склона. Его зарастание началось в 1978 г. после искусственного выравнивания. Приподнятый спланированный участок (*II*), зарастание которого началось в также 1978 г., располагается на

периферии приподнятой части отвала. Мелкобугристый спланированный участок (*III*), зарастание которого началось в 1971 г., располагается в центре приподнятой части отвала. На каждом участке в каждый период наблюдения на площадках 10×10 м устанавливали видовой состав травянистых растений с оценкой обилия по шкале Друде.

Микоризный статус растений. Способность видов растений к микоризообразованию характеризовали качественно, устанавливая по данным более чем из 20 отечественных и англоязычных источников принципиальную способность или неспособность формировать микоризы. При этом количественные характеристики развития мицелия грибов в корнях во внимание не принимали. Виды растений, для которых во всех публикациях было указано отсутствие микориз, считали немикоризными. К факультативно микоризным относили виды, которые в одних источниках фигурируют как микоризные, а в других – как не образующий микориз. Виды, образующие арбускулярные микоризы в соответствие со всеми источниками, считали облигатно микоризными. Виды, способные наряду с арбускулярными микоризами образовывать и эктомикоризы, отдельно не рассматривали, объединяя их в группу микоризных.

Анализ данных и термины. Для анализа участия групп видов разной микоризности в создании суммарного проективного покрытия категории шкалы Друде переводили в оценки покрытия: un – 0.01%; sol – 0.5%; sp – 2.5%; cop1 – 7.5%; cop2 – 25%; cop3 – 40%. Далее в тексте термином «суммарное проективное покрытие» обозначается величина, полученная суммированием оценок проективного покрытия отдельных видов, переведенных из шкалы Друде. Термин «общее проективное покрытие» использован для обозначения зарегистрированной непосредственно на отвале величины проективного покрытия всех растений. Для характеристики временной динамики обилия растений разного статуса использовали непараметрический коэффициент корреляции Спирмена (r_S).

Результаты

Общий ход зарастания. К моменту последнего учета участки *I* и *II* зарастали 29 лет, участок *III* – 36 лет. За это время на отвале сформировались флористически обедненные, по сравнению с зональными, группово-зарослевые сообщества или сложные группировки. Их характерным отличием от зональных является высокое участие видов сем. Brassicaceae и Chenopodiaceae и меньшее, чем в окружающих степях, обилие злаков, разнотравья и эфемероидов (Куприянов, Манаков, 2008). Присутствие галофильных видов родов Bassia, Halimione, Limonium, Petrosimonia, Salsola, Saussurea, Suaeda отражает выраженность процессов засоления, особенно ярко проявляющегося на участке *III*.

Общее проективное покрытие составило в период последнего учета 30–40% (табл.), что близко к типичным оценкам для окружающих полынно-типчаковых степей. При объединении данных для всех участков закономерность увеличения покрытия в ходе зарастания не устанавливается как для общего (прямо измеренного в поле) покрытия (коэффициент корреляции между длительностью зарастания и покрытием: r_S=0.43; n=12; P=0.1631), так и для суммарного (пересчитанного на основании категорий шкалы Друде; r_S=0.16; n=12; P=0.5191). Это связано, прежде всего, со всплеском обилия растений на околоводном участке в ранние сроки наблюдений.

Микоризный статус растений. Из 97 зарегистрированных на трех участках видов для 85 установлена способность к микоризообразованию.

По доступным литературным оценкам, не формируют микориз, т.е. немикоризны 19 видов: *Alisma plantago-aquatica* L., *Atriplex sagittata* Borkh., *Brassica campestris* L., *Carex obtusata* Lilj., *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Gypsophila altissima* L., *Kochia scoparia* (L.) Schrad., *Lepidium latifolium* L., *L. perfoliatum* L., *Limonium caspium, L. gmelinii, Rorippa palustris* (L.) Besser, *Salsola collina* Pall., *S. foliosa* (L.) Schrad., *S. nitraria* Pall., *S. tamariscina* Pall., *Scirpus sylvaticus* L., *Silene suffrutescens* M. Bieb., *Suaeda altissima* (L.) Pall.

Варьирующий микоризных статус, т.е. факультативная микоризность, характерна для 18 видов: *Atriplex sibirica* L., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus, *Convolvulus arvensis* L., *Halimione verrucifera* (M. Bieb.) Aellen, *Juncus gerardii* Loisel., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Lepidium ruderale* L., *Melilotus albus* Medikus, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Ranunculus sceleratus* L., *Saussurea amara* (L.) DC., *Senecio vulgaris* L., *Typha angustifolia* L.

Таблица. Проективное покрытие (%) растений в ходе самозарастания отвала. **Table.** Projective cover (%) of plants in the process of overgrowing dump.

Проективное покрытие	Участок, год наблюдения (длительность зарастания, лет)											
	*I**				*II*				*III*			
	1978 (1)	1980 (3)	1990 (13)	2006 (29)	1978 (1)	1980 (3)	1990 (13)	2006 (29)	1978 (8)	1980 (10)	1990 (20)	2006 (36)
Общее	10	60	60	30	10	30	17	30	30	30	35	40
Суммарное	14	116	32	42	5	27	13	40	79	47	32	21
в том числе:												
виды с неизвестным статусом	2	27	4	1	0	2	1	1	4	2	2	2
немикоризные	1	3	1	5	3	10	2	3	19	12	9	4
факультативно микоризные	6	72	12	10	1	5	2	3	36	13	7	3
облигатно микоризные	5	14	15	26	1	10	8	33	20	20	14	12

Примечания: I – околоводный, II – приподнятый, III – мелкобугристый. **Notes:** I – circumwater, II – elevated, III – small uneven.

Большинство растений (49 видов), участвующих в зарастании, облигатно микоризны. Для *Populus balsamifera* L. и *Salix caspica* Pall. наряду с арбускулярными, указываются также эктомикоризы, остальные 47 видов формируют арбускулярную микоризу: *Achillea nobilis* L., *Acroptilon repens* (L.) DC., *Agropyron cristatum* (L.) P.Beauv., *Agrostis gigantea* Roth, *Artemisia austriaca* Jacq., *A. dracunculus* L., *A. nitrosa*, *A. proceriformis* Krasch., *A. sieversiana* Willd., *Astragalus testiculatus* Pall., *Atriplex littoralis* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Carex supina* Willd. ex Wahlenb., *Chartolepis intermedia* Boiss., *Cirsium setosum* (Willd.) Besser, *Elytrigia geniculata* (Trin.) Nevski, *E. repens* (L.) Nevski, *Epilobium palustre* L., *Eremopyrum triticeum* (Gaertn.) Nevski, *Erigeron acris* L., *Galatella punctata* (Waldst. & Kit.) Nees, *Geranium collinum* Stephan ex Willd., *Glycyrrhiza uralensis* Fisch., *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link, *H. jubatum* L., *Hyoscyamus niger* L., *Inula britannica* L., *Leymus paboanus* (Claus) Pilg., *L. racemosus* (Lam.) Tzvelev, *Lotus krylovii* Schischk. & Serg., *Medicago falcata* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Phlomoides tuberosa* (L.) Moench, *Plantago media* L., *Poa angustifolia* L., *Potentilla supina* L., *Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) Scribn. & Merr., *P. tenuissima* Litv. ex V.I. Krecz., *Senecio erucifolius* L., *Sonchus arvensis* L., *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr., *Tamarix ramosissima* Ledeb., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Tragopogon capitatus* S.A. Nikitin, *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz, *Tripolium vulgare* Nees, *Xanthium strumarium* L.

Для 11 видов, три из которых относятся к семейству Polygonaceae и три – к семействам Chenopodiaceae, не удалось охарактеризовать взаимоотношения с микоризными грибами: *Bassia sedoides* (Pall.) Asch., *Gypsophila perfoliata* L., *Juncus nastanthus* V.I. Krecz. & Gontsch., *Lepidium songaricum* Schrenk, *Lythrum virgatum* L., *Petrosimonia sibirica* (Pall.) Bunge, *P. triandra* (Pall.) Simonk., *Polygonum bordzilowskii* Klokov, *Rumex halacsyi* Rech., *R. stenophyllus* Ledeb., *Saussurea salsa* (Pall. ex M. Bieb.) Spreng. Для большинства видов этой группы можно предполагать невысокую тесноту микоризных связей или их отсутствие.

Таким образом, 77% видов, для которых удалось установить тип взаимодействия с микоризными грибами, в той или иной степени способны к формированию микориз. Эта величина меньше известной оценки доли микоризных видов в подзоне северной лесостепи (90%), но выше оценки для северных пустынь Казахстана (65%) (Селиванов, 1981). Наибольшее количество немикоризных видов

относится к семействам Brassicaceae и Chenopodiaceae, а микоризны преимущественно представители Asteraceae и Poaceae; такое распределение ожидаемо (Селиванов, 1981).

Проективное покрытие растений разной микоризности в ходе сукцессии. Учитывая, что для травяных экосистем характерны значительные флуктуации состава и соотношения обилий видов, а также то, что за период наблюдения изменялись свойства экотопов, влияющие на поселение и выживание растений (Куприянов, Манаков, 2008), наиболее оправдано анализировать не оценки абсолютного проективного покрытия разных групп, а их соотношения. При этом мы учитываем разную длительность развития растительности на участках *I–II* с одной стороны и на участке *III* с другой.

В первые годы наибольший вклад в суммарное покрытие растительных группировок вносят немикоризные и факультативно микоризные растения (табл.; рис. 2). Немикоризные растения преобладают на приподнятом участке (40–70% суммарного покрытия), а факультативно микоризные – на околоводном (50–80% суммарного покрытия). Обильное развитие факультативно микоризных *Atriplex sibirica* и *Puccinellia distans* обеспечивает всплеск проективного покрытия на околоводном участке в начале его зарастания. На последних прослеженных этапах сукцессий явно преобладают облигатно микоризные виды. Их доминирование на околоводном (*I*) и приподнятом (*II*) участках наступает между 3-м и 13-м годами, на мелкобугристом (*III*) участке – между 10-м и 20-м годами.

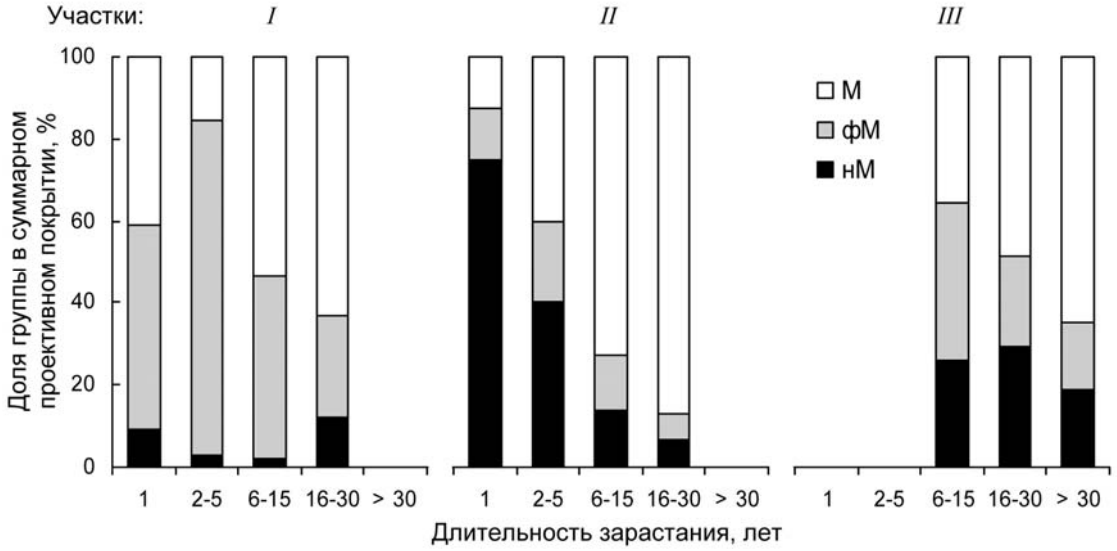


Рис. 2. Доли проективного покрытия растений на участках отвала. **Fig. 2.** Shares of projective cover of vegetation on the different sites of the dump.

Условные обозначения: нМ - немикоризные растения, фМ - факультативно микоризные растения, М - облигатно микоризные растения; I – околоводный, II – приподнятый, III – выровненный участки отвала. **Legend:** I – circumwater, II – elevated, III – small uneven dump sites; нМ - nonmycorrhizal, фМ – optional mycorrhizal, M - obligate mycorrhizal plants

Достаточная близость основных моментов временной динамики участия растений разной микоризности на всех участках позволяет объединить оценки и проанализировать их совместно (рис. 3), что, на наш взгляд, оправдано для прогноза направлений дальнейшего зарастания. Зависимости изменения абсолютного суммарного проективного покрытия и относительного вклада микоризных растений в суммарное покрытие от длительности зарастания статистически значимы. Коэффициенты корреляции составляют для суммарного покрытия микоризных видов: r_S=0.60; n=12; P=0.0412; для их доли в суммарном покрытии – r_S=0.73; n=12; P=0.0094. Но вид линий, аппроксимирующих функций на рисунке 3, свидетельствует, что связь между длительностью зарастания и представленностью микоризных растений скорее нелинейна. И абсолютное покрытие и доля покрытия микоризных растений характеризуются постепенной стабилизацией, выходом на плато при достаточной продолжительности сукцессии. Об этом свидетельствуют заметные разности величин R^2 аппроксимирующих функций для покрытия R^2=0.36 (прямая линия) и R^2=0.50

(логарифмическая функция) и для доли покрытия микоризных растений R^2=0.53 (прямая линия) и R^2=0.58 (логарифмическая функция). В среднем вклад облигатно микоризных растений в суммарное покрытие начинает превышать 50%-й порог через 10–20 лет после начала зарастания. А через 30–35 лет он составляет 60–80%.

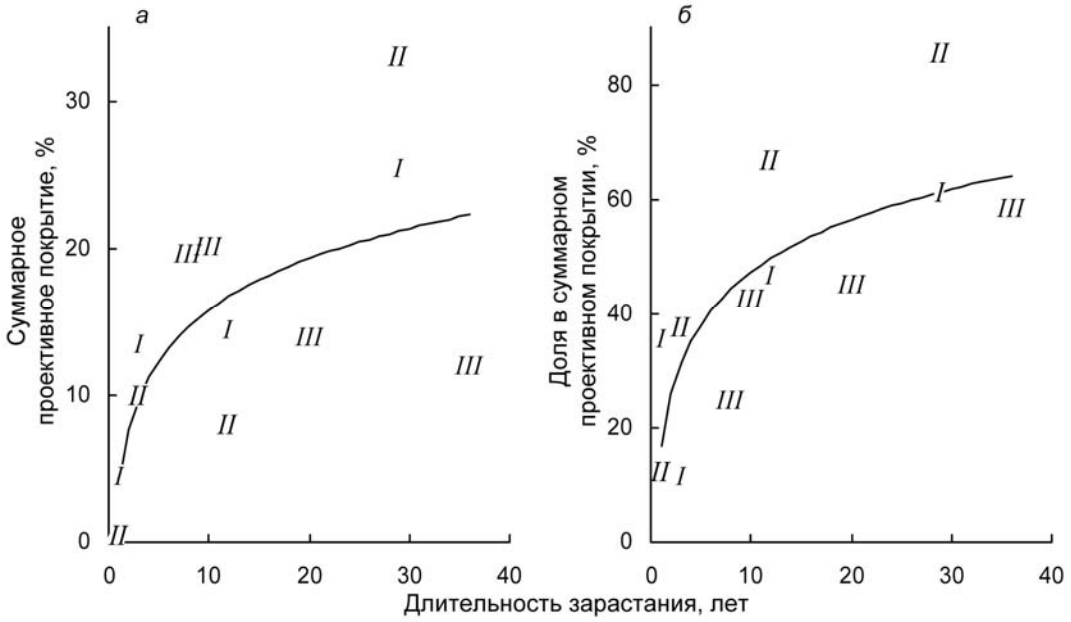


Рис. 3. Суммарное проективное покрытие микоризных растений (а) и их доля в суммарном покрытии (б) в ходе сукцессии. **Fig. 3.** Cumulative projective cover of mycorrhizal plants (a) and their share in the total coverage (б) during of succession.

Условные обозначения: I – околоводный, II – приподнятый, III – выровненный участки отвала. **Legend:** I – circumwater, II – elevated, III – small uneven dump sites.

Обсуждение

Представленные материалы свидетельствуют, что возрастание обилия микоризных растений, неоднократно наблюдающееся при естественных эндоэкогенетических сменах, хорошо воспроизводится в ходе достаточно быстро идущей первичной сукцессии в неблагоприятных местообитаниях техногенного отвала. Возможность точной датировки событий, происходящих при формировании исследованных сообществ, является важным преимуществом наблюдений за сукцессиями на искусственных субстратах. Наблюдения за развитием сообществ, относительно которых известна абсолютная (в годах) длительность существования, позволили количественно охарактеризовать скорость изменения фитоценотической значимости растений разной микоризности и установить, что соотношение их обилий стабилизируется между 10-м и 20-м годами зарастания.

Необходимо обратить внимание на обстоятельство, важное для корректного понимания представленных данных и обсуждений. Предметом анализа в нашей работе является микоризный статус видов растений, т.е. характеристика вероятности вступления растений во взаимодействие с микоризными грибами, но не характеристика истинной актуальной микоризности. Таким образом, невозможно прямо интерпретировать наши результаты как указание на изменяющуюся в ходе сукцессии тесноту взаимодействия растений с арбускулярными грибами.

Для объяснения наблюдаемых изменений могут быть привлечены две гипотезы. Первая – гипотеза о меньшей конкурентоспособности немикоризных и факультативно микоризных видов. Такие различия могут быть связаны, например, со способностью растений, находящихся в симбиозе с микоризными грибами, использовать минеральные ресурсы почвы при их низких концентрациях, что неоднократно показано экспериментально. Второе предположение состоит в том, что соотношение растений разной микоризности в ходе сукцессии может зависеть только от скорости их поселения –

т.е. от уровня эксплерентности или реактивности разных видов. Положительная связь между рудеральной в понимании Дж. Грайма стратегией и избеганием микоризных грибов ранее обсуждалась (Grime et al., 1988). Известна закономерность повышенной встречаемости немикоризных видов среди видов с рудеральной стратегией, по сравнению с видами с конкурентной и смешанными экологическими стратегиями (Grime et al., 1988; Бетехтина, Веселкин, 2011). Наши данные не позволяют аргументировано принять или отвергнуть одну из этих гипотез, но каждая из них имеет ряд косвенных свидетельств. Для обоснованного выбора между ними требуется проведение специальных исследований.

Заключение

В ходе спонтанного развития растительности на техногенном отвале, расположенном в аридных условиях Центрального Казахстана, направлено, устойчиво и закономерно меняется соотношение обилия (проективного покрытия) растений, по-разному взаимодействующих с микоризными арбускулярными грибами. Эти изменения приводят к росту фитоценотической значимости и доминированию со временем в растительных сообществах исследованного отвала группы облигатно микоризных видов растений. Результаты свидетельствуют о продуктивности учета такого биоэкологического свойства растений как способность к микоризообразованию при изучении процессов динамики растительности в аридной зоне. В соответствие с ними, стабильное соотношение групп растений разного микоризного статуса с доминированием облигатных микоризообразователей (в видовых списках и по обилию) является мало изменчивым, и, возможно, – функциональным, свойством сукцессионно продвинутых растительных сообществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абатуров Б.Д., Кулакова Н.Ю. 2010. Роль выпаса животных и степных палов в круговороте азота и зольных элементов в степных пастбищных экосистемах // Аридные экосистемы. Т. 16. № 2 (42). С. 54–64.

Веселкин Д.В. 2012а. Стабилизация соотношения между числом видов растений разного микоризного статуса – один из аттракторов прогрессивных сукцессий? // Известия Самарского НЦ РАН. Т. 14. № 1 (5). С. 1206–1209.

Веселкин Д.В. 2012б. Участие растений разного микотрофного статуса в сукцессии при формировании «агростепи» // Экология. № 4. С. 270–275.

Веселкин Д.В., Бетехтина А.А. 2011. Участие растений разного микотрофного статуса в техногенно обусловленных сукцессиях в степной зоне Урала // Вестник ОГУ. № 12. (131). С. 44–47.

Куприянов А.Н. 1989. Биологическая рекультивация отвалов в субаридной зоне. Алма-Ата: Изд-во Наука КазССР. 104 с.

Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. 2008. Динамика зарастания отвала вскрыши бывшего Федоровского угольного месторождения за 30 лет // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Вып. 3. Кемерово: КРЭОО «Ирбис». С. 45–55.

Лебедева Н.В., Ильина Л.П., Пономарев А.В., Савицкий Р.М. 2011. Влияние пастбищной нагрузки на трансформацию сухостепных экосистем в долине Маныча // Аридные экосистемы. Т. 17. № 4 (49). С. 83–94.

Селиванов И.А. 1981. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука. 232 с.

Чибрик Т.С., Нагибина Т.И., Рябкова Т.Е. 1980. О микотрофности растений на отвалах угольных разработок Урала // Растения и промышленная среда. Свердловск. С. 33–79.

Чибрик Т.С., Саламатова Н.А. 1985. Микосимбиотрофизм культурфитоценозов Коркинского угольного разреза // Растения и промышленная среда. Свердловск. С. 54–69.

Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. 2012. Биогеоценотические принципы и методы экологической реставрации пустынных пастбищных экосистем Средней Азии // Аридные экосистемы. Т. 18. № 3 (52). С. 5–21.

Grime J.P., Hodson J.G., Hunt R. 1988. Comparative plant ecology: a functional approach to common British species. London: Unwin Hyman. 742 p.

ABUNDANCE OF PLANTS OF DIFFERENT MYCORRHIZAL STATUS CHANGES WHEN OVERGROWN TECHNOGENIC DUMP IN THE SUBZONE OF DRY STEPPES OF KAZAKHSTAN

©2014 г. D.V. Veselkin*, A.N. Kupriynanov, Ju. A. Manakov****

** Institute plant and animal ecology, Ural Division, Russian Academy of Sciences*
Russia, 620144, Yekaterinburg, 8 Marta st., 202. E-mail: denis_v@ipae.uran.ru
*** Institute of human ecology, Siberian Division, Russian Academy of Sciences*
Russia, 650065, Kemerovo, Leningradskyi pr., 10. E-mail: kem401@gmail.com

We analyzed the change in the abundance of plants with different different mycorrhizal status in endoecogenetical succession of dumping overgrowth of overburden rocks of Fedorovsky open-pit mine (Karaganda, Kazakhstan) was described. During the succession increases the abundance of species obligately formed of arbuscular mycorrhiza. The ratio of the abundance of plants of different mycorrhizal status is stabilized between the 10th and 20th years of overgrowth, varying only slightly thereafter.
Keywords: mycorrhiza, herbaceous plants, mycorrhizal plants, succession, self-organized vegetation, dry steppe.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 110-118

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.48; 930.26

МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ И ГУМУСНОСТИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА

© 2014 г. В.С. Крыщенко, Т.В. Рыбянец, Н.Е. Кравцова, О.А. Бирюкова, И.В. Замулина

Южный федеральный университет
Россия, 344090 г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки 194/1, E-mail:kravcova_n@mail.ru

Поступила 1.11.2012

Работа посвящена проблеме оценки состояний равновесия полидисперсной системы почв и их гумусности в условиях аридизации климата. Выявлено наличие общего принципа взаимосвязи и взаимозависимости между содержанием гумуса в физической глине, содержанием гумуса в почве и константами динамического равновесия полидисперсной системы почв.

Ключевые слова: полидисперсная система почв, гранулометрические фракции, гумус, математическая модель.

Введение

Полидисперсная системы почв (ПСП) – это целостная совокупность условно неделимых биокосных и косных элементов (массы элементарных почвенных частиц, ультра- и микроагрегатов менее 1 мкм, 1-10 мкм, суммы частиц менее и более 10 мкм), объединенных механизмом обратной связи (агрегирование↔диспергирование), сопровождаемой дублирующим механизмом (инертные↔лабильные компоненты), реагирующих на изменение среды смещением динамического равновесия, с последующим стремлением к устойчивому состоянию.

Любое движение (равновесие) является относительным. Его следует рассматривать лишь по отношению к какому-либо телу или условно неделимой массе. Нельзя указывать, например, для почвы, что существует равновесие вообще, можно определить равновесие по отношению к конкретной какой-то «точке отсчета», «системе координат» или «эталону сравнения».

Многофакторность почвообразования и динамика погоды и климата способствуют тому, что один и тот же почвенный образец во времени мы застаем в различных состояниях равновесия (табл. 1, графа 8). При интерпретации данных гранулометрического состава вышеуказанного характера возникает методологическая проблема – как «сравнить несравнимое», когда все элементы ПСП переменны и их содержание непредсказуемо. Переменно как содержание ила и пыли в физической глине, так и сама масса этой фракции в разновидностях почв, т.е. переменные в переменной. В этом случае при моделировании «поведения» ПСП нами использовалась общенаучная аксиома – «ищите постоянные величины среди множества переменных». Они записаны в самой почве, выявляются в результате анализа ее дисперсности и могут служить «точкой отсчета» или эталоном сравнения.

Постоянные (константные) величины в анализе дисперсности почв играют важную роль. Сравнивая константу и фактические данные дисперсности почвенных образцов, можно оценить, насколько дисперсность испытуемого образца удалена от «идеального состояния равновесия», которое будет охарактеризовано ниже.

Объекты и методы исследования

Для экспериментов были использованы образцы сухостепных, степных и лесостепных автоморфных почв, с иловатой (Ростовская область) и пылеватой (Кабардино-Балкария) физической глиной. Привлекались и литературные данные. Также проводился мониторинг изменения дисперсности по сезонам и годам почв Ботанического сада ЮФУ в 2009-2011 годах. Гранулометрический анализ выполнялся по Н.А. Качинскому, с пирофосфатной пробоподготовкой. Фракция физической глины отбиралась с того же цилиндра, где выполнялся гранулометрический

Таблица 1 Динамика дисперсности и гумусности чернозема обыкновенного карбонатного ботанического сада ЮФУ на фоне аридизации климата. **Table 1.** Dynamics of dispersity and humus content of common calcareous black soil in the botanic garden of the Southern Federal University in increasingly arid climate conditions.

Горизонт и глубина взятия образца, см	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %		Насыщенность физической глины илом (пылью), %	Константы динамического равновесия	Содержание гумуса, %			Насыщенность физической глины гумусом, %
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001 -0,01 мм	<0,001 мм	0,001 -0,01 мм			В почве	В физической глине		
									Аналитическое	Расчетное	
	z	$\alpha_ф$	$\beta_ф$	α_{dt}	β_{dt}	V	K	y	x	x_p	W^*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Взятие образца 30.05.09											
А 10-25	45.3	23.8	21.5	20.5	24.8	52.8	1.160	4.6	5.3	5.3	11.3
АВ 25-60	43.1	22.5	20.6	18.5	24.5	52.2	1.211	4.9	6.0	5.9	13.6
В 60-80	41.3	21.3	20.0	17.0	24.3	51.3	1.242	3.5	4.4	4.3	10.4
Взятие образца 10.07.09											
А 10-25	43.9	24.7	19.2	19.2	24.6	56.3	1.282	5.2	6.9	6.6	15.0
АВ 25-60	42.8	14.9	27.9*	18.3	24.5	65.1	1.524	3.3	5.0	5.0	11.7
В 60-80	41.5	13.6	27.9*	17.2	24.3	67.2	1.620	2.6	4.2	4.2	10.1
Взятие образца 27.10.09											
А 10-25	44.0	10.4	33.6*	19.3	24.6	76.4	1,735	3,6	6,3	6.2	14.0
АВ 25-60	44.0	13.4	33.6*	19.3	24.6	76.4	1,735	4,3	6,8	7.4	16.8
В 60-80	41.1	11.3	29.8*	16.8	24.2	72.5	1.764	2.1	3.7	3.7	9.0
Взятие образца 06.05.10 (засушливый год)											
А 10-25	40.7	17.0	23.7*	16.5	24.2	58.2	1.429	3.6	4.1	5.1	12.5
АВ 25-60	43.6	18.2	25.4*	19.1	24.5	58.2	1.335	3.1	3.6	4.1	9.4
В 60-80	39.6	16.6	23.0*	15.9	24.0	57.6	1.443	н/о	-	-	-
Взятие образца 10.07.10 (засушливый год)											
А 10-25	41.7	22.9	18.5	17.1	24.3	55.3	1.247	3.4	4.1	4.3	9.9
АВ 25-60	44.7	13.5	31.2*	20.0	24.7	69.8	1.561	3.0	3.6	4.6	10.2
В 60-80	43.3	11.5	31.8*	18.7	24.6	73.4	1.695	н/0	-	-	-
Взятие образца 27.10.10 (засушливый год)											
А 10-25	42.1	18.2	23.9*	17.7	24.3	56.7	1.348	3.1	3.7	4.1	9.7
АВ 25-60	41.8	19.5	22.3*	17.4	24.3	53.3	1.276	2.9	3.4	3.7	8.8
В 60-80	43.6	18.8	24.8*	19.0	24.5	56.8	1.304	н/о	-	-	-
Взятие образца 20.06.11											
А 10-25	42.6	16.0	26.6*	18.1	24.4	62.9	1.139	3.8	4.9	4.2	9.8
АВ 25-60	43.7	14.4	29.3*	19.0	24.6	67.0	1.319	3.3	3.6	4.3	9.8
В 60-80	43.5	16.3	27.2*	18.9	24.5	62.5	1.159	2.8	3.4	3.2	7.3
Взятие образца 27.10.11											
А 10-25	43.6	27.8	16.1	19.0	24.6	63.0	1.447	4.0	5.8	5.9	13.4
АВ 25-60	43.0	27.4	15.6	18.5	24.6	63.7	1.447	3.0	5.0	4.4	11.7
В 60-80	44.9	28.2	16.7	20.2	24.7	62.7	1.396	2.1	3.3	2.9	7.5

*- пылеватая составляющая в физической глине преобладает над илистой ($\beta_ф > \alpha_ф$) *- dust component domiinates (βф>αф)

анализ. Суспензия 50-70 мл накапливалась в фарфоровые чашки, с последующим выпариванием на водяной бане. В остатке физической глины и почвы в целом определялось содержание гумуса по И.В. Тюрину. Результаты проделанной работы представлены в таблице 1. Всего было проанализировано около 150 почвенных образцов.

В период исследования в Ботаническом саду все три года были относительно жаркими. Аномально сухим выдался 2010 год. С мая по октябрь выпало около 50 мм осадков, при годовой норме около 450 мм. В 2011 году количество осадков приблизилось к годовой норме. Специфика климата отразилась в динамике дисперсности почв и ее гумусности.

Результаты и обсуждение

Некоторые концептуальные положения дисперсности и гумусности почв. Всю информацию о единстве дисперсности и гумусности почв можно условно разделить на три блока: первый затрагивает проблему интерпретации данных гранулометрического состава почв и характеристику ПСП; второй – специфику показателя «содержание гумуса на 100 г почвы» как функции двух переменных; третий – экспериментальное подтверждение наличия детерминированной (матричной) связи констант динамического равновесия (K) с показателями «содержание гумуса в физической глине» (x) и «содержание гумуса почвы в целом» (y).

Первый блок. Дисперсность является фундаментальной характеристикой почв, которая прямо или опосредованно определяет практически все их свойства. Распространенной характеристикой дисперсности почв выступает гранулометрический состав. Обычно он интерпретируется с двух позиций – статического и динамического равновесия.

В первом случае, как правило, констатируется простой факт наличия в почве того или иного количества частиц (фракций) различного размера на момент взятия почвенного образца. Систематического мониторинга изменения дисперсности не осуществляется. Для определения развновидности почв основное внимание заостряется на содержании частиц менее 10 мкм. При сравнении количества физической глины в образцах, как правило, делается вывод, что гранулометрический состав почв мало изменяется во времени. Это справедливо, но не совсем корректно: сумма ила и пыли может не меняться, но доли их в физической глине переменны (табл. 1, графы 3 и 4).

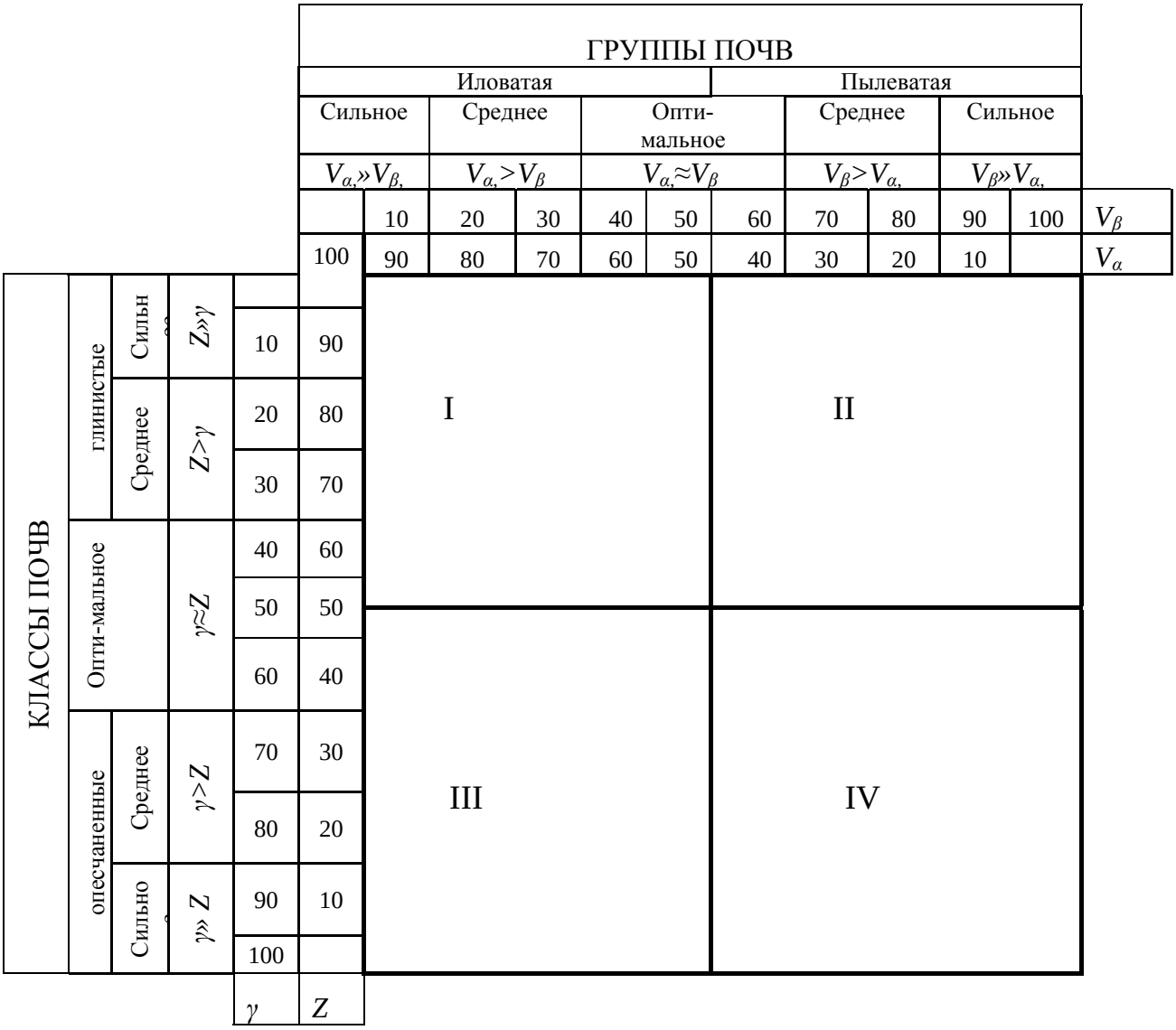
Во втором случае, при оценке динамики гранулометрического состава, основное внимание обращается не на количество в почве тех или иных частиц, а на парные их отношения между собой во времени, на функционирование ПСП. В этом случае необходимы иные показатели и параметры, характеризующие динамику ПСП. Замечено, что по сезонам и годам одному и тому же содержанию физической глины в почвенном образце соответствуют переменные значения илы и пыли. Более того, проявляется ярко выраженная смена группового состава физической глины при аридизации климата – с иловатой она переходит в пылеватую и обратно (табл. 1, графы 3 и 4).

В связи с этим, возникает необходимость характеризовать ПСП по двум векторам дисперсности - по классам и группам почв (рис.) По классам почв через коэффициент – k_1 следует контролировать гумус-аккумулирующую массу физической глины (Z) и относительно индифферентную, почти безгумусовую массу физического песка (γ), (рис., I и II). Так как $Z+\gamma=100$, то $k_1=100/Z=1+\gamma/Z$. Для классов с преобладанием физического песка (схема 1, III и IV) $k_1=100/\gamma=1+Z/\gamma$. Группы почв представляют собой отношения разнокачественных масс илистой ($\alpha_ф$) и пылеватой фракций ($\beta_ф$) в физической глине, связанных через коэффициент k_2. Если в физической глине преобладает ил (рис., I и III), то k_2 и $k'_2= Z/\alpha_ф=1+\beta_ф/\alpha_ф$. Если преобладает пыль (для II и IV), - то $k'_2=k''_2= Z/\beta_ф =1+\alpha_ф/\beta_ф$. Шкала ранжирования групп почв задана показателем степень насыщенности (V, %) физической глины илом – $V_\alpha=100\alpha_ф/Z$ и пылью – $V_\beta=100\beta_ф/Z$, введя $Z=100$ (рис.). В этом случае доля ила и пыли оценивались по отношению к постоянной величине – к 100 г физической глины. Выбор той или иной формулы расчета определяется преобладающей фракцией. Значения V_α и V_β варьируют от 50 до 100 %. На момент взятия образца он может попадать в один из четырех квадратов матрицы. Отношение элементов в каждом из них специфично.

Характеристика, позволяющая совокупно отразить дисперсность почвенных образцов – это значения парных отношений – $K=k_1/k_2=V/Z$. Ранее нами было установлено, что на момент взятия почвенного образца, он может прибывать в одном из трех возможных состояний динамического равновесия: при $K=1$, $K>1$ или же $K<1$ (Крыщенко и др. 2006, 2012). Именуются эти показатели как

константы динамического равновесия ПСП (*К-ПСП*) (табл. 2). Здесь же возникает вопрос, а почему константы?

Рис. Вероятные парные отношения элементов в полидисперсной системе почв (ПСП). **Fig.** Probable pairwise relations of elements in a polydisperse soil system (PSS).



Напомним, что равновесие можно определить лишь по отношению к какой-то «системе координат», «эталону сравнения» или «идеальному» состоянию равновесия системы. В качестве эталона сравнения рационально использовать «идеальное» состояние равновесия ПСП, где $K=1$. В этом состоянии равновесия между дисперсными элементами системы устанавливаются парные *(dt)* детерминированные отношения: $k_1=k_2$; $V=Z$; $100\alpha_ф=Z^2$; $100\beta_ф=Z\gamma$ и $\alpha_ф=\alpha_{dt}$. Подставив для k_1, k_2, и V их значения получим ряд равенств - $K=k_1/k_2=100\alpha_ф/Z^2=1$. Тот же результат получим и в отношении $K=V_\alpha/Z=100\alpha_ф/Z^2=1$. Если в физической глине опесчаненных почв (рис., блоки III и IV) преобладает илистая фракция, тогда $K=k'_1/k'_2=100\alpha_ф/Z\gamma$, а в случае преобладания пылеватой фракции $K=k'_1/k'_2=100\beta_ф/Z\gamma$. Для любого индивидуального почвенного образца можно создать (точно рассчитать) математическую модель его дисперсности при наличии в нем содержания физической глины. Содержание ила (α_{dt}) в почвенном образце в состоянии «идеального» равновесия при $K=1$ будет равно квадрату массы физической глины (Z), деленному на 100, т.е. $\alpha_{dt}=0{,}01Z^2$. На единицу массы физической глины приходится 0,01 массы ила. При «идеальном» равновесии содержание пыли равно $\beta_{dt}=0{,}01Z\gamma$.

Из последних двух равенств следует, что по классам почв содержание ила в физической глине будет изменяться по экспоненциальному закону, а пылеватая составляющая - по параболическому. В интервале содержания физической глины от 40 до 60 % парабола образует плато: содержание пыли практически не изменяется β_{dt}=24.5±0.5 (табл. 1, графа 6). Это значит, что пылеватая фракция не может выступать «эталоном сравнения» в анализе ПСП в указанном интервале. В качестве «эталона сравнения» в интервале варьирования физической глины от 25 до 70%, выступает илистая фракция. Содержание ила для конкретного значения физической глины - величина постоянная. Например, при Z=60%, $\alpha_{dt}=0{,}01\times60^2=36\%$, а $\beta_{dt}=0{,}01\times60\times40=24\%$. Допустим, что Z=40%, тогда α_{dt}=16%, а вот содержание пыли будет тоже – β_{dt}=24%.

Таблица 2. Константы динамического равновесия. **Table 2.** Dynamic balance constants.

Константы равновесия		Эталон равновесия – «идеальное» состояние равновесия системы: отношение элементов детерминировано K=1	
I	II	I	II
Эталон сравнения – $\alpha_{dt}=0{,}01Z^2$, при Z от 25 до 70 %		$k_1=100/Z=1+\gamma/Z$	
$K=k_1/k_2=100\alpha/Z^2=1$	$K=k_1/k'_2=100\beta/Z^2=1$	$k_2=Z/\alpha_ф=1+\beta_ф/\alpha_ф$ $V_\alpha=100\ \alpha_ф/Z$, %	$k'_2= Z/\beta_ф =1+\alpha_ф/\beta_ф$ $V_\beta=100\beta_ф/Z$, %
III	IV	III	IV
Эталон сравнения – $\beta_{dt}=0{,}01Z\gamma$, при Z 25 %		$k'_1=100/\gamma=1+Z/\gamma$	
$K=k'_1/k'_2=100\alpha/Z\gamma=1$	$K=k'_1/k''_2=100\beta/Z\gamma=1$	$k'_2= Z/\alpha_ф=1+Z/\gamma$ $V_\alpha=100\ \alpha_ф/Z$, %	$k''_2= Z/\beta_ф =1+\alpha_ф/\beta_ф$ $V_\beta=100\beta_ф/Z$, %

В области опесчаненных (Z<25%) и тяжелоглинистых (Z>70%) почв экспериментальных данных еще не достаточно, что затрудняет исследования. В этих классах использование α_{dt} в качестве эталона не всегда корректно. Экспериментальное и расчетное значение гумуса в физической глине не согласуются. В указанных интервалах использовался второй «эталон сравнения» - $\beta_{dt}=0{,}01Z\gamma$. По отношению к нему вычислялись константы динамического равновесия ПСП. В этом случае аналитические и расчетные значения содержания гумуса в физической глине совпадают.

Итак, динамическое равновесие почвенных образцов можно оценить относительно эталонов сравнения: массы ила (α_{dt}), в интервале Z 25-70% и по отношению массы пыли (β_{dt}), в интервале Z<25% и Z>70%. Соизмеряя с эталонами дисперсности фактические значения ила ($\alpha_ф$) и пыли ($\beta_ф$), можно рассчитать константы динамического равновесия любого почвенного образца. Для образцов с иловатой физической глиной константа равновесия равна – $K= \alpha_ф/\alpha_{dt}$, а с пылеватой - $K= \beta_ф/\alpha_{dt}$. Для опесчаненных и глинистых соответственно - $K= \alpha_ф/\beta_{dt}$ и $K= \beta_ф/\beta_{dt}$. Значение констант равновесия ограниченно и варьирует от 0.5 до 2.0.

Таким образом, для описания состояний равновесия ПСП следует сопоставлять два ряда дисперсности почвенных образцов: реальный и «идеальный» (табл. 1, графа 2-4, 5, 6). Реальные показатели сокращенного гранулометрического анализа (по Качинскому – суточная и минутная пробы) соизмеряются относительно эталонов (α_{dt} и β_{dt}) этого же почвенного образца. Эталоны – это постоянные величины для конкретного значения физической глины и, потому, считаем оправданным название «константы динамического равновесия ПСП». Используя метод двух дисперсных рядов - реального и идеального, удается стандартизировать и унифицировать исследования ПСП.

Константы динамического равновесия почвенного образца, вычисленные на данный момент времени, могут использоваться как «точка отсчета» при мониторинге свойств почв и идентификации почвенных образцов.

Второй блок. Специфика показателя «содержание гумуса на 100 г почвы» (у) как функция двух переменных. Во-первых, если бы гумус равномерно распределялся по всем гранулометрическим фракциям (по всей массе) и групповой состав его был однороден, тогда показатель у можно было бы воспринимать однозначно. Однако в природе почв имеет место иная закономерность – неравномерное и разнокачественное по фракциям распределение гумуса: одна масса, частицы менее 10 мкм, селективно концентрируют в себе большую его часть – 85–95%, тогда как вторая, фракции

более 10 мкм, - индифферентная, почти безгумусовая масса. С учетом изложенного следует, что показатель у – это опосредованное через нормирующий коэффициент, отражение концентрации гумуса физической глины, но механически «разбавленной» безгумусовой массой физического песка в n раз. Или же иначе, это среднее содержание гумусовой и безгумусовой масс почвенного образца. В настоящее время эффект такого «разбавления» не учитывается.

Во-вторых, в показателе у «записана» и другая информация – о переменной дисперсности физической глины через динамику ил↔пыль. В этом процессе отражаются закономерности функционирования ПСП. Устойчивость и динамика системы, вероятно, ограничивается пределом насыщения (V,%) физической глины илом↔пылью около 75%. Оптимальная, статистически наиболее вероятная насыщенность физической глины илом-пылью в тяжелых суглинках (Z=40-60%), составляет 54.5±5%. Избыток ила в физглине способствует течению анаэробных процессов, понижению окисляемости гумуса и агрегированию массы. Повышенная пылеватость, наоборот, усиливает течение аэробных процессов, переводу инертного гумуса в лабильный и диспергированию микроагрегатов. Между агрегированием и диспергированием массы устанавливается состояние динамического равновесия.

В заключении отметим, что показатель «содержание гумуса на 100 г почвы» не следует воспринимать однозначно, хотя мы и привыкли к этому. Он несет в себе две неопределенности, две переменных величины: первое – это функция отражающая концентрацию гумуса в физической глине (x) и, второе, - это функция эффекта «разбавления» этой концентрации гумуса, почти безгумусовой массой физического песка, и переменной дисперсности физической глины (K). Выразим эту функциональную связь – y=f(K, x). Парная связь x с y нормируется переменной дисперсностью почвенных образцов, выраженную через K. Такая функция именуется нормирующей.

Третий блок. Необходимо экспериментально подтвердить наличие детерминированной связи констант динамического равновесия ПСП, с показателями гумусности физической глины и почвы в целом.

Первоначально отметим, что из данных таблицы 1 очевидна несостоятельность бытующего мнения о «гранулометрическом покое» в почвах. Содержание физической глины мало изменялось в 2009-2011 годах. Но внутри этой фракции при аридизации происходил процесс смены группового состава: в начале эксперимента (30.05.2009) в физической глине ил преобладал над пылью, что типично для данной почвы. Осенью 2009 г. и в 2010 г. наблюдается преобладание пылеватой фракции в физической глине, а затем вновь ПСП «возвращается» к исходному иловатому состоянию равновесия (осень 2011 г.). Синхронно с динамикой дисперсности (*K*) наблюдается изменение гумусового состояния почвы в целом (*y*) и ее физической глины (*x*) на фоне аридизации климата.

При интерпретации данных, характеризующих динамическое равновесие ПСП имеется особая специфика, отличающаяся от общепринятой в почвоведении. В настоящее время, не задумываясь, обычно сравнивается между собой содержание гумуса одного почвенного образца с этим же показателем другого по принципу «больше – меньше». При анализе равновесия ПСП возникает центральный вопрос: «А правомочно ли подобное сравнение?»

В динамически равновесной ПСП все характеристики ее не обособлены друг от друга, а парно связаны между собой в единую функциональную цепь зависимости по принципу: концентрация гумуса в физической глине (аргумент – *x*)↔константы динамического равновесия ПСП (нормирующий коэффициент дисперсности между *x* и *y*)↔содержание гумуса в почве (функция – *y*). В этом случае необходимо еще доказать, возможно или нет сравнение однородных показателей? В случае отсутствия связи между образцами необходимо указать и прописать процедуру преобразования несравнимых показателей в абсолютно сравнимые. Рассмотрим эту проблему на конкретном примере.

В естественной ПСП существует две цепи парных отношений гумусности с дисперсностью почв: 1. Двойная связь: содержание гумуса в почве ↔ константы динамического равновесия (нормирующий коэффициент дисперсности); 2. Тройная связь: содержание гумуса в почве ↔ константы динамического равновесия ↔ концентрация гумуса в физической глине.

Рассмотрим двойную связь в ПСП. Из таблицы 1 очевидно, что каждому значению гумуса почвенного образца (графа 9) соответствует свои «персональные» переменные значения констант равновесия (графа 8). То есть, каждое значение гумуса почвенного образца характеризуется своим эффектом «разбавления» концентрации гумуса физической глины, до значения – «содержание гумуса

на 100 г почвы» через константу равновесия. Это значит, что некорректно сравнивать почвенные образцы по показателю – «содержание гумуса на 100 г почвы», так как каждый из них «несет» свою переменную величину, свою константу равновесия. Например, в мае 2009 г (табл. 1) содержание гумуса в гор. А – 4,6%, а константа равновесия – K_1=1.160. В осенний период этого же года, содержание гумуса в гор. А – 3.6%, а K_2=1.735. Сменился фракционный состав физической глины с иловатой на пылеватую. Сравнивать эти два образца по содержанию гумуса нельзя, т.к. они имеют различные константы равновесия $K_1 \neq K_2$. В этом случае возникает проблема, как «сравнить несравнимое», как несравнимые показатели гумуса привести к общему знаменателю, где они будут абсолютно сравнимы? Когда обнаруживается неправомочность сравнения пары гумус – дисперсность, с другой аналогичной парой почвенных образцов, тогда используется общеизвестная математическая процедура нормализации - преобразование несравнимых разномасштабных цифровых рядов в сравнимые одномасштабные цифровые ряды. То есть, необходимо провести преобразование множества несравнимых состояний динамического равновесия ПСП, где *K* переменны ($K \neq 1$) в абсолютно сравнимое «идеальное» состояние равновесия ПСП, где все *K*=1.

Рассмотрим данную процедуру, используя вышеприведенный пример. Для этого необходимо перемножить значения гумуса почвы в целом (*y*) на индивидуальные значения констант равновесия почвенных образцов (К), т.е. $x=Ky$: 4.6×1.160=5.3% и 3.6×1.735=6.2%. Здесь же возникает вопрос, что это за вновь полученные цифровые значения и какое отношение они имеют к гумус-дисперсной характеристике почв? Чтобы получить ответ на поставленный вопрос, была первоначально сформулирована рабочая гипотеза: вновь полученные значения *x* после процедуры преобразования *Ky* имеют прямое отношение к концентрации гумуса в физической глине конкретного почвенного образца. Согласно этой гипотезе, был составлен план полевых и аналитических исследований, результаты которых частично представлены в таблице 1(графы 10 и 11). В графе 10 представлена концентрация гумуса в физической глине, полученная прямым аналитическим определением, а в графе 11 этот же показатель, но полученный расчетным путем (x_p), т.е. $x_p=Ky$, %, при $K>1$ и $x_p=1/Ky$, %, при $K<1$. Далее сопоставим значения гумуса физический глины *x* и x_p. Коэффициенты корреляции между этими значениями гумуса близки к единице (n=155, R=0.968 при P=0.95). Здесь же заметим, что данные закономерности иные для почв очень легкого и тяжелого гранулометрического состава.

Итак, расчетное значение – x_p, полученное от перемножения – *Ky* есть не что иное, как концентрация гумуса в физической глине конкретных почвенных образцов, ограниченных содержанием ее от 30 до 70%, т.е. 50±20%. Показатели «концентрация гумуса на 100 г физической глины», абсолютно сравнимы друг с другом в почвенных образцах, так как они приведены к состоянию «идеального» динамического равновесия, где все *K*=1, т.е. е общему знаменателю детерминированного отношения элементов ПСП. Трехчленную связь дисперсности и гумусности в ПСП можно выразить в формализованном виде:

$$\frac{Ky}{x}\ \text{при}\ K>1 = \frac{1/Ky}{x}\ \text{при}\ K<1 = \frac{y}{x}\ \text{при}\ K=1 \quad 1 \qquad (1)$$

где *x* – концентрация гумуса в физической глине почвенного образца;

y – содержание гумуса почвы в целом;

K – константа равновесия ПСП (нормирующий коэффициент)

Отметим принципиальное различие в оценке и интерпретации гумусового состояния почвенных образцов по двум показателям – «содержание гумуса на 100 г почвы» - функция *y*, и «концентрации гумуса на 100 г физической глины» - аргумент *x*:

1. Содержание гумуса на 100 г почвы – показатель, который не учитывает в явном виде дисперсность почвенного образца. Перемена ее скрыта от исследователя и потому несет в себе ошибку в оценке гумусового состояния образца.

2. Концентрация гумуса на 100 г физической глины – это показатель, который в явном виде несет информацию о дисперсности почвенного образца ($x=Ky$) и отражает ее через состояние равновесия ПСП. Имея значение *x*, можно конкретизировать интеграцию гумуса и дисперсности в почвенном образце, введя показатель – степень насыщенности физической глины гумусом $W=100x/Z$, % (графа 12 табл.1). Эти два показателя гумусово-дисперсного состояния почвенного образца

абсолютно сравнимы и объективны, так как все они имеют K=1. Таким приемом ликвидируются фактор $K \neq 1$, который препятствует сравнению гумусности почвенных образцов.

Таким образом, оценка гумусового состояния почвенных образцов по аргументу x и степени насыщенности физической глины гумусом – W, % является объективной. Это не значит, что следует отказаться от определения функции y. Имея значение y и K, можно, согласно равенству (1) предсказать концентрацию гумуса в физической глине с вероятностью 94-98%.

Сопоставляя представленные в таблице 1 сезонные данные по x и W за 2009 год, можно определенно утверждать о стабильности гумусового состояния: x колеблется в горизонте А – 5.3-6.9%, а W – от 11 до 15%, несмотря на смену группового состава физической глины, с иловатой в пылеватую. Существенно изменилось гумусовое состояние почвенных образцов в засушливом 2010 году, синхронно со сменой группового состава физической глины. Все показатели гумусового состояния (x, y, W) меньше предыдущего и последующих годов. Тем не менее, дегумификация здесь не носит тотального характера, происходит изменение окисляемости гумуса: из лабильного он переходит в инертный. Осенью 2011 года с увеличением количества осадков, гумусовое состояние вновь восстановилось до уровня 2009 года. Аридизация климата отразилась в изменении дисперсности и гумусности почв. К аналогичному выводу пришли и другие авторы (Залибеков, 2004, 2005).

Интерпретация таблицы 3 особенно противоречива. По значению y происходит уменьшение содержание гумуса от глин к средним суглинкам. В действительности же, возрастает эффект «разбавления» концентрации гумуса физической глины от 1 до 2. По значению x и W концентрация гумуса увеличивается к средним суглинкам – W от 6-10 до 12-16. Сопряжено изменяется Сгк:Сфк от 2.07-2.16 до 1.01-1.12.

Выводы

Несостоятельно мнение о «гранулометрическом покое» почв. Это мировоззрение тормозит развитие учения о полидисперсной системе почв.

К настоящему времени существует две методологические проблемы дисперсности почв: 1. Все элементы ПСП переменны во времени и содержание их непредсказуемо – переменно содержание физической глины в разновидностях почв и доли ила и пыли в ней, т.е. переменные в переменной; 2. Любое равновесие (движение) относительно. Равновесие ПСП можно определить лишь по отношению к какой-то конкретной «системе координат», «эталону сравнения» или же по отношению «идеального» состояния равновесия системы, как это было сделано нами.

Константы динамического равновесия почвенного образца (K) определялись по отношению к двум постоянным, для данного значения физической глины, эталонам сравнения: 1) по отношению к массе ила (α_{dt}) в физической глине (Z от 25 до 70% одного и того же почвенного образца ($\alpha_{dt}=0{,}01Z^2$ - *const*); 2) по отношению к пыли (β_{dt}) в физической глине (Z<25 и Z>75%) одного и того же почвенного образца ($\beta_{dt}=0{,}01Z\gamma$ - *const*), которые прибывают в состоянии «идеального» динамического равновесия, где K=1. Полидисперсная система почв характеризуется множеством состояний динамического равновесия (К=1, К>1 и К<1). Значение констант равновесия в ПСП колеблется от 0.5 до 2.0.

Некорректно сравнение почвенных образцов по показателю «содержание гумуса на 100 г почв» (y). Они несравнимы, так как значение y – есть функция двух переменных – $y=f(K,x)$, где концентрация гумуса в физической глине (x), нормировано изменена («разбавлена») через константу равновесия (K), до значения y. Рационально характеризовать гумусовое состояние почвенных образцов комплексно – сравнимыми, гумус-дисперсными детерминированными отношениями (матрицами): 1) $x=Ky$, % при K>1 или 2) $x=1/Ky$, % при K<1. Отношение аргумента (x) и функции (y) нормируются константой динамического равновесия ПСП, т.е. переменной дисперсностью почвенного образца.

Аридизация климата приводит к изменению отношения ила и пыли в физической глине в сторону ее большей пылеватости и как следствие снижению окисляемости гумуса. С оптимизацией увлажнения ПСП вновь восстанавливается до прежнего состояния равновесия.

Изучение почв следует всегда сопровождать данными сокращенного гранулометрического анализа по Н.А. Качинскому, определяя в суточной и минутной пробах содержание ила и физической глины. Это позволяет рассчитать константы равновесия почвенного образца любого класса. Далее, имея содержание гумуса в образце и его константу равновесия, можно с вероятностью 95-98%

предсказать (рассчитать) концентрацию гумуса в физической глине (x), как дано в п. 4. Зная значение x, можно определить интегральный гумусоводисперсный показатель – степень насыщенности физической глины гумусом – $W=100x/Z$.

Таблица 3. Взаимосвязь констант динамического равновесия полидисперсной системы почв с гумусностью почвы и физической глиной. **Table 3.** Interdependence between the dynamic balance constants of a polydisperse soil system and the humus content in soil and physical clay.

Разновидности почв	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %		Константы равновесия	Гумус, %		Насыщенность физической глины гумусом	Сгк:Сфк
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001-0,01 мм	<0,001 мм	0,001-0,01 мм		В почве	В физической глине		
	z	$\alpha_ф$	$\beta_ф$	α_{dt}	β_{dt}	K	y	x_p	W	
1	2*	3*	4*	5	6	7	8*	9	10	11*
Пойменные почвы										
Легкоглинистые	66.7	43.5	23.2	44.5	22.2	0.978	4.2	4.3	6.4	2.10
Тяжелосуглинистые	51.8	31.3	20.5	26.8	25.0	1.168	4.0	4.6	8.8	1.64
Среднесуглинистые	39.2	22.4	16.9	15.3	24.0	1.464	3.0	4.3	10.9	1.26
Легкосуглинистые	25.1	12.8	12.3	6.3	18.8	0.680	2.8	4.1	16.3	1.01
Серые лесостепные почв										
Легкоглинистые	72.1	42.4	29.7	51.9	20.2	0.817	3.4	4.2	5.8	2.07
Среднесуглинистые	33.5	18.2	15.3	11.2	22.3	1.625	2.4	3.9	11.6	1.10
Легкосуглинистые	25.1	13.0	12.1	6.3	18.8	0.691	2.2	3.1	12.3	1.00
Черноземы типичные										
Легкоглинистые	66.5	42.9	23.6	44.2	22.3	0.971	6.6	6.8	10.2	2.16
Тяжелосуглинистые	51.8	32.3	19.7	26.3	25.0	1.228	6.0	7.2	13.8	1.60
Среднесуглинистые	41.7	26.3	15.4	17.4	24.3	1.512	3.3	5.0	12.0	1.26
Легкосуглинистые	26.3	13.8	12.5	6.9	19.7	0.700	2.0	4.1	10.6	1.12

Примечание: *- данные Б.П. Ахтырцева и Л.А. Яблонских (1986)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А. 1986. Зависимость состава гумуса от гранулометрического состава в почвах лесостепи// Почвоведение. №1. С. 114-121

Залибеков З.Г. 2004. Об основных направлениях исследований почв охраняемых территорий юга России// Аридные экосистемы. Т 10. № 22-23. С. 7-9.

Залибеков З.Г. 2005. Аридное почвообразование и проблемы его изучения в регионах Европейского юга России// Аридные экосистемы. Т 11. № 26-27. С. 94-100.

Крыщенко В.С., Рыбянец Т.В., Бирюкова О.А., Кравцова Н.Е. 2006. Компенсационный принцип анализа гумус-гранулометрических соотношений в полидисперсной системе почв// Почвоведение. №4. С. 473-483.

Крыщенко В.С. Рыбянец Т.В., Замулина И.В. Бирюкова О.А. 2012. Моделирование взаимосвязи элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения// Труды института геологии Дагестанского НЦ РАН. Сборник научных статей. Махачкала. № 61. С. 22-33

MONITORING OF THE CHANGES IN SOIL DISPERSITY AND HUMUS CONTENT IN INCREASINGLY ARID CLIMATE CONDITIONS

© 2014. V.S. Kryshchenko, T.V. Rybianets, N.Y. Kravtsova, O.A. Biriukova, I.V. Zamulina

Southern Federal University, Faculty of Biosciences
Russia, 344090 Rostov-on-Don, Av. Stachki, 194/1. E-mail: kravcova_n@mail.ru

The paper is devoted to the assessment of balance states for a polydisperse soil system and soil humus content in increasingly arid climate. We have identified the general principle of correlation and interdependence between humus content in physical clay, humus content in soil, and the dynamic balance constants of a polydisperse soil system, that can be described using a mathematical model.

Key words: polydisperse soil system, particle-size fractions, humus, mathematical model.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60), с. 119-121

ХРОНИКА

О КНИГЕ К.М. ПЕТРОВА И Н.В. ТЕРЕХИНОЙ «РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН». СПБ: ХИМИЗДАТ. 2013. 328 С.

©2014 г. П.Д. Гунин, Е.А. Востокова

Институт проблем экологии и эволюции РАН
Россия, 117071 Москва, Ленинский пр., 33

Работа направлена на заполнение более полувекового отсутствия обобщающей сводки о растительном покрове Северной Евразии.

В книге, аналогично известной монографии Вальтера-Алехина, выделяются две части: первая - «Научные основы ботанической географии» и вторая – собственно описание растительности природных зон и растительности основных горных массивов России и бывших республик Советского Союза.

В первой части приведены кратко объяснения основных понятий и терминов современной ботанической географии и геоботаники. Эта часть выглядит как краткий конспект к введению в учение о растительном покрове при его естественном состоянии. Помещение этого раздела, с нашей точки зрения, оправдано. Это тем более важно, если рассматривать книгу как учебное пособие для студентов.

Вторая, основная часть работы охватывает территорию только в границах бывшего Советского Союза, без рассмотрения таких пограничных (или соседствующих) стран, как Финляндия, Монголия, Китай, Корея.

Описание растительного покрова построено по зонально-секторному принципу с отдельным рассмотрением растительности гор. Так, рассмотрены в арктическом и субарктическом поясе зоны: полярных пустынь (очень-очень кратко – на 1 стр.); тундр (по 5 провинциям), лесотундр и океанических лугов Курильских и Командорских островов.

В умеренном поясе выделены зоны хвойных бореальных лесов, хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, а также «интразональная» растительность материковых лугов и болот. В каждой зоне характеристики естественной растительности приводятся по секторам и провинциям с запада на восток. Так, в зоне хвойных бореальных лесов выделяются: Европейско-Сибирский сектор с Восточно-Европейской и Западно-Сибирской провинциями; Восточно-Сибирский (без разделения на провинции) и Дальневосточный сектор. В последнем выделено 3 провинции: Алдано-Охотский водораздел, Камчатская и Сахалинская.

В зонах хвойно-широколиственных и широколиственных лесов описание растительности приведено для Восточно-Европейской и Дальневосточной провинций.

Материковые луга и болота (верховые и переходные) охарактеризованы отдельно. Хотя, в частности, для болот вполне четко прослеживается их зонально-секторное распределение, охарактеризованное в отдельном разделе.

Равнинные степи умеренного пояса так же описаны по провинциям: Европейско-Казахстанской, Прикаспийской и Забайкальской. Хотя совершенно не рассмотрены степи Тувы и Даурии.

При описании Прикаспийской провинции большое внимание уделено дискуссии о переходной экотонной полосе между степями и пустынями (что это «полупустыня» или «опустыненная» степь). Кажется вполне очевидным факт существования этого экотона, имеющего свои характерные особенности. Например, непостоянство границ, отсутствие специфической «полупустынной» флоры, в то же время относительное богатство последней и др. Эти признаки характерны и для других переходных зон – лесотундры и лесостепи. Но там, благодаря сочетанию древесной и травянистой растительности, экотонная природа их не оспаривается.

В аридной зоне умеренного пояса кратко охарактеризованы основные типы пустынь Средней Азии и Казахстана, более бегло – Закавказья. Так же довольно кратко даны характеристики влажных субтропиков (Колхида в Грузии), сухих, средиземноморского типа (юг Крыма) и аридных (эфемеровые пустыни предгорий Копетдага, своеобразная «фисташковая саванна» Бадхыза и Карабиля).

Отдельной частью приводятся описания высотной поясности растительности гор: Урала, Кавказа, Памира, Тянь-Шаня, Алтая, Восточного Прибайкалья (только хребет Улан-Бургасы). Горы Восточной Сибири, а также Крымская яйла частично охарактеризованы при описании зонально-секторной растительности. Почему-то совершенно не затронута растительность Карпат, Малого Кавказа, Копетдага, Алайского и Киргизского хребтов, Танну-Ола, целого высокогорного массива Саян, хребта Хамар-Дабан, средневысотных гор Забайкалья, пограничных хребтов Джидинский, Чикойский и др.

Каждая глава начинается с краткой характеристики экологических условий, в основном, годового распределения осадков и температур. Очень наглядно и уместно они проиллюстрированы климатограммами.

Заканчиваются почти все главы весьма обобщенными, очень краткими, в самых общих словах упоминаниями об антропогенных нарушениях экосистем или только растительного покрова рассматриваемых зон и провинций. К сожалению, они не дают полного представления об истинном состоянии растительного покрова, обусловленного как интенсивным техногенными воздействиями, так и следствием экономического спада в конце XX в., а также некоторым оживлением антропогенного воздействия на растительность в начале XXI в.

Заканчивается книга нужными, но, к сожалению, краткими рассуждениями о ноосфере, техносфере и философии природы. Раздел, посвященный принципам охраны природы, заслуживает большого внимания.

Все описания растительности приведены либо на основе материалов середины XX века, либо на примерах заповедников. В результате после прочтения книги остается впечатление о залесенных просторах Европейской части России, о «море тайги» в Сибири, хотя, конечно, затронутых антропогенным воздействием. В то время как 4/5 территории страны имеют нарушенный растительный покров антропогенными воздействиями (хотя и разной интенсивности). Не затронуты в работе и результаты ботанических последствий такого масштабного воздействия на растительность, как зарегулирование стока крупнейших рек России, включая создание долинных водохранилищ. Кстати, о пойменных лугах и низинных болотах дельт вообще ничего не говорится. Ничего не сказано о последствиях эксплуатации Курской магнитной аномалии, где в результате открытых разработок руды образовались котлованы глубиной до 200 м, сдренированные грунтовые воды до 30 км. В этих отработанных котлованах сформировались водоемы с полусорной прибрежно-водной растительностью. Впрочем, водная и прибрежно-водная растительность в книге совсем не рассматривается, также как и последствия сооружения и эксплуатации водохранилищ, сооруженных на многих крупных реках, в том числе в горах Памира и Алтая.

К сожалению, ряд понятий, приводимых в первой части книги, в дальнейшем никак не раскрывается. В частности, в водной части упоминается термин «экотон». Но в дальнейшем даже типичные зональные экотоны – лесотундра, лесостепь, полупустыня (или опустыненные степи) – не рассматриваются как экотоны, характеризующиеся специфическими чертами растительного покрова, например, значительным ботаническим разнообразием, нестабильностью границ и др., что неоднократно подчеркнуто в работах В.С. Залетаева, Э.Г. Коломыца и др. Зато большое внимание уделено дискуссии о полупустыне, где отмечается отсутствие особой «полупустынной» флоры и растительности, что вполне очевидно и не должно быть. И уж совсем не затрагивается проблема антропогенной экотонизации биосферы, в том числе растительного покрова.

Слишком общие упоминания об антропогенном воздействии на растительность не отвечают современному ее состоянию. В работе даже не затронуты ботанические (флористические и фитоценологические) проблемы, связанные с концентрацией населения вокруг крупных городов и промышленных комплексов, с инвазией сорных и ядовитых растений на заброшенных бывших сельскохозяйственных землях и покинутых сел и деревень и др. Также даже не упомянута проблема реакции растительности на геохимическое и радиоактивное загрязнение; ничего почти не сказано о массовой гибели лесов от искусственно вызванных пожаров или от вспышек численности насекомых-вредителей. К примеру, последнее привело почти к повсеместной гибели ельников в Подмосковье в зоне хвойно-широколиственных лесов.

В книге бегло упоминается о пагубном для растительности воздействии геолого-разведочных работ и особенно горно-рудной промышленности. Тогда как горно-добывающая индустрия нацело сметает не только отдельные фитоценозы, но и целые ландшафтные комплексы. Например,

золотодобывающая промышленность в Восточной Сибири привела к полному исчезновению ряда долинных комплексов, а частично и лиственничных лесов водоразделов. В результате многолетней разработки железной руды с лица Земли исчезла гора Магнитная на Урале. Такие примеры можно продолжать очень долго.

Но кроме этого антропогенные воздействия способствуют возникновению новых ПТК с растительностью, не свойственной территории до этого. Например, образование солончаков с галофильной растительностью в зоне широколиственных лесов. Они возникли в результате вымывания хлористого натрия из терриконов, образованных при добыче калийных солей (окрестности Солигорска в Белоруссии).

Поэтому, с нашей точки зрения, слишком общие сведения об антропогенных воздействиях, представленных в книге, и отсутствие описаний собственно антропогенной растительности на данном этапе является недостаточным. Учитывая все это, мы полагаем, что на следующем этапе авторы смогут посвятить вопросу современного состояния растительности отдельную книгу.

Книга хорошо иллюстрирована рисунками, графиками и схемами. Во вкладках помещены цветные фотографии отдельных растений и их сообществ, как оригинальных, так и заимствованных в интернете или из литературных источников, но всегда с указанием автора или источника информации.

В книге приведено относительно много фрагментов карт растительности. Но, к сожалению, все они мелкого масштаба, а многие из них составлены в середине XX века, и в них нет сведений о произошедших за последние четверть века изменениях в растительном покрове России и сопредельных странах.

Описания растительности, на наш взгляд, слишком перегружены чисто флористическими сведениями; многочисленными перечнями отдельных видов в ущерб фитоценотической характеристике растительных сообществ, трендов их динамики. Так, например, неоднократно упоминаются эндемичные виды растений, но нигде не говорится об эндемичных фитоценозах, хотя бы о тех, что описаны в монографии «Зеленая книга Сибири».

В приложении приведены отдельные списки русских и латинских названий растений, упомянутых в работе. Но, возможно, было бы целесообразнее составить единый список русско-латинских названий растений (с указанием страниц текста, как это сделано в книге). Это дало бы возможность разгрузить текст от многочисленных повторов в перечнях встречающихся видов, что способствовало бы высвобождению места для фитоценотических характеристик растительности.

Но, в целом, несмотря на ряд упомянутых недостатков работы, нужно признать, что появление этой книги – явление нужное и полезное. Особенно она значима для молодого поколения старшеклассников и студентов, т.к. в этой книге очень наглядно показано разнообразие растительного мира России и сопредельных стран в его естественном состоянии.

Знакомство с природным растительным покровом, его красотой и эстетическим воздействием имеет огромное морально-воспитательное значение. Рассмотрение растительности, не затронутой или слабо нарушенных деятельностью людей, хоть частично сохранившейся в заповедниках, служит воспитанию бережного отношения к окружающему миру растительности. Здесь наглядно показано, к чему надо стремиться в результате разумного (рационального) природопользования с максимальным эколого-экономическим эффектом; к чему должны привести различные мелиоративные и природоохранные мероприятия.

ABOUT THE MONOGRAPHY OF R.M. PETROVA AND N.V. TERYOKHINA “VEGETATION OF RUSSIA AND NEIGHBOUR COUNTRIES” S-PB. KHIMIZDAT. 2013. 328 P.

©2014. P.D. Gunin, E.A. Vostokova

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

The research is aimed at filling of more than half a century of absence summarizing reports on the vegetative cover of Northern Eurasia. In the book, similar to the famous monograph Walter-Alekhin, there are two parts: first, "Scientific foundations of Botanical geography" and the second is the actual description of the vegetation of natural areas and vegetation the major mountain ranges of Russia and the soviet former republics.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2014. Т. 20. № 3 (60)

JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2014. Vol. 20. № 3 (60)

Учредители: Учреждение Российской академии наук Прикаспийский институт биологических ресурсов и Учреждение Российской академии наук институт геологии Дагестанского научного центра РАН (ПИБР ДНЦ РАН), Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН (ИВП РАН).

Свидетельство о регистрации средства массовой информации в Роскомнадзоре (Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций) – ПИ № ФС77-56164 от 15 ноября 2013 г.

ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60х 84 $^{1}/_{8}$	Объем 6.5 п.л.
Тираж 200 экз.	Заказ №

Тиражировано в типографии ИП Гаджиева С.С.
367025, Махачкала, ул. Юсупова, 47
RIZO-PRESS, Тел. 8(8722) 68-40-21

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)