



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Сапанов М.К.</b> К 60-летию со дня организации Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН .....	131
<b>Быков А.В., Шабанова Н.П., Бухарева О.А.</b> Особенности распространения и выживания общественных полёвок в глинистой полупустыне Заволжья .....	133
<b>Всеволодова-Перель Т.С., Сиземская М.Л., Колесников А.В.</b> Изменение видового состава и трофической структуры почвенного населения при создании искусственных лесных насаждений в полупустыне Прикаспия .....	142
<b>Кулакова Н.Ю., Абатуров Б.Д.</b> Элементы круговорота азота в ландшафтах Северного Прикаспия .....	151
<b>Ларионов К.О., Быков А.В., Вышивкин А.А., Шадрин М.Б.</b> Питание общественных полёвок на раннем этапе заселения зональной равнины в глинистой полупустыне Заволжья .....	160
<b>Лебедева (Верба) М.П., Сиземская М.Л.</b> Анализ микростроения мелiorированных солонцов Джаныбекского стационара для оценки их экологического состояния .....	166
<b>Сапанов М.К.</b> Возобновление и сохранность деревьев и кустарников в лесонасаждениях аридных регионов .....	177
<b>Сапанов М.К., Сиземская М.Л.</b> Климатогенные изменения травянистой растительности на солончаковых солонцах Северного Прикаспия .....	185
<b>Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Колесников А.В., Цзяо Цзюйин, У Циньсяо, Лю Гобинь.</b> Экологические особенности лесовыращивания в аридных регионах России и Китая .....	195
<b>Чернецов Н.С., Булюк В.Н., Ктиторов П.С.</b> Роль Джаныбекского оазиса как места миграционных остановок дендрофильных видов воробьиных птиц .....	204



## CONTENTS

<b>Sapanov M.K.</b> To the 60 anniversary from the date of establishment of the Dzhanybek Research Station of the Forestry Institute, Russian Academy of Sciences .....	131
<b>Bykov A.V., Shabanova N.P., and Bukhareva O.A.</b> Features of social vole spreading and survival in a clayey semi-desert of the Trans-Volga region .....	133
<b>Vsevolodova-Perel T.S., Sizemskaya M.L., and Kolesnikov A.V.</b> Changes in the specific composition and trophic structure of the soil population due to creation of artificial forest plantings in the Caspian semidesert .....	142
<b>Kulakova N.Yu. and Abaturov B.D.</b> Nitrogen cycle elements in the Northern Caspian lowland landscapes .....	151
<b>Larionov K.O., Bykov A.V., Vyshyvkin A.A., and Shadrina M.B.</b> Feeding of Social vole at the beginning stage of colonization of a zonal plain in a clayey semi-desert of the Trans-Volga region .....	160
<b>Lebedeva (Verba) M.P. and Sizemskaya M.L.</b> Analysis of the microfabrics of reclaimed solonchaks at the Dzhanybek Research Station for evaluation of their ecological status .....	166
<b>Sapanov M.K.</b> Renewal and conservation of trees and shrubs in artificial forests in arid regions .....	177
<b>Sapanov M.K. and Sizemskaya M.L.</b> Climate-caused changes in the herbaceous vegetation on solonchakous solonchaks of the Northern Caspian lowland .....	185
<b>Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., Kolesnikov A.V., Jiao Juying, Wu Qinxiao, and Liu Guobin.</b> Ecological features of forest growing in arid regions of Russia and China .....	195
<b>Chernetsov N.S., Bulyuk V.N., and Ktitorov P.S.</b> Role of the Dzhanybek oasis as a migratory stopover site for forest passerines .....	204

## К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДЖАНЫБЕКСКОГО СТАЦИОНАРА ИНСТИТУТА ЛЕСОВЕДЕНИЯ РАН

Джаныбекский стационар Института лесоведения РАН расположен в Волжско-Уральском междуречье (49°23' N, 46°47' E) на севере Прикаспийской низменности, административно – по обе стороны границы между Россией (Волгоградская область) и Казахстаном (Западно-Казахстанская область).

Стационар был создан в 1950 г. в составе Комплексной экспедиции АН СССР по полезащитному лесоразведению (1949 – 1953 гг.) для научного обеспечения лесокультурных работ, которые необходимо было проводить во исполнение Постановления Совета Министров СССР от 24 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрении травопольных севооборотов, строительстве прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» (так называемого «Сталинского Плана преобразования природы»).



К настоящему времени Усадьба Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН (фото М.К. Сапанова) созданный на исконно безлесных землях стационар представляет собой уникальный агролесной оазис, включающий в себя дендрарий, массивные и полосные насаждения из разных видов деревьев и кустарников, полезащитные системы, заповедный степной участок, пастбищные угодья разной степени эксплуатации. Правительством Российской Федерации (Постановление № 719 от 16 июня 1997 г.) ландшафтному комплексу Джаныбекского стационара присвоен статус Памятника природы федерального значения.

Представленные в настоящем номере статьи отображают комплексный характер проводимых на стационаре исследований. Идея такой комплексности была заложена еще в период создания стационара выдающимися учеными: В.Н. Сукачевым, А.А. Роде, А.Ф. Большаковым. Стационар известен выполненными важными работами в области почвоведения, лесоведения, геоботаники, зоологии, а также продолжающимися исследованиями, в которых раскрываются все новые механизмы функционирования естественных и искусственных экосистем, связанные, например, с изменением климата и антропогенным воздействием.

Исследования за 60 лет зафиксированы в более чем 1000 публикаций и десятках монографий. Особо ценны хранящиеся в фондах почвенные и геоботанические карты 1950-х гг., первоначальные и постоянно пополняемые сведения о водно-солевом состоянии почвогрунтов, уровнях и засолении грунтовых вод, видовом разнообразии и ресурсном потенциале растительного и животного мира, погодных



Уголок дендрария Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН (фото М.Л. Сиземской)

условиях и многие другие сведения. Пожалуй, по многообразию и глубине биогеоценотических исследований Джаныбекскому стационару мало аналогов не только в России, но и за рубежом. Этот результат стал возможным потому, что на стационар приезжают работать научные сотрудники, дипломники, аспиранты из других учреждений. Итогом такой организации работы можно считать защиты более чем 40 кандидатских и докторских диссертаций. Итак, главными ценностями Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН являются: созданный уникальный лесоаграрный оазис в полупустыне, организация мониторинга природных условий, зафиксированные и постоянно пополняемые данные комплексных биогеоценотических исследований, участие в работе и подготовка молодых специалистов.

В настоящем номере мы попытались показать некий срез направлений исследований, проводящихся в настоящее время на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН.

*М.К. Сапанов*

Институт лесоведения РАН  
Россия, 143030, Московская обл.,  
Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21  
E-mail: sapanovm@mail.ru

УДК 599.323.43(470.45+574.11)

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ВЫЖИВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОЛЁВОК В ГЛИНИСТОЙ ПОЛУПУСТЫНЕ ЗАВОЛЖЬЯ

А.В. Быков, Н.П. Шабанова, О.А. Бухарева

*Институт лесоведения РАН*

*Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21*

*E-mail: root@ilan.ras.ru*

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Особенности распространения и выживания общественных полёвок в глинистой полупустыне Заволжья.** – Быков А.В., Шабанова Н.П., Бухарева О.А. – Общественная полёвка (*Microtus socialis* Pall.) – ландшафтный вид глинистой полупустыни Заволжья – в 1970-х гг. исчезает с зональной равнины, но сохраняется в разнообразных местообитаниях озерных понижений. В 2009 г. она вновь заселяет бессточную равнину. Причины ухода и возвращения полёвки неясны. Очевидно, что это явление лежит в ряду многолетних циклических изменений видового состава и численности, характерных для многих животных региона.

*Ключевые слова:* общественная полёвка, *Microtus socialis*, циклические изменения видового состава, глинистая полупустыня Заволжья, динамика численности.

**Features of social vole spreading and survival in a clayey semi-desert of the Trans-Volga region.** – Bykov A.V., Shabanova N.P., and Bukhareva O.A. – Social vole (*Microtus socialis* Pall.) is a landscape species of the Trans-Volga clayey semi-desert, which disappeared from the zonal plain in the 1970s but survived in various habitats of lake depressions. In 2009, it settled the blind plain again. No causes of voles going away and returning back are known. These phenomena might be one of cyclic changes in the specific composition and abundance of many animals in the region.

*Key words:* social vole, *Microtus socialis*, cyclical changes of specific composition, clayey semi-desert of Trans-Volga region, abundance dynamics.

### ВВЕДЕНИЕ

В западной части полупустынного Заволжья малый суслик (*Spermophilus rugmaeus* Pallas, 1778), а до начала 1970-х гг. общественная полёвка (*Microtus socialis* Pallas, 1773) и степная пеструшка (*Lagurus lagurus* Pallas, 1773) являлись ландшафтными видами. Известно, что на бессточной равнине деятельность малого суслика привела к формированию специфического микрорельефа поверхности и комплексности почвенного и растительного покровов (Димо, Келлер, 1907; Роде, Польский, 1961; Абатуров, 1984; Шабанова и др., 2010). Средообразующая роль общественной полёвки и степной пеструшки в глинистой полупустыне изучена мало. Известно, что роющая деятельность общественной полёвки ведет к значительным изменениям морфологических признаков почв, сказывается на их солевом режиме, включает механизмы сукцессионной смены растительности, а развитая норная система способна перехватывать талые и ливневые воды (Формозов, Воронов, 1939; Абатуров, 1964, 1984; Быков и др., 2008). Недооценка биогеоцено-

тической роли этих видов связана с периодичностью их массового присутствия на комплексной равнине в прошлом, а главное с тем, что они покинули зональные ландшафты несколько десятков лет назад. Недавнее возвращение общественных полёвок на территории комплексной равнины делает необходимым не только фиксацию этого процесса, но и оценку особенностей распространения полёвок как в прошлом, так и в настоящее время.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Нами использованы собственные данные, собранные в 1980 – 2009 гг. на территории Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН и во время многочисленных маршрутов в радиусе более 200 км, а также литературные источники.

Исследованная территория расположена на западе заволжской части Прикаспийской низменности. На востоке ее ограничивает р. Ащи-Узьяк и котловина оз. Аралсор, на западе – котловины соленых озер Булухта, Эльтон и Боткуль. Бессточная равнина лежит на высоте от 20 – 25 м до 10 м над уровнем моря, озерные котловины имеют глубину от +16 до -16 м.

Климат в целом характеризуется резкой атмосферной засушливостью и безводностью (Доскач, 1979). Здесь чередуются многолетние сухие и более влажные периоды. Большая часть второй половины XX столетия пришлась на засушливый период (1929 – 1985 гг.). Начиная с 1985 г. климат становится более влажным за счет увеличения летних осадков и более теплым за счет повышения зимних температур (Сотнева, 2004; Сапанов, 2006).

Территория представляет собой морскую аккумулятивную равнину хвалынского возраста. На равнине развит мезо- и микрорельеф. Элементы мезорельефа – плоские понижения: падины и лиманы, занятые злаково-разнотравной растительностью. Остальная территория равнины имеет комплексный почвенно-растительный покров: микроповышения с солонцовыми почвами заняты ассоциациями пустынного типа, западины (микropонижения) с лугово-каштановыми почвами – злаково-разнотравными ассоциациями степного типа, сходными с растительностью падин (Роде, Польский, 1961).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### *Распределение полёвок до начала 1970-х гг.*

До 1970-х гг. общественные полёвки равномерно заселяли как равнину (солонцовый комплекс и падины), так и озерные понижения (балки, долины рек). Их численность была подвержена резким годовым колебаниям, но амплитуды этих колебаний на равнине и в озерных понижениях значительно различались.

Благоприятное сочетание климатических факторов способствовало быстрому подъему численности полёвок и их расселению. Пики численности отмечались раз в 5 – 10 лет. В такие годы бессточные равнины оказывались буквально сплошь испещрены входами в норы зверьков (Ходашова, 1960).

В озерных понижениях в периоды депрессий отдельные обитаемые поселения всегда сохранялись в приречных спирейниках и в нижних частях склонов балок.

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

При подъеме численности постепенно заселялись верхние части склонов, и зверьки выходили за пределы береговых террас (Ходашова, 1960; Зубкова, Линдеман, 1971).

С начала 1970-х гг. наступила депрессия рассматриваемого вида столь глубокая, что почти на 40 лет общественная полёвка, равно как и другой ландшафтный вид – степная пеструшка, абсолютно исчезли с территории комплексной равнины. В отличие от пеструшки, не отмеченной в регионе до сих пор, общественная полёвка в эти годы сохраняется лишь в озерных понижениях (Линдеман и др., 2005).

Таким образом, на комплексной равнине с ее богатыми травяными сообществами и огромными кормовыми ресурсами на протяжении 40 лет отсутствовали грызуны-фитофаги. Правда, с середины 1980-х гг. восточноевропейская полёвка (*Microtus rossiaemeridionalis* Ognev, 1924) пыталась расселиться по западинам. В регионе это обычный немногочисленный вид озерных котловин, а также садов, узких лесных полос и опушек лесных насаждений. На межпадинной равнине этот вид ранее не встречался. Характерно, что, заселяя целинную равнину, восточноевропейская полёвка открывала сохранявшиеся в плотной почве глубинные ходы общественной полёвки и обживала их. Таким образом они получали систему укрытий от жары, хищников и в пределах значительной площади имели возможность скрытно передвигаться в поисках корма, отчасти наследуя стратегию выживания общественной полёвки. Однако уже в начале 1990-х гг. поселения восточноевропейской полёвки лишь изредка отмечались в западинах в непосредственной близости от искусственных лесных насаждений. Интересно отметить, что такая попытка расселения не связана с подъемом численности этого вида, а, скорее, связана с попыткой занять освободившуюся нишу. С середины 1980-х до начала 1990-х гг. численность восточноевропейской полёвки в их обычных естественных и искусственных станциях заметным образом не менялась (Быков, 2005).

Весной 2009 г. общественная полёвка вновь появилась на комплексной равнине. На безлесных участках Джаныбекского стационара на расстоянии 0.5 – 0.6 км от насаждений точечные поселения отмечены в каждой пятой западине. На остальных участках равнины, как в окрестностях стационара, так и в радиусе 60 км от него (на запад по направлению к оз. Булухта, на восток по направлению к пос. Узункуль и Мурацай, на юг – к пос. Эльтон), поселения отмечены в каждой 15 – 20-й западине. Диаметр каждого поселения весной не превышал 1.5 м, на этом пространстве было сгруппировано от 3 – 5 до 10 – 12 норных отверстий со свежими выбросами. Травостой в пределах группы норок был практически уничтожен, при этом отсутствовала и ветошь, что говорит о том, что заселение, возможно, произошло поздней осенью 2008 или зимой 2008 – 2009 гг. Однако подснежные гнезда не были обнаружены. В октябре 2009 г. количество заселенных западин существенно не изменилось, но поселения стали заметнее. Весь травостой в пределах заселенных западин был уничтожен, почва была перерыта. Заселенные западины резко выделялись среди желтой степи ярко-зеленым цветом отавы. Количество норных отверстий в каждом поселении увеличилось до нескольких десятков (около 60 в каждом), увеличился и диаметр поселений до 2.5 м.

Никаких следов появления общественной полёвки в предыдущие годы нами отмечено не было. В 2008 г. её численность в озерных понижениях была большой, но поселения зверьков на равнинах междуречий отсутствовали. Не зафиксированы они и весной – осенью 2009 г., хотя численность зверьков возросла: были заселены все поселения на склонах балок, потяжины, западины междуречий. Подснежные гнезда также не были обнаружены. Необычным было только то, что еще в октябре 2009 г. на поселениях не началась чистка нор. Кроме того, с мая по первую половину октября в озерных понижениях была отмечена необычно высокая подвижность полёвок. Так, в ловушки Барбера, выставляемые для учета беспозвоночных животных (10 ловушек в линии, всего отработано 16 линий), попало 26 общественных полёвок. При отловах в 2005 – 2008 гг. полёвки попадались единично, и их общее число за сезон не превышало четырех (обычно 1 – 2 экз.). Все отловленные особи были половозрелыми, данного года рождения. Многие особи были пойманы в несвойственных им станциях: в зарослях тростника (*Phragmites Adans*) и в полосе солероса простёртого (*Salicornia prostrata Pallas*) на илистых наносах днища оз. Булухта, в солянках переувлажненных прибрежных участков поймы р. Солянка, на мертвых солончаках побережья оз. Эльтон и др.

Дать убедительное объяснение столь быстрому заселению огромной территории мы не можем. Никаких массовых переселений полёвок ни нами, ни местным населением не зафиксировано. Не отмечено и появление осенью – весной 2008 – 2009 гг. и большого количества сов, что обычно сопровождает инвазию полёвок. Можем высказать два противоречащих друг другу предположения:

1) расселение происходило с территорий озерных понижений зимой под прикрытием снежного покрова (иначе трудно объяснить преодоление полёвками водных преград);

2) полёвки все эти годы все-таки сохранялись на комплексной равнине в крайне незначительных количествах в немногих, но достаточно равномерно разбросанных по территории убежищах.

Последнее, в принципе, возможно и подкрепляется следующим примером. В полупустынном Заволжье полевые мыши крайне редки. Только в 1953 г. в период пика численности всех мышевидных грызунов они были отловлены в изолированном участке естественных терновников на северном побережье озера Эльтон (Ходашова, 1960). Несмотря на многочисленные учеты зверьков именно в этом местобитании, до 1980 г. полевые мыши не отмечены (Зубкова, Линдемман, 1971; Быков, 1984). С 1980 г. этот вид фиксируется здесь постоянно.

#### *Распределение и особенности существования общественной полёвки в станциях озерных понижений*

Исчезновение общественной полёвки с комплексной равнины не сопровождалось никакими необычными изменениями в населении зверьков озерных понижений. Здесь пики численности общественной полёвки отмечены в 1974 – 1975, 1987 – 1988, 1999 – 2001, 2008 – 2009 гг., а глубокие депрессии – в 1980, 1993 – 1994 гг. (Линдемман и др., 2005). Особенно высокая их численность была после пожаров 2001 г., когда многочисленные поселения зверьков появились практически во всех

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

стациях озерных понижений (Быков и др., 2006), в том числе на равнинных участках междуречий и переломах между озерными понижениями и комплексной равниной, т.е. почти на равнине.

В озерных понижениях поселения общественной полёвки, формирующиеся на разных стадиях численности, приурочены к различным частям склонов. Стации переживания – некрутые склоны больших балок и долин небольших речек, где застаивание воды невозможно. Здесь поселения общественной полёвки занимают практически всю площадь, и отдельные колонии можно выделить лишь в годы депрессии, когда периферия поселения имеет явно необжитой вид. Число норных отверстий на склонах достигает  $5/\text{м}^2$ , а в среднем составляет  $3.5/\text{м}^2$ . Показателем того, что общественная полёвка обитает здесь постоянно, являются свежие выбросы зверьков, занимающие небольшую площадь – обычно менее 10%. Это свидетельствует о том, что даже в самые неблагоприятные годы такие поселения обитаемы. Полёвки постоянно поддерживают, подправляют систему ходов, и поэтому при подъеме численности сколько-нибудь значительного количества новых ходов не создается.

В верхней части склонов, на их переломах к равнинам междуречий и в начале потяжин поселения полёвок не сливаются друг с другом и имеют отчетливо выраженные границы. В таких местах они приурочены к участкам с лучшим травостоем, занимают большую площадь и, даже в годы средней и умеренно высокой численности, заселены мозаично. В среднем же на занятое поселением пространство приходится 2 норных отверстия на  $1 \text{ м}^2$ . Здесь количество свежих выбросов свидетельствует о фазе динамики численности. В годы депрессии свежие выбросы отсутствуют, а при подъеме численности могут занимать до 50% площади поселения, так как зверьки вынуждены подправлять и восстанавливать свои норные системы.

В местах, где колонии формируются лишь в годы массового размножения вида (западины и ровные участки междуречий), места поселений зверьков единичны и изолированы друг от друга. В годы высокой численности количество норных отверстий в них в среднем также составляет  $2/\text{м}^2$ , а свежие выбросы могут занимать до 80% площади, так как многие ходы здесь создаются заново или серьезно подправляются.

### *Причины исчезновения общественной полёвки с комплексной равнины*

Причины оставления общественной полёвкой издавна обитаемой территории до сих пор неясны. К.С. Ходашова (1960) показала, что решающую роль в изменении численности общественной полёвки играют климатические условия. Большое значение имеет погода в период снеготаяния. Так, сильный весенний сток сводит на нет численность зверьков, так как их норные системы заполняются водой.

Связь распределения полёвок со степенью дренированности территории проявляется отчетливо. Поселения общественной полёвки обычно занимают значительную площадь и включают в себя различные формы мезо- и микрорельефа. Так, на комплексной равнине норы и ходы зверьков в прошлом охватывали не-

сколько типов стаций: западину или несколько западин и участок солонцового повышения, край падины и солонцовый комплекс и пр., т.е. всегда включали неза-тапливаемые участки. В годы глубоких депрессий общественная полёвка сохранялась лишь в локальных рефугиумах – по базищам, ямам, по окраинам падин и опушкам лесных полос. Этот вид приспособлен к условиям аридного климата и, обитая среди разреженной растительности, зверьки не совершают длительных перебежек по поверхности, а передвигаются под землей по развитой системе ходов (Башенина, 1962). Раскопы на поселениях зверьков показали, что объем норных пустот в 40-сантиметровом слое почвы составляет 7 – 10%, а в 30-сантиметровом слое достигает 12%, в исключительных случаях – 15% (Линдеман и др., 2005), что сравнимо с соответствующими показателями для норной сети в лесу (Быков, 2003). Однако норная сеть здесь не образуется: ходы раздваиваются, часто проходят друг над другом, но ходами-перекладинами не соединяются, отмечены лишь немногие случайные пересечения (Быков, 2008).

Такая норная система способна не только принимать значительное количество воды, но и перераспределять ее (Быков и др., 2008). В то же время отсутствие пересечений ходов, т.е. минимальное развитие сетевых элементов, подразумевает наличие в норной системе ходов и тупиков, находящихся на разных уровнях и несоединенных друг с другом. При затоплении это обеспечивает возникновение многочисленных воздушных колоколов – убежищ для зверьков. Аналогичное явление было отмечено нами для лесной мыши (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811), обитающей в массивных насаждениях Джаныбекского стационара, приуроченных к периодически затопляемым падинам (Быков, Сапанов, 1989).

Кроме того, на склонах такая норная система, открывающаяся наружу несколькими норными отверстиями, способна работать как своего рода водяной коллектор. Она не просто наполняется водой, но организует внутрпочвенный сток вплоть до самого днища балок или речных долин (Быков и др., 2008). При этом застаивания воды здесь не происходит, так как по днищу балки или вдоль русла реки обычно обитает восточноевропейская полёвка (*M. rossiaemeridionalis*), норные системы которой в местах контакта с поселениями общественной полёвки образуют настоящую норную сеть (Быков, 2008). Такая норная сеть, благодаря большому количеству соединений между отдельными ветвями ходов, способна принимать значительные объемы воды, а избыток непосредственно переправлять во временный водоток днища балки или непосредственно в русло реки. При этом вода, идущая по норам, свободно выходит из многочисленных норных отверстий. Правда, в таких системах стока вечером при понижениях температуры могут образовываться ледяные пробки, задерживающие воду.

Гибель зверьков на равнине и в озёрных понижениях отмечена К.С. Ходашовой (1960) в периоды высокой численности полёвок и, в частности, в годы их подснежного размножения, что возможно лишь в условиях высокого снежного покрова. Естественно, что при этом часть особей, расселившихся за пределы стаций переживания, оказывается на потенциально затапливаемых участках и при затоплении гибнет.

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

На численность общественной полёвки также влияют запас и доступность зимних кормов. Запас зависит от осенней вегетации и определяется количеством осадков в августе и сентябре, доступность – частотой чередования оттепелей и заморозков и образованием на поверхности ледяной корки, препятствующей сбору корма (Ходашова, 1960).

Оба фактора, безусловно, важны. Катастрофические условия для полёвок возникают либо при затоплении нор, либо при многолетней засухе. Весеннее затопление может привести и, очевидно, неоднократно приводило к глубокой депрессии рассматриваемого вида. Длительное отсутствие осенней вегетации могло усугубить ее. Но обратим внимание на то, что, как было сказано выше, норная система переводит поверхностный сток во внутрипочвенный, обеспечивая этим влагозарядку почвы, что позитивно сказывается на растительности в местах поселений. Таким образом, при затоплении нор влагозарядка почвы увеличивается. Кроме того, «выстригание» растительности зверьками стимулирует ее отрастание, которое в местах поселений происходит и в сухую осень при условии хорошей зимне-весенней влагозарядки почвы или после летних ливней. Подлинная катастрофа для вида предполагает, что после многолетней засухи и последующей многоснежной зимы происходит бурное снеготаяние. В результате полёвки, и так малочисленные, гибнут от затопления. Такого рода ситуация описана К.С. Ходашовой (1960), и действительно в 1950 г. привела к депрессии столь глубокой, что на равнине трудно было встретить поселения со следами обитания. Тем не менее, численность полёвки восстановилась уже к 1953 г.

Трудно допустить, что указанные факторы, даже в сочетании друг с другом, ведут к исчезновению вида со столь большой и разнообразной по своим экотопическим условиям территории, как комплексная равнина. На ней, кроме незатапливаемых микроповышений, всегда многочисленны разнообразные антропогенные биотопы-рефугиумы: дренирующие участки (ямы и каналы) и незатапливаемые участки (базища и другие бугры). Сам по себе этот список показывает разнообразие сочетаний условий и возможностей, в которых общественная полёвка может сохраняться в период депрессий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние 50 – 100 лет на рассматриваемой территории отмечены значительные изменения видового состава и численности во всех группах животных. Причины таких изменений очень разные. Самые очевидные связаны с антропогенными изменениями: распашка, обводнение и облесение земель, т.е. создание новых биотопов, несвойственных полупустыне или редких в ее пределах. В результате здесь появились такие виды, как каменная куница (*Martes foina* Erxleben, 1777), шакал (*Canis aureus* Linnaeus, 1758), гребенщукочная песчанка (*Meriones tamariscinus* Pallas, 1773) или увеличилась численность видов, ранее бывших редкими – лесная мышь (*A. uralensis*), вяхирь (*Columbo palumbus* Linnaeus, 1758), обыкновенная пустельга (*Falco tinnunculus* Linnaeus, 1758), кобчик (*F. subbuteo* Linnaeus, 1766 и др. (Линдеман, 2005).

В то же время появление и исчезновение ряда видов кажутся спонтанными. Практически одновременно с общественной полёвкой степная пеструшка исчезает со всей территории региона; бессточную равнину покидают слепушонка (*Ellobius talpinus* Pallas, 1770), вернувшаяся сюда в 2005 г., и разноцветная ящурка (*Eremias arguta* Pallas, 1773), до сих пор отсутствующая. Как и общественная полёвка, последние виды остаются обычными в озерных котловинах. Практически одновременно полностью исчезают характерные и прежде массовые птицы полупустыни: кречётка (*Chettusia gregaria* Pallas, 1771), степной лунь (*Circus macrourus* Gm.) и степная пустельга (*Falco naumanni* Fleischer, 1818). Почти на сто лет со всей территории (с середины XIX до середины XX в.) исчезал кабан (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) (Динесман, 1960), с конца XIX до середины XX в. – сайгак (*Saiga tatarica* Linnaeus, 1766). Традиционное объяснение этих явлений деятельностью человека не представляется убедительным: антропогенные факторы действовали на фоне естественного глубокого периодического снижения численности и могли только усилить это снижение. Очевиден циклический характер этих явлений, но связь его с погодными явлениями неясна (Линдеман и др., 2005).

Начавшийся влажный период пока что не привел к заметным изменениям в населении животных, как завершившийся сухой. Возвращение общественной полёвки (2009 г.) и слепушонки (2005 г.) на комплексную равнину показывает, что подобные изменения происходят далеко не сразу. В свое время Г.В. Линдеман подчеркивал, что изменения, вызванные засухой, произошли лишь через много лет после начала сухого периода (Линдеман и др., 2005).

Если общественная полёвка вновь закрепится на зональной равнине, то в ближайšie годы следует ожидать появления здесь таких почти исчезнувших ныне хищников, как степная пустельга, степной лунь, болотная сова (*Asio flammeus* Pontoppidan, 1763), подъема численности ушастой совы (*Asio otus* Linnaeus, 1758) и сплюшки (*Otus scops* Linnaeus, 1758). Возможно возвращение на равнину и разноцветной ящурки, кладки которой приурочены к выбросам полёвок. Если данный прогноз оправдается, то мы получим яркий пример естественной многолетней периодической динамики фауны зональной территории, что в дальнейшем позволит с большой уверенностью прогнозировать динамику ее населения и более строго определит значение естественных и антропогенных факторов в этой динамике.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д. Влияние деятельности степной пеструшки на почвенный и растительный покров сухих степей Казахстана // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1964. Т. 69, № 6. С. 24 – 35.
- Абатуров Б.Д. Млекопитающие как компонент экосистем. М.: Наука, 1984. 286 с.
- Башенина Н.В. Экология обыкновенной полёвки. М.: Изд-во МГУ, 1962. 307 с.
- Быков А.В. Распространение и экология мышей в глинистой полупустыне Заволжья // Экология. 1984. № 2. С. 85 – 88.
- Быков А.В. Норная сеть мелких лесных млекопитающих в почвах разных природных зон Европейской России // Почвоведение. 2003. № 4. С.451 – 457.

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

*Быков А.В.* Необычное поведение восточноевропейской полёвки (*Microtus rossiaemeridionalis* Ognev.) в глинистой полупустыне Заволжья // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: Материалы Междунар. совещ. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005. С. 149 – 150.

*Быков А.В.* Полидоминантность населения мелких млекопитающих как условие формирования норной сети в лесных биогеоценозах // Лесоведение. 2008. № 5. С. 45 – 51.

*Быков А.В., Сапанов М.К.* Значение роющей деятельности мелких млекопитающих в процессах накопления воды в лесных насаждениях глинистой полупустыни // Экология. 1989. № 1. С. 50 – 55.

*Быков А.В., Линдемман Г.В., Лопушков В.А.* Значение древесно-кустарниковой растительности для позвоночных животных Эльтонского природного парка // Биоразнообразие и проблемы природопользования в Приэльтонье: Сб. науч. тр. Волгоград: Изд-во «ПринТерра», 2006. С. 17 – 23.

*Быков А.В., Колесников А.В., Кулакова Н.Ю., Шабанова Н.П.* Аккумуляция влаги и эрозия почвы на поселениях общественных полёвок в Северном Прикаспии // Почвоведение. 2008. № 8. С. 1019 – 1024.

*Димо Н.А., Келлер Б.А.* В области полупустыни. Почвенные и ботанические исследования на юге Царицынского уезда Саратовской губернии. Саратов: Изд-во Саратов. губерн. земства, 1907. 215 с.

*Динесман Л.Г.* Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 160 с.

*Доскач А.Г.* Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979. 142 с.

*Зубкова Л.В., Линдемман Г.В.* Млекопитающие искусственных лесных насаждений в Прикаспийской глинистой полупустыне // Животные искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне. М.: Наука, 1971. С. 178 – 192.

*Линдемман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А.* Динамика населения позвоночных животных Заволжской полупустыни. М.: Наука, 2005. 252 с.

*Сапанов М.К.* Условия выращивания защитных лесных насаждений в полупустыне северного Прикаспия в связи с изменением климата во второй половине XX в. // Лесоведение. 2006. № 6. С. 45 – 51.

*Сотнева Н.И.* Динамика климатических условий второй половины XX века района Джаныбекского стационара Северного Прикаспия // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 5. С. 74 – 83.

*Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1961. Т. 56. С. 3 – 214.

*Формозов А.Н., Воронов А.Г.* Деятельность грызунов на пастбищах и сенокосных угодьях Западного Казахстана и ее хозяйственное значение // Учён. зап. МГУ. Зоология. 1939. Вып. 20. С. 3 – 122.

*Ходашова К.С.* Природная среда и животный мир глинистых полупустынь Заволжья. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 140 с.

*Шабанова Н.П., Лебедева М.П., Быков А.В.* Морфологические и химические свойства почв лугово-полупустынного комплекса террасы сора Хаки Боткульско-Хакской депрессии Прикаспийской низменности и влияние на них биогенного фактора // Почвоведение. 2010. № 3. С. 282 – 292.

**ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА  
И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ  
ПРИ СОЗДАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
В ПОЛУПУСТЫНЕ ПРИКАСПИЯ**

**Т.С. Всеволодова-Перель, М.Л. Сиземская, А.В. Колесников**

*Институт лесоведения РАН*

*Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21*

*E-mail: root@ilan.ras.ru*

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Изменение видового состава и трофической структуры почвенного населения при создании искусственных лесных насаждений в полупустыне Прикаспия.** – Всеволодова-Перель Т.С., Сиземская М.Л., Колесников А.В. – Показаны масштабы влияния микро-рельефа на распределение почвообитающих беспозвоночных в условиях полупустыни. Рассмотрены пути формирования почвенной мезофауны в лесных насаждениях, созданных в понижениях мезорельефа на Джаныбекском стационаре. Подведены итоги проведенной более 40 лет назад интродукции дождевых червей в культуры дуба черешчатого. Сопоставлен состав почвенного населения и характера лесной подстилки в искусственных лесных насаждениях и естественных зарослях спиреи.

*Ключевые слова:* почвенная мезофауна, дождевые черви, лесная подстилка, полупустыня.

**Changes in the specific composition and trophic structure of the soil population due to creation of artificial forest plantings in the Caspian semidesert.** – Vsevolodova-Perel T.S., Sizemskaya M.L., and Kolesnikov A.V. – The influence of microrelief on the distribution of soil invertebrates in semidesert conditions is shown. Ways of soil mesofauna formation in the forest plantings created in mesodepressions at the Dzhanibek Research Station are considered. The results of earthworm introduction into oak plantings done above 40 years ago are summarized. The composition of the soil population and the character of the litter in artificial forest plantings and those in natural spiraea brushwoods are compared.

*Key words:* soil mesofauna, earthworms, forest litter, semidesert.

Первые сведения о почвенных беспозвоночных, встречающихся в окрестностях Джаныбека, появились в 1950-х гг. в статье, посвященной фауне почвенных личинок насекомых Волжско-Уральского междуречья (Арнольди, 1954). Начиная с 1965 г. почвенно-зоологические исследования в полупустыне проводятся на базе Джаныбекского стационара достаточно регулярно, и в них, кроме сотрудников Института лесоведения РАН, периодически принимают участие зоологи из других научных учреждений. Основной задачей при этом стало выяснение влияния на почвенное население созданных в полупустыне искусственных лесных насаждений.

Нами дано краткое обобщение выполненных в этом направлении исследований, результаты которых, за некоторым исключением, были опубликованы в разные годы в различных, в основном периодических, изданиях.

Особенности почвенного населения полупустыни определяются комплексным характером почвенно-растительного покрова, связанным с существованием отчетливо выраженного микро-рельефа.

## ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Солончаковые солонцы с растительностью пустынного типа занимают микроповышения. К ним относится около 50% территории плакорной равнины. Их окаймляют солонцеватые зональные светло-каштановые почвы микросклонов с типично полупустынной растительностью. В микропонижениях-западинах (глубиной не более полуметра) развиты незасоленные лугово-каштановые почвы с разнотравно-злаковой степной растительностью, образующей дернину толщиной в несколько сантиметров. Подобные темноцветные почвы формируются и в блюдцеобразных замкнутых мезопонижениях (падинах) площадью от 1 га и более.

Климат региона резко континентальный. Средняя испаряемость в несколько раз превышает годовую норму осадков, составляющую около 300 мм. Перераспределение осадков и талых вод по микрорельефу приводит к тому, что в западинах весной водный режим периодически промывной, тогда как глубина промачивания солончаковых солонцов на микроповышениях не превышает 30 см (Роде при участии Польского, 1963).

Этим объясняется крайне неравномерное распределение и значительные колебания численности почвенных беспозвоночных. Их плотность в почве микроповышений почти постоянно бывает заметно ниже (от 100 до 200 – 270 экз. / м<sup>2</sup>), чем на микросклонах и в западинах, где при благоприятных условиях она выходит на уровень 400 экз./м<sup>2</sup>. В исключительных случаях, при необычно большом количестве осадков – более 400 мм (что случается не чаще, чем раз в 10 – 12 лет), можно наблюдать обратное соотношение численности беспозвоночных в связи с тем, что в западинах почва подвергается сильному переувлажнению.

Доминируют в почвах плакорной равнины растительоядные жесткокрылые (Всеволодова-Перель, Сиземская, 2007). Это, прежде всего, особенно многочисленные здесь личинки жуков-долгоносиков (Curculionidae). На микросклонах и в западинах им сопутствуют проволочники – личинки жуков-щелкунов (Elateridae), чаще всего двух характерных для сухих степей видов *Athous subfuscus* и *Selatostomus latus*. Преимущественно к миксофитофагам принадлежат и часто встречающиеся в полупустыне жужелицы (Carabidae) (Шарова, 1981), среди которых в лугово-каштановых почвах преобладают виды родов *Amara* и *Harpalus* (Арнольди и др., 1971; Потапова, 1972).

На солонцах в число доминантов входят мокрицы средиземноморского рода *Armadillidium*. Живущие колониями в глубоких, вырытых ими ходах, мокрицы, поднимаясь к поверхности, способны питаться молодыми проростками травянистых растений (Всеволодова-Перель, Сиземская, 2007).

Численность хищных личинок двукрылых, относящихся к характерному для степей семейства Asilidae, всюду в почвах плакоров колеблется в пределах от 20 до 40 экз. / м<sup>2</sup>, но на микросклонах может быть и выше, вплоть до 70 экз. / м<sup>2</sup>. К зоофагам принадлежат также различные герпетобионты – беспозвоночные, обитающие преимущественно на поверхности почвы, для учета которых, кроме раскопок, дополнительно используются ловушки. При неблагоприятных условиях герпетобионты уходят в почву либо находят убежище в расположенных на микроповышениях норах сусликов. Возможно, поэтому из разнообразно представленных в плакорной степи пауков 29 видов встречаются только на микроповышениях. До-

минирует среди них западноскифско-ирано-туранский вид – *Heriaeus horridus* (Питеркина, Михайлов, 2009). Есть среди герпетобионтов и типичные норники, что особенно характерно для пустынь (Гиляров, 1970). Это, например, крупные жуки-жужелицы рода *Taphoxenus* (*T. gigas*, *T. rufitarsis*) (Потапова, 1972).

Падины населены в основном теми же видами, которые на плакоре чаще всего встречаются в лугово-каштановой почве западин. В мезопонижениях на глубине 4 – 6 м существуют линзы пресной воды, благодаря чему возникает возможность богарного лесоразведения. Наиболее перспективной породой для выращивания в падинах небольших лесных массивов является дуб черешчатый (Сапанов, 2003).

Создание лесных насаждений приводит к коренной перестройке почвенного населения. Как показали почвенно-зоологические учеты, проведенные в 1965 – 1967 гг. в 16-летних искусственно созданных дубняках и вязовнике (произрастающих в двух соседних падинах), численность почвообитающих беспозвоночных еще очень невелика, но среди них уже доминируют сапрофаги. Однако представлены они в молодняках в основном рудеральными, сорными видами (Арнольди и др., 1971). В довольно большом количестве здесь были обнаружены гусеницы сенной совки, *Hypsopigia rubidalis*, которые обычно питаются сухими травянистыми растениями, прелой соломой и другими подобными растительными остатками. Относящиеся к микрофауне сообщества коллембол (Apterigota, Collembola) также обнаруживают в молодняках черты антропогенных группировок (Чернова, 1971). В дальнейшем численность учитываемых при раскопках почвообитающих беспозвоночных (мезофауны) возрастает, и их состав становится более разнообразным. Это происходит, прежде всего, за счет внедрения видов, обычных для лесных почв (Всеволодова-Перель, Сиземская, 2000; Всеволодова-Перель, 2006).

В средневозрастных дубняках, судя по данным учетов, выполненных в 1974 и 1978 гг., завершается формирование сапротрофного комплекса, в котором доминируют личинки двукрылых (Diptera), а также дождевые черви, распространение которых связано здесь с деятельностью человека.

Массовые в целинных почвах плакорной равнины растительноядные степные виды замещаются другими, не характерными для местной фауны беспозвоночными. Так, среди собранных в дубняках Curculionidae преобладают личинки желудёвого долгоносика *Curculio glandium*. Попадая в почву с желудями, они остаются в покоящемся состоянии (иногда в течение нескольких лет) вплоть до момента окукливания. Проволочники (личинки Elateridae) представлены в лесных насаждениях полизональным видом *Prosternon tessellatum*, использующим в пищу грибной мицелий.

Распространенные всюду в степи личинки *Asilidae* в почве лесных насаждений крайне редки. На смену им приходят сапротрофные личинки двукрылых (Bibionidae, Tipulidae), в некоторые годы здесь особенно многочисленные (Стриганова, 1975; Всеволодова-Перель, 2006). Личинки эвритопаго вида мух *Bibio marci* питаются опадом различных лиственных пород, в том числе и опадом дуба. Встречаются они и на приусадебных участках, за что *Bibio marci* получил название «садовой мушки». Личинки комаров-долгоножек *Tipula peliostigma* в районе исследования найдены не только в лесных насаждениях, но также под естественной

## ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

древесно-кустарниковой растительностью в балке у оз. Эльтон. На юге лесостепи и в степной зоне личинки *T. peliostigma* обычно населяют подстилку широколиственных лесов (Кривошеина, 1964).

Другие активно расселяющиеся беспозвоночные появляются в лесных массивах в падинах только периодически, при благоприятных погодных условиях. Так, в дубняках отмечены многие виды хорошо летающих жуков-хищников (Staphylinidae). Чаще всего они встречаются единично, но иногда можно наблюдать их массовое появление. Так, весной 1998 г. полизональный вид *Othius punctulatus* был обнаружен в половине взятых в дубняке проб. В средней полосе европейской части России он обычен в лиственных и хвойных лесах (Почвенные беспозвоночные..., 1989), но более характерен для дубрав (Тихомирова, 1982).

Обитают в лесных насаждениях также многие герпетобионты, отмеченные и в целинной степи. Жужелицы среди них бывают представлены преимущественно полизональными видами (Всеволодова-Перель, 2006). Лесные массивы эти жуки чаще всего используют как стацию переживания, образуя на опушках и полянах скопления, которые можно обнаружить поздней осенью и при ранневесенних учетах.

Обычны в дубняках встречающиеся и в почвах плакорной равнины хищные губоногие многоножки-землянки *Geophilus proximus* (Chilopoda, Geophilomorpha) (Всеволодова-Перель, 2009). В одном из дубняков, и только в нем, найдены также поверхностно-обитающие косянки *Monotarsobius curtipes* (Chilopoda, Lithobiotomorpha). Появившиеся здесь по-видимому случайно, они вошли в постоянный состав почвенного населения, образовав вполне жизнеспособную популяцию. Оба отмеченные вида многоножек широко распространены в лесной зоне, но только один из них, *Monotarsobius curtipes*, населяет и таежные ельники.

Весьма разнообразен в лесных насаждениях видовой состав пауков. Наиболее многочисленными из них преимущественно относятся к широко распространенным палеарктическим видам и при этом не встречаются в открытой плакорной степи (Питеркина, Михайлов, 2009).

В отличие от большинства видов других перечисленных беспозвоночных, расселение такой важной для создания почвенного плодородия группы, как дождевые черви, в условиях полупустыни осуществляется пассивно и в основном связано с хозяйственной деятельностью человека.

В лесных насаждениях в падинах, за редким исключением, встречаются только два вида любрицид. Из них *Aporrectodea rosea* в рассматриваемом регионе населяет окультуренные почвы. В окрестностях Джаныбека эти черви найдены в почве старого, закладки 1905 г., плодового сада («Черный сад»), в садово-парковом насаждении вблизи поселка и здесь же на огородах. В один из дубняков этот вид, по-видимому, был занесен в 1960-х гг. с цветочной рассадой (Всеволодова-Перель, 2006). В другой падине его появление в дубняке связано с тем, что насаждение здесь граничит с обрабатываемым полевым участком. Численность *A. rosea* в нем достигала 400 экз. / м<sup>2</sup>, что намного выше результатов, полученных за все годы наблюдений в другом обследованном дубняке (таблица).

Известно, что *A. rosea* предпочитает разреженные леса с хорошо развитым травянистым покровом. Так, на юге лесостепи (в Молдавии) в куртинной дубраве

численность этих червей в почве лесных полян превышала 300 экз. / м<sup>2</sup> (Перель, 1979). В сравниваемых нами дубняках сомкнутость первого яруса почти одинакова (0.6 и 0.7 соответственно), но в том из них, где *A. rosea* оказался особенно многочисленным, второй ярус состоит лишь из одиночных деревьев и кустарников (при сомкнутости 0.2), тогда как в другом насаждении внедрение различных древесно-кустарниковых пород, преимущественно кленов, привело к значительному затенению поверхности почвы (сомкнутость 2-го яруса 0.7).

Численность доминирующих видов дождевых червей (Lumbricidae) в дубняке в 1-й падине, экз./м<sup>2</sup>

Даты учетов (год, месяц, декада)	1974	1978	1983	1998	2003	1985
	IV 2	V 2	IV 2	V 1	V 1	X 1
Выдел*	1	1	2	1-2	2	1-2
<i>E. nordenskioldi</i>	17	96	88	8,3	23	45.7
<i>A. rosea</i> **	—	—	72	122.8	60	40.5
Общее количество коконов дождевых червей, собранных в пробах	18	58	13	46	9	27
Число проб площадью 0.25 м <sup>2</sup>	8	8	8	14	4	16

\* Насаждение площадью 1 га разделено на два равных выдела, из которых в 1-м произрастает дуб ранний, во 2-м – дуб поздний. \*\* Данные по этому виду относятся ко 2-му выделу, где взята половина из указанного общего количества проб.

Зависимость *A. rosea* от степени развития травяного покрова связана с его принадлежностью к непигментированным собственно-почвенным люмбрицидам, питающимся гниющими корнями и почвенным детритом.

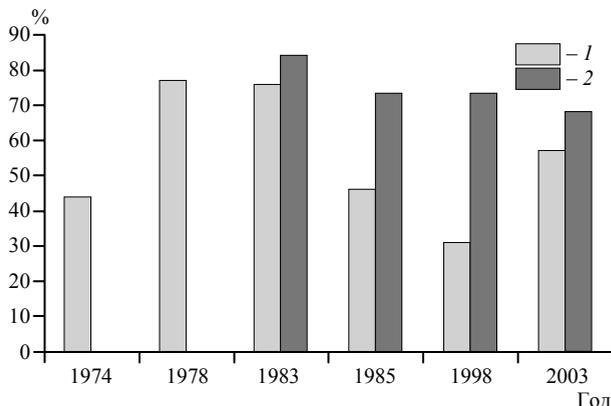
В отличие от *A. rosea*, специально доставленный в 1966 г. из Саратовской области, из леса в пойме р. Еруслан, другой вид люмбрицид – *Eisenia nordenskioldi* (Всеволодова-Перель, Сиземская, 1989; Ghilarov, Perel, 1984) – относится к группе пигментированных почвенно-подстилочных червей, способных использовать в пищу листовую опад, перемешивая его при этом с минеральной частью почвы. Таким образом осуществляется его вовлечение из подстилки в гумусовый горизонт и создается особо прочная почвенная структура.

В дубравах Теллермановской рощи, произрастающих у южной границы лесостепи, в ее восточной части, *E. nordenskioldi* является доминирующим видом (Кудряшева, Грюнталь, 1995). Численность этих червей здесь, в нагорных дубравах на правом берегу Хопра, вполне сопоставима с данными учетов *E. nordenskioldi* в насаждениях дуба на Джаныбекском стационаре (см. таблицу).

В летний период в сравниваемых регионах значительная часть популяции дождевых червей погибает. Восстановление численности *E. nordenskioldi* в дубравах Теллермановской рощи завершается к началу лета (Кудряшева, Грюнталь, 1995). Отрождение молодежи при благоприятных условиях может происходить и осенью, что согласуется с нашими данными, полученными в Джаныбеке. Так, дождливой осенью 1995 г., когда в сентябре выпала почти треть (96 мм) среднегодовой нормы осадков, около половины всех червей этого вида, собранных в дубняке, составляли неполовозрелые особи (рисунки). Тогда же, как и весной, в лесной подстилке здесь встречались спаривающиеся *E. nordenskioldi*.

## ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

В лесных насаждениях Джаныбекского стационара оба вида лямблицид представлены полиплоидными формами (Perel, 1987). При этом *A. rosea*, как и большинство полиплоидных видов, размножается партеногенетически, тогда как у амфимиктических *E. nordenskioldi* откладке коконов предшествует спаривание (Всеволодова-Перель, Булатова, 2008). Размножение у них происходит в более поздние сроки, чем у партеногенетического *A. rosea*. Отчасти это отражает процентное содержание неполовозрелых особей в весенних сборах в популяции каждого из двух сравниваемых видов (см. рисунок).



Со сроками развития связана, очевидно, и необычно низкая численность

*E. nordenskioldi* в мае 1998 г. (см. таблицу), когда за весь месяц осадков выпало всего лишь 3 мм и условия для появления молоди были крайне неблагоприятны. По-видимому, отрицательно повлиял на численность этого почвенно-подстилочного вида также предшествовавший зимний период. Температура на открытой поверхности по данным Джаныбекской метеостанции в декабре 1997 г. во второй декаде опускалась до  $-30^{\circ}\text{C}$ , в третьей до  $-27.5^{\circ}\text{C}$ .

Собственно-почвенные черви *A. rosea* зимой и при летней засухе уходят в почву намного глубже (до 40 – 50 см), чем почвенно-подстилочные *E. nordenskioldi*, и поэтому в меньшей степени зависят от воздействия внешних факторов. Как и другие лямблициды, относящиеся к той же морфо-экологической группе, *E. nordenskioldi* способны выходить в подстилку и перемещаться на значительные расстояния по поверхности почвы.

Внесенные в 1966 г. в один из дубняков, в ту часть насаждения, которую занимает ранняя форма дуба, эти черви в дальнейшем распространились по всей его площади (см. таблицу). Найден *E. nordenskioldi* и в почве других насаждений, произрастающих в этой же падине.

*A. rosea* расселяется значительно медленнее. За весь период проведения учетов (см. таблицу) эти черви так и не появились в пробах, взятых в другой части насаждения, занятой поздним дубом.

Приведенные сведения могут быть использованы при создании лесных массивов в падинах для заселения их этими способствующими повышению почвенного плодородия беспозвоночными, не дожидаясь, что они появятся там случайно.

В лесных биогеоценозах сапротрофные беспозвоночные активно участвуют в круговороте веществ, одним из важнейших звеньев которого является процесс

разложения листового опада. Их роль в переработке лесной подстилки показывают результаты многочисленных полевых и лабораторных опытов, в том числе проведенных и на материале, собранном в Джаныбеке (Стриганова, 1975; Всеволодова-Перель, Карпачевский, 1987; Perel et al., 1971;). Это хорошо согласуется с данными, полученными при сравнении запаса подстилки в лесных насаждениях на лугово-каштановой почве и в естественных кустарниковых зарослях спиреи зверобоелистной (спирейниках), местами встречающихся на заповедной территории в более глубоких западинах.

В почвенном населении спирейников сапрофаги практически отсутствуют (Всеволодова-Перель, Сиземская, 2005). Единственной массовой группой в пробах, взятых в весенний период, здесь оказались жуки-жужелицы (Carabidae). Представленные почти исключительно миксофитофагами из рода *Amara* и отчасти рода *Harpalus*, они используют кустарниковые заросли лишь как убежища, оставаясь в них до момента перехода к летней активности.

Запас образующийся в спирейниках мертвопокровной подстилки на момент определения в мае 2003 г. составлял 3.01 кг/м<sup>2</sup>. Подстилка здесь не четко разделяется на слои, нижний АО2 отличается в основном тем, что растительный материал в нем несколько более измельчен. Отношение С:N в верхнем и нижнем ее слоях выражается близкими величинами (18 и 16 соответственно). Реакция среды одинаково слабокислая по всей толще подстилки (рН 6.34).

Подобным оказался запас лесной подстилки (3.18 кг / м<sup>2</sup>) в колке из дуба черешчатого с подлеском из жимолости татарской. Колки представляют собой сохранившиеся в западинах участки лесной полосы, распавшейся из-за прекращения ухода. Однако нижний слой местами сформировавшейся здесь мертвопокровной лесной подстилки (АО3) существенно отличается от верхнего АО1 значительно более высокой зольностью (48.5 против 22.2 в АО1) и более узким соотношением С:N (14 и 25 соответственно). Слабокислая реакция среды (рН 6.12) в АО1 с переходом к нижнему слою АО2 становится слабощелочной (рН 7.44).

Почвенно-зоологические учеты, проведенные там, где лесные полосы проходят через микропонижения рельефа (западины), показывают, что местами здесь периодически могут в массе встречаться сапротрофные личинки двукрылых, активно перерабатывающие лесной опад (Всеволодова-Перель, 2002).

Весьма близки к данным, полученным в лесном колке, значения, характеризующие запас и химические свойства лесной подстилки в дубовом насаждении в падине, где действует та же группа сапротрофных беспозвоночных (Всеволодова-Перель, Сиземская, 1989).

В другом дубняке, куда ранее в 1966 г. были интродуцированы дождевые черви (Перель, 1975; Всеволодова-Перель, Сиземская, 1989; Ghilarov, Perel, 1984), запас подстилки весной 2003 г. составил лишь 1.09 кг/м<sup>2</sup>. Образующий ее слой из не разложившегося до конца листового опада (АО1) частично, у контакта с почвой, перемешан с копролитами дождевых червей (Всеволодова-Перель, Сиземская, 2005). Минеральный слой почвы в верхней части хорошо структурирован. Гумусовый горизонт в этом, подвергнутом биологической мелиорации, дубняке может быть подразделен на два подгоризонта. Верхний – А1 – образуют структурные отдельности, по форме и величине идентичные копролитам дождевых червей

## ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

(Всеволодова-Перель, Сиземская, 1989). Соответственно, этот подгоризонт отличается также более высоким содержанием гумуса и общего азота.

Все упомянутые показатели, демонстрирующие положительное влияние на почву дождевых червей, относятся к той части насаждения, которую населяет *E. nordenskioldi*. Очевидно, что они должны быть еще более значительными там, где встречаются оба вида люмбрицид, особенно учитывая то, что деятельность *A. rosea* охватывает большую толщу почвы.

Создание на плакорной равнине лесных полос не сопровождается описанным для лесных массивов в падинах принципиальным изменением трофической структуры почвенного населения. Здесь, как и в целинной степи, продолжают доминировать растительноядные беспозвоночные, в основном различные виды насекомых и их личинки (Всеволодова-Перель, 2002).

Функция лесных полос – снегозадержание для повышения влагообеспеченности почвы. Их созданию предшествовала плантажная вспашка до глубины 40 – 50 см. В результате, вследствие сглаживания поверхности, в почве под лесными полосами беспозвоночные распределяются более равномерно. Особенно малочисленны либо вообще отсутствуют здесь виды, характерные для солончаковых солонцов. Численность беспозвоночных в почве лесных полос обычно не достигает 100 экз. / м<sup>2</sup>. Отмеченные особенности почвенного населения вполне согласуются с выводами лесоводов о недолговечности лесных полос в условиях комплексной полупустыни.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программ Президиума РАН «Биологическое разнообразие» и ОБН РАН «Биологические ресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования».*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Арнольди Л.В. Почвенные личинки насекомых районов Урала и Волжско-Уральского междуречья // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1954. Т. 16. С. 159 – 194.

Арнольди К.В., Перель Т.С., Шарова И.Х. Влияние искусственных лесных насаждений на почвенных беспозвоночных глинистой полупустыни // Животные искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне: Сб. тр. Лаборатории лесоведения АН СССР. М.: Наука, 1971. С. 34 – 54.

Всеволодова-Перель Т.С. Население почвенных беспозвоночных мезофауны в комплексной полупустыне Прикаспия и его изменение при создании защитных лесных полос // Зоол. журн. 2002. Т. 81, № 3. С. 298 – 305.

Всеволодова-Перель Т.С. Формирование населения почвенных беспозвоночных (мезофауны) в лесных насаждениях комплексной полупустыни Прикаспия // Зоол. журн. 2006. Т. 85, № 11. С. 1327 – 1332.

Всеволодова-Перель Т.С. Состав почвенного населения глинистой полупустыни. Эколого-фаунистическая характеристика почвообитающих видов беспозвоночных // Животные глинистой полупустыни Заволжья (конспекты фаун и экологические характеристики). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. С. 135 – 149.

Всеволодова-Перель Т.С., Булатова Н.Ш. Полиплоидные расы дождевых червей (Lumbricidae, Oligochaeta), распространенные в пределах Восточно-Европейской равнины и в Сибири // Изв. РАН. Сер. биол. 2008. № 4. С. 448 – 452.

Всеволодова-Перель Т.С., Карпачевский Л.О. О роли сапрофагов в формировании лесной подстилки // Лесоведение. 1987. № 1. С. 28 – 32.

*Всеволодова-Перель Т.С., Сиземская М.Л.* Интродукция дождевых червей в почву под лесными насаждениями в Прикаспии // Почвоведение. 1989. № 5. С. 136 – 141.

*Всеволодова-Перель Т.С., Сиземская М.Л.* Изменение почвенной мезофауны и некоторых свойств лугово-каштановой почвы при лесоразведении в Прикаспии // Почвоведение. 2000. № 11. С. 1356 – 1364.

*Всеволодова-Перель Т.С., Сиземская М.Л.* Лесная подстилка и роль почвообитающих беспозвоночных в ее формировании в условиях глинистой полупустыни Северного Прикаспия // Почвоведение. 2005. № 7. С. 864 – 870.

*Всеволодова-Перель Т.С., Сиземская М.Л.* Пространственная структура почвенного населения глинистой полупустыни Северного Прикаспия // Изв. РАН. Сер. биол. 2007. № 6. С. 748 – 754.

*Гильров М.С.* Закономерности приспособлений членистоногих к жизни на суше. М.: Наука, 1970. 276 с.

*Кривошеина Н.П.* Семейство Tipulidae – комары-долгоножки // Определитель обитающих в почве личинок насекомых. М.: Наука, 1964. С. 665 – 694.

*Кудряшева И.В., Грюнталь С.Ю.* Население почвообитающих беспозвоночных дубрав Теллермановского леса // Структура и функционирование почвенного населения дубрав среднерусской лесостепи. М.: Наука, 1995. С. 59 – 72.

*Перель Т.С.* Опыт интродукции дождевых червей в лесные насаждения глинистой полупустыни // Научные основы защитного лесоразведения в сухой степи и полупустыне Северного Прикаспия и ее сельскохозяйственного освоения: Тез. докл. Весесюз. совещ. М.: Наука, 1975. С. 52 – 55.

*Перель Т.С.* Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука, 1979. 272 с.

*Питеркина Т.В., Михайлов К.Г.* Аннотированный список пауков (Aranei) Джаныбекского стационара // Животные глинистой полупустыни Заволжья (конспекты фаун и экологические характеристики). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. С. 62 – 88.

*Потапова Н.А.* Биотопическое распределение жуужелиц (Carabidae, Coleoptera) в полупустыне северо-западного Казахстана // Зоол. журн. 1972. Т. 51, вып. 10. С. 1499 – 1506.

Почвенные беспозвоночные рекреационных ельников Подмосквья. М.: Наука, 1989. 224 с.

*Роде А.А.* при участии *Польского М.Н.* Водный режим и баланс целинных почв полупустынного комплекса // Водный режим почв полупустыни. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5 – 84.

*Сапанов М.К.* Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К, 2003. 248 с.

*Стриганова Б.Р.* Пищевая активность почвенных личинок долгоножек (Tipulidae) // Зоол. журн. 1975. Т. 54, № 3. С. 377 – 383.

*Тихомирова А.Л.* Фауна и экология стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) Подмосквья // Почвенные беспозвоночные Московской области. М.: Наука, 1982. С. 201 – 223.

*Чернова И.М.* Ногохвостки искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне Северного Прикаспия // Животные искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне. М.: Наука, 1971. С. 24 – 34.

*Шарова И.Х.* Жизненные формы жуужелиц (Coleoptera, Carabidae). М.: Наука, 1981. 360 с.

*Ghilarov M.S., Perel T.S.* Transfer of earthworms (Lumbricidae, Oligochaeta) for soil amelioration in the USSR // Pedobiologia. 1984. Bd. 27. S. 107 – 113.

*Perel T.S.* The nature of eurytopy in polyploid earthworm species in relation to their use in biological soil amelioration // Biol. Fertil. Soils. 1987. Vol. 3, № 1 – 2. P. 103 – 105.

*Perel T.S., Karpachevsky L.O., Jegorova S.V.* The role of Tipulidae (Diptera) larvae in decomposition of forest leaf-litter // Pedobiologia. 1971. Bd. 11, № 1. S. 66 – 70.

УДК 631.461.1/5:599.322.2

## ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Н.Ю. Кулакова<sup>1</sup>, Б.Д. Абатуров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт лесоведения РАН*

*Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21*  
*E-mail: root@ilan.ras.ru*

<sup>2</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*  
*Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33*

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Элементы круговорота азота в ландшафтах Северного Прикаспия.** – Кулакова Н.Ю., Абатуров Б.Д. – Объем поступающего зоогенного азота в биоценозы пустынно-го типа в целом меньше, чем поступление азота с опадом и корневым опадом растений – 1.7 г N/m<sup>2</sup>, но поступление зоогенного азота крайне неравномерно и в местах скопления экскрементов (у выходов нор зверьков), занимающих около 1% территории – в 17 раз больше, чем поступление азота с растительными остатками – 75 г N/m<sup>2</sup>. Зоогенный азот, поступающий с экскрементами и жидкими выделениями животных, мало влияет на содержание минерального азота в почве сусликовин в сухой период.

*Ключевые слова:* азотный цикл, зоогенный азот, перераспределение азота в ландшафтах полупустыни, *Spermophilus pygmaeus*.

**Nitrogen cycle elements in the Northern Caspian lowland landscapes.** – Kulakova N.Yu. and Abaturov B.D. – The input of zoogenic nitrogen to desert-type biocenoses is generally lower than the nitrogen input due to plant residues (1.7 g/m<sup>2</sup>), but zoogenic nitrogen is distributed extremely ununiformly: at excrement-rich places (the exits of animal holes, about 1% of the whole territory) it is 17 times higher (up to 75 g/m<sup>2</sup>) than the vegetable nitrogen input. Zoogenic nitrogen (the excrements and liquid excreta of animals) weakly influences the mineral nitrogen content in the soil in the dry period.

*Key words:* nitrogen cycle, zoogenic nitrogen, nitrogen redistribution in semidesert landscapes, *Spermophilus pygmaeus*.

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что функционирование экосистем в природных ландшафтах связано с перераспределением вещества между биогеоценозами (Перельман, Касимов, 1999). Миграция и аккумуляция различных элементов в ландшафте вносит дополнительные особенности в круговорот этих элементов внутри биогеоценозов. В глинистой полупустыне Северного Прикаспия, в условиях острого дефицита влаги, процессы перераспределения и аккумуляции воды играют ведущую роль в формировании комплексности ландшафта: более мезофильные типы биогеоценозов приурочены к понижениям рельефа, более аридные – занимают автоморфное положение (Большаков, Иванова, 1974; Биогеоценологические основы..., 1974). Процесс аккумуляции биофильных элементов приурочен к экосистемам с большей фитомассой (за счет лучшего увлажнения). Вместе с тем в ландшафтах исследованного

региона действуют и другие механизмы, влияющие на аккумуляцию и перераспределение биофильных элементов. Например, за счет дополнительного притока калия с талыми снеговыми водами (Корнблум и др., 1972) этим элементом существенно обогащаются почвы мезопонижений (Кулакова, Соколова, 2003). Круговорот азота в исследованных пустынных биогеоценозах имеет свои особенности, связанные с перераспределением этого элемента в ландшафте полупустыни.

При рассмотрении круговорота элементов в природных экосистемах обычно не уделяют внимания зоогенному фактору. В то же время во многих экосистемах этот фактор играет важнейшую роль (Ржезникова и др., 1992). Основная цель работы – рассмотреть некоторые составляющие круговорота азота в ландшафтах Северного Прикаспия с учётом деятельности массового вида растительноядного млекопитающего суслика малого (*Spermophilus pygmaeus*). В задачи работы входило: 1) сравнить объёмы азота, поступающего в экосистемы из атмосферы, аккумулирующегося в фитомассе, опаде и отпаде фитоценозов, с количеством азота, перемещаемом в ландшафте из одних типов биогеоценозов в другие наиболее массовым видом млекопитающих данного региона сусликом малым; 2) проследить за поведением зоогенного азота в почвах биоценозов, освоенных сусликом малым.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Физико-географические особенности района исследования.* Район исследования находится в северо-западной части Прикаспийской низменности. Природные условия района характеризуются континентальным климатом. Среднегодовое количество осадков 298 мм. Испаряемость существенно превосходит количество выпавших осадков и составляет 980 мм (Сапанов, 2003).

Хорошо выражен мезо- и микрорельеф. Амплитуды высот, характерных для форм мезорельефа, не превышают 2 – 3 м, для форм микрорельефа – 50-ти см (Роде, Польский, 1961). Из-за равнинности и очень слабо развитой гидрографической сети сброс влаги, главным образом талых снеговых вод, происходит в замкнутые бессточные понижения рельефа. Большие падины – это мезопонижения площадью 1 – 2 га и более. Они заняты лугово-каштановыми почвами (тип каштановых гидрометаморфизированных почв (Классификация..., 2004) с хорошо выраженным 20 – 40-сантиметровым гумусовым горизонтом. Их профиль свободен от легкорастворимых солей. Водный режим почв периодически промывной. Падины занимают около 10 – 15% территории. В падинах развиты разнотравно-злаковые растительные ассоциации. Биогеоценозы падин относятся к биогеоценозам степного типа (Биогеоценотические основы..., 1974; Большаков, Иванова, 1974).

Межпадинная равнина представляет собой трёхчленный почвенно-растительный комплекс, элементы которого приурочены к разным формам микрорельефа (Биогеоценотические основы..., 1974). Микропонижения – западины, относительная глубина которых не превышает 50 см, а ширина составляет от нескольких до 15 – 20 м, занимают 20 – 25% межпадинной равнины. В них формируются лугово-каштановые почвы с промытым от солей профилем, хорошо выраженным гумусовым горизонтом. Под западинами залегает линза опресненных грунтовых вод. Водный режим почв периодически промывной. Для западин свойственен разно-

травно-злаковый тип растительных ассоциаций. Биогеоценозы западин, так же, как и падин, относятся к степному типу (Роде, Польский, 1961; Биогеоценологические основы..., 1974).

Микроповышения занимают не менее 50% площади межпадинной равнины. Почвы представлены солонцами, по классификации 2004 года (Классификация..., 2004) относятся к солонцам светлым засоленным, отдел щелочно-глинисто-дифференцированные (Сиземская и др., 2004). Для солонцов свойственны мало-мощные гумусовые горизонты 6 – 9 см. Грунтовые воды под микроповышениями имеют минерализацию до 15 г/л. Здесь формируются биогеоценозы пустынного типа (Биогеоценологические основы..., 1974).

На склонах микроповышений формируются светло-каштановые солонцеватые почвы с растительным покровом полупустынного типа (Биогеоценологические основы..., 1974).

*Методы исследования.* Объектами исследования были образцы почвы, помета суслика малого, а также образцы снега. Почвенные образцы отбирали из разрезов в соответствии с генетическими горизонтами в трехкратной повторности. Из образцов удаляли визуально различимый помет сусликов. В сухих почвенных образцах и в помете суслика определяли общий азот по методу Кьельдаля (Агрохимические методы..., 1981). Активность ионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$  определяли в 6-кратной повторности ионометрическим методом в водной вытяжке из свежих почвенных образцов, отобранных с глубины 0 – 10 см на микроповышениях с солонцами и в микропонижениях с лугово-каштановыми почвами и из разной свежести помета сусликов, собранном у выходов нор зверьков, с поверхности солонцов, а также из помета сусликов после компостирования. Снег для определения воднорастворимого азота по методу Алекина (Агрохимические методы..., 1981) отбирался на равнине с площадок 40×40 см в четырехкратной повторности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что некоторое количество азота поступает на поверхность почвы из атмосферы с осадками. Долю азота, выпадающего с осадками в зимний период, определяли по содержанию воднорастворимого азота в снеге через две недели после установления снежного покрова и рассчитывали его количество за 4 месяца – с начала декабря до конца марта, когда преобладают осадки из снега. Поступление азота за четыре месяца составило  $0.065 \pm 0.05$  г N/m<sup>2</sup>. Это значение совпадает с данными М.А. Бобрицкой (1962) для данного региона в зимний период – 0.062 г/m<sup>2</sup>. Необходимо отметить, что в некоторые годы, при определенных условиях снеготаяния, талые воды перераспределяются по поверхности равнины, стекая с микроповышений и заполняя падины и западины. В результате отрицательные формы рельефа получают дополнительное количество влаги и растворенных в ней питательных элементов, в том числе и азота. Азот, поступающий с летними осадками, распределяется по поверхности более равномерно. По данным М.А. Бобрицкой (1962), количество воднорастворимого азота, попадающего с осадками из атмосферы на поверхность почвы за год, составляет 0.3 – 0.45 г/m<sup>2</sup> (табл. 1), в частности, в районе Ростова-на-Дону – 0.406 – 0.416 г/m<sup>2</sup>, т.е. 0.034 г/m<sup>2</sup> в среднем в ме-

сяц. Эти значения примерно соответствуют данным других авторов (Кудеяров, 1989; Михайлов и др., 2007). В целом поступление азота из атмосферы составляет для региона исследований около 4% от количества азота, поступающего с отмершими наземными и подземными органами растений в биоценозы со степными растительными ассоциациями, и около 9% – в биогеоценозы с пустынными растительными ассоциациями.

**Таблица 1**

Запасы фитомассы (числитель), азота в фитомассе (знаменатель) в нативных растительных ассоциациях, рассчитанные по данным Девярых (1970), Родина, Базилевич (1965), Каменежкой (1962), Гордеевой, Ларина (1965), Оловянной (1976), и в опаде и отпаде растений – доминантов этих ассоциаций (данные Девярых (1970)), в атмосферных осадках (данные Бобрицкой (1962))

Авторы	Запасы фитомассы, запасы <i>N</i> в фитомассе, г/м <sup>2</sup>	Запасы <i>N</i> в ежегодно отмирающих частях растений, г/м <sup>2</sup>	Поступление <i>N</i> из атмосферы за год (Бобрицкая (1962)), г/м <sup>2</sup>	
Степные растительные ассоциации с лугово-каштановыми почвами				
Родин, Базилевич (1965)	2260 / 30	8.9	0.3 – 0.45	
Каменежка (1962)	3950 / 52			
Гордеева, Ларин (1965)	3300–4300 / 50			
Оловянная (1976)	1370–4100 / 27			
Пустынные растительные ассоциации с солонцами				
Родин, Базилевич (1965)	1000 / 17	4.3		
Каменежка (1962)	2040 / 34			
Гордеева, Ларин (1965)	1910 / 35			
Оловянная (1976)	780–1100 / 12–17			

Запасы фитомассы, рассчитанные разными авторами различаются (см. табл. 1), что, вероятно, связано не только с варьированием этого показателя по годам, но, как отмечала И.Н. Оловянная (1976), с несколько разными методиками отбора образцов. Масса отмирающего за год растительного материала составляет примерно 45% от запаса фитомассы в степных фитоценозах и 30% в пустынных (Родин, Базилевич, 1965).

В растениях солонцов содержание азота выше, чем в растениях степных ассоциаций. В ковыле Лессинга и типчаке, например, содержание азота составляет 1.4 и 1.8%, а в полыни австрийской и камфоросме – более 3%, в прутняке – около 2% (Родин, Базилевич, 1965; Девярых, 1970). Запасы азота в фитомассе степных разнотравно-злаковых растительных ассоциаций примерно в 1.4 – 1.8 раз больше, чем в фитомассе пустынной растительности (см. табл. 1). Эти значения рассчитаны по содержанию азота в растениях-доминантах растительных сообществ (данные Родина, Базилевич, 1965; Девярых, 1970) с учётом запасов фитомассы в естественных пустынных и степных фитоценозах (данные Каменежкой, 1962; Гордеевой, Ларина, 1965; Родина, Базилевич, 1965; Оловянной, 1976).

Поступление азота с растительными остатками в биогеоценозах степного типа примерно в два раза больше, чем в полупустынных сообществах (см. табл. 1), хотя содержание азота в опаде и отпаде солонцовых сообществ характеризуется более высокими величинами, чем в степи (Родин, Базилевич, 1965; Девярых, 1970).

В естественных ненарушенных ландшафтах глинистой полупустыни Северного Прикаспия перераспределение азота между разными типами биогеоценозов под действием зоогенного фактора играет важную роль в круговороте этого элемента. Наиболее массовым млекопитающим здесь является суслик малый (Абатуров, Магомедов, 1982). В годы с наибольшей численностью плотность зверьков достигает 300 особей/га. Снижение сусликами урожая растительности на всю территорию обычно не превышает 36% (Абатуров и др., 1980). Суслики используют для питания растения разных ассоциаций – как степных, так и пустынных. В то же время основная часть выделений зверьков остается на поверхности микроповышений с полупустынным типом растительности, где располагаются их жилые норы, или внутри нор, на глубине до 1 м. Масса накапливающихся экскрементов сусликов у выходов нор на поверхности солонцов, по нашим учетам, очень сильно варьировала – от 0.33 до 0.98 кг сухого веса. Это связано как с неодинаковым использованием нор зверьками в течение года, так и с тем, что экскременты сусликов могут сохраняться и накапливаться в течение нескольких лет. Большую часть рациона зверьков составляют растения степных ценозов. В разные годы в зависимости от урожая растительности суслики потребляли от 13 до 26% надземной фитомассы в полупустынных ассоциациях и 28 – 54% в степных (Абатуров, 1984). Воспользовавшись этими величинами и данными И.Н. Оловянной (1976) по запасам наземной фитомассы в нативных растительных ассоциациях и данными Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич (1965) по содержанию азота в растениях азота, мы рассчитали, что в год с низким урожаем фитомассы суслики отчуждают 10 г/м<sup>2</sup> растений полупустынных ассоциаций и 74 г/м<sup>2</sup> растительной продукции в степных ассоциациях. То есть масса отчуждаемых ими растений степных ассоциаций в 7.4 раза больше, чем масса растений пустынных ассоциаций. В более благоприятный год эти цифры немного изменяются: 12 и 76 г/м<sup>2</sup> соответственно, но их соотношение остается высоким и равным 6.3. В степных ассоциациях с растительным материалом сусликом изымается около 1.1 г/м<sup>2</sup> азота, а в полупустынных ассоциациях – 0.4 г/м<sup>2</sup> азота. Очевидно, что в годы с низкой численностью сусликов эти значения могут быть существенно ниже.

Примерно половина отчуждённой сусликами растительной массы попадает на поверхность почвы в виде кормовых остатков. Кормовые остатки образуются в результате неполного использования скусанных в пищу растений. Суслики выедают у растений семена, наиболее сочные влагилищные части злаков, луковички мятлика и т.д. Так, на участке со слабым выпасом в 1972 г. было учтено около 5 г/м<sup>2</sup> растительных остатков, а непосредственно съеденная сусликами масса растительности, рассчитанная из данных по суточной норме пищи, численности сусликов и длительности периода годовой активности составила 7.9 г/м<sup>2</sup>. Однократный учет кормовых остатков в 1973 г. составил от 7 до 25 г/м<sup>2</sup> (Абатуров и др., 1980).

Съеденная часть также возвращается в окружающую среду. На непосредственно съеденную продукцию приходится половина содержащегося в изъятый растительности азота. Это составляет  $0.75 \text{ г/м}^2$ . Пустынные биоценозы занимают около 43% территории, бугорки сусликовин – около 5%, а поверхность, наиболее плотно покрытая экскрементами, – около 1% территории. Количество зоогенного азота, поступающего на единицу поверхности пустынных растительных ассоциаций, в 2.3 раза больше, чем количество азота, которое собирается с единицы поверхности равнины (т.е.  $1.7 \text{ г/м}^2$ ), на поверхность микроповышений – в 20 раз больше ( $15 \text{ г/м}^2$ ), а в местах максимального скопления экскрементов – примерно в 100 раз больше. В этих местах оно составляет  $75 \text{ г/м}^2$ , из которых  $55 \text{ г/м}^2$  привносится из степных растительных ассоциаций. Это примерно в 8.3 раза больше, чем поступает в солонцовые почвы с опадом и отпадом растений.

По данным Б.Д. Абатурова (1978), 20% переработанной сусликами продукции возвращается на поверхность почвы в виде непереваренных остатков (экскрементов), а 80% почти полностью минерализуется и выделяется в окружающую среду в виде минеральных или простых растворимых органических соединений. Таким образом, 20% поступающего на поверхность микроповышений азота ( $15 \text{ г/м}^2$  в местах скопления экскрементов) аккумулируется на продолжительное время в почвах микроповышений. При этом необходимо учитывать, что распределение экскрементов на поверхности и в верхних горизонтах солонцов также крайне неравномерно и может сильно варьировать как в пределах одного бугорка, так и в солонцах разных микроповышений. На некоторых микроповышениях свежие поселения сусликов отсутствуют.

Для исследования превращений зоогенного азота мы провели измерения активности ионов  $\text{NO}_3^-$  в экскрементах сусликов разной свежести и после компостирования образцов свежих экскрементов. В экскрементах за короткий срок их пребывания на поверхности почвы (около 1 месяца), несмотря на низкую влажность, существенно, более чем в 3 раза, сокращаются значения активности нитратного

**Таблица 2** иона (табл. 2).

Активность ионов  $\text{NO}_3^-$  (числитель) и  $\text{NH}_4^+$  (знаменатель) в водной суспензии при соотношении экскременты : раствор 1:5 (средние  $\pm$  доверительный интервал,  $n = 6$ ,  $P = 0.95$ ), моль  $\times 10^{-4}$  /л

Помёт	
Старый (более месяца)	Свежий
$1.4 \pm 0.5$ нет данных	$4.7 \pm 0.7$ $47.8 \pm 0.12$
Влажность, %	
$11.7 \pm 2.3$	$19.9 \pm 1.2$

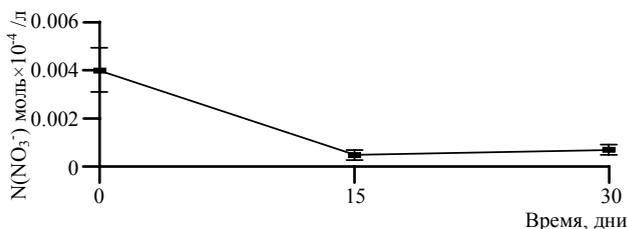
Измерение значений активности  $\text{NO}_3^-$  при компостировании свежих образцов помёта в условиях оптимального увлажнения показало, что уже за первые 15 дней значения активности снижаются более чем в 5 раз, оставаясь в дальнейшем примерно на одном уровне. Как видно из рисунка, значения активностей после

второго и третьего промеров (пятнадцатый и тридцатый дни компостирования) достоверно (при  $n = 6$ ,  $\alpha = 0.005$ ) не отличаются друг от друга. Быстрое падение значений активности свидетельствует о том, что запас легконитрифицирующихся соединений азота в экскрементах сусликов достаточно низок. По нашим подсчетам он составляет примерно 33 мг N на 1 кг экскрементов.

## ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ЛАНДШАФТАХ

Во время сухого периода активность ионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$  в гумусовых горизонтах солонцов, изначально не содержащих помет суслика, и в тех, из которых помет суслика был отобран перед измерениями, достоверно не различались (табл. 3). Очевидно, жарким и сухим летом уменьшение значений активностей ионов происходит в основном за счет газообразных потерь азота в результате процессов денитрификации и не связано с миграцией легкорастворимых соединений в почву.

Важную роль в обогащении почвы азотом экскрементов играет, вероятно, перемешивание экскрементов с почвой выбросов и миграция воднорастворимых соединений азота из экскрементов в период снеготаяния и при выпадении обильных дождевых осадков. После одного из редких летних дождей, промочившего верхнюю часть почвенного профиля до влажности 17%, активность иона  $\text{NO}_3^-$  в образцах почвы, из которой отобрали экскременты, была примерно в 2 раза выше, чем в образцах, не содержащем изначально экскрементов (см. табл. 3).



Изменение активности иона  $\text{NO}_3^-$  (моль  $\times 10^{-4}$  / л) в процессе месячного компостирования образцов помёта суслика (*Spermophilus pygmaeus*). Показан доверительный интервал при  $n = 6$  и  $\alpha = 0.05$

**Таблица 3**

Влияние экскрементов на значения активности ионов  $\text{NO}_3^-$  (числитель) и  $\text{NH}_4^+$  (знаменатель) в почве в зависимости от её влажности.

Активность ионов в водной суспензии при соотношении почва : раствор 1 : 5 (средние  $\pm$  доверительный интервал,  $n = 6$ ,  $P = 0.95$ ), моль  $\times 10^{-4}$  / л

Материал горизонта A1			
Сухой		После дождя	
Помёта изначально не было	Помёт был отобран	Помёта изначально не было	Помёт был отобран
$\frac{1.1 \pm 0.3}{11.4 \pm 0.06}$	$\frac{1.2 \pm 0.4}{11.0 \pm 0.07}$	$\frac{0.96 \pm 0.4}{\text{нет данных}}$	$\frac{1.90 \pm 0.4}{\text{нет данных}}$
Влажность, %			
10.7 $\pm$ 1.7		11.2 $\pm$ 1.1	
		17 $\pm$ 1.8	

Возможно, влияние зоогенного фактора сказывается и на содержании общего азота в почве. Целинные солонцы отличаются невысоким содержанием общего азота. В трех исследованных солонцах содержание азота в гумусовых горизонтах (мощность горизонтов 0 – 6, 0 – 9 см) составляло около 0.15%, что соответствует значениям, полученным для солонцов Северного Казахстана – 0.13% (Казанцева, 1970). В нижележащих солонцовых горизонтах исследованных нами почв в двух из трех разрезов оно составляло 0.15 и 0.09%, что свойственно солонцам региона, а в одном – 0.21%, что существенно превышало эти значения. Очевидно, такая

неравномерность в содержании общего азота в рассматриваемом случае может быть объяснена деятельностью сусликов – накоплением зоогенного азота в отнорках. Последнее предположение подтверждается тем обстоятельством, что содержание общего азота в экскрементах сусликов выше, чем в солонцах, и составляет в среднем 2%.

Поступление зоогенного азота в распахиваемые солонцы прекращается, так как на пашне зверьки не селятся. В мелиорированных, ежегодно распахиваемых солонцах из-за перемешивания гумусового, солонцового и подсолонцового горизонтов при распашке и отсутствии притока зоогенного азота содержание общего азота более однородно в верхней части профиля, чем в целинных почвах и составляет в пахотном горизонте 0.11 – 0.12%, а глубже снижается так же, как и в целинных аналогах.

## ВЫВОДЫ

1. Зоогенные потоки перераспределения азота, образующиеся под воздействием суслика малого, направлены противоположно процессам аккумуляции азота в фитомассе биоценозов разных типов, формирующихся на отрицательных и положительных формах рельефа. Перераспределение азота крайне неравномерно. Привнос азота сусликом в почвы пустынных биоценозов в целом и в почвы сусликовин сравним с поступлением сюда азота с растительными остатками – 1.7; 3.0 и 4.3 г/м<sup>2</sup> соответственно, а в места скопления экскрементов существенно его превышает (75 г/м<sup>2</sup>). На этих участках зоогенное поступление азота в несколько раз превосходит запасы азота в фитомассе пустынных растительных ассоциаций; на два порядка превышает поступление азота с атмосферными осадками.

2. Хотя активность ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в экскрементах суслика выше, чем в гумусовых горизонтах солонцов, заметное влияние поступающих экскрементов на активность этих ионов в окружающей экскременты почве наблюдается только после осадков, способствующих миграции минеральных форм азота из экскрементов. Вероятно, с накоплением экскрементов связана неравномерность в распределении общего азота в профиле некоторых солонцов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-04-00030).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д.* Роль млекопитающих в минерализации растительной органики // Докл. II съезд Всесоюз. териол. о-ва. М.: Изд-во АН СССР, 1978. С. 3 – 12.
- Абатуров Б.Д.* Млекопитающие как компонент экосистем. М.: Наука, 1984. 285 с.
- Абатуров Б.Д., Магомедов М.П.* Зависимость смертности малых сусликов от плотности популяции и обеспеченности кормом // Зоол. журн. 1982. Т. 61, вып. 6. С. 890 – 900.
- Абатуров Б.Д., Ракова М.В., Середнева Т.А.* Воздействие малых сусликов на продуктивность растительности в полупустыне // Фитофаги в растительных сообществах. М.: Наука, 1980. С. 111 – 127.
- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1981. 198 с.
- Бобрицкая М.А.* Поступление азота в почву с атмосферными осадками в различных зонах Европейской части СССР // Почвоведение. 1962. № 12. С. 5 – 61.

## ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ЛАНДШАФТАХ

Биогеоценологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1974. 360 с.

*Большаков А.Ф., Иванова Е.Н.* Солонцы, их свойства и мелиорация // Агрохимическая характеристика основных типов почв СССР. М.: Наука, 1974. С. 267 – 282.

*Гордеева Т.К., Ларин И.В.* Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства. М.: Наука, 1965. 160 с.

*Девятых В.А.* Генетические особенности почв солонцового комплекса Северо-Западного Прикаспия (на примере Джаныбекского стационара): Дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1970. 179 с.

*Казанцева И.А.* Агрохимическая характеристика почв северных областей республики // Агрохимическая характеристика почв Казахстана. Алма-Ата: Наука АН КазССР, 1970. С. 3 – 24.

*Каменецакая И.В.* Естественная растительность Джаныбекского стационара // Тр. комплексной науч. экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. II, вып. 3. С. 100 – 163.

Классификация и диагностика почв России / Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

*Корнблюм Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирин А.Г.* Некоторые особенности процессов передвижения и преобразования глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоды и солонца // Почвоведение. 1972. № 5. С. 107 – 114.

*Кудеяров В.Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 186 с.

*Кулакова Н.Ю., Соколова Т.А.* Влияние лесных культур на состояние калия и фосфора в черноземовидных почвах больших падин полупустынной зоны Северного Прикаспия // Вестн. МГУ. Сер. 17, почвоведение. 2003. № 3. С. 14 – 22.

*Михайлов А.В., Лукьянов А.М., Быховец С.С., Припутина И.В.* Влияние уровней выпадения азота и климатических изменений на различные способы ведения лесного хозяйства // Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. М.: Наука, 2007. 379 с.

*Оловянная И.Н.* Влияние лесных колков на солончаковые солонцы. М.: Наука, 1976. 127 с.

*Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.

*Ржезникова Н.Ю., Быков А.В., Линдеман Г.В.* Зоогенный перенос азота в искусственные лесные насаждения и его перераспределение по почвенному профилю // Почвоведение. 1992. № 9. С. 79 – 81.

*Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы полупустыни Северо-Западного Прикаспия и их мелиорация // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1961. Т. 56. С. 3 – 214.

*Родин Л.Е., Базилевич Н.И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.: Наука, 1965. 253 с.

*Сапанов М.К.* Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К, 2003. 247 с.

*Сиземская М.Л., Соколова Т.А., Топунова И.В., Толпешина И.И.* Динамика солевого состояния солончаковых солонцов глинистой полупустыни Северного Прикаспия в условиях агролесомелиорации (на примере почв Джаныбекского стационара РАН) // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей В.А. Ковды. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. С. 301 – 323.

**ПИТАНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОЛЁВОК  
НА РАННЕМ ЭТАПЕ ЗАСЕЛЕНИЯ ЗОНАЛЬНОЙ РАВИНЫ  
В ГЛИНИСТОЙ ПОЛУПУСТЫНЕ ЗАВОЛЖЬЯ**

**К.О. Ларионов<sup>1</sup>, А.В. Быков<sup>2</sup>, А.А. Вышивкин<sup>3</sup>, М.Б. Шадрина<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33*

*E-mail: kirill.larionov@email.ru*

<sup>2</sup> *Институт лесоведения РАН*

*Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21*

<sup>3</sup> *Институт водных проблем РАН*

*Россия, 119333, Москва, Губкина, 3*

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Питание общественных полёвок на раннем этапе заселения зональной равнины в глинистой полупустыне Заволжья.** – Ларионов К.О., Быков А.В., Вышивкин А.А., Шадрина М.Б. – Видовой состав и доля различных растений в рационе общественной полёвки определялись методом микрогистологического кутикулярно-копрологического анализа непереваренных остатков. Общественные полёвки исчезли с зональной равнины Волжско-Уральского междуречья в начале 1970-х гг. и вновь появились в 2009 г. В их питании возросла роль злаков, а доля полыней резко снизилась. Отмеченные особенности питания обусловлены многолетним отсутствием этих массовых фитофагов и отражают произошедшие за 40 лет существенные изменения среды обитания.

*Ключевые слова:* *Microtus socialis*, фитофаги, питание, изменения среды обитания.

**Feeding of Social vole at the beginning stage of colonization of a zonal plain in a clayey semi-desert of the Trans-Volga region.** – Larionov K.O., Bykov A.V., Vyshyvkin A.A., and Shadrina M.B. – The specific composition and fraction of various plants in the diet of *Microtus socialis* Pall. were determined by microhistological cuticular-coprological analysis of undigested remains. *Microtus socialis* disappeared from the zone plain of the Volga-Ural interfluvium in the early 1970s and appeared again in 2009. The role of cereals in their nutrition has increased, and the fraction of wormwoods has sharply decreased. The noted features of nutrition are caused by the long-term absence of these mass phytophagous and reflect the essential changes in the environment occurred for 40 years.

*Key words:* *Microtus socialis*, phytophagous, feeding, environment change.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В западной части полупустынного Заволжья до начала 1970-х гг. общественные полёвки (*Microtus socialis* Pall.) являлись ландшафтным видом. Будучи активными рыхлителями почвы, создателями развитых норных систем, потребителями значительных объемов растительной продукции и, в свою очередь, являясь основным объектом питания ряда хищников, эти грызуны оказывали значительное влияние на природу региона. Во многом они определяли структуру фауны, характер и динамику населения позвоночных и беспозвоночных животных Заволжской полупустыни, играли важную роль в процессах динамики почвенного и раститель-

ного покровов. (Формозов, Воронов, 1939; Ходашова, 1960; Абатуров, 1964, 1984; Быков и др., 2008). Тем не менее, биогеоэкологическая роль этих полёвок мало изучена, что связано с тем, что они покинули зональные ландшафты несколько десятков лет назад. Недавнее возвращение общественных полёвок в зональные экосистемы делает актуальным не только фиксацию этого процесса, но и оценку особенностей отдельных черт их биологии и, в первую очередь, питания на ранних этапах заселения бессточной равнины.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал по питанию общественных полёвок собран в 2009 г. на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН на участке степи, где на протяжении нескольких десятилетий отсутствует сенокосение и выпас скота. Исследуемая территория представляет собой морскую аккумулятивную равнину с развитым мезо- и микрорельефом и характеризуется комплексным почвенно-растительным покровом. Элементы микрорельефа – микроповышения с солонцовыми почвами – прежде были заняты чернопольно-прутняковыми (Каменецкая, 1952; Гордеева, Ларин, 1965) ассоциациями пустынного типа, западины (микропонижения) с лугово-каштановыми почвами – злаково-разнотравными ассоциациями степного типа. За последние десятилетия растительность солонцов существенно изменилась. Они ныне заняты злаково-прутняковыми ассоциациями, а черная полынь – прежде фоновый вид солонцов – практически исчезла (Новикова и др., 2007; Вышивкин, 2009). Климат в целом характеризуется резкой атмосферной засушливостью и безводностью (Доскач, 1979). Начиная с середины 1970-х гг. он становится более влажным за счет увеличения летних осадков и более теплым за счет повышения зимних температур (Сапанов, 2002, 2006; Сотнева, 2004).

До 1970-х гг. общественные полёвки равномерно заселяли всю территорию солонцового комплекса. С начала 1970-х гг. наступила депрессия столь глубокая, что почти на 40 лет этот вид абсолютно исчезает с территории комплексной равнины (Линдеман и др., 2005), но весной 2009 г. общественные полёвки вновь появляются здесь. Уже в конце апреля (начало наблюдений) их небольшие колонии отмечены на водораздельной равнине на пространстве между озерными понижениями Эльтона, Булухты, Боткуля и Боткульско-Хакской депрессии. На участке заповедной степи Джаныбекского стационара их поселения с 5 – 12 норными отверстиями, сгруппированными в пятна, не превышающие 2.5 м<sup>2</sup>, отмечены приблизительно в каждой пятой западине.

На таких поселениях в середине июня 2009 г. определялся состав потребляемых растений и их доля в рационе. Определение проводилось методом микрогистологического кутикулярно-копрологического анализа непереваренных остатков (экскрементов) (Розенфельд, 1997; Абатуров, Петрищев, 1998; Owen, 1975; Pekka, 1980; Philipson et al., 1983). Собирались только свежие экскременты приблизительно десятидневной давности; таким образом, представленные материалы отражают питание полёвок фактически в самом начале месяца. Суть метода заключается в том, что кутикулярная пленка эпидермиса (кутикула) представляет собой сложное высокомолекулярное производное насыщенных и ненасыщенных жирных

оксикислот (или смеси сложных эфиров), устойчива к воздействию внешних факторов, в том числе к окислению сильными неорганическими кислотами. Она не изменяется под действием пищеварительных ферментов (энзимов) и после прохождения через пищеварительный тракт в том же количестве выделяется с неперева-ренными остатками, сохраняя видоспецифические характеристики, что позволяет идентифицировать видовую принадлежность фрагментов кутикулы. Соотношение видов растений в рационе оценивали под микроскопом по доле фрагментов кутикулы каждого вида в непереваренных остатках.

Для идентификации кутикулярных фрагментов в экскрементах предварительно был подготовлен атлас полученных под микроскопом фотографий клеточной структуры кутикулы видов растений, имеющих на исследуемых участках. Образцы для подготовки препаратов брали отдельно из разных частей растения: листьев, стебля, цветков и семян (Ларионов, 2008 *а, б*; Ларионов и др., 2008). Эпидермис и кутикулу в лабораторных условиях отслаивали от мезофилла, используя кислотную мацерацию. Для мацерации использовали концентрированную азотную кислоту при нагревании до 40°C в течение 2 – 3 мин, пока растительные ткани не меняли цвет с зеленого на оранжевый. Неповрежденные фрагменты промывали в воде и готовили постоянные препараты в глицерол-желатине на предметном стекле. Края покровных стекол оконтуривали лаком. Полученный таким образом эталонный набор препаратов от разных видов и частей растений исследовали под микроскопом и заносили в компьютерную базу данных.

Для определения набора видов растений в непереваренных остатках животных собранные фекалии предварительно размачивали в воде с добавлением небольшого количества азотной кислоты, диспергировали с помощью магнитной мешалки, каплю взвеси размещали на предметных стеклах. В каждом образце (капля под покровным стеклом) исследовали не менее 10 полей зрения под микроскопом при увеличении  $\times 20$ . В каждом поле зрения все кутикулярные фрагменты растений идентифицировали и подсчитывали их количество. Наблюдения прекращали после того, как в последующих полях зрения переставали появляться новые виды растений. Как правило, в каждом образце идентифицировали более 100 фрагментов растений. На основании подсчета числа фрагментов каждого вида растений устанавливали их долю в процентах от суммы всех обнаруженных фрагментов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что в прошлом, в период обитания общественной полёвки на солонцовом комплексе, в ее питании преобладали массовые виды трав и полукустарничков, причем для этого вида была характерна резкая сезонная смена кормов. Ранней весной зверьки кормились всходами различных злаков, в основном житняка. В начале мая к злакам добавляется разнотравье: ромашник, полынок, подмаренник, люцерна, прутняк. Уже в первой половине лета роль злаков, за исключением житняка, снижалась, их замещали полыни (черная и полынок). В середине лета полыни вытеснялись прутняком, который вегетирует все лето и в период бутонизации накапливает много питательных веществ. Осенью при хорошем плодородии полёвки переходили на питание семенами, но при хорошей осенней вегетации охотно поедали всходы злаков и полынка (Ходашова, 1960).

## ПИТАНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОЛЁВОК

В интересующий нас период начала лета, по данным К.С. Ходашовой (1960), встречаемость житняка в питании общественной полёвки достигала 25%, полынью – около 30%, около 25% составляла доля семян солянок, а доля мятлика, остреца, люцерны, подмаренника и прутняка не превышала 20%.

Обращаясь к материалам таблицы, мы видим, что по сравнению с прошлым периодом в питании общественной полёвки произошли определенные изменения. В 2009 г. в питании зверька абсолютно преобладали (около 70%) наземные части злаков, люцерны и лапчатки (таблица). По-прежнему значительную роль играет житняк (около 20%), но заметно возросла роль других злаков, прежде всего мятлика. В то же время доля полынью в питании полёвок резко снизилась, что естественно ввиду резкого снижения обилия данного вида.

Состав рациона общественной полёвки в июне 2009 г., %

Растение и его поедаемые части	Среднее значение ± ошибка среднего
<b>Однодольные</b>	
Житняк ( <i>Agropyron spp</i> ) (стебли, листья)	19±3.6
Мятлик ( <i>Poa bulbosa</i> L.) (стебли, листья)	10±2.4
Остец ( <i>Leymus ramosus</i> (Trin.) Tzvel.) (стебли, листья)	8±2.1
Типчак ( <i>Festuca valesiaca</i> Gaudin) (стебли, листья)	6±3.0
Мятлик ( <i>Poa bulbosa</i> L.) (надземные луковицы)	4±3.9
Осока ( <i>Carex stenophylla</i> Wahlenb.) (стебли, листья)	4±2.6
Мятлик ( <i>P. bulbosa</i> L.) (подземные луковицы)	1±1.0
Сумма	51.7
<b>Двудольные</b>	
Люцерна ( <i>Medicago romanica</i> Prod.) (стебли, плоды)	10±3.8
Лапчатка ( <i>Potentilla spp</i> ) (стебли, листья)	8±4.3
Полынь ( <i>Artemisia spp</i> ) (стебли, листья)	7±3.3
Грудница волосистая ( <i>Galatella villosa</i> (L.) Reichenb. fil.) (стебли, листья)	4±2.3
Горец ( <i>Polygonum novoascanicum</i> Клок.) (стебли, листья)	4±1.5
Марь ( <i>Chenopodium spp</i> ) (стебли, листья)	2±2.0
Лебеда ( <i>Atriplex spp</i> ) (стебли, листья)	3±2.0
Подмаренник ( <i>Galium spp</i> ) (стебли)	3±1.5
Бассия ( <i>Bassia spp</i> ) (стебли, листья)	3±1.0
Прутняк ( <i>Kochia prostrata</i> L.) (стебли, листья)	1±1.0
Камфоросма ( <i>Camphorosma monspeliaca</i> L.) (стебли, листья)	1±0.7
Ромашник ( <i>Tanacetum achilleifolium</i> (Bieb.) Sch. Bip.) (стебли, листья)	0.3±0.3
Сумма	47.3
Не определено	2±0.6
Всего	100

В свете этого необходимо хотя бы поставить вопрос о роли общественных полёвок, а также другого исчезнувшего одновременно с ней вида – степной пеструшки (*Lagurus lagurus* Pall.) – в формировании ботанического разнообразия растительного покрова зональной полупустыни.

Заметные изменения характера растительного покрова, отмеченные на комплексной равнине за последние десятилетия, принято объяснять подвижками климата и подъемом уровня грунтовых вод, что, безусловно, верно. Рядом исследователей (Новикова и др., 2007; Вышивкин, 2009) отмечается последовавшая за некоторой мезофитизацией климата нивелировка условий увлажнения на элементах

микрорельефа и мезофитизация растительного покрова. Увеличение ценотической роли дерновинных злаков (типчака, ковылей, житняков) позволяет охарактеризовать этот процесс как остепнение. В то же время отсутствие значительной группы фитофагов, безусловно, внесло значительные коррективы в этот процесс. В годы высокой численности общественные полёвки значительно повреждают и уничтожают растительность вокруг своих поселений, что обусловлено не только собственным поеданием растений, но и интенсивной роющей деятельностью зверьков, большими размерами поселений с обилием кормовых ходов, засыпанием растений выброшенной из нор землей. «Размеры оголенных участков вокруг колоний ... колебались от 4 – 5 до 50 м<sup>2</sup>, а иногда и значительно больше..., составляя 70 – 100% площади поселения... На этих оголенных участках зверьками было выедено от 34 до 76% растительности.» (Ходашова, 1960, с. 118). В результате ухода общественных полёвок с комплексной равнины возникла парадоксальная экосистемная ситуация. На равнине с ее богатыми травяными сообществами и огромными кормовыми ресурсами на протяжении 40 лет отсутствовали грызуны-фитофаги, что не могло не сказаться на растительном покрове рассматриваемой территории. В частности, можно предположить, что исчезновение с солонцов черной полыни связано с прекращением деятельности полёвок. Известно, что черная полынь – конкурентно слабый вид, предпочитающий именно солонцы с их разреженным травянистым покровом (Оловянная, 2004). Эта разреженность во многом обеспечивалась общественными полёвками, так как от их деятельности больше всего страдала именно растительность солонцов (Ходашова, 1960). Мы можем допустить, что современные изменения характера растительного покрова межпадинной равнины связаны не только с климатическими изменениями, но в определенной степени обусловлены многолетним отсутствием массовых видов фитофагов и землероев.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отмеченные изменения в питании полёвок, вернувшихся на зональную равнину после более чем 40-летнего отсутствия, отражают произошедшие за это время существенные изменения среды их обитания. Следует ожидать, что это возвращение, в свою очередь, приведет к изменениям продуктивности и видового состава растительности зональной равнины. В частности, изреживание ими растительности солонцов может вызвать деградацию злаково-прутняковых ассоциаций и возвращение прежнего фонового вида – черной полыни.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д.* Влияние деятельности степной пеструшки на почвенный и растительный покров сухих степей Казахстана // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1964. Т. 69, вып. 6. С. 24 – 35.
- Абатуров Б.Д.* Млекопитающие как компонент экосистем. М.: Наука, 1984. 286 с.
- Абатуров Б.Д., Петрищев Б.И.* Сравнительная оценка рациона свободнопасущего сайгака (*Saiga tatarica*) микроскопическим анализом растительных остатков в фекалиях и визуальным подсчетом поедаемых растений // Зоол. журн. 1998. Т. 77, № 2. С. 964 – 970.
- Быков А.В., Колесников А.В., Кулакова Н.Ю., Шабанова Н.П.* Аккумуляция влаги и эрозия почвы на поселениях общественных полёвок в Северном Прикаспии // Почвоведение. 2008. № 8. С. 1019 – 1024.

## ПИТАНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОЛЁВОК

- Вышивкин А.А.* Современные тенденции в изменении растительности солонцового комплекса Северного Прикаспия // Материалы Моск. центра Рус. геогр. о-ва. Биогеография. 2009. Вып. 15. С. 121 – 129.
- Гордеева Т.К., Ларин И.В.* Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства на примере Джаныбекского стационара. М.: Наука, 1965. 160 с.
- Доскач А.Г.* Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979. 142 с.
- Каменецкая И.В.* Естественная растительность Джаныбекского стационара // Тр. комплексной науч. экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. 1952. Т. 2, № 3. С. 101 – 162.
- Ларионов К.О.* Питание и обеспеченность сайгаков (*Saiga tatarica*) кормом в зависимости от особенностей растительности на пастбищах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2008 а. 25 с.
- Ларионов К.О.* Сезонная динамика питания сайгака (*Saiga tatarica*) в Калмыкии // Актуальные проблемы экологии и эволюции в исследованиях молодых ученых. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008 б. С. 207 – 208.
- Ларионов К.О., Джапова Р.Р., Розенфельд С.Б., Абатуров Б.Д.* Питание сайгаков (*Saiga tatarica*) на пастбищах Черных Земель Калмыкии в условиях восстановительной смены растительности и остепнения // Зоол. журн. 2008. Т. 87, №10. С. 1259 – 1269.
- Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А.* Динамика населения позвоночных животных Заволжской полупустыни. М.: Наука, 2005. 252 с.
- Новикова Н.М., Хитров Н.Б., Волкова Н.А., Вышивкин А.А., Григорьева Ю.В.* Оценка изменения растительности на основании крупномасштабного картографирования // Геоботаническое картографирование / Ботанический ин-т им. В. Л. Комарова РАН. СПб., 2007. С. 13 – 18.
- Оловяникова И.Н.* Динамика продуктивности растительного покрова в Заволжской глинистой полупустыне // Ботан. журн. 2004. Т. 89, № 7. С. 1122 – 1137.
- Розенфельд С.Б.* Методика копрологического анализа на примере изучения состава кормов гусей в тундрах Таймыра // Казарка: Бюл. Рабочей группы по гусям и лебедям Восточной Европы и Северной Азии. 1997. № 3. С. 38 – 52.
- Сапанов М.К.* Функциональная значимость осадков и грунтовых вод в развитии культуры дуба в Северном Прикаспии // Поволж. экол. журн. 2002. № 3. С. 257 – 267.
- Сапанов М.К.* Условия выращивания защитных лесных насаждений в полупустыне Северного Прикаспия в связи с изменением климата во второй половине XX в. // Лесоведение. 2006. № 6. С. 45 – 51.
- Сотнева Н.И.* Динамика климатических условий второй половины XX в. района Джаныбекского стационара Северного Прикаспия // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 5. С. 74 – 83.
- Формозов А.Н., Воронов А.Г.* Деятельность грызунов на пастбищах и сенокосных угодьях Западного Казахстана и ее хозяйственное значение // Учён. зап. МГУ. Зоология. 1939. Вып. 20. С. 3 – 122.
- Ходашова К.С.* Природная среда и животный мир глинистых полупустынь Заволжья. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 140 с.
- Owen M.* An Assessment of Fecal Analyses Technique in Waterfowl Feeding Studies. WWT, Slimbrige // J. Wild. Manage. 1975. Vol. 39, № 2. P. 271 – 279.
- Pekka H.* Food Composition and Feeding Habits of the Roe Deer in Winter in Central Finland // Acta Theriologica. 1980. Vol. 25. P. 395 – 402.
- Phillipson J., Sarrasin-Comans M., Stomatopoulos C.* Food Consumption by Agrestis and the Unsuitability of Faecal Analysis for the Determination of Preference // Acta Theriologica. 1983. Vol. 28. P. 397 – 416.

УДК 630\*114.445.2(470.45+574.11)

## АНАЛИЗ МИКРОСТРОЕНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ ДЖАНЫБЕКСКОГО СТАЦИОНАРА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

М.П. Лебедева (Верба)<sup>1</sup>, М.Л. Сиземская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии  
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7

E-mail: m\_verba@mail.ru

<sup>2</sup> Институт лесоведения РАН

Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21

E-mail: root@ilan.ras.ru

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Анализ микростроения мелиорированных солонцов Джаныбекского стационара для оценки их экологического состояния.** – Лебедева (Верба) М.П., Сиземская М.Л. – С помощью микроморфологических исследований с интервалом опробывания в 20 лет оценены тренды почвообразовательных процессов в мелиорируемых солончаковых солонцах. Солевые новообразования, микропризнаки их строения и состава являются чувствительными индикаторами условий и процессов, протекающих на контакте основной массы и порового пространства. Выявлено усиление однородности пахотного горизонта, увеличение его биогенной насыщенности, уменьшение разнообразия и количества карбонатных и гипсовых новообразований, интенсификация мелиоративного процесса за последний 20-летний период мелиорации солонцов.

*Ключевые слова:* эволюция мелиорированных солонцов, микроморфология.

**Analysis of the microfabrics of reclaimed solonchakous solonetztes at the Dzhanybek Research Station for evaluation of their ecological status.** – Lebedeva (Verba) M.P. and Sizemskaya M.L. – Micromorphological studies of reclaimed solonchakous solonetztes at the Dzhanybek Research Station were performed with an interval of 20 years. Their analysis has allowed assessment of recent trends in the development of pedogenetic processes in these soils. Soil microfabrics and, particularly, salt pedofeatures were shown to be sensitive indicators of the processes and conditions at the interface between the solid soil mass and pore space. It was found that, for 20-year reclamation, the arable horizon of the reclaimed solonetztes became more homogeneous; the diversity and number of calcareous and gypsiferous pedofeatures in the soil profiles have decreased, and the ameliorative effect has become more pronounced.

*Key words:* evolution of reclaimed solonetztes, micromorphology.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наиболее актуальной задачей современной экологии почв является комплексное изучение факторов почвообразования (факторной экологии) и экологических функций почв, которое опирается на усиление междисциплинарных контактов – почвоведов, лесоводов, ботаников, зоологов и других специалистов (Добровольский, Никитин, 2006). Изучение временной динамики почв, связанной с таким фактором, как активная антропогенная деятельность, очень часто затруднено из-за отсутствия данных по конкретным этапам проведения мелиора-

## АНАЛИЗ МИКРОСТРОЕНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ

тивных мероприятий, и особенно мало данных по экологической оценке состояния почв в эти моменты. Джаныбекский стационар Института лесоведения РАН является тем уникальным объектом, на котором комплексные исследования проводились с первых дней его организации и продолжаются в настоящее время.

Интенсивное сельскохозяйственное использование полупустынных земель северного Прикаспия, где 50% площади занимают сильно засоленные солончаковые солонцы с неблагоприятными водно-физическими свойствами, началось в середине 1950-х гг. Для их мелиорации на Джаныбекском стационаре была разработана особая система агролесомелиоративного воздействия (Биогеоценотические основы..., 1974). Она сочетает в себе проведение плантажной вспашки, разрушение солонцового горизонта и вовлечение в пахотный слой гипса, содержащегося в первом подсолонцовом горизонте солончаковых солонцов, что приводит к рассолонцеванию солонцов. Посадка в первые годы высокостебельчатых культурных трав, а затем и древесных кулис из вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.) обеспечивает рассоление солонцов за счет снегонакопления и дополнительного увлажнения почв (Биогеоценотические основы..., 1974). С течением времени происходит существенная трансформация мелиорируемых солонцов, приводящая к формированию агроземов (Сиземская, 1991).

В многолетних исследованиях мелиорируемых почв Джаныбекского стационара наиболее полно отражены особенности их водного и солевого режимов (Максимюк, 1961; Базыкина, 1978; Сиземская, 1991). Среди морфологических особенностей длительно мелиорируемых почв подробно исследованы также макро-, мезо- и субмикроскопические изменения новообразований солей разного состава: легкорастворимых, карбонатов и гипса (Соколова и др., 1985; Сиземская и др., 1985, 1989). Микроморфологический же уровень организации мелиорированных солонцов, который позволяет выявить соотношение этих солевых новообразований с основными элементами микростроения (тонкодисперсным глинистым или гумусово-глинистым веществом – плазмой, типом и характером пористости и агрегированности), охарактеризован пока недостаточно.

Цель данной работы – на основании изучения трансформации микростроения основных почвенных горизонтов солончаковых солонцов в одной из агролесомелиоративных систем (с интервалом в 20 лет) выявить тренды почвообразовательных процессов и охарактеризовать изменение микроморфологических признаков горизонтов на разных этапах мелиорации.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются мелиорируемые солонцы одного из участков агролесомелиорации («Госфонд»), созданного на Джаныбекском стационаре в 1959 г. Этот участок площадью 10 га представляет собой поле шириной 200 м с расположенными на нем через каждые 40 м однорядными кулисами из вяза приземистого. В первые годы освоения здесь высевали однолетние сельскохозяйственные культуры (в 1982 г. на участке произрастала пшеница), с середины 1980-х гг. – многолетние травы (люцерна синегибридная и пырей сизый), с конца 1990-х гг. регулярная обработка полей была прекращена.

Мелиорированные солонцы объекта «Госфонд» изучали в разрезах, расположенных на одном участке на расстояние в 5 м друг от друга, с интервалом опробования в 20 лет (образцы по генетическим горизонтам были отобраны в 1982 и 2002 гг.). Это позволило охарактеризовать их особенности на разных этапах мелиоративного воздействия. Некоторые черты морфологического строения почв представлены ниже (таблица).

Строение морфологических профилей целинных и мелиорированных солонцов

Целина	Мелиорированный участок	
	1982 г.	2002 г.
A1A2 (0–9) – BSN (9–31) – B3ca <sup>2</sup> cs <sup>2</sup> (31–84) – B3ca,cs <sup>2</sup> sa <sup>2</sup> (84–136) – BCca,cs <sup>2</sup> sa <sup>2</sup> (136–185)	Arca (0–27) – Bpl,ca <sup>2</sup> cs <sup>2</sup> (27–59) – B3ca,cs <sup>2</sup> (59–120) – B3 ca,cs <sup>2</sup> sa <sup>2</sup> (120–146) – BCca,cs <sup>2</sup> sa <sup>2</sup> (146–195)	Ap1 (0–14) – Ap2 (14–27) – Bpl,ca (27–44) – B3ca,cs <sup>2</sup> (44–89) – B3ca,cs <sup>2</sup> sa <sup>2</sup> (89–155) – BCca,cs <sup>2</sup> sa <sup>2</sup> (155–189)

*Примечание.* В скобках даны глубины залегания горизонтов, см.

Изготовление почвенных шлифов проведено в лаборатории минералогии и микроморфологии Почвенного института им. В.В. Докучаева М.А. Лебедевым с использованием полисинтетических смол в условиях их вакуумной пропитки, что позволяет сохранять солевые новообразования без их разрушения.

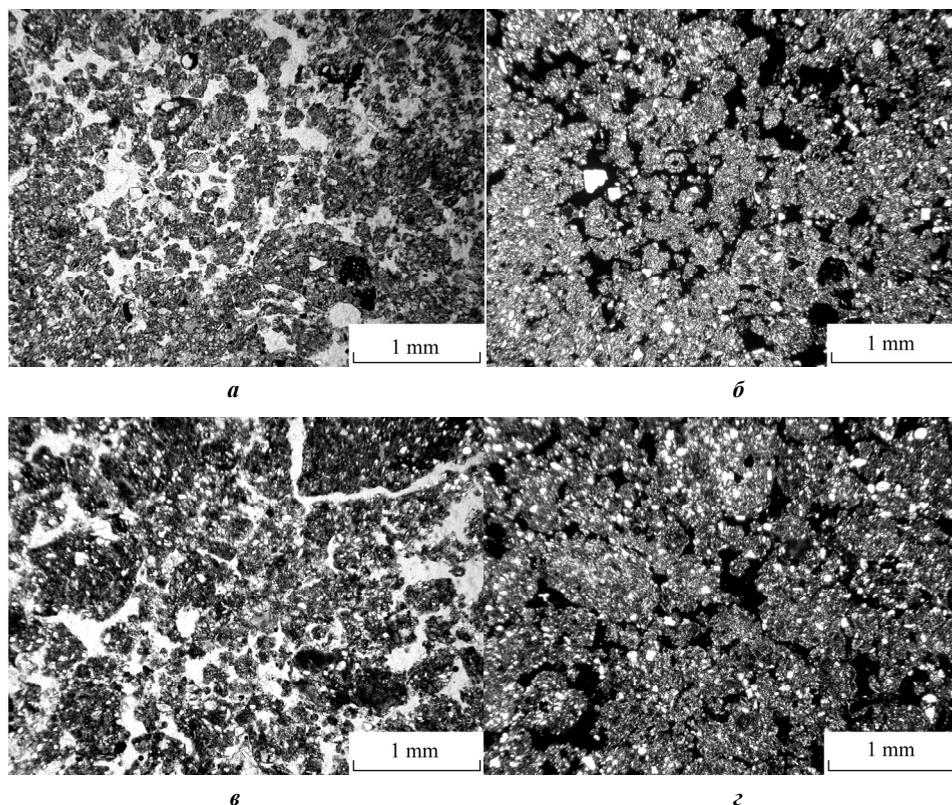
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Микроморфологический анализ мелиорируемых солонцов в два срока наблюдений (в 1982 и 2002 гг., через 23 и 43 года мелиорации соответственно) выявил общие и специфические микроразличия изученных солонцов. Общими свойствами для сравниваемых почв являются: 1) высокая рыхлость и агрегированность плантажированной толщи на глубину до 50 см; 2) одинаковый минералогический состав крупных фракций. В составе минералов песчано-крупнопылеватых фракций преобладают зерна кварца и полевых шпатовых, встречаются зерна амфиболов, глауконитов, эпидот-цоизитов, карбонатов. Зерна минералов имеют округло-угловатые формы и слабые признаки выветрелости.

*Пахотные горизонты* мелиорированных солонцов обоих разрезов представлены рыхлым, высокоагрегированным, сильнопористым материалом, однако состав, размер и сложность агрегатов в сравниваемых почвах различна. В солонце 1982 г. изучения преобладают многопорядковые палево-буроватые агрегаты размером 0.8 – 1 мм округлой формы, хотя в отдельных зонах наблюдается много более мелких по размеру округлых агрегатов предположительно биогенного (размером 0.2 – 0.4 мм) и коагуляционного (размером около 0.05 мм) генезиса (рис. 1, а). Состав плазмы агрегатов различен, что связано с разным содержанием карбонатов в плазме (рис. 1, б). В агрегатах с наименьшим содержанием микрита глинистая плазма имеет зональную высокую оптическую ориентировку, что связано с припахиванием материала солонцового горизонта. Однако невысокое количество таких глинистых агрегатов позволяет говорить, что в мелиорацию был вовлечен солончаковый солонец с солонцовым горизонтом небольшой мощности (скорее всего, корковый).

## АНАЛИЗ МИКРОСТРОЕНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ

Пахотный горизонт солонца 2002 г. исследования представлен более крупными округлыми агрегатами (до 1.8 мм) коричневатого-бурого цвета, которые состоят исключительно из глинистой плазмы (рис. 1, *в*), которая имеет высокую оптическую ориентировку (рис. 1, *з*), свидетельствующую о том, что исходно солонцовый горизонт имел большую мощность и более высокое содержание подвижной глины. Указанные различия по составу плазмы сравниваемых почв позволяют предположить, что изначально целинные солонцы имели различную окисленность и оглиненность солонцового горизонта, который был припахан в результате плантажной обработки солонцов.



**Рис. 1.** Микростроение гор. Ар. мелиорированных солонцов: *a*, *б* – 23 года мелиорации – рыхлый, сильнопористый, агрегированный материал с глинисто-карбонатной плазмой и единичными растительными остатками (*a* – IIH, *б* – XN); *в*, *з* – 43 года мелиорации – рыхлый, сильнопористый агрегированный материал с гумусово-глинистой плазмой, много копиров, окатанных фрагментов гор. BSN и обломков глинистых кутан (*в* – IIH, *з* – XN)

Сравнение микростроения пахотного горизонта мелиорированного солончакового солонца под кулисой из вяза приземистого на том же участке «Госфонд»,

который был изучен М.Н. Польским в 1954 г., с полученными нами результатами показало существенно более высокую округлость агрегатов из припаханного солонцового материала в 2002 г. (Польский, 1958). В свою очередь, в сравниваемых разрезах в 2002 г. округлость агрегатов любого размера было существенно выше, чем в 1982 г. Очевидно, это связано с более длительной и интенсивной обработкой почв в течение последующего 20-летнего периода их сельскохозяйственного использования.

Многие более мелкие агрегаты в разрезе 2002 г. имеют микропризнаки, позволяющие говорить о том, что они являются экскрементами почвенной мезофауны. В целом такие микропризнаки, как высокая агрегированность, макро- и микропористость могут служить показателями достаточно хорошей водопроницаемости изучаемых почв, а данный показатель является устойчивым во времени. Таким образом, можно отметить, что с 1954 г. по настоящее время высокая агрегированность и пористость пахотного слоя мелиорированного солонца на участке с пшеницей не претерпела существенных изменений, что связано с многолетним воздействием корневых систем однолетних культур на солонцы. Кроме того, микроморфологический анализ сравниваемых почв выявил увеличение роли почвенных беспозвоночных в биогенном оструктурировании пахотного горизонта.

Различия в карбонатности пахотных горизонтов сравниваемых мелиорированных солонцов можно связать с двумя причинами. Во-первых, с исходно разным их содержанием в надсолонцовых горизонтах целинных солончаковых солонцов, что описывалось и ранее для гумусово-элювиальных горизонтов стационара (Максимюк, 1958; Ярилова, 1966). Наши полевые и микроморфологические исследования также подтверждают возможность слабого вскипания с самой поверхности профилей с типичным морфологическим обликом солончаковых солонцов.

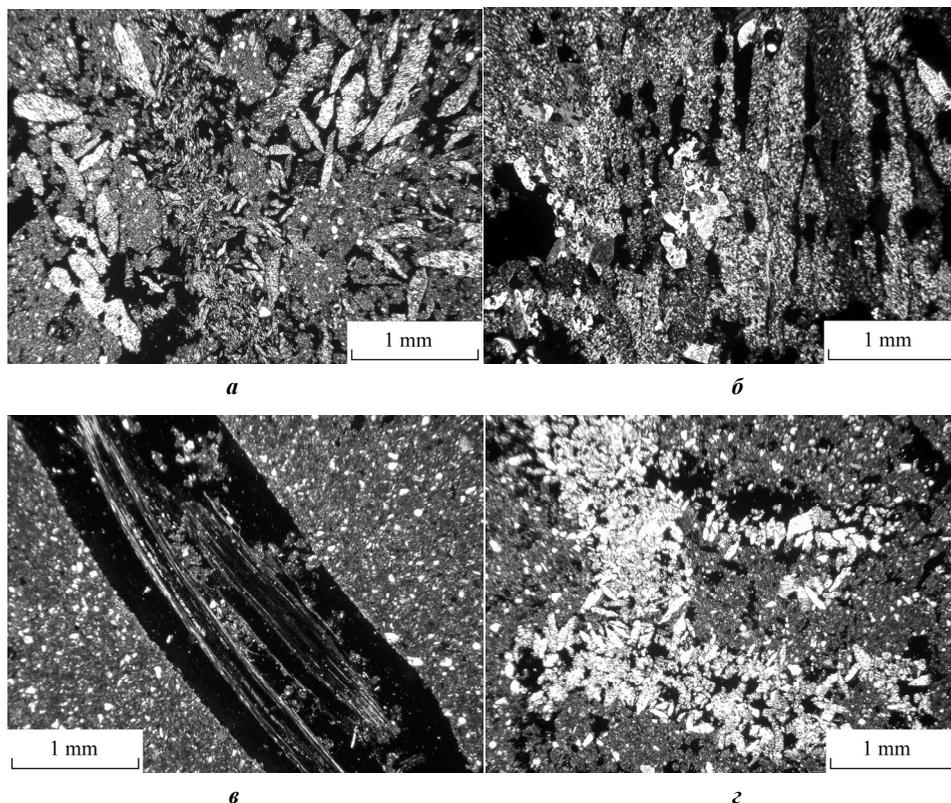
Сравнительный анализ микроформ органического вещества в пахотных горизонтах позволяет судить о том, что в мелиорированном солонце 2002 г. его содержание выше и микроформы разнообразнее. Органическое вещество здесь представлено относительно большим количеством растительных остатков, находящихся на разной стадии разложения, и дисперсных и сгустковых микроформ гумуса бурого цвета (см. рис. 1, в). В солонце 1982 г. преобладают исключительно бурые дисперсные микроформы гумуса, встречаются единичные крупные обугленные и ожелезненные ткани (см. рис. 1, а).

Микростроение *плантажированного горизонта*  $V_{p1}$  сравниваемых мелиорированных почв позволяет заключить, что этот горизонт представляет собой хорошо перемешанный материал двух генетических горизонтов целинных солонцов – солонцового (BSN) и псевдопесчаного подсолонцового ( $V_{3ca^2cs^2}$ ). По мере увеличения длительности мелиорации солонцов можно заметить, что обломки глинистых кутан («свидетелей» бывшего солонцового материала) становятся более мелкими, их распределение в уплотненном глинисто-карбонатном материале приобретает зональность, увеличивается их ассимиляция во внутриагрегатной массе. В целом можно отметить уплотнение псевдопесчаного подсолонцового глинисто-карбонатного материала, что связано с мелиоративным воздействием на солонцы. Однако, уплотняясь, пористость этого горизонта остается довольно высокой по

## АНАЛИЗ МИКРОСТРОЕНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ

сравнению с карбонатными нижележащими горизонтами. Между сгустковыми микроагрегатами остаются изолированные микропоры изрезанных форм (микроваги), а среди крупных пор в уплотненном материале наблюдается относительно большое количество биогенных пор-каналов с уплотненными микроитом стенками.

В солонце 1982 г. гипсовые новообразования отмечаются в наиболее крупной магистральной поре на глубине 27 – 59 см, где расположен растительный корень. Гипс образует здесь рыхлые скопления из разных по размеру и форме кристаллов. Самые крупные кристаллы имеют оплавленные грани, свидетельствующие о растворении гипса. В наиболее удлинённых кристаллах гипса (рис. 2, *a*) отмечаются



**Рис. 2.** Микростроение солевых горизонтов мелиорированных солонцов: *a, б* – 23 года мелиорации (*a* – гор.  $Vp1,ca^2cs^2$  (27 – 59 см) – разнообразные по размеру и форме гипсовые новообразования в порах, *б* –  $V3 ca,cs^2sa^2$  (120 – 140 см) – большое количество реликтовых вытянутых кристаллов гипса с новообразованными кристаллами эпсомита между кристаллами гипса; *в, з* – 43 года мелиорации (*в* – уплотненный глинисто-карбонатный материал гор.  $Vp1,ca$  (27 – 44 см) с крупным растительным остатком в канале, внутри которого видны экскременты клещей, *з* – плотные поровые заполнения гипсом из неправильных по форме кристаллов («гипсовый тромбоз пор») в гор.  $V3ca,cs^2sa^2$  (90 – 155см))

волнообразные грани, образование которых, вероятно, возможно при медленном «сталактитовом» типе перемещения насыщенных почвенных растворов. Все наиболее вытянутые кристаллы гипса ориентированы параллельно стенке макропоры, что хорошо согласуется с данными по мезоморфологическому исследованию этих почв (Соколова и др., 1985; Сиземская и др., 1989). Подобных вытянутых микроформ гипсовых новообразований в целинном солонце, являющемся эталоном, для мелиорированных почв участка «Госфонд» не наблюдалось (Лебедева (Верба), Габченко, 2006), что позволяет их рассматривать как специфическую микроформу, образованную в результате мелиорации солонца, содержащего изначально большее количество крупных гипсовых аккумуляций, в том числе и сферолитов.

Наиболее правильные по габитусу формы крупных кристаллов гипса внедряются в основной материал стенок пор и способствуют некоторому разрыхлению горизонта (см. рис. 2, а). Веретенообразные кристаллы гипса, более мелкие по размеру, образуют уплотненные поровые заполнения (инфиллинги). Их генезис можно связать с перекристаллизацией насыщенных по гипсу растворов при растворении более крупных (породных) кристаллов.

Наличие белоглазки и пропитки в нижней части *солонцового* и в *верхней части подсолонцового горизонтов* макро- и мезоморфологическими и субмикроскопическими методами было описано ранее для целинных солончаковатых солонцов. Под влиянием плантажной вспашки происходит механическое разрушение карбонатных аккумуляций в бывшем солонцовом горизонте и вовлечение их в пахотный слой (Соколова и др., 1985). Однако в сравниваемых нами мелиорированных солонцах в пахотных горизонтах не отмечается скопления карбонатных новообразований. Только для пахотного горизонта Ар в мелиорированном солонце 1982 г. можно отметить неравномерно распределенные по агрегатам зерна микрита. Все это позволяет предполагать, что, несмотря на пространственное варьирование свойств исходных солонцов, за 20 лет мелиорации в условиях дополнительного увлажнения произошло значительное выщелачивание карбонатов из пахотных горизонтов. Последующего микроморфологически выраженного накопления карбонатов в нижележащем горизонте не наблюдается. Микроскопическое исследование специально отобранного в поле образца белоглазки из плантажированного горизонта Вр1 показало ее разрушение. Белоглазка отличается от окружающего пылевато-плазменного материала высокой внутренней пористостью, неоднородностью по пропитке микритом и постепенными переходами. Ее повышенной мобилизации и небольшой сегрегации около биогенных пор в этом горизонте способствует, очевидно, более высокая концентрация  $\text{CO}_2$ , связанная с биологическими процессами, и корневые выделения. Этот процесс диагностируется по следующим микропризнакам: стенки практически всех округлых и овальных биопор характеризуются уплотненными микритовыми кутанами.

Тенденция уплотнения собственно *подсолонцового псевдопесчаного материала* наблюдается для этих же горизонтов и в целинных солонцах за этот же период наблюдения (Лебедева (Верба), Габченко, 2006), что мы связываем с изменением таких факторов почвообразования, как увеличение осадков и поднятие уровня грунтовых вод, т.е. с условиями повышения их увлажнения. Как показали иссле-

## АНАЛИЗ МИКРОСТРОЕНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ

дования А.А. Роде, М.Н. Польского (1961), образование специфического засоленного псевдопесчаного подсолонцового горизонта в целинных солончаковых солонцах возможно только тогда, когда его влажность не выше влажности завядания. При увеличении их увлажненности, что происходит в результате мелиорации солонцов, наблюдается уплотнение микроагрегированного подсолонцового горизонта за счет усадки материала и выноса солей в более глубокие горизонты (Польский, 1958). В наиболее длительно мелиорированной почве нами отмечено значительное уплотнение глинисто-карбонатного материала и образование биогенной пористости и микроагрегативности (рис. 2, в).

Нижележащие *карбонатные и гипсовые горизонты* (под горизонтом Vr1) для сравнимых почв отличаются еще большей уплотненностью микропустотковой структуры. Гипсовые новообразования, представленные в обоих разрезах в виде редких рыхлых поровых заполнений, имеют общие микропризнаки. Преобладают мелкие кристаллы, правильные по габитусу, что позволяет предполагать их современный генезис. Наиболее крупные кристаллы, которые единичны, имеют каверны растворения, оплавленные грани и понижение двупреломления, что позволяет диагностировать их активное растворение на данной глубине.

О пространственном варьировании почвообразующего материала по содержанию гипса свидетельствует наличие в мелиорированном солонце 1982 г. гипсовых сферолитов с радиально-лучистым расположением кристаллов, которые залегают относительно неглубоко от поверхности (120 – 140 см). На этой же глубине зафиксированы новообразованные минералы водного сульфата магния (кизерита), присутствие которого было зафиксировано ранее химическими и минералогическими методами (Володина и др., 2002). Микроморфологический метод позволил выявить, что эти солевые новообразования находятся в ассоциации с гипсом и заполняют промежутки между его наиболее крупными кристаллами (рис. 2, б).

В разрезе 2002 г. гипсовые сферолиты не обнаружены, вероятно, они расположены глубже 185 см (глубины данного разреза). Подобные микроформы гипса обычно описаны для почвообразующих пород этой территории глубже 2 м, а их образование связывают с гидроморфным периодом развития почвенного покрова данной территории (Соколова и др., 1985). Не располагая достаточным числом повторных шлифов, мы не смогли провести количественного сопоставления форм солевых новообразований, но микроморфологический метод позволил выявить общие тенденции в изменении их состава и строения, несмотря на пространственное варьирование в их содержании: с увеличением длительности мелиорации отмечают специфические формы растворения и перекристаллизации солевых новообразований. Так, наиболее крупные кристаллы гипса в изученных почвах, независимо от года их опробования, имеют или оплавленные или зазубренные формы, часто встречаются каверны на их поверхности (см. рис. 2, б). Вероятно, как восходящие от грунтовых вод (до 1.5 м – современная зона капиллярной каймы), так и нисходящие токи влаги за счет мелиорации (глубина весеннего промачивания почв также доходит до 1.5 м) способствуют растворению породных гипсовых сферолитов, при этом почвенный раствор становится насыщенным по гипсу. В зависимости от соотношения интенсивностей восходящего и нисходящего токов в раз-

ных частях профилей происходит повышение концентрации раствора за счет испарения влаги и выпадение кристаллов гипса в тонких порах в виде мелких плотных скоплений.

Для мелиорированного солонца 2002 г. в горизонте 90 – 155 см отмечено образование практически во всех порах очень плотных гипсовых стяжений из неправильных по форме кристаллов, так называемый «тромбоз пор» (рис. 2 з) (Лим и др., 1975). Эти гипсовые новообразования мы рассматриваем как современные, образовавшиеся в результате активного и длительного их вымывания из вышележащих горизонтов при мелиорации солончаковых солонцов. Кроме этого, в порах данного разреза встречаются гипсовые кутаны из мелких линзовидных и крупных ромбоэдральных кристаллов гипса, которые раздвигают и разрыхляют уплотненный глинисто-карбонатный материал, примыкающий к порам. Известно, что подобные крупные, правильные по форме и с неизменными поверхностями кристаллы гипса образуются в условиях длительного увлажнения из насыщенных растворов (Ярилова, 1966). Их формирование мы связываем с подъемом уровня грунтовых вод, зафиксированного в последние десятилетия (Соколова и др., 2000). Интересно, что подобные новообразования гипса встречаются и в целинном солонце 2002 г. опробования, который является эталоном для сравнения с мелиорированными почвами «Госфонда» (Лебедева (Верба), Габченко, 2006). Об активном гидроморфизме на глубине около 1.5 м может также свидетельствовать и высокая степень вторичной перекристаллизации наиболее крупных (мелкопесчаной размерности) зерен кальцита, унаследованных от породы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях существенной перестройки экологических факторов почвообразования (подъема уровня грунтовых вод, увеличения возраста древесных кулис из вяза приземистого, изменения их состояния, дополнительного увлажнения почв за счет снегонакопления) были зафиксированы временные изменения в структурных, гумусовых, биогенных показателях и в особенностях состояния солевых новообразований, которые свидетельствуют об изменениях в функционировании мелиорированных солонцов. Возможность исследования мелиорированных солонцов на микроскопическом уровне на одном и том же участке с интервалом опробования в 20 лет позволила оценить тренды почвообразовательных процессов при мелиорации солончаковых солонцов, поскольку солевые новообразования, особенности их микростроения и состава являются чувствительными индикаторами условий и процессов, протекающих на контакте основной массы и порового пространства.

Профиль мелиорированного солонца в 1982 г. характеризуется значительным количеством и разнообразием микроформ солевых (карбонатных, гипсовых и легкорастворимых солей) новообразований. Появление новообразованных минералов сульфата магния – кизерита, который заполняет промежутки между крупными кристаллами гипса, унаследованными от прошлых, наиболее гидроморфных этапов почвообразования, позволяет предполагать их образование за счет вымывания из вышележащих горизонтов. Кавернозное состояние кристаллов гипса в сфероли-

## АНАЛИЗ МИКРОСТРОЕНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ

тах с радиально-лучистым распределением кристаллов гипса позволяет считать, что в настоящее время они разрушаются вследствие мелиорации.

Еще через 20 лет мелиорации (в 2002 г.) подобного разнообразия состава и микроформ солевых новообразований не зафиксировано. Гипсовые новообразования появляются примерно на той же глубине, что и в солонце 1982 г., но количественное содержание их существенно меньше, и представлены они редкими поровыми заполнениями из разных по размеру и форме кристаллов, что свидетельствует об их активном разрушении и перекристаллизации. Смещение максимума содержания гипсовых новообразований вниз по профилю и образование плотных поровых гипсовых заполнений из мелких кристаллов («стромбоз пор») свидетельствует об интенсивном его перемещении в более глубокие горизонты почв (глубже 1 м).

Сравнение полученных нами микропризнаков пахотных горизонтов с микроморфологическими материалами, приведенными в литературе (Польский, 1958) для участка «Госфонд», позволяет выявить тенденции в некотором повышении окультуренности за 43-летний период мелиорации солонцов. Это диагностируется по значительному повышению содержания экскрементов почвенной мезофауны; усилению биогенной переработки почв; увеличению пористости, в том числе содержанию биогенных пор; некоторому увеличению количества органического вещества, в том числе и сгустковых микроформ гумуса; повышению округлости фрагментов из припаханного солонцового материала. Все это дает основание утверждать, что длительная мелиорация солончаковых солонцов увеличивает мощность и улучшает водно-физические свойства корнеобитаемой толщи за счет выщелачивания токсичных легкорастворимых солей, активизации деятельности почвенной мезофауны, снижения подвижности глинисто-гумусовых веществ, наиболее важных для плодородия почв.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 08-04- 01333 и 09-04-00030).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Базыкина Г.С.* Изменение агрофизических свойств солончаковых солонцов северного Прикаспия при мелиорации // Вопросы гидрологии и генезиса почв. М.: Наука, 1978. С. 5 – 31.
- Биогеоценологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М.: Наука, 1974. 360 с.
- Володина И.В., Соколова Т.А., Толпешта И.И., Дронова Т.Я., Сиземская М.Л.* Опыт совместной интерпретации данных химического состава водной вытяжки и минералогического анализа солевых выцветов и плотного остатка водной вытяжки в солончаковых солонцах // Вестн. МГУ. Сер. 17, Почвоведение. 2002. № 2. С. 13 – 17.
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Экология почв. М.: Наука, 2006. 362 с.
- Лебедева (Верба) М.П., Габченко М.В.* Микроморфологический анализ современных процессов в почвах солонцового комплекса Северного Прикаспия // Почвообразовательные процессы / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАН. М., 2006. Гл. VIII. С. 236 – 256.
- Лим В.Д., Шоба С.А., Рамазанов А.Р., Сафонов В.Ф.* Микроморфологические исследования сероземно-луговых гипсированных почв Джизакской степи // Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. Ташкент: Изд-во Ташкент. гос. ун-та, 1975. Вып. 144. С. 76 – 83.

*Максимюк Г.П.* Солевой режим солончаковых солонцов и его изменение при мелиорации // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1958. Т. 38. С. 83 – 98.

*Максимюк Г.П.* Изменение химического состава и физико-химических свойств солончаковых солонцов в результате промывок // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1961. Т. 56. С. 215 – 296.

*Польский М.Н.* Агрофизические особенности солончаковых солонцов как объекта мелиорации // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1958. Т. 38. С. 59 – 72.

*Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1961. Т. 56. С. 3 – 214.

*Сиземская М.Л.* Мелиорируемые солонцы Северного Прикаспия и подходы к их классификации // Почвоведение. 1991. № 9. С. 97 – 108.

*Сиземская М.Л., Соколова Т.А., Максимюк Г.П.* Легкорастворимые соли в целинных и мелиорированных солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Свойства и пути мелиорации засоленных почв / Новочеркасский инженерно-мелиоративный ин-т им. А.К. Кортунова МСХ СССР. Новочеркасск, 1985. С. 9 – 18.

*Сиземская М.Л., Соколова Т.А., Соколова О.Б.* Изменение гипсовых новообразований в ходе длительной мелиорации солонцов // Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. М.: Наука, 1989. С. 29 – 48.

*Соколова Т.А., Царевский В.В., Максимюк Г.П., Сиземская М.Л.* Солевые новообразования в солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Почвоведение. 1985. № 6. С. 120 – 130.

*Соколова Т.А., Сиземская М.Л., Сапанов М.К., Толпеишта И.И.* Изменение содержания и состава солей в почвах солонцового комплекса Джаныбекского стационара за последние 40 – 50 лет // Почвоведение. 2000. № 11. С. 1328 – 1339.

*Ярилова Е.А.* Особенности микроморфологии солонцов черноземной и каштановой зон // Микроморфологический метод в исследовании генезиса почв. М.: Наука, 1966. С. 58 – 76.

УДК 630\*231(470.45+574.11)

## ВОЗОБНОВЛЕНИЕ И СОХРАННОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯХ АРИДНЫХ РЕГИОНОВ

**М.К. Сапанов**

*Институт лесоведения РАН*

*Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21*

*E-mail: sapanovm@mail.ru*

Поступила в редакцию 24.12.09 г.

**Возобновление и сохранность деревьев и кустарников в лесонасаждениях аридных регионов.** – Сапанов М.К. – Рассматривается возможность естественного семенного и вегетативного возобновления деревьев и кустарников в искусственных лесных экосистемах на разных типах почв. В Северном Прикаспии начальная стадия вторичной сукцессии по мере распада созданных лесонасаждений на полугидроморфных лугово-каштановых почвах с доступными грунтовыми водами может идти по пути формирования естественных лесных экосистем кустарникового типа с единичным включением высокоствольных деревьев. Такие экосистемы максимально приближены по своей организации к байрачным лесам междуречья Волги и Урала. В увлажненных искусственных выемках земли (заброшенных прудах и карьерах) могут формироваться естественные устойчивые лесные экосистемы, приближенные по своей организации к среднеазиатским тугаям вследствие доминирования лона остроплодного и тополей – белого и черного.

*Ключевые слова:* аридные регионы, возобновление деревьев и кустарников, долголетие, условия местопроизрастания.

**Renewal and conservation of trees and shrubs in artificial forests in arid regions.** – Sapanov M.K. – The possibility of natural seed and vegetative reproduction of trees and shrubs in artificial forest ecosystems with different soil types was studied. The initial stage of secondary succession in the Northern Caspian lowland during the process of afforestation disintegration on semihydromorphic meadow-chestnut soils with accessible subsoil waters can go to form natural shrub-type forest ecosystems with stand-alone high trees. The structure of such ecosystems is very similar to that of ravine forests in the Volga and Ural river interfluvium. In humid artificial relief depressions (e.g. in abandoned ponds and open-cast mines), ecosystems similar, by organization, to the riparian forests of Central Asia can be formed because of domination of *Elaeagnus oxycarpa* and white & black poplars.

*Key words:* arid regions, renewal of trees and shrubs, longevity, growth conditions.

### ВВЕДЕНИЕ

Созданные на исконно безлесных территориях лесные насаждения представляют собой, большей частью, неустойчивые недолговечные сообщества вследствие географического и экологического несоответствия выращиваемых деревьев и кустарников условиям местопроизрастания. Срок службы таких древостоев исчисляется, в лучшем случае, несколькими десятками лет (Руководство по лесовосстановлению..., 1995). Однако нередко наблюдается жизнеспособное естественное семенное или вегетативное возобновление деревьев и кустарников, которое значительно продлевает период их существования. На безлесных территориях также встречаются такие условия произрастания, где происходит спонтанное, естествен-

ное внедрение лесных видов (Сапанов, 2003). Цель наших исследований – систематизировать наблюдения по возобновлению деревьев и кустарников и долговременности их существования на разных типах почв полупустыни Северного Прикаспия.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основные наблюдения проводились на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН и его окрестностях в лесных насаждениях, которые произрастают в плакорных условиях, представленных здесь мелиорированными солончачковыми солонцами и светло-каштановыми почвами с недоступными засоленными грунтовыми водами, и в понижениях микро- и мезорельефа (западинах, падьках), где развиты полугидроморфные лугово-каштановые почвы с корнедоступной водой из пресных линз (Роде, Польский, 1961). Также рассматривались результаты естественного внедрения лесной растительности в более глубокие понижения рельефа – балочную сеть и искусственные выемки земли с периодически избыточным увлажнением, представленные заброшенными прудами, карьерами, траншеями. Маршрутными исследованиями были охвачены подобные насаждения, произрастающие на Прикаспийской низменности, Ергенинской и Приволжской возвышенностях.

Изучались искусственные чистые и смешанные древостои, а также естественные лесные экосистемы. Развитие и состояние лесонасаждений в этих условиях лимитируется дефицитом влаги. На плакорных почвах (солонцах и светло-каштановых почвах), где доступная вода «подвешена» в зоне аэрации, состояние насаждений зависит от дополнительного количества воды, которое здесь накапливается только за счет снегозадержания, тогда как в локальных понижениях рельефа с лугово-каштановыми почвами они в дополнение к этому используют воду из линз, периодически пополняющихся за счет весеннего поверхностного притока. В балочных системах (байраках) и в искусственных выемках земли растениям достается гораздо больше воды за счет усиления действия тех же факторов: снегонакопления и притока талых вод (Сапанов, 2009).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Долговечность существования лесных посадок сильно различается в зависимости от условий местопроизрастаний. Древостои, оставленные на саморазвитие (без проведения агротехнических и лесоводственных уходов), на солончачковых солонцах и светло-каштановых почвах начинают суховершинить и погибать через 5 – 10 лет, не выдерживая конкуренции с травянистой растительностью. На лугово-каштановых почвах при отсутствии уходов лесные посадки могут существовать десятки лет; конкретный срок исхода зависит от технологий их создания. В искусственных понижениях рельефа спонтанно появившиеся естественным образом лесные экосистемы могут существовать неопределенно долго, как в байрачных лесах (Сиземская и др., 1995; Сапанов, 2003).

При этом в любых условиях местопроизрастания стратегия выживания культивируемых растений направлена на собственное сохранение путем образования жизнеспособного потомства (семенного и/или вегетативного) с последующим формированием лесного участка нового облика. Такое необычное направление сукцессии, точнее, «вторичной сукцессии», которая возникает при нарушении любых климаксовых сообществ человеком (Лесная энциклопедия, 1986), происходит только в тех условиях местопроизрастания, где определенные виды деревьев и кустарников максимально к ним адаптировались, обеспечивая себя дополнительной влагой (своеобразным «страховым фондом») за счет снегонакопления или рационального и неистощительного расхода пресных грунтовых вод (Сапанов, 2003, 2005, 2009). В большинстве же случаев на исконно безлесных территориях распад лесных культур сопровождается возвратом травянистых фитоценозов.

В аридных регионах возобновительная способность деревьев и кустарников (семенная и вегетативная) в лесонасаждениях и последующие сукцессии зависят от многих причин, которые все же поддаются некоторой систематизации.

**Семенное возобновление.** Проблема семенного самовозобновления распадается на две части: на возможность самих растений производить жизнеспособные семена и на их способность к внедрению в существующие ценозы. В условиях интродукции у древесных видов способность к воспроизводству семян значительно ослабевает. Например, в дендрарии Джаныбекского стационара, по наблюдениям Н.Г. Сенкевич и И.Н. Оловянной (1996), у некоторых видов вообще отсутствует генеративная фаза, например, у клена явора (*Acer pseudoplatanus* L.), другие цветут, но не завязывают плодов, например, жимолость обыкновенная (*Lonicera xylosteum* L.), бузина черная (*Sambucus nigra* L.), или дают невсхожие семена, например, гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos* L.). В то же время большинство видов цветут и плодоносят, однако способность их семян к самостоятельному внедрению и выживанию в тех или иных местах значительно различается.

На исконно безлесных территориях внедрение самосева любых древесных видов не происходит – как на целине, что вполне закономерно, так и на заброшенных сельскохозяйственных полях. Самосев встречается лишь на пахотных участках вдоль лесных насаждений. Его, кстати, можно использовать в качестве посадочного материала (Беспалова, 1981). Любопытно, что в гумидных лесных регионах, наоборот, заброшенные поля, несмотря на обильный травостой, зарастают древесно-кустарниковой растительностью (Гульбе, 2005). Очевидно, это указывает на то, что они ранее были заняты лесами, поэтому демулационный процесс направлен на их восстановление.

На открытых территориях аридных регионов внедрение древесно-кустарниковой растительности возможно на участках с сильно измененным искусственным рельефом. Наиболее ярким примером является естественно заросший заброшенный пруд, расположенный в 300 м от Джаныбекского дендрария. Здесь внедрилось и прижилось 38 анемо- и зоохорных видов деревьев и кустарников, доминантными из которых являются лох остроплодный (*Elaeagnus oxycarpa* Schlecht.), тополя черный и белый (*Populus nigra*, *P. alba* L.), ива каспийская (*Salix caspica* Pall.).

Этот спонтанно образовавшийся 28-летний лесной участок приобрел устойчивые черты среднеазиатских тугаев (Сиземская и др., 1995).

Наиболее важным является самовозобновление видов в пределах созданных лесонасаждений. В древостоях, выращиваемых в аридных регионах на плакорных типах почв с недоступными грунтовыми водами, обычно используют засухоустойчивые вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.), ясень пенсильванский (*Fraxinus pensylvanica* Marsh.), смородину золотую (*Ribes aureum* Pursh.), жимолость татарскую (*L. tatarica* L.). В этих посадках жизнеспособного семенного возобновления не наблюдается. Здесь демутационный процесс после гибели посаженных деревьев стремится к возврату безлесного состояния внедрением травянистых растений («скамнификация», по Г.Н. Высоцкому (1915)). В дальнейшем такие участки ничем не отличаются от залежей. Этот обычный и наименее интересный путь демутации наблюдается повсеместно.

Иная картина может наблюдаться в семиаридных регионах, где в насаждениях, созданных на автоморфных глубоковыщелоченных черноземах появление самосева деревьев, например, дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), ясени обыкновенного (*F. excelsior* L.), и их дальнейшее выживание является вполне закономерным. Это связано с оптимизацией десуктивного расхода насаждений за счет дополнительной влаги, которая образуется вследствие снегонакопления и депонируется в глубинных слоях почвогрунта (Петров, 1996; Сапанов, 2009).

На полугидроморфных лугово-каштановых почвах аридных регионов возможно выращивание около 100 видов деревьев и кустарников, многие из них дают жизнеспособные семена и способны к внедрению в существующие лесонасаждения (Сенкевич, Оловянникова, 1996). Однако здесь их поведение контролируется условиями освещенности под пологом древостоя, например, успешно прижившиеся желуди в культурах дуба черешчатого не могут в течение многих лет и даже десятилетий «пойти в рост», образуя так называемые «торчки», которые отличаются периодическим отмиранием надземной части и образованием побегов замещения.

Наилучшие условия для экспансии самосева здесь складываются с началом процесса гибели посаженных деревьев и размыкания основного полога древостоя. В это время начинают успешно приживаться многие виды («натурализация», по Г.Н. Высоцкому (1915)) с образованием разновозрастного естественного подлеска, который постепенно заменяет окончательно погибший искусственный древостой. Обязательным условием такого сценария является наличие вблизи или внутри насаждения взрослых семенных растений. На Джаныбекском стационаре такие лесные участки формируются на месте распадающихся чистых и смешанных культур из дуба черешчатого или разных видов кленов и тополей.

Характерной особенностью этих участков является доминирование кустарников: ирги колосистой (*Amelanchier spicata* (Lam) C. Koch.), нескольких видов боярышников, смородины золотой, жостера слабительного (*Rhamnus cathartica* L.), жимолости татарской, встречаются также клены – татарский (*A. tataricum* L.), ясенелистный (*A. negundo* L.) и остролистный (*A. platanoides* L.), яблоня лесная (*Malus sylvestris* Mill.) и др. Стоит отметить, что в распадающихся культурах дуба не обнаружено ни одного экземпляра самосевого дуба, развившегося из «торчка» и

вышедшего на уровень подростка. Здесь же отметим, что также не обнаружен в этих древостоях самосев любых видов тополей и лоха остроплодного, тогда как в более глубоких понижениях рельефа они образуют жизнеспособные экосистемы.

Наконец, стоит отдельно упомянуть о возможности экспансии самосевного клена ясенелистного в распадающихся насаждениях. Его самосев (при наличии вблизи семенных материнских деревьев) появляется в «окнах», образующихся при гибели (или убиении) деревьев из основного полога любого древостоя. Например, такое событие произошло после интенсивных рубок ухода во взрослых культурах дуба черешчатого. Самосев клена образовал на осветленном участке сплошной покров и по мере роста – второй ярус. Однако после смыкания крон оставшихся дубов здесь выжили лишь единичные экземпляры клена. Впрочем, этот 60-летний древостой дуба все равно распадется из-за неминуемого засоления грунтовых вод, и тогда, по-видимому, вторичное внедрение и доминирование клена неминуемо (Сапанов, 2005). Дальнейший сценарий сукцессии здесь прослеживается по аналогии с распавшимся тополевым, на месте которого возник естественный чистый разновозрастный кленовик, который, очевидно, может существовать в дальнейшем еще какое-то время за счет взаимозаменяемости, несмотря на то, что возраст взрослых деревьев клена ясенелистного здесь редко превышает 15 – 25 лет (Сапанов, Быков, 1991).

В целом на лугово-каштановых почвах на месте распадающихся культур (при отсутствии клена ясенелистного) могут формироваться естественные лесные участки, в которых просматривается новый облик разновидовых кустарниковых зарослей с единичным включением высокоствольных деревьев (например, яблонь, кленов). Отметим, что самым южным местом, где встречается подобный лесной участок с яблоней, жостером, сливой растопыренной (терном) (*Prunus spinosa* L.), является одна из балок гидрографической сети оз. Эльтон (49°13' N, 46°39' E), которая находится в 30 км севернее Джаныбекского стационара. Учитывая это обстоятельство, по-видимому, можно утверждать, что на полугидроморфных лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия сукцессионный процесс в распадающихся древостоях может идти по типу самоорганизации южнорусских лесов. Долговечность таких участков и дальнейший тренд сукцессии нам не известен (из-за отсутствия аналогов). Однако если учесть, что состояние древостоев здесь обусловлено количеством доступной пресной воды, дефицит которой существенным образом зависит от некоторых факторов внешней среды и способов создания лесных культур, то нельзя исключить как достаточно быстрый их исход, так и неопределенно долгое существование (Сапанов, 2002).

**Вегетативное возобновление.** На солончаковых солонцах и светло-каштановых почвах аридных территорий, где грунтовые воды недоступны для растений, посаженные древесные виды не способны к естественному вегетативному возобновлению. Лишь при поранении корневых систем возможно появление отпрысков, которые, например, у вяза приземистого, образуются при периодической пахоте опушечной зоны. Впрочем, эти экземпляры, после обособления от дерева, оказываются нежизнеспособны вследствие хронического водного дефицита.

На полугидроморфных лугово-каштановых почвах вегетативное возобновление деревьев и кустарников происходит в основном с «захватом» новых территорий, т.е., по существу, наблюдается процесс его размножения. Такой жизненной стратегией обладает исконно растущий здесь степной кустарник – спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), отдельные семенные экземпляры которой встречаются во многих локальных понижениях рельефа. При благоприятных условиях (например, заповедывании или отсутствии сенокосов и палов, умеренном выпасе) они разрастаются до кустов, которые затем образуют мертвopoкpoвные заросли высотой до 1.5 м, при диаметре 3 – 5 м. По мере разрастания в середине освобождается место (образуется спирейниковое кольцо, так называемый «лысый куст») за счет отмирания первых стволиков (мы не находили побеги старше 12 лет). На освободившееся место обычно внедряются дерновинные злаки, например, типчак (*Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin). В дальнейшем увеличивающееся кольцо распадается на отдельные кусты. По-видимому, в полупустыне подобная «кочующая» стратегия выживания с попутным захватом целинных территорий оптимальна, так как позволяет этим клонам, постоянно обновляясь, существовать неопределенно долго. В этой связи отметим, что 55-летние кусты спиреи, образовавшиеся на заповедном участке стационара, до сих пор даже не начали распадаться в срединной части (Сапанов, Быков, 1991). Подобной стратегией выживания в условиях бореальных лесов обладает, например, лещина обыкновенная, возраст её клонов может достигать сотни лет (*Corylus avellana* L.) (Серебряков, 1952).

При интродукции на лугово-каштановых почвах обладание таким вегетативным способом самосохранения выявлено лишь у нескольких видов. Из деревьев первой величины подобный способ возобновления нами отмечен лишь у тополя белого, который в культурах может расти более 60 лет, достигая 25 – 30 м высоты при толщине ствола более 65 см. Его стратегия выживания отличается тем, что рядом с «материнскими» деревьями (собственно посаженными) со временем появляются разновозрастные отпрыски, которые затем, обособляясь, вырастают до аналогичных размеров. Эти клоновые экземпляры, образуя разновозрастную мертвopoкpoвную куртину, успешно конкурируют с травянистой растительностью, занимая все новые пространства. Нами обнаружены корни тополя с зачатками отпрысков под целинной растительностью на расстоянии до 4 м от стены леса. Из кустарников подобной стратегией обладает, например, терн, зачатки отпрысков которого (под целинной растительностью) встречаются на расстоянии 1 м от зарослей. Долговечность таких куртин, по-видимому, определяется в первую очередь возрастом старения всего клона. В некоторых старых садах, посаженных в первой половине XX в., уже наблюдается вырождение клонов тополя белого.

В насаждениях вегетативное возобновление (вернее, размножение обособлением отпрысков) деревьев и кустарников затруднено, видимо, из-за большой плотности распространения корневых систем живых растений и сильной конкуренции за влагу. Однако интересно отметить мощное корневищное распространение интродуцированного в культуры дуба в 1960-х гг. ландыша майского (*Convallaria maialis* L.), который из небольших площадок в несколько квадратных метров к настоящему времени разросся на сотни квадратных метров. Такое распростране-

## ВОЗОБНОВЛЕНИЕ И СОХРАННОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ

ние, по-видимому, стало возможным вследствие отсутствия конкуренции за влагу с другими растениями в ранне-весенний период их вегетации.

Наконец, необходимо выделить способ искусственного порослевого возобновления «посадкой на пень» живых стволов деревьев. Особенно этот способ важен для главных лесообразующих пород, например, дуба черешчатого и вяза мелколистного. Периодическое искусственное «омоложение» ослабленных и усыхающих из-за водного дефицита деревьев позволяет увеличить их долголетие на любых типах почв. Это происходит за счет резкого уменьшения ими расхода почвенной влаги вследствие меньшей листовой массы у порослевых молодых побегов, появляющихся из спящих почек пня. Однако по мере роста и восстановления кроны полученный эффект ослабевает, и дерево вновь начинает усыхать.

Особенностям выращивания порослевого вяза приземистого первой генерации в литературе уделено достаточно внимания, второй – меньше, а последующие – вообще не рассматривались, хотя периоды между рубками могут составлять менее 10 лет (Оловянникова, 1990; Беспалов, Оськина, 1995).

Наши 23-летние наблюдения за ростом и состоянием первой порослевой генерации дуба после сплошных рубок 37-летних чистых культур также показали возможность использования данного метода. В настоящее время в ходе самоизреживания на каждом пне определились 1 – 2 лидирующих побега высотой 6 – 7 м, признаков их ослабления и сухостности пока не отмечено.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Семенная и вегетативная возобновительная способность деревьев и кустарников в лесных культурах Северного Прикаспия различается в зависимости от условий местопрорастаний. На солончаковых солонцах и светло-каштановых почвах с недоступными грунтовыми водами любое возобновление с образованием устойчивых лесных экосистем невозможно. Самосев деревьев (например, вяза приземистого, ясеня пенсильванского, клена ясенелистного) образуется лишь на близлежащих пахотных участках, однако при дальнейшем функционировании *in situ* эти растения погибают из-за водного дефицита.

На полугидроморфных лугово-каштановых почвах с доступными грунтовыми водами многие виды деревьев и кустарников способны к формированию устойчивых новых лесных сообществ семенным и вегетативным путем вместо созданных ранее насаждений. Сукцессии в таких экосистемах направлены на формирование устойчивых смешанных разновидовых кустарниковых зарослей с включением единичных деревьев (яблонь, кленов). Такие экосистемы максимально приближены по своей организации к естественным байрачным лесным участкам между речья Волги и Урала.

В больших по размеру искусственных выемках земли, например, заброшенных прудах и карьерах, с периодически избыточным увлажнением могут формироваться устойчивые естественные лесные экосистемы, приближенные по своей организации к среднеазиатским тугаям вследствие доминирования лоха острополюдного и двух видов тополей – белого и черного.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие».*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беспалов В.П., Оськина Н.В.* Порослевое возобновление вяза приземистого в сухой степи и полупустыне // Лесоведение. 1995. № 6. С. 68 – 78.
- Беспалова А.Е.* Естественное возобновление клена ясенелистного и других древесных пород в лесных полосах Калмыцкой АССР // Повышение устойчивости защитных насаждений в полупустыне. М.: Наука, 1981. С. 160 – 172.
- Высоцкий Г.Н.* Ергеня. Культурно-фитологический очерк // Тр. Бюро по прикладной ботанике. Пг., 1915. Т. 8, № 10 – 11 (84). С. 1113 – 1464.
- Гульбе А.Я.* Формирование мягколиственных молодняков на брошенных сельхозугодьях в верховьях реки Волги // Экология речных бассейнов: Тр. науч. конф. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2005. С. 160 – 163.
- Лесная энциклопедия. М.: Сов. энцикл., 1986. Т. 2. 630 с.
- Оловянная И.Н.* Рост порослевого поколения вяза приземистого на почвах солонцового комплекса Прикаспия // Лесоведение. 1990. № 3. С. 23 – 32.
- Петров Н.Г.* Ландшафтная агролесомелиорация. М.: Колос, 1996. 176 с.
- Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологические свойства, механический и химический состав и физические свойства // Почвы полупустыни Северо-Западного Прикаспия и их мелиорация: Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1961. Т. 56. С. 3 – 214.
- Руководство по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части Российской Федерации // Лесохозяйственная информация. 1995. № 11. С. 41 – 42.
- Сапанов М.К.* Влагообеспеченность лесных культур на разных типах почв Северного Прикаспия // Почвоведение. 2002. № 9. С. 1089 – 1097.
- Сапанов М.К.* Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К, 2003. 248 с.
- Сапанов М.К.* Причины усыхания культур дуба черешчатого на гидроморфных лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия // Лесоведение. 2005. № 5. С. 10 – 17.
- Сапанов М.К.* Защитное лесоразведение в аридных регионах: исторический опыт и современные решения // Структура и функции лесов Европейской России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. С. 346 – 368.
- Сапанов М.К., Быков А.В.* Особенности биогеоценологических и сукцессионных процессов в лесонасаждениях полупустыни Северного Прикаспия // Лесоведение. 1991. № 4. С. 15 – 24.
- Сенкевич Н.Г., Оловянная И.Н.* Интродукция древесных растений в полупустыне Северного Прикаспия. М.: Наука, 1996. 180 с.
- Серебряков И.Г.* Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Сов. наука, 1952. 390 с.
- Сиземская М.Л., Копыл И.В., Сапанов М.К.* Заселение древесно-кустарниковой растительностью искусственных понижений мезорельефа в полупустыне Прикаспия // Лесоведение. 1995. № 1. С. 15 – 23.

УДК 581.526.53:574.45

## КЛИМАТОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА СОЛОНЧАКОВЫХ СОЛОНЦАХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

М.К. Сапанов, М.Л. Сиземская

*Институт лесоведения РАН*

*Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21*

*E-mail: sapanovm@mail.ru*

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Климатогенные изменения травянистой растительности на солончаковых солонцах Северного Прикаспия.** – Сапанов М.К., Сиземская М.Л. – В Северном Прикаспии существенное устойчивое потепление осенне-зимнего периода и увеличение увлажнения вегетационного сезона обусловило общую мезофитизацию территории, вызвав в сообществах солончаковых солонцов смену доминирования видов полыни черной на прутняк. Однако эти экосистемы остаются в динамически равновесном состоянии, происходящие изменения и волнообразные флуктуации их продуктивности не выходят за рамки природной инвариантности и носят обратимый характер.

*Ключевые слова:* региональное изменение климата, аридные экосистемы, мониторинг, продуктивность, фитоценозы.

**Climate-caused changes in the herbaceous vegetation on solonchakous solonchetes of the Northern Caspian lowland.** – Sapanov M.K. and Sizemskaya M.L. – Essential steady warming of the cold season in the Northern Caspian lowland has been revealed. The humidity of the vegetative season has increased. Both these factors have caused general mesophytization of this territory. Due to this cause, the dominating plants on saline solonchetes have switched from *Artemisia pauciflora* to *Kochia prostrata*. However, these ecosystems remain in dynamically equilibrium conditions, so changes and wavy fluctuations of the plant productivity can be naturally reverted.

*Key words:* regional climate changes, arid ecosystems, monitoring, productivity, phytocenosis.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции изменения климата во многих регионах мира вызывают обоснованное беспокойство по его воздействию на природные экосистемы, функционирование которых, по некоторым сведениям, может осложниться вплоть до возникновения необратимых процессов, вызывающих не только исчезновение определенных видов растений и животных, но и коренное изменение вековых сукцессий. В дискуссию о глобальном изменении климата (потеплении – похолодании, etc.) вовлечены ученые многих специальностей, которые в своих областях знаний выстраивают сценарии (порой умозрительные) последующих изменений природных условий. Даже политики считают глобальное потепление «ключевым вызовом безопасности нынешнего века».

Между тем крайне мало работ по сопряженному изучению изменения климата и, например, происходящих динамических процессов в экосистемах, главным образом, вследствие отсутствия длительного мониторинга. Особенно это касается аридных территорий, где глобальное потепление может включить механизм необратимого климатического опустынивания.

В этой связи рассмотрим изменение климата в глинистой полупустыне Северного Прикаспия и механизм его влияния на состояние естественных травянистых экосистем в преобладающих в почвенном покрове солончаковых солонцах.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН, который расположен в северной части Прикаспийской низменности между речья рек Волги и Урала.

Рассматриваемая территория представляет собой почти идеальную тяжело-суглинистую равнину с трехчленным комплексным почвенным покровом, большая часть которой приурочена к микроповышениям рельефа и занята солончаковыми солонцами (50% территории) с пустынными растительными ассоциациями, в которых доминирует черная полынь (*Artemisia pauciflora*<sup>1</sup>) и прутняк (*Kochia prostrata*). Здесь рассматриваются растительные сообщества, в которых указанные виды выступают в качестве содоминантов.

Остальная площадь представляет собой локальные микропонижения с незасоленными лугово-каштановыми почвами (25%), на которых развиты степные разнотравно-злаковые сообщества и переходные склоны с солонцеватыми светло-каштановыми почвами (25%) с произрастающими здесь полупустынными ромашниково-типчачковыми (*Festuca valesiaca-Tanacetum achilleifolium*) растительными сообществами.

Грунтовые воды на территории застойные и имеют сопряженный с рельефом и типом почв характер засоления: под солонцами и светло-каштановыми почвами они засолены до 5 – 10 г/л, в понижениях – пресные (менее 1 г/л). Уровень грунтовых вод флуктуирует на глубине 4.5 – 7.0 м за счет периодического пополнения по понижениям рельефа во время весеннего стока талых вод и эвапотранспирации экосистем. Их динамика замерялась стандартными хлопущками с 1951 г. еженедельно в стационарных наблюдательных скважинах, расположенных на разных типах почв.

Погодные условия с 1951 г. характеризуются по данным Джаныбекской метеорологической станции Казгидромета. Анализ проводился преимущественно по «гидрологическим годам» с выделением вместо календарных лет холодного (октябрь – март) и теплого (апрель – сентябрь) периодов, а всего года с 1 октября по 30 сентября.

В работе используются данные ежегодной продуктивности фитомассы травянистых экосистем, так называемые «максимальные укосы», которые определялись во время ее максимального сезонного накопления. Наблюдения начались в 1951 г., при этом по тем или иным причинам укосы не проводились в следующие годы: 1953, 1954, 1995, 1997 – 2001 и 2003 гг. (всего 9 лет за все годы). В течение многих десятилетий эта работа проводилась под руководством И.Н. Оловяниковой. Ежегодно на территории с падающим режимом эксплуатации (сенокосных угодьях) определялась максимальная продуктивность по ручным укосам с площадок 1×1 м,

---

<sup>1</sup> Латинские названия даны по сводке С.К. Черепанова (1995).

## КЛИМАТОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

в 8 – 4-х кратной повторности отдельно на разных типах почв. Общая продуктивность территории определялась с учетом распространения отдельных типов почв на местности: солончаковых солонцов, светло-каштановых почв и лугово-каштановых почв в соотношении 2:1:1 соответственно.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В своей работе мы отталкиваемся от общеизвестного постулата о постоянстве природной среды, в том числе границ географических зон, типов почв и инвариантности растительных сообществ, которые необратимо изменяются и модифицируются лишь при существенной трансформации внешних условий (Реймерс, 1990). Широко обсуждаемое в обществе глобальное потепление климата также относится к их числу. Выявленные признаки потепления отмечены во многих местах, в том числе в Северном Прикаспии (Сотнева, 2004; Сапанов, 2006, 2007). Интересен ответ на вопрос: насколько это потепление влияет на продуктивность и сукцессии травянистых фитоценозов?

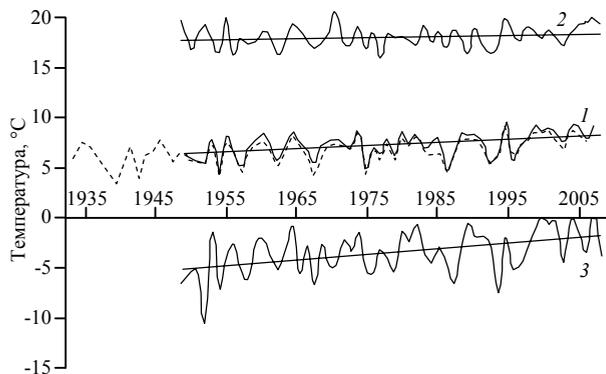
В этой связи рассмотрим изменение состава и продуктивности целинных растительных сообществ, развитых на солончаковых солонцах. Задача облегчается тем, что с начала 1950-х гг. многочисленные публикации зафиксировали флористический состав, особенности распространения, биологию развития видов, формирование сезонной и годичной продукции, транспирации и распространения корневых систем, их зависимость от водно-солевого режима почвогрунтов и погодных условий (Каменецкая, 1952; Гордеева, 1959; Роде, 1963; Гордеева, Ларин, 1965; Оловянная, 1966, 2004; Гильманов, Иващенко, 1990; Сухоруков, 2005).

Особенности динамики климата Северного Прикаспия в приложении к развитию растительных сообществ наиболее подробно были описаны А.А. Роде и Л.Г. Динесманом (Роде, 1959; Динесман, 1960). В дальнейшем коллектив Джаныбекского стационара неоднократно использовал обнаруженные закономерности, дополняя их собственными наблюдениями при анализе механизмов функционирования тех или иных природных процессов.

Изучалось воздействие на отдельные растения и экосистемы сезонной и годовой динамики погодных условий. В частности, было выявлено отрицательное влияние высоких полуденных температур и засухи на фотосинтез и транспирацию травянистых и древесных растений, уменьшение продуктивности фитоценозов в засушливые годы и резкое ухудшение их состояния при повторении таких лет. В работах последних лет выявлена тенденция к устойчивому потеплению климата, главным образом в холодный период года, и увеличению атмосферного увлажнения в теплый период года (Хлебникова, 1958; Сенкевич, Малкина, 2000; Оловянная, 2004; Сотнева, 2004; Сапанов, 2006).

Кратко рассмотрим общий фон природной среды за исследуемые годы. На Джаныбекском стационаре среднегодовая температура воздуха равна 7.2°C, за теплый период – 18.0°C, за холодный – -3.6°C. В то же время ежегодные колебания температуры воздуха указывают на потепление климата, что подтверждается также данными по метеостанции «Алгай» Росгидромета, расположенной в сходных условиях в 150 км на северо-восток (50°24' N, 48°08' E), где период наблюде-

ний (1936 – 2006 гг.) более длителен (рис. 1). При раздельном анализе по месяцам выявляется, что общее годовое потепление происходит за счет повышения температуры воздуха в октябре, ноябре и январе – апреле. В декабре же отмечалось понижение температуры воздуха.



**Рис. 1.** Динамика средних температур воздуха за год (1), теплое (2) и холодное (3) полугодия и их линейные тренды

В остальние месяцы (с мая по сентябрь включительно) температурный режим был преимущественно неизменным. Таким образом, среднегодовая температура воздуха повысилась в 1951 – 2006 гг. на 1.95°C, в основном за счет потепления холодного периода года на 3.26°C, тогда как теплый период стал жарче всего на 0.66°C (вычисления проведены по уравнениям их линейных трендов). Прямые

вычисления средних периодических температур воздуха по десятилетиям (таблица) выявило, что этот тренд обусловлен в значительной степени повышением температуры воздуха в конце XX – начале XXI в.

Средняя температура воздуха по десятилетиям, С°

Годы	Календарный год	Гидрологический год	Холодный период	Теплый период
1951–1959	6.2	6.3	-5.4	18.1
1960–1969	7.1	7.0	-3.9	17.8
1970–1979	7.2	7.1	-3.8	18.0
1980–1989	7.2	7.3	-3.5	18.0
1990–1999	7.5	7.5	-3.0	18.0
2000–2008	8.6	8.5	-1.4	18.7

Такое изменение климата уменьшило поверхностный сток талых вод, тем самым способствуя увеличению влагонакопления и влагообеспеченности растений на солончаковых солонцах, откуда вода периодически стекала в понижения рельефа. Если до 1995 г. сток происходил через каждые 5 – 6 лет, то после этого года его не было вообще. Как видим, из-за осенне-зимнего потепления состояние и развитие травянистых экосистем может существенным образом измениться.

За изучаемый период среднегодовая сумма осадков составляет 295 мм, за теплый период осадков выпадает 161 мм, за холодный – в 1.2 раза меньше – 134 мм. В многолетней динамике годовых сумм осадков тенденция к их увеличению отмечается в марте – июне и в сентябре, к понижению – в июле и августе, оставаясь неизменной с октября по февраль включительно. Иными словами, количество осадков увеличивалось, главным образом, за теплый период года со скоростью

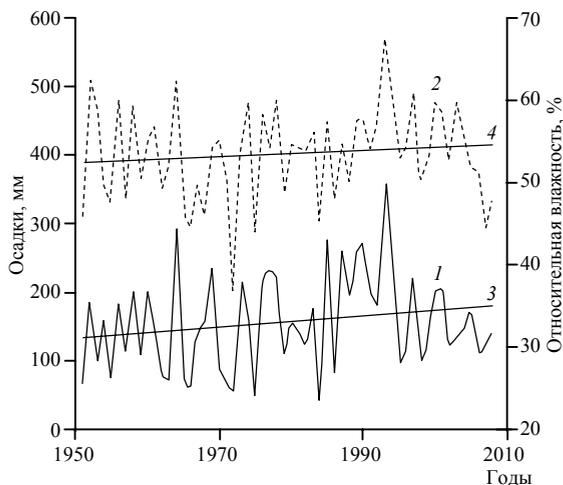
## КЛИМАТОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

1.21 мм/год (рис. 2). При вычислении средних сумм осадков по десятилетним периодам выявляется, что их повышение происходило в основном в конце XX в. (1980 – 1990-е гг.), в 2000-е г. их количество вновь понизилось.

Постепенное увеличение количества осадков при постоянной температуре воздуха вызывает повышение относительной влажности воздуха (в основном в апреле – июле и сентябре) и понижение испаряемости (за счет тех же месяцев). Данное явление уменьшает риск атмосферной засухи и тем самым улучшает условия вегетации растительных сообществ (см. рис. 2). Если учесть, что риск почвенной засухи также уменьшается (из-за равномерной весенней инфильтрации воды в отсутствие поверхностного стока), то можно считать, что на солончаковых солонцах условия сдвигаются в сторону их мезофитизации.

Более детальное изменение природных условий характеризуется коэффициентом увлажнения (Реймерс, 1990), который является интегральным показателем степени засушливости климата и рассчитывается как отношение сумм осадков за гидрологический год к испаряемости за теплое полугодие. Биологический смысл этого коэффициента заключается в комбинированном учете количества доступной воды для эпотранспирации экосистем (осадков) на фоне истинной напряженности гидротермических условий года (испаряемости). Использование этого коэффициента показывает, что основное повышение увлажненности территории отмечалось с конца 1970-х гг. до середины 1990-х гг., затем в 2000-е гг. она опять ухудшилась. В это же время происходили постепенное повышение и спад уровня грунтовых вод (рис. 3).

На фоне такой существенной трансформации природных условий рассмотрим изменение состояния травянистых экосистем, произрастающих на солончаковых солонцах. Геоботанические описания прошлых лет указывают на то, что здесь в большинстве случаев распространены прутняково-чернополынные и чернополынно-прутняковые ассоциации, встречаются также типчакково-чернополынные, ромашниково-чернополынные и др. В состав пустынной растительности на солонцах входят также мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), перечник пронзеннолистный (*Lepidium perfoliatum*), бурачок пустынный (*Alyssum turkestanicum*), ромашник,

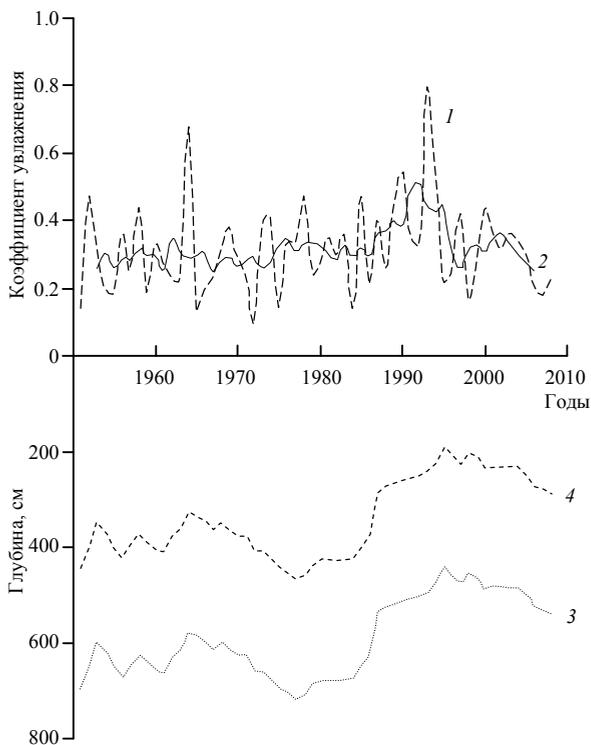


**Рис. 2.** Динамика сумм осадков за теплое полугодие (1) и средней относительной влажности воздуха за вегетационный сезон (2) и их линейные тренды соответственно (3, 4)

солянка листовичная (*Salsola laricina*), камфоросма монпельская (*Camphorosma monspeliaca*), рогач песчаный (*Ceratocarpus arenarius*) и другие ксерофиты.

Нами рассматривается динамика ежегодной продукции надземной фитомассы растений, которая определялась единожды в срок максимального ее накопления. Этот показатель вполне информативен, поэтому используется достаточно часто, хотя действительная ежегодная величина надземной первичной сезонной продукции может сильно от нее отличаться (Гильманов, Иващенко, 1990).

Средняя валовая продукция растительности за 50 лет прямых наблюдений всего трехчленного солонцового комплекса составляет  $15.5 \pm 3.1$  ц/га, отдельно на солончаковых солонцах –  $9.7 \pm 3.1$  ц/га, светло-каштановых почвах –  $13.5 \pm 3.5$  ц/га и



**Рис. 3.** Динамика истинных значений коэффициента увлажнения (1), тренда 5-летних скользящих значений (2), уровня грунтовых вод (3) и верхней границы капиллярной каймы (4)

Новикова и др., 2004). В настоящее время она заметна даже визуально как по изменению летнего аспекта, так и по количеству экземпляров: например, на некоторых участках взрослая черная полынь встречается единично (см. рис. 4).

Сравнение годичной продукции надземной фитомассы с абиотическими факторами показало ее статистически достоверную отрицательную зависимость от

лугово-каштановых почвах –  $29.7 \pm 6.4$  ц/га.

Динамика общей продукции надземной фитомассы сообществ, приуроченных к солончаковым солонцам, имеет волнообразный характер с «провалом» в 1970-х гг., при этом наблюдается постепенное повышение его линейного тренда со временем (рис. 4). Как видим, отмечается их сопряженное соответствие рассмотренным выше изменениям природных условий.

При этом динамически равновесное состояние в первичной продуктивности экосистем поддерживается сменной фитоценотической роли доминантных видов: ксерофитной полыни черной более мезофитным прутняком, совокупная биомасса которых составляет большую часть общего урожая. Такая смена отмечена во многих работах (Каменецкая, 1952; Гордеева, 1957, 1959; Гордеева, Ларин, 1965; Оловянникова, 2004;

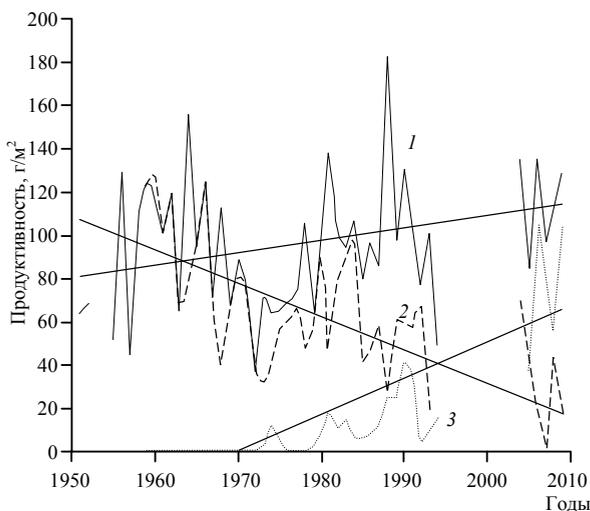
## КЛИМАТОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

глубины расположения грунтовых вод ( $r = -0.34$ ,  $P > 0.05$ ). Связь общей годичной продукции с показателями погодных условий малозаметна, очевидно, по причине суммирования биомасс сменяющих друг друга доминантных видов, отличающихся своим набором лимитирующих развитие абиотических факторов. По существу, наличие такого противоречия делает некорректным любые дальнейшие статистические расчеты.

Это противоречие можно элиминировать, если при анализе ограничиться периодом доминирования одного вида; такая ситуация была до начала 1980-х гг., когда полынью господствовала в растительных сообществах на солончаках. При таком изучении обнаруживаются достоверные зависимости (при  $P > 0.05$ ) общей про-

дукции от многих факторов за май: температуры воздуха ( $r = -0.45$ ), относительной влажности воздуха ( $r = 0.49$ ) и испаряемости ( $r = -0.51$ ). Это свидетельствует о том, что именно май является определяющим месяцем в формировании биомассы сообществ, где доминирует полынь, поскольку, чем прохладнее, тем больше ее продукция. Также отмечается положительное воздействие осадков за август предыдущего года ( $r = 0.38$ ), что, кстати, показывает доминирование биомассы черной полыни в общем запасе, так как известно, что в это время полынь может выйти из периода летнего покоя (Гордеева, 1957). Отметим, что грунтовые воды в это время залегают глубоко (до 1980 г.), очевидно поэтому связь продуктивности с ними не прослеживается, так как полынь имеет поверхностную корневую систему (Гордеева, 1957; Гордеева, Ларин, 1965).

Какие абиотические факторы лимитируют развитие полыни и прутняка, мы увидим, если проанализируем их годовую продукцию надземной фитомассы отдельно за весь изучаемый период. При таком анализе выявляется, что уровни грунтовых вод воздействуют на продукцию полыни и прутняка достоверно ( $P > 0.05$ ) и разнонаправленно ( $r = 0.39$  и  $r = -0.65$  соответственно). Иными словами, чем ближе к поверхности располагается уровень грунтовых вод, тем лучше растет прутняк и хуже – полынь, и наоборот. Следовательно, произошедший в конце XX в. подъем уровня грунтовых вод, вызвав смещение капиллярной каймы к поверхности почвы более чем на 2 м, существенно улучшил условия для развития прутняка в ущерб



**Рис. 4.** Продуктивность травянистой растительности, произрастающей на солончаковом солонце: 1 – общая, 2 – черной полыни, 3 – прутняка

полыни, которая имеет поверхностную корневую систему и не использует воду из глубинных слоев почвогрунта. Поэтому можно достаточно обоснованно утверждать, что исход полыни произошел в результате межвидовой конкуренции за счет разрастания прутняка, а не за счет непосредственного физического отрицательного влияния на него поднимающегося уровня грунтовых вод. Кстати, этот тезис подтверждается отсутствием связи общей продукции (когда в экосистемах господствовала полынь) с уровнем грунтовых вод при их глубоком залегании (см. выше).

При раздельном анализе выявляется также достоверное повышение продукции надземной фитомассы полыни ( $r = -0.44$ ,  $P > 0.05$ ), если предшествующий гидрологический год был более прохладным, т.е. выход полыни из летнего покоя в предыдущий год (что происходит не всегда) улучшает ее состояние на следующий. У прутняка же отмечается достоверная обратная зависимость ( $P > 0.05$ ) от температурного режима воздуха за весь предшествующий и настоящий год наблюдений ( $r = 0.39$  и  $r = 0.38$  соответственно).

Последняя зависимость как бы указывает на то, что прутняк развивается лучше в засушливые годы. По-видимому, эта парадоксальная связь обусловлена тем, что именно в такие годы продуктивность прутняка может повышаться за счет эффективного использования доступных грунтовых вод, в то время как полынь в это время находится в состоянии покоя. Иными словами, повышение температуры воздуха на фоне близкого залегания уровня грунтовых вод дает преимущество в разрастании прутняка.

Из всего вышесказанного следует, что в составе сообществ, развитых на солончаковых солонцах, всегда присутствуют полынь черная и прутняк. При этом доминирование одного из этих видов над другим обусловлено изменением условий внешней среды. Их непосредственный антагонизм и межвидовая конкуренция за жизненное пространство косвенно подтверждается также разнонаправленной динамикой ежегодной продуктивности ( $r = -0.61$ ,  $P > 0.01$ ).

Необходимо указать, что наиболее полно взаимоотношение полыни и прутняка во времени показано в обобщающей работе И.Н. Оловянниковой (2004), наш анализ выявляет лишь некоторые конкурентные механизмы, регулирующие их продуктивность на фоне потепления климата и подъема уровня грунтовых вод. Понижение уровня грунтовых вод, которое отмечается в последние годы, очевидно, изменит направленность их взаимоотношений, ухудшив состояние прутняка, жизненная стратегия которого предполагает десуктивное использование влаги из глубоких слоев почвогрунта.

Таким образом, значительное устойчивое потепление осенне-зимнего периода и увлажнение вегетационного сезона за более чем полувековой период не вызвало в динамике продуктивности пустынных ассоциаций на солончаковых солонцах необратимых изменений и не изменило существующий облик сообществ. Эти экосистемы остаются в динамически равновесном состоянии, флуктуация их биомассы не выходит за рамки природной инвариантности, а происходящие сукцессии носят обратимый характер.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Северном Прикаспии наблюдениями за более чем полувековой период отмечена общая тенденция потепления климата, характеризуемая увеличением температуры воздуха за холодный период года и количества атмосферных осадков за теплый период года. Данные процессы способствуют общей мезофитизации региона, при этом самое существенное увеличение увлажненности территории произошло в 1978 – 1995 гг., что вызвало повышение уровня грунтовых вод более чем на 2 м.

На этом фоне динамика годичной продукции надземной фитомассы и смена доминантных видов пустынных травянистых сообществ, приуроченных к солончаковым солонцам, представляет собой волнообразный процесс, сопряженный с динамикой экологических факторов, таких как погодные условия и уровень грунтовых вод. В частности, именно подъем уровня грунтовых вод вызвал смену доминирующей здесь полыни черной на прутняка. Выявленные достоверные связи годичной продукции надземной фитомассы всего сообщества и отдельных видов (полыни черной и прутняка) с факторами погодных условий подтверждают ранее известные механизмы их функционирования и зависимость от температурного режима воздуха и увлажненности. Таким образом, наблюдаемые смены доминирования и динамические изменения в ежегодно производимой надземной фитомассе растительных сообществ в Северном Прикаспии носят обратимый характер и обусловлены потеплением климата.

Авторы благодарят научного сотрудника, кандидата биологических А.В. Колесникова (Институт лесоведения РАН) за помощь в организации полевых работ и сборе материала.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программ Президиума РАН «Биологическое разнообразие» и ОБН РАН «Биологические ресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования», а также Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-04-00030).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гильманов Т.Г., Иващенко А.И. Первичная продуктивность экосистем солонцового комплекса глинистой полупустыни Северного Прикаспия // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1990. № 4. С. 600 – 611.
- Гордеева Т.К. К биологии полыни черной // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. III. 1957. Вып. 11. С. 88 – 117.
- Гордеева Т.К. Динамика естественной растительности в полупустыне (на примере Джаныбекского стационара) // Ботан. журн. 1959. Т. 44, № 9. С. 1238 – 1248.
- Гордеева Т.К., Ларин И.В. Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства. М.: Наука, 1965. 160 с.
- Динесман Л.Г. Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 159 с.
- Каменецкая И.В. Естественная растительность Джаныбекского стационара // Тр. Компл. экспедиции по полезному лесоразведению АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 2, вып. 3. С. 101 – 162.

*Новикова Н.М., Волкова Н.А., Хитров Н.Б.* Растительность солонцового комплекса заповедного степного участка в Северном Прикаспии // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10, № 22 – 23. С. 9 – 18.

*Оловянная И.Н.* Водный режим растительности солонцового комплекса Прикаспия и условия лесоразведения // Искусственные насаждения и их водный режим в зоне каштановых почв. М.: Наука, 1966. С. 186 – 308.

*Оловянная И.Н.* Динамика продуктивности растительного покрова в Заволжской глинистой полупустыне // Ботан. журн. 2004. Т. 89. С. 1122 – 1137.

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

*Роде А.А.* Климатические условия района Джаныбекского стационара // Сообщ. Лаборатории лесоведения АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. Вып. 1. С. 3 – 40.

*Роде А.А.* Водный режим и баланс целинных почв полупустынного комплекса // Водный режим почв полупустыни. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5 – 82.

*Сапанов М.К.* Условия выращивания защитных лесных насаждений в полупустыне Северного Прикаспия в связи с изменением климата во второй половине XX в. // Лесоведение. 2006. № 6. С. 45 – 51.

*Сапанов М.К.* Синхронность изменения уровней Каспийского моря и грунтовых вод в Северном Прикаспии во второй половине XX в. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2007. № 5. С. 82 – 87.

*Сенкевич Н.Г., Малкина И.С.* Особенности ассимиляции и транспирации вяза мелколистного как факторы его экологической пластичности // Лесоведение. 2000. № 6. С. 9 – 16.

*Сотнева Н.И.* Динамика климатических условий второй половины XX в. района Джаныбекского стационара Северного Прикаспия // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 5. С. 74 – 83.

*Сухоруков А.П.* Конспект видов сосудистых растений Джаныбекского биологического стационара и его окрестностей. М.: МАКС Пресс, 2005. 34 с.

*Хлебникова Н.А.* Транспирация и фотосинтез древесных и кустарниковых пород в условиях Прикаспийской низменности // Тр. Ин-та леса АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. 38. С. 110 – 160.

*Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья-95, 1995. 990 с.

УДК 630.181.3(47-12+510)

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ В АРИДНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ И КИТАЯ

М.К. Сапанов<sup>1</sup>, М.Л. Сиземская<sup>1</sup>, А.В. Колесников<sup>1</sup>,  
Цзюйин Цзяо<sup>2</sup>, Циньсяо У<sup>2</sup>, Гобинь Лю<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт лесоведения РАН  
Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21  
E-mail: sizem@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт охраны почв и вод Китайской академии наук  
и Министерства водных ресурсов Китая  
Китай, 712100, Янлинь, Шаанси*

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Экологические особенности лесовыращивания в аридных регионах России и Китая.** – Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Колесников А.В., Цзяо Цзюйин, У Циньсяо, Лю Гобинь. – Сравняются условия лесовыращивания на юге Русской равнины в пределах Юго-Востока европейской части России и Лессового плато в Китае. Выявлены общие закономерности и различия в функционировании искусственных лесных экосистем в этих условиях и намечены пути устойчивого лесоразведения. Показано, что для создания долговечных лесонасаждений необходимо дополнительное увлажнение за счет перераспределения атмосферных осадков, при этом в Китае поддается регулированию ливневый сток, в России – снегораспределение и сток талых вод.

*Ключевые слова:* лесовыращивание, аридные регионы, недостаток увлажнения.

**Ecological features of forest growing in arid regions of Russia and China.** – Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., Kolesnikov A.V., Jiao Juying, Wu Qinxiao, and Liu Guobin. – The conditions of forest growing in the south of the Russian Plain within the Southeastern European Russia and the Loess Plateau in China are compared. Common regularities and distinctions in the functioning of artificial wood ecosystems in these conditions have been revealed and ways of steady forest cultivation are planned. Additional humidifying due to redistribution of atmospheric precipitation is shown to be necessary for creation of durable forest plantings, the storm drain and snow & runoff redistribution being controllable in China and Russia, respectively.

*Key words:* forest growing, arid regions, humidity deficit.

### ВВЕДЕНИЕ

В условиях усиливающегося климатического и антропогенного опустынивания особо важное значение приобретает поиск путей борьбы с деградацией земель, сохранения естественных ландшафтов, восстановления нарушенных и создания антропогенно улучшенных сельскохозяйственных территорий. Как в России, так и в Китае проблемы борьбы с эрозией почв и поиск различных способов восстановления деградированных земель, в том числе методами лесомелиорации, чрезвычайно актуальны. В Китае в последние десятилетия делаются ширококомасштабные попытки восстановления древесной и кустарниковой растительности с целью уменьшения эрозии и влияния пыльных бурь с северных пустынных районов на

центральные регионы страны. «Зелёная Китайская Стена» (The Three-North Shelterbelt Development Program) – крупнейший проект по озеленению, призванный предотвратить расширение пустынь на территории Китайской Народной Республики, может быть весьма полезным для российской стороны, хотя в России опыт защитного лесоразведения имеет вековую историю.

Основной всплеск лесокультурных работ в России относится к середине XX в., когда Советом Министров СССР было принято Постановление от 24 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». Этот проект вошел в историю как «Сталинский план преобразования природы», так как по нему предполагалось прикрыть и защитить лесными насаждениями южные регионы России от суховеев и пыльных бурь, якобы зарождавшихся в Средней и Центральной Азии, повысить продуктивность сельскохозяйственных земель, закрепить подвижные пески. По этому плану предусматривалось создание систем крупных государственных защитных лесных полос по берегам и водоразделам рек; выращивание полезащитных, противозерозионных лесополос; укрепление и облесение песков. За период 1949 – 1965 гг. предписывалось создание защитных лесных насаждений на площади 5.7 млн га, всего же было посажено более 2 млн га. Значительная часть этих насаждений в том или ином состоянии сохранилась до настоящего времени и представляет собой прекрасный полигон для научных исследований. Один из объектов – Джаныбекский стационар Института лесоведения РАН, созданный в 1950 г. на Прикаспийской низменности в сложных условиях глинистой полупустыни с комплексным растительным и почвенным покровом, где более 50% площади занимают солончаковые солонцы. Стационар представляет собой рукотворный лесной оазис, где на его объектах в течение 60 лет ведутся комплексные биогеоэкологические исследования (Биогеоэкологические основы..., 1974; Вомперский и др., 2006; Сиземская, Сапанов, 2006). Использование этого опыта может помочь избежать многих ошибок при широкомасштабном лесоразведении.

Объединение усилий российских и китайских экологов и лесоводов для поиска современных оптимальных путей решения проблемы устойчивого природопользования в целях борьбы с опустыниванием как никогда актуально. И здесь немаловажная роль отводится созданию устойчивых защитных насаждений.

В работе рассматриваются возможности и механизмы выживания искусственных лесных систем в аридных и семиаридных регионах России и Китая. При этом необходимо было учесть ряд экологических трудностей, неизбежно возникающих в любых искусственных экосистемах. Это упрощенные схемы и способы посадки, медленный рост и развитие деревьев, их слабый возобновительный потенциал, низкая экологическая эффективность в полусухих условиях среды. К настоящему времени разработаны варианты создания долговечных, саморегулирующихся, природоподобных искусственных лесных насаждений и адаптивных агролесомелиоративных систем в этих регионах.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучали естественные экосистемы и искусственные лесные насаждения в регионах Юго-Востока европейской территории России и Лессового плато Китая.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Лессовое плато в Китае и большая часть юга Русской равнины представляют собой холмисто-увалистую равнину, однако существенно различаются между собой по условиям среды: как по геоморфологии, так и по расположению в разных климатических зонах.

Лессовое плато располагается в средней части бассейна р. Хуанхэ и занимает площадь более 628000 км<sup>2</sup>, ограниченную горами Qilian и Taihang на западе и востоке, с севера на юг простирающуюся от Великой Китайской стены до гор Qiling. Геоморфологически плато представляет собой холмисто-увалистые равнины с перепадом высот до сотен метров, сложенные лессами мощностью 100 – 250 м. Накопление лессовых отложений, которые главным образом переносились ветром, происходило в четвертичный период в течение приблизительно 3 млн лет. Высота над уровнем моря составляет на западе и северо-западе около 2000 м, уменьшаясь к юго-востоку до 300 – 400 м. Структура землепользования на этой территории включает: 28.9% земель, используемых под сельское хозяйство, 16.6% – покрытых лесными участками, 30.5% – степными травянистыми экосистемами; непродуктивные земли составляют 24.0%.

Распределение дождей во времени и пространстве очень неравномерно – от 200 мм/год на северо-западе до 700 мм/год на юго-востоке. При этом испаряемость колеблется от 900 до 1500 мм/год, т.е. намного превышает количество осадков. Осадки выпадают преимущественно в виде ливней в период с июня по сентябрь. Ливневые дожди короткой продолжительности и высокой интенсивности (до 1 – 3 мм/мин.) приводят к сильной эрозии. Более 80% ежегодного количества эродируемой почвы может быть смыто во время нескольких ливней.

Геоморфологическому облику засушливых регионов юга Русской равнины также свойственна холмистость, например, Ергенинская и Приволжская возвышенности, Хвалынские сырты. Они сложены лессовидными суглинками тяжелого и легкого гранулометрического состава. Здесь перепады высот менее значительные (максимально – десятки метров), чем на Лессовом плато Китая. Прикаспийская низменность отличается еще большей равнинностью с перепадами высот до нескольких метров. Годовая сумма атмосферных осадков составляет 250 – 550 мм при испаряемости 800 – 1000 мм. Основным механизмом перераспределения воды на местности являются метелевый снегоперенос в холодный период года и поверхностный сток весенних талых вод.

Исследования проведены общепринятыми в почвоведении, геоботанике, экологии, лесоведении методами.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим современное состояние, особенности, цели и подходы к лесоразведению в России и Китае.

В аридных регионах России защитное лесоразведение переживает нелегкие времена, это видно по стабильному уменьшению лесопосадочных работ (Основные показатели..., 2002), что связано с современной реформой государства и необходимостью нового подхода к лесомелиорации как действенному инструменту улучшения природопользования (Павловский, 2005).

Основная цель защитного лесоразведения заключается в мелиорации земель сельскохозяйственного использования путем создания полезащитных, пастбище-защитных, противозерозионных систем (Сапанов и др., 2005). Как правило, большая часть этих земель нелесопригодна из-за наличия лимитирующих факторов среды (обычно – влаги), поэтому здесь затруднительно выращивание долговечных насаждений. Особенно это актуально для аридных регионов. Например, на землях лесного фонда Волгоградской области и Калмыкии (всего 756700 га) в 1992 – 2001 гг. было создано 37500 га лесных культур, а погибло 16200 га. Защитных насаждений за этот же 10-летний период было создано в три раза больше – 107900 га (Основные показатели..., 2002). По нашим экспертным оценкам, эти насаждения еще более недолговечны (Сапанов, 2008). Иными словами, в аридных регионах России преобладает ротация, а не наращивание покрытых лесом площадей, тогда как в соответствии с Федеральным законом «О мелиорации земель», реализуемом в рамках Федеральной целевой программы «Повышение плодородия почв России», площадь лесонасаждений должна быть увеличена в разы (Российская лесная газета, 2006). Для успешного выполнения столь масштабных работ, по-видимому, необходимо использование только долговечных лесных культур, т.е. таких, которые после смыкания крон в процессе саморазвития могли бы сохраняться в течение длительного времени, а в идеале были бы способны к самовозобновлению (семенному и/или вегетативному) (Сапанов, 1998, 2008).

В Китае стали уделять большое внимание вопросам предотвращения эрозии и борьбе с ухудшением свойств почв и воды на территории Лессового плато с начала 1950-х гг. Здесь естественная растительность, например, на юго-востоке и на северо-западе, сохранилась лишь в местах, неудобных для возделывания сельскохозяйственных культур и занимает не более 5% территории. Вся остальная поверхность распахана, лёссовые склоны высотой до 1000 м искусственно террасированы. С уничтожением естественных экосистем, в том числе лесов, эрозия затронула 45% всей территории, со средней ежегодной потерей почвы 3 720 т/км<sup>2</sup>.

При наличии достаточного количества влаги в некоторых местах возможно выращивание сомкнутых лесонасаждений. На Лессовом плато в культурах используется карагана мелколистная (*Caragana microphylla*), облепиха (*Hippophae rhamnoides*), робиния (*Robinia pseudoacacia*), китайская сосна (*Pinus tabulaeformis*) и другие виды (*Malus pumila*, *Prunus davidiana*, *P. armeniaca* var. *Ansu*). Например, на лесной опытной станции Zhongwan 50-летний опыт показал, что смешанные (полидоминантные) культуры более устойчивы, чем чистые (монодоминантные). Здесь предлагается создавать смешанные культуры из сосны с лиственными породами, в том числе с облепихой (Jin-Tun Zhang, Tinggui Chen, 2007).

На Лессовом плато был выполнен грандиозный эксперимент по авиационному посеву деревьев и трав. В период между 1975 и 1984 гг. более 4000 га было успешно засеяно астрагалом (*Astragalus adsurgens*), караганой, облепихой и сосной. К 1990 г. область аэросева в регионе была расширена до 270000 га (Wu Qinxiao et al., 1995).

Тем не менее, несмотря на очевидное благоприятное противозерозионное воздействие, крупномасштабное облесение обычно усиливает дефицит почвенной

влаги. Лесные культуры расходуют продуктивную влагу из почвенных горизонтов все глубже и глубже по мере роста и углубления корней деревьев.

В искусственных лесных массивах Русской равнины и Лессового плато потребление воды древостоем в зависимости от плотности почвы и породного состава начинает превышать пополнение его запасов осадками уже до наступления 10-летнего возраста. Вся продуктивная влага, накопленная ранее в почвогрунте, расходуется полностью, поэтому уже с глубины 2 – 3 м начинает формироваться постоянно иссушенный слой почвы, который не пополняется атмосферными осадками. Например, интенсивность иссушения почв под лесными массивами в трех климатических зонах Лессового Плато увеличивается при движении с юга на север, где толщина высушенных слоев почвы под лесом может составлять около 8 м (Li Jun et al., 2008). По мере увеличения возраста рост и состояние древостоев начинают полностью зависеть от ежегодных осадков, а, как указывалось выше, они не могут полностью обеспечить их жизнедеятельность. Поэтому деревья начинают погибать. В дальнейшем, после распада древостоев, естественная влажность иссушенных горизонтов восстанавливается очень медленно в течение многих лет. В России в середине XX в. погибли сотни гектар так называемых «промышленных дубрав», которые создавались большими массивами в засушливых условиях Юго-Востока европейской части России. Остаются расти лишь те древостои, которые достигают корнями капиллярную кайму пресных грунтовых вод. Однако такие условия встречаются довольно редко (Сапанов, 2003).

В местах с дефицитом влаги лесоводы пытаются увеличить водоснабжение каждого дерева в сомкнутом насаждении различными способами, например, проведением периодических рубок ухода. Однако это мероприятие не приносит желаемого результата из-за того, что оставшиеся деревья быстро захватывают освободившееся после рубок жизненное пространство убранных деревьев с восстановлением полога из смыкающихся крон. При этом смыкаются и их корни, потому вся доступная влага из почвы начинает расходоваться с прежней скоростью и с таким же эффектом.

Также пытаются создавать лесонасаждения из засухоустойчивых лесных пород (например, *Ulmus pumila*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus robur*, *Acer negundo*, *A. tataricum*, *Gleditsia triacanthos*, *Caragana arborescens*, *Lonicera tatarica*, *Ribes aureum*) с применением влагосберегающих конструкций насаждений. Однако и здесь, по мере роста, вне зависимости от их конструктивных особенностей и ассортимента пород, насаждения начинают полностью расходовать поступающую влагу.

Существует также способ выращивания лесных культур изначально разреженной посадкой, с последующей ежегодной агротехнической обработкой как можно большего пространства вокруг каждого дерева (до 40 м<sup>2</sup>). Таким «садовым» приемом искусственно увеличивается площадь его водоснабжения за счет снятия конкуренции с травянистой растительностью. Однако в случае прекращения уходов междурядья зарастают травянистой растительностью, и деревья начинают погибать, так как не выдерживают межвидовой конкуренции (Сапанов, 2003, 2008).

Таким образом, встает вопрос о возможностях и перспективах использования методов лесомелиорации в засушливых условиях Русской равнины и Лессового

плато. Иными словами, необходимо решить проблему создания устойчивых многофункциональных лесных насаждения в регионах с недостаточным увлажнением.

Общеизвестно, что лесные экосистемы могут длительно произрастать лишь в тех местах, где отсутствует дефицит влаги. Общим мерилем оптимальных лесорастительных условий является соотношение осадков к испаряемости как 1:1, т.е. количество ежегодных осадков должно быть, по крайней мере, равно или больше испаряемости (Высоцкий, 1960). Данное соотношение определяется тем, что сезонная эвапотранспирация лесных экосистем также должна соответствовать и быть соразмерна этим величинам.

Рассматриваемые нами регионы России и Китая в основном не отвечают этим условиям (количество осадков намного меньше испаряемости), поэтому лесные культуры в таких местах могут расти только при дополнительном почвенном влагонакоплении. Здесь необходимо акцентировать, что этого можно достичь, лишь перераспределив по территории атмосферные осадки. Механизмы перераспределения, поддающиеся регулированию, различаясь по способу (в Китае – ливневый сток, в России – снегоперенос и сток талых вод), сходны в том, что вода может аккумулироваться в понижениях рельефа. Именно в таких местах можно и нужно высаживать деревья и кустарники.

В естественном виде деревья и кустарники на большей части этих территорий не произрастают, а приурочены к местам с повышенным увлажнением, например, встречаются в понижениях рельефа (балки, потяжины, овраги и пр.), т.е. там, где собираются атмосферные осадки и/или присутствуют доступные грунтовые воды. Например, на Юго-Востоке России в понижениях рельефа сохранились вековые посадки из дуба черешчатого, клена татарского и других бореальных видов деревьев и кустарников, и нет никаких оснований полагать, что их жизненный цикл скоро закончится (Сапанов, 2003). На Лессовом плато в Китае на лесной опытной станции Zhongwan на горе Ziwuling, где количество осадков 623 мм/год, при испаряемости 1500 мм/год долговечные сосновые насаждения также приурочены к днищам оврагов и к долинам (Zhang Xibiao et al., 2006). Как видим, в таких регионах необходимо правильно выбирать места для создания лесных культур, максимально оптимизировав перехват насаждением поверхностного стока воды с перевалом его во внутрипочвенный.

Из этого следует, что лесовыращивание на равнинных территориях и ровных склонах за счет создания больших массивов обрекает деревья на гибель по мере их роста из-за отсутствия адекватного увеличения дополнительного увлажнения. Здесь вся атмосферная влага (в том числе ливневая) в лучшем случае впитывается *in situ*. Иными словами, здесь не может быть обеспечено дополнительное увлажнение всех деревьев на большой площади. Однако, как указывалось выше, в молодом возрасте и при таком способе посадки может создаться ложное впечатление о том, что культуры вполне устойчивы. Это связано с тем, что изначальная влажность почвогрунта под целинной травянистой растительностью, корни которой расположены лишь в верхних почвенных горизонтах, в таких местах может быть высока на значительную глубину.

На ровных склонах сохранность лесных культур увеличивается при их выращивании узкими полосами всего из нескольких рядов. Такие лесополосы должны

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

располагаться на значительном удалении друг от друга для перехвата поверхностного стока с открытых пространств и депонирования дополнительной влаги непосредственно под деревьями. При этом наиболее перспективны контурные ленточные лесополосы, каждая из которых создается на одной абсолютной высоте склона. В этом случае происходит равномерный перехват воды за счет отсутствия стока вдоль лесной полосы.

Большие возможности для лесовыращивания открываются там, где есть естественные или искусственные понижения микро- и мезорельефа с благоприятными почвенно-гидрологическими свойствами. На Прикаспийской низменности такие условия наблюдаются в западинах и падинах. На Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН изучены особенности функционирования небольших лесных колков, сохранившихся по небольшим блюдцеобразным понижениям (западинам) с лугово-каштановыми почвами. Такие западины, каждая диаметром 5 – 30 м, занимают в солонцовом комплексном почвенном покрове до 25% площади. Характерной особенностью западин является отсутствие в почвенном профиле легкорастворимых солей и наличие пресной линзы, которая как бы «плавает» на засоленных грунтовых водах. В начале 1950-х гг. на участке Государственной лесной полосы «Чапаевск – Владимировка», проходящей по территории стационара, были заложены разнообразные лесные культуры, отличающиеся ассортиментом лесных пород, схемами их смешения, способами посадки. Выявлено, что за 55-летний период существования этих лесных колков наибольшее экологическое соответствие этим условиям местопроизрастания проявляется у дуба черешчатого, жимолости татарской, скумпии (*Cotinus coggygria*), клена татарского, караганы древовидной. Сохранность вяза приземистого и смородины золотой (основных видов в агролесомелиорации) по западинам намного хуже. Наилучший тип посадки – древесно-кустарниковый, когда высокоствольные деревья окаймлены кустарником. Срединная часть таких колков представлена деревьями 5 – 7 м высоты (при диаметре до 20 см), которые образуют пологое сомкнутое насаждение, поэтому под ними почва мертвопокровная, т.е. без травянистой растительности, проникновение которой под полог препятствуют также опушечные кустарники. Предлагаемая конструкция колков способствует также большему дополнительному накоплению снега как внутри себя, так и на прилегающей территории, что приводит к увеличению массы травостоя вблизи таких колков в 2.5 раза относительно более удаленной целины (Оловянникова, 1976). На многих участках в течение 60 лет сохраняются благоприятные лесорастительные свойства лугово-каштановых почв западин (зона опреснения почвенного профиля достигает глубины 250 – 300 см, грунтовые воды слабоминерализованы ~ 1.0 г/л) и характеризуются оптимально-возможной влагообеспеченностью, сбалансированностью по составу солей и весьма удовлетворительным состоянием лесных насаждений, «вписанных» в западину. Долговечность искусственных лесных колков по западинам, очевидно, связана с тем, что их ежегодный эвапотранспирационный расход компенсируется дополнительным увлажнением почвогрунта (хотя и при некотором засолении грунтовых вод).

Длительное существование искусственных лесных колков 55-летнего возраста по западинам без проведения постоянных агротехнических и лесоводственных

уходов свидетельствует о возможности создания оптимальной экосистемы в локальных понижениях (западинах), способствующей поддержанию устойчивого солевого равновесия почв, и является основанием для рекомендаций их к широкому применению в лесокультурных мероприятиях. Такая конструкция лесного колка пригодна для создания лесопастбищных систем. При этом территория, подверженная лесомелиорации, будет представлять собой своеобразный устойчивый западинно-колочный ландшафт, в котором, в частности, домашние животные могут использовать веточный корм в период бескормицы и укрываться от летнего зноя и осенне-зимних ветров.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании устойчивых долговечных лесонасаждений на Юго-Востоке Русской равнины и Лессовом плато необходимо учитывать местное поверхностное перераспределение атмосферных осадков, которое поддается регулированию. В Китае это ливневый сток, в России – перераспределение снега и сток талых вод. Во всех случаях должен обеспечиваться одинаковый результат – дополнительное увлажнение почвогрунтов под лесонасаждениями для оптимизации их эвапотранспирации.

*Работа выполнена при финансовой поддержке совместного проекта Российского фонда фундаментальных исследований и Государственного фонда естественных наук Китая (проекты № 07-04-92102 и 40811120032).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биогеоценоотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1974. 360 с.
- Волперский С.Э., Добровольский Г.В., Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Соколова Т.В.* Рукотворный лесной оазис в полупустыне // Вестн. РАН. 2006. № 9. С. 798 – 804.
- Высоцкий Г.Н.* Избранные труды. М.: Сельхозгиз, 1960. 435 с.
- Оловянная И.Н.* Влияние лесных колков на солончаковые солонцы. М.: Наука, 1976. 127 с.
- Основные показатели лесохозяйственной деятельности за 1988, 1992 – 2001 гг. М.: Рослесинфорг, 2002. С. 98 – 99.
- Павловский Е.С.* О подготовке новой концепции агролесомелиорации // Теория и практика агролесомелиорации: Материалы науч.-практ. конф. / Всерос. НИИ агролесомелиорации. Волгоград, 2005. С. 179 – 178.
- Рос. лесн. газ. 2006. № 8 – 10.
- Сапанов М.К.* Основные принципы создания адаптированных колочно-западинных насаждений в глинистой полупустыне // Лесное хозяйство. 1998. № 5. С. 29 – 30.
- Сапанов М.К.* Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К, 2003. 248 с.
- Сапанов М.К.* Роль защитного лесоразведения и устойчивое природопользование // Лесное хозяйство. 2008. № 3. С. 28 – 30.
- Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Оловянная И.Н.* Агролесомелиоративная система адаптивного природопользования в богарных условиях полупустыни Северного Прикаспия // Почвоведение. 2005. № 3. С. 264 – 270.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

*Сиземская М.Л., Сапанов М.К.* Искусственные лесные биогеоценозы в аридных регионах // Идеи биогеоценологии в лесоведении и лесоразведении. М.: Наука, 2006. С. 119 – 126.

*Jin-Tun Zhang, Tinggui Chen.* Effects of mixed *Hippophae rhamnoides* on community and soil in planted forests in the Eastern Loess Plateau, China // *Ecological Engineering*. 2007. № 31. P. 115 – 121.

*Li Jun, Chen Bing, Li Xiaofang, Zhao Yujuan, Ciren Yangjing, Jiang Bin, Hu Wei, Cheng Jimin, Shao Ming'an.* Effects of deep soil desiccation on artificial forestlands in different vegetation zones on the Loess Plateau of China // *Acta Ecologica Sinica*. 2008. Vol. 28, № 4. P. 1429 – 1445.

*Wu Qinxiao, Liu Xiangdong, Zhao Hongyan.* Ways and measures of restoring vegetation for controlling soil and water loss on the Loess Plateau of China // *Indian Forester*. 1995. P. 194 – 200.

*Zhang Xibiao, Zheng Shuxia, Shangguan Zhouping.* Nutrient distributions and bio-cycle characteristics in both natural and artificial *Pinus tabulaeformis* Carr. forests in hilly loess regions // *Acta Ecologica Sinica*. 2006. Vol. 26, № 2. P. 373 – 382.

## РОЛЬ ДЖАНЫБЕКСКОГО ОАЗИСА КАК МЕСТА МИГРАЦИОННЫХ ОСТАНОВОК ДЕНДРОФИЛЬНЫХ ВИДОВ ВОРОБЬИНЫХ ПТИЦ

Н.С. Чернецов<sup>1</sup>, В.Н. Булюк<sup>1</sup>, П.С. Ктиторов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Биологическая станция «Рыбачий» Зоологического института РАН  
Россия, 238535, Калининградская обл., пос. Рыбачий  
E-mail: [ncernetsov@bioryb.koenig.ru](mailto:ncernetsov@bioryb.koenig.ru)

<sup>2</sup> Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН  
Россия, 693002, Южно-Сахалинск, просп. Науки, 1Б

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Роль Джаныбекского оазиса как места миграционных остановок дендрофильных видов воробьиных птиц.** – Чернецов Н.С., Булюк В.Н., Ктиторов П.С. – В 2003 – 2005 гг. проводили отлов птиц паутиными сетями в Джаныбекском оазисе, чтобы исследовать: 1) какие дендрофильные и околородные воробьиные птицы останавливаются в районе исследований во время сезонных миграций; 2) как различаются основные параметры миграционных остановок у воробьиных, мигрирующих в сторону разных зимовок; 3) какую роль Джаныбекский оазис играет в восстановлении энергетических резервов для останавливающихся мигрантов; 4) какую миграционную стратегию используют палеарктико-африканские и палеарктико-индийские воробьиные при пересечении полупустынных районов северного Прикаспия. Всего было поймано 4862 особи 45-ти видов воробьиных (осенью 4493 особи, 42 вида; весной 369 особей, 18 видов). Для многих дендрофильных воробьиных Джаныбекский оазис является благоприятным местом остановки и жиронакопления во время осенней миграции. Весной практически все птицы останавливались только на один день. Предполагается, что роль Джаныбекского оазиса в качестве места остановки весной менее существенна, чем осенью. Виды воробьиных птиц, которые отлавливаются с существенными запасами жира, в основном накапливают их до начала пересечения аридной зоны, в лесостепи, где площадь оптимальных для них биотопов значительна.

*Ключевые слова:* воробьиные птицы, миграция, остановка, экологический барьер.

**Role of the Dzhanibek oasis as a migratory stopover site for forest passerines.** – Chernetsov N.S., Bulyuk V.N., and Ktitov P.S. – In 2003 – 2005 we mist-netted birds at the Dzhanibek oasis in order to study: 1) what forest and aquatic passerines made migratory stopovers in the surveyed area; 2) whether the main stopover parameters in passerines that migrated towards different wintering quarters were different; 3) what was the role of the Dzhanibek oasis for refuelling of migrants; 4) what migration strategy was used by Palaearctic-African and Palaearctic-Indian passerines when crossing the northern Caspian semideserts. A total of 4862 individuals of 45 passerine species were captured (4493 individuals, 43 species in the autumn; 369 individuals, 18 species in the spring). In the autumn the most common passage migrants were European Robin, Common Redstart, Song Thrush, Garden Warbler, Chiffchaff, Willow Warbler, Red-breasted Flycatcher, Great Tit, and Blue Tit; in the spring these were Garden and Blyth's Reed Warblers. The Dzhanibek oasis is shown to be a good stopover and refuelling site for many forest-dwelling passerines during their autumn migration. In the spring, almost all birds stopped for one day only. This oasis is assumed to be less important as a stopover site in the spring than in the autumn. Palaearctic-African migrants that do not cross any significant barrier in this section of their migratory route have moderate body masses and fuel loads north of the Caspian Sea. Red-breasted Flycatchers that migrate to India carry no large fuel stores before crossing a wide barrier of deserts and highlands of Kazakhstan and Central Asia. Passerines captured with significant fuel stores seem to have accumulated them before crossing the arid zone, in a forest steppe where their optimal habitats are more common.

*Key words:* passerines, migration, stopover, ecological barrier.

**ВВЕДЕНИЕ**

Помимо птиц, которые размножаются в аридных районах и в процессе эволюции адаптировались к жизни в них, многие виды обитают в совершенно иных климатических поясах, но дважды в год пересекают эти неблагоприятные для них биотопы в ходе сезонных миграций. Для данных птиц степные, полупустынные и пустынные районы могут являться экологическим барьером, где остановки для отдыха возможны, но условия для жиронакопления неблагоприятны. Пересечение мигрантами экологических барьеров является одной из наиболее интригующих проблем миграций птиц. Много исследований посвящены стратегии миграции воробьиных птиц через Сахару (Bairlein, 1985, 1988 *a, b*; Biebach et al., 1986, 1991, 2000; Biebach, 1990; Biebach, Bauchinger, 2003) и через пустынные и горные районы Казахстана и Средней Азии (Янушевич и др., 1982; Дольник, 1982, 1985 *a, б*; Большаков, 2001; Dolnik 1990; Irwin D., Irwin J., 2005). В результате исследований в Средней Азии и Казахстане, включавших лунные наблюдения и отловы птиц на миграционных остановках, было сформулировано представление о том, что воробьиные ночные мигранты, которые гнездятся в Сибири и зимуют в Африке, чтобы избежать осенью пересечения пустынных районов, огибают их с севера и северо-запада, пролетая, таким образом, севернее Каспийского моря. Весной палеарктико-африканские мигранты пересекают пустынную зону широким фронтом (Большаков, 2001; Bolshakov, 2002, 2003). В дальнейшем представления об огибании Каспийского моря с севера получили подтверждение в результате лунных наблюдений за осенней ночной миграцией на северо-западном краю пустынного пояса в северном Прикаспии (Bulyuk, Chernetsov, 2005 *a, b*).

Мы провели исследование экологии ряда видов воробьиных ночных мигрантов на остановках в искусственном оазисе на северо-западной окраине аридного пояса, в глинистой полупустыне севернее Каспийского моря. В оба сезона в этом районе пересекаются пути воробьиных мигрантов двух групп: летящих с Урала и из Сибири на Ближний Восток и в Африку; летящих из Европейской России на Индийский субконтинент. Перед палеарктико-африканскими мигрантами осенью лежит небольшой полупустынный пояс Заволжья и восточного Предкавказья. Даже если считать, что многие из них не делают остановки на нижней Волге, ширина экологического барьера не превышает 500 км, причем этот барьер является не очень «жестким». После пересечения этих районов африканские мигранты попадают в северные предгорья Кавказа, а также, по-видимому, в долины Кавказского хребта, достаточно благоприятные для миграционных остановок. В отличие от палеарктико-африканских мигрантов, европейско-индийские мигранты осенью в северном Прикаспии только начинают пересечение аридного пояса Казахстана и Средней Азии, причем этот барьер в это время года является достаточно суровым (Dolnik, 1990). Ширина его (расстояние до экологически благоприятного района предгорий западного Тянь-Шаня) составляет порядка 1500 – 2000 км. Весной в результате развития эфемероидной растительности и высокой активности насекомых аридные районы Казахстана и Средней Азии представляют собой значительно менее неблагоприятные условия для остановок и жиронакопления мигрирующих воробьиных, чем осенью.

Цели настоящего исследования: 1) составить список дендрофильных и водно-болотных воробьиных птиц, которые используют Джаныбекский стационар как место миграционных остановок; 2) установить, различаются ли у воробьиных, мигрирующих в сторону ближневосточных и африканских зимовок, с одной стороны, и в сторону индийских зимовок, с другой стороны, основные параметры их миграционных остановок; 3) сравнить энергетическое состояние птиц разного происхождения, остановившихся в районе исследования осенью и весной; 4) определить, как экологические различия трассы пролета отражались на состоянии мигрантов до и после пересечения аридных районов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Район исследований.* Исследования проводили в осенние сезоны миграции 2003 и 2004 гг. и во время весенней миграции 2005 г. на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН (49°24' с.ш., 46°48' в.д.). Стационар расположен на границе Волгоградской области России и Западно-Казахстанской области Казахстана, в глинистой полупустыне Северного Прикаспия в 375 км к северу от побережья Каспийского моря. На стационаре находятся искусственные лесонасаждения разнообразного видового состава, включающего дуб черешчатый *Quercus robur* L., разные виды клёна *Acer* spp., каштан конский *Aesculus hippocastanum* L., тополь белый *Populus alba* L., берёзу повислую *Betula pendula* Roth, ясень обыкновенный *Fraxinus excelsior* L., ясень пенсильванский *F. pennsylvanica* Marshall и многие другие виды деревьев и кустарников, в том числе плодоносящие: рябину обыкновенную *Sorbus aucuparia* L., боярышник однопестичный *Crataegus monogyna* Jacq., барбарис обыкновенный *Berberis vulgaris* L., кизильник блестящий *Cotoneaster lucidus* Schltldl. и другие. Более подробное описание района отлова можно найти в работе С.Н. Карандиной и С.Д. Эрперт (1972). Эти насаждения общей площадью в 10 га являются искусственным оазисом, который предоставляет благоприятные кормовые условия как для насекомоядных птиц, так и для видов, питающихся ягодами.

*Методы сбора данных.* Отлов проводили с помощью паутинных сетей осенью с 3 по 18 сентября 2003 г., с 22 августа по 7 октября 2004 г. и весной с 14 по 26 мая 2005 г. Сети были открыты 24 часа в сутки, но птицы попадались только в светлое время суток. Контроль сетей производили каждый час в течение всего светлого времени суток. Пойманных птиц обследовали согласно правилам программы исследования Европейско-Африканской миграционной системы воробьиных (Baiglein et al., 1995). Длину крыла измеряли с точностью до 0.5 мм, массу до 0.1 г, балл жирности оценивали по 9-балльной шкале (Kaiser, 1993). Общая длина сетей составляла около 150 м в 2003 г., около 250 м в 2004 г. и 130 м весной 2005 г.

Всего нами было поймано 3837 особей 45-ти видов воробьиных мигрантов. Осенью в достаточном для анализа количестве (более 100 особей) были пойманы представители четырех видов дальних мигрантов (обыкновенная горихвостка *Phoenicurus phoenicurus* (Linnaeus, 1758), пеночка-весничка *Ph. trochilus* (Linnaeus, 1758), садовая славка *Sylvia borin* (Boddaert, 1783), малая мухоловка *Ficedula parva* (Bechstein, 1794)), трёх мигрантов на средние дистанции – зарянки *Erithacus rube-*

*cula* (Linnaeus, 1758), пеночки-теньковки *Phylloscopus collybita* (Vieillot, 1817) и певчего дрозда *Turdus philomelos* C.L. Brehm, 1831 и двух ближних мигрантов – большой синицы *Parus major* Linnaeus, 1758 и лазоревки *P. caeruleus* Linnaeus, 1758. Весной в значительном числе были пойманы только садовые славки и садовые камышевки *Acrocephalus dumetorum* Blyth, 1849. Одна из возможных причин этого – недостаточная полнота охвата сезона весенней миграции. Такие виды, как обыкновенная горихвостка, пеночка-весничка и малая мухоловка, по всей вероятности, мигрируют в более ранние сроки. Осенью большая часть сезона миграции дальних мигрантов была охвачена отловами.

Из этих видов лишь синицы в небольшом числе гнездятся на территории Джаныбекского стационара и его окрестностей (Линдеман и др., 2005). Все пойманные особи остальных видов и подавляющее большинство синиц являются транзитными мигрантами. Обыкновенная горихвостка, пеночка-весничка и садовая славка зимуют в Африке южнее Сахары (Moreau, 1972), пеночка-теньковка, по-видимому, на Ближнем Востоке и в восточном Средиземноморье, зарянка, скорее всего, в Закавказье. Все эти виды осенью в Джаныбеке мигрируют на юго-запад. Малая мухоловка и садовая камышевка относятся к палеарктико-индийским мигрантам. Осенью представители этих видов летят на юго-восток и пересекают аридно-высокогорный пояс Казахстана и Средней Азии (Cramp, 1992; Cramp, Perrins, 1993).

*Методы анализа данных.* Для оценки продолжительности миграционных остановок на основе данных мечения – повторного отлова были использованы стохастические модели Кормака – Джолли – Себера. Эти модели оценивают сохраняемость, что в контексте миграционных остановок означает вероятность того, что особь, присутствующая в районе отлова в день  $i$ , все еще будет присутствовать в день  $i + 1$  (Титов, Чернецов, 1999; Чернецов, 2003). Эта оценка может рассматриваться как вероятность остаться на остановке, так как смертностью во время сравнительно непродолжительных миграционных остановок можно пренебречь (Schaub et al., 2001; Schaub, Jenni, 2001). Помимо ежедневной сохраняемости,  $\Phi_i$ , модели оценивают также вероятность того, что особь, присутствующая в районе в день  $i$ , будет поймана в этот день  $i + 1$  (вероятность отлова,  $p_i$ ). Вероятность того, что заново пойманная особь – транзитная,  $\tau = 1 - \Phi_1 / \Phi_2$ , где  $\Phi_1$  – вероятность остановки в первый день, а  $\Phi_2$  – вероятность остановки в последующие дни (Титов, Чернецов, 1999; Salewski et al., 2007). Среднее значение продолжительности остановок (SL) и 95%-ный доверительный интервал определяли по формуле  $SL = -1 / \ln \Phi$  (Титов, Чернецов, 1999).

Данные по разным годам (2003 и 2004) анализировали отдельно. У горихвостки-лысушки, садовой славки и малой мухоловки количество отловов было достаточным для анализа в оба года, у теньковки, веснички и зарянки – только в 2004 г. Итого было проанализировано 9 наборов данных. Данные анализировали с помощью пакета MARK 4.0 (White, Burnham, 1999). Для ранжирования моделей использовали информационный индекс Акайки (Burnham, Anderson, 1998). Соответствие моделей данным оценивали с помощью программы RELEASE, имеющейся в пакете MARK 4.0.

Жирность птиц оценивали путем вычитания рассчитанной тощей массы, т.е. средней массы птиц с данной длиной крыла и минимальным баллом жирности (0 по шкале Кайзера (Kaiser, 1993)) из массы тела пойманных птиц. Тощая масса тела для каждой длины крыла была рассчитана с помощью линейной регрессии (Volschakov et al., 2003).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

*Дендрофильные воробьиные, остаивающиеся в Джаныбеке.* Нами пойманы 4862 особи 45-ти видов дендрофильных и водно-болотных воробьиных, которые остаиваются на территории Джаныбекского стационара во время осеннего и весеннего пролёта (табл. 1). Массовыми пролётными видами являются зарянка, обыкновенная горихвостка, певчий дрозд, садовая славка, пеночка-теньковка, пеночка-весничка, малая мухоловка, большая синица и лазоревка. Большая синица и лазоревка, хотя и гнездятся на территории и в окрестностях Джаныбекского стационара (Линдемман и др., 2005), в наших отловах представлены прежде всего пролётными особями. На это явно указывают данные по фенологии пролёта этих видов (см. ниже). Тот факт, что два вида синиц не просто совершают ближние миграции, но и пересекают экологические барьеры (которыми для этих сугубо дендрофильных видов, несомненно, являются безлесные биотопы сухих степей и полупустынь северного Прикаспия) шириной в сотни километров, весьма примечательны. Это показывает, что данные виды не так плохо адаптированы к сезонным миграциям, как часто считают (Nilsson et al., 2006).

**Таблица 1**

Число дендрофильных и околоводных воробьиных, пойманных на Джаныбекском стационаре в 2003 – 2005 гг., а также средняя масса видов, для которых  $n > 10$

Вид	Осень 2003 г.		Осень 2004 г.		Весна 2005 г.	
	<i>n</i>	Масса, г ± SE	<i>n</i>	Масса, г ± SE	<i>n</i>	Масса, г ± SE
1	2	3	4	5	6	7
<i>Anthus trivialis</i>	0	–	4	–	0	–
<i>T. troglodytes</i>	0	–	3	–	0	–
<i>Prunella modularis</i>	0	–	17	17.61 ± 0.35	0	–
<i>Erithacus rubecula</i>	6	–	211	15.10 ± 0.08	0	–
<i>Luscinia luscinia</i>	4	–	14	26.31 ± 0.56	8	–
<i>Luscinia svecica</i>	3	–	37	16.06 ± 0.20	0	–
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	105	15.21 ± 0.14	464	15.22 ± 0.08	5	–
<i>Turdus philomelos</i>	9	–	103	65.72 ± 0.46	0	–
<i>Turdus iliacus</i>	0	–	4	–	0	–
<i>Turdus viscivorus</i>	0	–	2	–	0	–
<i>Turdus pilaris</i>	0	–	1	–	0	–
<i>Turdus merula</i>	0	–	23	85.21 ± 1.17	0	–
<i>Locustella fluviatilis</i>	6	–	19	18.75 ± 0.47	0	–
<i>Locustella.luscinioides</i>	1	–	0	–	0	–
<i>Hippolais icterina</i>	2	–	0	–	0	–
<i>Hippolais caligata</i>	0	–	0	–	1	–
<i>Acrocephalus agricola</i>	0	–	2	–	0	–
<i>A. dumetorum</i>	5	–	30	14.29 ± 0.36	130	11.28 ± 0.06

РОЛЬ ДЖАНЫБЕКСКОГО ОАЗИСА

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>A. palustris</i>	4	–	9	–	12	12.19 ± 0.32
<i>A. schoenobaenus</i>	2	–	5	–	27	12.44 ± 0.21
<i>A. scirpaceus</i>	0	–	20	13.14 ± 0.29	6	–
<i>Sylvia atricapilla</i>	26	19.51 ± 0.40	50	18.30 ± 0.26	1	–
<i>S. borin</i>	167	20.40 ± 0.18	439	20.06 ± 1.00	110	18.89 ± 0.16
<i>S. communis</i>	1	–	31	16.74 ± 0.37	16	15.01 ± 0.27
<i>S. curruca</i>	6	–	43	12.45 ± 0.18	0	–
<i>S. nisoria</i>	0	–	1	–	4	–
<i>Phylloscopus collybita</i>	29	7.50 ± 0.13	318	7.73 ± 0.05	2	–
<i>Ph. inornatus</i>	0	–	2	–	0	–
<i>Ph. sibilatrix</i>	1	–	9	–	0	–
<i>Ph. trochilus</i>	26	8.76 ± 0.19	252	9.12 ± 0.07	17	8.79 ± 0.19
<i>Muscicapa striata</i>	20	15.26 ± 0.34	89	16.19 ± 0.18	3	–
<i>Ficedula hypoleuca</i>	2	–	11	11.71 ± 0.25	0	–
<i>Ficedula albicollis</i>	0	–	5	–	0	–
<i>Ficedula parva</i>	181	9.74 ± 0.05	571	9.49 ± 0.03	0	–
<i>P. major</i>	20	18.60 ± 0.18	212	17.89 ± 0.08	1	–
<i>P. caeruleus</i>	13	11.58 ± 0.20	759	11.09 ± 0.03*	7	–
<i>Parus ater</i>	0	–	3	–	0	–
<i>Certhia familiaris</i>	0	–	1	–	0	–
<i>Lanius collurio</i>	0	–	6	–	0	–
<i>Oriolus oriolus</i>	0	–	0	–	1	–
<i>Fringilla coelebs</i>	1	–	54	20.29 ± 0.26	0	–
<i>F. montifringilla</i>	0	–	3	–	0	–
<i>Carduelis spinus</i>	0	–	8	–	0	–
<i>Carpodacus erythrinus</i>	6	–	11	23.98 ± 0.91	18	21.89 ± 0.53
<i>C. coccythraustes</i>	1	–	0	–	0	–

\* Для массы тела *Parus caeruleus*  $n = 589$ , так как из-за недостатка времени многие лавозоры были выпущены без взвешивания.

**Фенология осенней миграции.** Данные по фенологии относятся к 2004 г., когда период отлова покрывал достаточно продолжительный срок. Миграция садовой славки продолжалась с начала периода отлова (22 августа) до 3 октября, 90% птиц были пойманы до 19 сентября. В тот же день была зафиксирована последняя волна отловов (24 особи). Обыкновенных горихвосток отлавливали с начала работы до 6 октября, 90% из них были пойманы до 3 октября, т.е. пролёт продолжался до конца периода наших отловов. Пеночку-теньковку отмечали с начала работы до 7 октября, но 90% птиц были пойманы, начиная с 16 сентября. В тот же день была зафиксирована первая волна пролёта (18 птиц). Пеночек-весничек отлавливали с начала периода отловов до 6 октября, 90% были пойманы до 3 октября, т.е. интенсивная миграция отмечена до конца периода отлова. Малых мухоловок отлавливали с начала периода исследований до 6 октября, при этом 90% птиц были пойманы до 24 сентября. Однако следует отметить, что до последнего дня отлова отлавливались по 9 – 11 птиц в день, т.е. достаточно интенсивная миграция имела место в течение всего периода работы.

Зарянок отлавливали с 16 сентября до 7 октября в 2004 г. (в 2003 г. первая особь была поймана 13 сентября), но 90% птиц были пойманы, начиная с 27 сен-

тября, когда имела место первая волна отловов этого вида (10 птиц). Первый отлов певчего дрозда произошёл 3 сентября, следующий – 18 сентября, 90% птиц были пойманы, начиная с 27 сентября, когда имела место первая волна отловов. Отловы больших синиц происходили на протяжении всего периода работы, 90% птиц были пойманы, начиная с 8 сентября. Первая волна пролёта (29 особей) была зафиксирована 28 сентября. Такой же характер имел и пролёт лазоревки: 90% особей были пойманы, начиная с 27 сентября, когда за один день были пойманы 228 особей.

*Продолжительность остановок осенью.* В четырех наборах данных из 9-ти проанализированных (у садовой славки в 2003 г., обыкновенной горихвостки, зарянки и малой мухоловки в 2004 г.) предпочитаемой моделью оказалась модель с транзитными особями (см. табл. 1). В этом случае оценена вероятность остаться после дня первого отлова ( $\Phi_1$ ) и вероятность остаться в последующие дни ( $\Phi_2$ ). В пяти других случаях данные наилучшим образом описывались моделью с постоянными (независимыми от времени) вероятностью остановки ( $\Phi$ ) и вероятностью отлова ( $p$ ).

Самые короткие остановки делали пеночки-веснички (в среднем 0.84 дня, 95%-ный доверительный интервал 0.40 – 2.64 дня), самые длинные – нетранзитные садовые славки в 2003 г. (4.41 дня, 95%-ный доверительный интервал 3.09 – 6.77 дня; табл. 2).

Таблица 2

Продолжительность осенних остановок у воробьиных мигрантов в Джаныбеке

Вид, год	% особей, совершающих однодневную остановку	$\Phi_1$ , среднее, и 95%-ный доверительный интервал	$\Phi_2$ (или $\Phi$ ), среднее, и 95%-ный доверительный интервал	Продолжительность остановки, дни (среднее и 95%-ный доверительный интервал)
<i>S. borin</i> * 2003	58	0.313; 0.182 – 0.482	0.746; 0.620 – 0.841	3.41 (2.09 – 5.77)
<i>S. borin</i> * 2004	–	–	0.572; 0.443 – 0.693	1.79 (1.23 – 2.73)
<i>Ph. phoenicurus</i> * 2003	–	–	0.576; 0.383 – 0.748	1.81 (1.04 – 3.44)
<i>Ph. phoenicurus</i> * 2004	80	0.139; 0.080 – 0.231	0.684; 0.575 – 0.776	2.63 (1.81 – 3.94)
<i>Ph. collybita</i> ** 2004	–	–	0.695; 0.564 – 0.800	2.75 (1.75 – 4.48)
<i>Ph. trochilus</i> * 2004	–	–	0.307; 0.083 – 0.685	0.85 (0.40 – 2.64)
<i>E. rubecula</i> ** 2004	65	0.215; 0.128 – 0.338	0.614; 0.424 – 0.774	2.05 (1.17 – 3.90)
<i>F. parva</i> *** 2003	–	–	0.712; 0.540 – 0.839	2.94 (1.62 – 5.70)
<i>F. parva</i> *** 2004	55	0.221; 0.109 – 0.396	0.490; 0.378 – 0.602	1.40 (1.03 – 1.97)

\* – дальний палеарктико-африканский мигрант; \*\* – мигрант на средние дистанции, по-видимому, зимует на Ближнем Востоке; \*\*\* – дальний палеарктико-индийский мигрант.

*Масса тела мигрантов осенью.* Масса тела значительно различалась между годами (2003 и 2004) только у малой мухоловки ( $t = 4.18$ ;  $p < 0.001$ ). Поэтому для всех остальных видов в табл. 3 указаны объединенные данные за оба года. Садовые славки и обыкновенные горихвостки, которые в дальнейшем были пойманы повторно, весили при первом отлове значительно меньше, чем особи, впоследствии не пойманные ( $t = 4.37$  и  $t = 3.61$  соответственно;  $p < 0.001$ ). У малой мухоловки в 2004 г. подобные различия были на грани статистической значимости ( $t = 1.92$ ;  $p = 0.061$ ). У пеночки-веснички, зарянки и малой мухоловки в 2003 г. эти различия были незначимыми, возможно, из-за небольшого числа повторно пойманных птиц (табл. 3).

Масса тела у мигрантов осенью 2003 – 2004 гг. в Джаныбеке

Вид	Масса тела, среднее ± SE, n	Запасы жира, % ± SE	Масса тела птиц, давших повторные отловы, среднее ± SE, n	Масса тела птиц, не давших повторных отловов, среднее ± SE, n
<i>S. borin</i> *	20.16 ± 0.087; 599	14.5 ± 0.36	<b>18.88 ± 0.306; 43</b>	<b>20.26 ± 0.090; 556</b>
<i>Ph. phoenicurus</i> *	15.13 ± 0.067; 564	11.4 ± 0.38	<b>14.21 ± 0.265; 36</b>	<b>15.19 ± 0.069; 528</b>
<i>Ph. collybita</i> **	7.71 ± 0.046; 344	8.7 ± 0.48	7.72 ± 0.253; 22	7.71 ± 0.046; 322
<i>Ph. trochilus</i> *	9.08 ± 0.067; 276	13.0 ± 0.55	8.53 ± 0.711; 6	9.10 ± 0.067; 270
<i>E. rubecula</i> **	15.12 ± 0.036; 217	4.3 ± 0.48	14.94 ± 0.184; 25	15.14 ± 0.085; 192
<i>F. parva</i> *** 2003	9.74 ± 0.052; 180	7.5 ± 0.49	9.47 ± 0.184; 16	9.77 ± 0.042; 164
<i>F. parva</i> *** 2004	9.49 ± 0.031; 569	5.4 ± 0.30	<b>9.27 ± 0.117; 40</b>	<b>9.50 ± 0.032; 529</b>

*Примечание.* Масса тела птиц, давших и не давших повторные отловы, выделена жирным шрифтом в тех случаях, когда различия были значимы или на грани статистической значимости (см. текст). Условные обозначения см. табл. 2.

В большинстве случаев масса тела не различалась у разных возрастных групп (садовая славка:  $n_{sad} = 382$ ,  $n_{ad} = 51$ ,  $t = 0.76$ ;  $p = 0.45$ ; самцы обыкновенной горихвостки:  $n_{sad} = 174$ ,  $n_{ad} = 90$ ,  $t = 1.24$ ;  $p = 0.22$ ; пеночка-весничка:  $n_{sad} = 159$ ,  $n_{ad} = 90$ ,  $t = 0.001$ ;  $p = 0.999$ ; малая мухоловка в 2003 г.;  $n_{sad} = 160$ ,  $n_{ad} = 20$ ,  $t = 0.73$ ;  $p = 0.47$ ; зарянка:  $n_{sad} = 157$ ,  $n_{ad} = 54$ ,  $t = 1.38$ ;  $p = 0.17$ ). Лишь в 2004 г. взрослые малые мухоловки были значимо тяжелее, чем молодые (молодые: 9.45 г,  $SE = 0.03$ ,  $n = 505$ ; взрослые: 9.80 г,  $SD = 0.10$ ,  $n = 64$ ;  $t = 3.43$ ;  $p = 0.001$ ).

*Изменение массы тела на остановках осенью.* По данным повторных отловов, среднее изменение массы тела за весь период миграционной остановки в Джаныбекском оазисе было небольшим и колебалось от +0.20 г у садовой славки до -0.19 г у зарянки (табл. 4). При этом средняя скорость изменения массы тела составляла от +0.10 г/день у обыкновенной горихвостки до -0.11 г/день у садовой славки. У последнего вида, несмотря на самое высокое в среднем увеличение массы тела, наблюдалась самая низкая (отрицательная) скорость изменения массы.

Таблица 4

Изменения массы тела птиц по данным повторных отловов во время миграционных остановок осенью

Вид	Среднее изменение массы, г ± SE	Средняя скорость изменения массы, г/ день <sup>-1</sup> ± SE	n
<i>S. borin</i> *	0.20 ± 0.202	-0.11 ± 0.065	72
<i>Ph. phoenicurus</i> *	0.16 ± 0.136	0.10 ± 0.082	64
<i>Ph. collybita</i> **	-0.02 ± 0.115	-0.02 ± 0.041	29
<i>Ph. trochilus</i> *	0.08 ± 0.202	0.09 ± 0.107	11
<i>E. rubecula</i> **	-0.19 ± 0.090	-0.08 ± 0.047	52
<i>F. parva</i> ***	0.04 ± 0.048	0.03 ± 0.032	123

*Примечание.* Условные обозначения см. табл. 2, 3.

Это связано с тем, что значительная часть птиц, быстро терявших массу, останавливались на короткие сроки, а особи, набиравшие массу, делали более продолжительные остановки. Пороговое значение продолжительности остановки, при превышении которого общее изменение массы становилось в среднем положительным, составило у садовой славки 1.3 дня.

*Весенние миграционные остановки.* Период отлова весной (с 14 по 26 мая) был короток и не включал существенную часть периода миграции. Пролет некото-

рых видов, многочисленных осенью и пойманных в малом числе весной (пеночка-теньковка, пеночка-весничка, обыкновенная горихвостка), по всей вероятности, проходил в более ранние сроки (Линдеман, 1971). Весной в значительном количестве были пойманы лишь два вида: садовая камышевка и садовая славка. Малое количество повторных отловов не позволило нам оценить продолжительность весенних остановок, но сам факт, что из 110 садовых славок весной в следующие после кольцевания дни не была поймана ни одна (осенью – 43 из 599; 7%) указывает на то, что подавляющее большинство птиц останавливались на один день. Масса тела садовых камышевок и садовых славок весной, после пересечения южных аридных районов, была значимо ниже, чем осенью перед их пересечением (см. табл. 1). Средняя масса тела садовых камышевок осенью превышала весенние значения на 26%. У садовой славки, которая осенью в северном Прикаспии не находится перед большим экологическим барьером, масса тела в разные сезоны различалась всего на 6%.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В безлесной полупустыне Джаныбекский оазис достаточно сильно отличается от окружающего его ландшафта большим количеством разнообразных древесных растений и кустарников. Во время сезонных миграций птиц это место, несомненно, привлекает многие дендрофильные виды воробьиных в качестве места остановки и восстановления энергетических ресурсов между миграционными бросками. Большая концентрация останавливающихся воробьиных делает это место очень удобным для отлова и исследования поведения и энергетического состояния мигрантов.

Полученные нами данные показывают, что во время осенней миграции Джаныбекский оазис для останавливающихся здесь дендрофильных птиц играет большую роль как место остановки и жиронакопления (см. также Chernetsov et al., 2007). Садовая славка, обыкновенная горихвостка, оба вида пеночек, зарянка, оба вида синиц мигрируют осенью к африканским и ближневосточным зимовкам и находятся перед относительно небольшим экологическим барьером полупустынь Заволжья и Калмыкии. Уже в предгорьях Северного Кавказа они имеют возможность остановиться и пополнить запасы энергии. Малые мухоловки и садовые камышевки мигрируют осенью в юго-восточном направлении и находятся перед началом пересечения значительного аридного пояса, за которым лежит высокогорный пояс Средней Азии.

Средняя масса садовых камышевок в Джаныбеке осенью, перед началом пересечения аридного барьера, намного превышала массу птиц, пойманных в разных районах пустынь Средней Азии и южного Казахстана (Булюк, 1985; Яблонкевич и др., 1991, 1992). В противоположность садовым камышевкам, малые мухоловки, также зимующие в Индии, осенью перед пересечением пустынной зоны не набирали больших запасов жира (см. табл. 3). Не исключено, что они прибывали осенью в Джаныбек с небольшой начальной массой и демонстрировали небольшую эффективность остановок и скорость набора массы отчасти из-за своих особенно-

стей экологии питания и соответствующей ей миграционной стратегии. Экологически сходная серая мухоловка *Muscicapa striata* (Pallas, 1764) также не набирает больших запасов жира перед миграцией через Сахару, в отличие от других видов дальних мигрантов (Schaub, Jenni, 2000).

Палеарктико-африканские мигранты, которые не пересекают на этом отрезке миграционной трассы существенного экологического барьера, осенью имеют в северном Прикаспии умеренную массу и жирность (см. табл. 1). Средняя масса садовых славков (см. табл. 3) и доля птиц с массой более 22 г (17%) были выше, чем в большинстве точек в центральной Европе, но ниже, чем в большинстве точек в северном Средиземноморье (Bairlein, 1991). Однако жирность дальних африканских мигрантов в Джаныбеке несколько выше, чем жирность мигрантов на средние дистанции (пеночки-теньковки и зарянки, см. табл. 3). Кроме того, соотношение взрослых и молодых птиц в отловах не сильно отличается от ожидаемого осенью, исходя из продуктивности популяций (от 7.9 : 1 у малой мухоловки до 1.8 : 1 у пеночки-веснички), т.е. эффекта побережья (Паевский, 2008) не наблюдается. Таким образом, во-первых, пространственная стратегия осенней миграции сходна у обеих возрастных групп палеарктико-африканских мигрантов. Во-вторых, энергетическая стратегия миграции сходна у молодых и взрослых птиц из числа дальних мигрантов, как с индийских, так и с африканских зимовок.

Садовые славки и обыкновенные горихвостки, давшие повторные отловы, имели при первом отлове значимо более низкую массу, чем не пойманные впоследствии (см. табл. 3). Именно птицы двух этих видов в наибольшей степени увеличивали массу в ходе пребывания на остановке в Джаныбекском оазисе (см. табл. 4). По-видимому, виды, которые отлавливаются с существенными запасами жира (помимо двух названных – пеночка-весничка и садовая камышевка из числа палеарктико-индийских мигрантов), в основном накапливают их до начала пересечения аридной зоны, в лесостепи, где площадь оптимальных для них биотопов значительна.

Любопытно, что в отловах ни разу не встречались представители ещё одного вида воробьиных, обычного на большей части Европейской России и зимующего на Индийском субконтиненте – зелёной пеночки *Phylloscopus trochiloides* (Sundevall, 1837). Или осенняя миграция зелёной пеночки проходит так рано, что полностью заканчивается уже к 22 августа, или птицы этого вида огибают полупустыни и пустыни Казахстана и Средней Азии с северо-востока, аналогично тому, как сибирско-африканские мигранты огибают этот район с северо-запада (Большаков, 2001; Bolshakov 2002, 2003; Chernetsov et al., 2008).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время осенней миграции Джаныбекский оазис для останавливающихся здесь дендрофильных птиц играет большую роль как место остановки и жиронакопления. Палеарктико-африканские мигранты, которые не пересекают на этом отрезке миграционной трассы существенного экологического барьера, осенью имеют в северном Прикаспии умеренную массу и жирность. Палеарктико-индийские ми-

гранты ведут себя по-разному: садовые камышевки накапливают значительные энергетические резервы перед пересечением пустынь и гор Казахстана и Средней Азии, в то время так малые мухоловки пересекают этот экологический барьер без значительного жира накопления. Весной, когда аридный барьер значительно менее жёсток, чем осенью, роль Джаныбекского оазиса в качестве места остановки менее существенна.

Авторы благодарны М.К. Сапанову и М.Л. Сиземской за предоставленную возможность проведения исследований на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН и за разнообразную помощь, оказанную во время работы. И.С. Никишена, М.Ю. Марковец, А.К. Шавлохов, Т.В. Питеркина и И.Н. Панов помогали в кольцевании птиц, за что авторы им крайне признательны.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Большаков К.В.* Итоги крупномасштабного исследования ночной миграции птиц в аридно-высокогорной зоне запада Центральной Азии // Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков: Тр. Междунар. конф. «Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии» / Под ред. Е.Н. Курочкина, И.И. Рахимова. Казань: Магариф, 2001. С. 372 – 393.

*Булюк В.Н.* Масса тела и жирность птиц, пойманных осенью в юго-восточных Каракумах и восточном Прикаспии // Энергетические ресурсы птиц, перелетающих аридные и горные пространства Средней Азии и Казахстана / Под ред. В.Р. Дольника / Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1985. С. 98 – 118.

*Дольник В.Р.* Проблемы миграций птиц над аридными и горными районами Средней Азии // Орнитология. 1982. Т. 17. С. 13 – 17.

*Дольник В.Р.* Энергетические ресурсы птиц, перелетающих аридные и горные пространства Средней Азии и Казахстана / Под ред. В.Р. Дольника / Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1985 а. 197 с.

*Дольник В.Р.* Ночные миграции птиц над аридными и горными пространствами Средней Азии и Казахстана / Под ред. В.Р. Дольника / Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1985 б. 149 с.

*Карандина С.Н., Эрперт С.Д.* Климатическое испытание древесных пород в Прикаспийской полупустыне. М.: Наука, 1972. 128 с.

*Линдеман Г.В.* Птицы искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне Северного Прикаспия // Животные искусственных насаждений в глинистой полупустыне / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1971. С. 120 – 151.

*Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А.* Динамика населения позвоночных животных заволжской полупустыни. М.: Наука, 2005. 252 с.

*Паевский В.А.* Демографическая структура и популяционная динамика певчих птиц. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 235 с.

*Титов Н.В., Чернецов Н.С.* Стохастические модели как новый метод оценки продолжительности миграционных остановок птиц // Успехи соврем. биологии. 1999. Т. 119, № 4. С. 396–403.

*Чернецов Н.С.* Экология и поведение воробьиных птиц на миграционных остановках: постановка проблемы // Орнитология. 2003. Т. 30. С. 136 – 146.

*Яблонкевич М.Л., Виноградова Н.В., Марковец М.Ю., Паевский В.А., Пантелеев А.В., Смирнова Т.В., Шаповал А.П., Шумаков М.Е.* Масса тела и энергетические резервы птиц, пойманных весной и осенью в южном Приаралье // Эколого-популяционные исследования птиц / Под ред. В.А. Паевского / Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1991. С. 195 – 217.

## РОЛЬ ДЖАНЫБЕКСКОГО ОАЗИСА

Яблонкевич М.Л., Виноградова Н.В., Шаповал А.П., Шумаков М.Е. Результаты прижизненного обследования некоторых видов воробьиных птиц, пойманных весной и осенью в долине реки Мургаб (Туркмения) // Вопросы экологии популяций птиц / Под ред. В.А. Павского / Зоол. ин-т АН СССР. СПб., 1992. С. 117 – 168.

Янушевич А.И., Абдулсаямов И.А., Гаврилов Э.И., Юрлов К.Т., Кашкаров Д.Ю., Эминов А., Ажимуратов К.А. Ландшафтно-экологические закономерности миграций птиц в континентальных районах западной части Азии // Орнитология. 1982. Т. 17. С. 8 – 12.

Bairlein F. Body weights and fat deposition of Palaearctic passerine migrants in the central Sahara // *Oecologia*. 1985. Vol. 66. P. 141 – 146.

Bairlein F. How do migratory songbirds cross the Sahara? (a review) // *Trends Ecol. Evol.* 1988 a. Vol. 3. P. 191 – 194.

Bairlein F. Herbstlicher Durchzug, Körpergewichte und Fettdeposition von Zugvögeln in einem Rastgebiet in Nordalgerien // *Vogelwarte*. 1988 b. Vol. 34. P. 237–248.

Bairlein F. Body mass of Garden Warblers (*Sylvia borin*) on migration: a review of field data // *Vogelwarte*. 1991. Vol. 36. P. 48–61.

Bairlein F., Jenni L., Kaiser A., Karlsson L., van Noordwijk A., Peach W., Pilaastro A., Spina F., Walinder G. European – African Songbird Migration Network. Manual of Field Methods / Ed. F. Bairlein. Wilhelmshaven: IFV, 1995. 26 p.

Biebach H. Strategies of trans-Sahara migrants // *Bird migration* / Ed. E. Gwinner. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1990. P. 352 – 367.

Biebach H., Bauchinger U. Energetic savings by organ adjustment during long migratory flights in Garden Warblers (*Sylvia borin*) // *Avian Migration* / Eds. P. Berthold, E. Gwinner, E. Sonnenschein. Berlin; Heidelberg: Springer, 2003. P. 269 – 280.

Biebach H., Friedrich W., Heine G. Interaction of body mass, fat, foraging and stopover period in trans-sahara migrating passerine birds // *Oecologia*. 1986. Vol. 69, № 3. P. 370 – 379.

Biebach H., Friedrich W., Heine G., Jenni L., Jenni-Eiermann S., Schmidl D. The daily pattern of autumn bird migration in the northern Sahara // *Ibis*. 1991. Vol. 133, № 4. P. 414 – 422.

Biebach H., Biebach I., Friedrich W., Heine G., Partecke J., Schmidl D. Strategies of passerine migration across the Mediterranean Sea and the Sahara Desert: a radar study // *Ibis*. 2000. Vol. 142, № 4. P. 623 – 634.

Bolshakov C.V. The Palaearctic-African bird migration system: the role of desert and highland barrier of western Asia // *Ardea*. 2002. Vol. 90, № 3. P. 515–523.

Bolshakov C.V. Nocturnal migration of passerines in the desert-highland zone of western Central Asia: selected aspects // *Avian Migration* / Eds. P. Berthold, E. Gwinner, E. Sonnenschein. Berlin; Heidelberg: Springer, 2003. P. 225 – 236.

Bolshakov C., Bulyuk V., Chernetsov N. Spring nocturnal migration of Reed Warblers *Acrocephalus scirpaceus*: departure, landing and body condition // *Ibis*. 2003. Vol. 145, № 1. P. 106 – 112.

Bulyuk V.N., Chernetsov N. Nocturnal passage of passerines in Western Kazakhstan in autumn // *J. Arid Environments*. 2005 a. Vol. 61, № 4. P. 603–607.

Bulyuk V.N., Chernetsov N. Why fewer Siberian-African passerines cross the deserts of western Central Asia in autumn than during return migration in spring? // *Alauda*. 2005 b. Vol. 73, № 3. P. 256 – 257.

Burnham K.P., Anderson D.R. Model selection and inference – an information theoretic approach. Berlin: Springer, 1998. 353 p.

Chernetsov N., Bulyuk V.N., Ktitorov P. Migratory stopovers of passerines in an oasis at the crossroads of the African and Indian flyways // *Ring and Migration*. 2007. Vol. 23, № 4. P. 243 – 251.

Chernetsov N., Kishkinev D., Gashkov S., Kosarev V., Bolshakov C.V. Migratory programme of juvenile pied flycatchers, *Ficedula hypoleuca*, from Siberia implies a detour around Central Asia // *Anim. Behav.* 2008. Vol. 75, № 2. P. 539 – 545.

- Cramp S.* The Birds of the Western Palaearctic / Ed. S. Cramp. Oxford: Oxford Univ. Press, 1992. Vol. VI. 728 p.
- Cramp S., Perrins C.M.* The Birds of the Western Palaearctic / Eds. S. Cramp., C.M. Perrins. Oxford: Oxford Univ. Press, 1993. Vol. VII. 577 p.
- Dolnik V.R.* Bird migration across arid and mountainous regions of Middle Asia and Kazakhstan // Bird migration / Ed. E. Gwinner. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1990. P. 368 – 386.
- Irwin D.E., Irwin J.H.* Siberian migratory divides. Role of seasonal migration in speciation // Birds of two worlds: the ecology and evolution of migration / Eds. R. Greenberg, P.P. Marra. Baltimore; London: The John Hopkins Univ. Press, 2005. P. 27 – 40.
- Kaiser A.* A new multi-category classification of subcutaneous fat deposits on song birds // J. Field Ornithol. 1993. Vol. 64. P. 246 – 255.
- Moreau R.E.* The Palearctic-African Bird Migration Systems. London; New York: Academic Press, 1972. 384 p.
- Nilsson A.L.K., Alerstam T., Nilsson J.-Å.* Do partial and regular migrants differ in their responses to weather? // Auk. 2006. Vol. 122, № 2. P. 537 – 547.
- Salewski V., Thoma M., Schaub M.* Stopover of migrating birds: simultaneous analysis of different marking methods enhances the power of capture-recapture analyses // J. Ornithol. 2007. Vol. 148, № 1. P. 29 – 37.
- Schaub M., Jenni L.* Body-mass of six long-distance migrant passerine species along the autumn migration route // J. Ornithol. 2000. Vol. 141. P. 441 – 460.
- Schaub M., Jenni L.* Stopover duration of three warbler species along their autumn migration route // Oecologia. 2001. Vol. 128. P. 217 – 227.
- Schaub M., Pradel R., Jenni L., Lebreton J.-D.* Migrating birds stop over longer than usually thought: an improved capture-recapture analysis // Ecology. 2001. Vol. 82, № 3. P. 852 – 859.
- White G.C., Burnham K.P.* Program MARK: survival estimation from populations of marked animals // Bird Study. 1999. Vol. 46. Suppl. P. 120 – 139.