

УДК 631.467.2

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ (LUMBRICIDAE, ANNELIDA) КАК КОМПОНЕНТ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ПОЛУПУСТЫНЕ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

М. Л. Сиземская, Т. С. Всеволодова-Перель

Институт лесоведения РАН

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

E-mail: sizem@mail.ru

Поступила в редакцию 10.08.15 г.

Дождевые черви (Lumbricidae, Annelida) как компонент искусственных лесных экосистем в полупустыне Северного Прикаспия. – Сиземская М. Л., Всеволодова-Перель Т. С. – Анализируются результаты продолжающегося на протяжении 50 лет эксперимента по интродукции вида *Eisenia nordenskioldi* в массивные насаждения дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в полупустыне Северного Прикаспия. Рассмотрено изменение количественного соотношения массовых видов дождевых червей в связи с ростом и состоянием лесных культур, а также их воздействие на лугово-каштановые почвы.

Ключевые слова: дождевые черви, насаждения дуба, интродукция, трансформация почв.

Earthworms (Lumbricidae, Annelida) as a component of artificial forest ecosystems in the Northern Caspian semi-desert. – Sizemskaya M. L. and Vsevolodova-Perel T. S. – The results of the ongoing 50-year experiment of introduction of the *Eisenia nordenskioldi* species into massive oak plantations (*Quercus robur* L.) in the Northern Caspian semi-desert are analyzed. The change of the quantitative proportion of the dominant earthworm species due to the growth and conditions of forest cultures as well as their impact on the meadow-chestnut soils is considered.

Key words: earthworms, oak forest plantations, introduction, soil transformation.

DOI: 10.18500/1684-7318-2016-2-230-239

ВВЕДЕНИЕ

Состав и структура почвенного населения беспозвоночных являются не только показателем складывающихся почвенных условий, но одновременно и фактором их изменений (Гиляров, 1965). При этом не только почвы, но и весь биогеоценоз в целом отражает и определяет их особенности. Изучение взаимодействия искусственных лесных насаждений и почвенных беспозвоночных в аридных регионах позволяет выявить основные закономерности их функционирования в условиях недостаточного увлажнения и высоких температур. Ранее было показано, что в отличие от целины, где под травянистой растительностью наиболее массовую группу в почвенном населении составляют растительноядные жесткокрылые (Всеволодова-Перель, 2002, 2009; Всеволодова-Перель, Колесников, 2010; Хрулева и др., 2011), в лесных насаждениях одним из важнейших агентов разложения становятся участвующие в переработке опада сапротрофные личинки двукрылых (Всеволодова-Перель, 2002, 2006, 2009; Всеволодова-Перель, Сиземская, 2007; Всеволодова-Перель и др., 2010). Велика также роль в этом процессе дождевых червей

(Lumbricidae). Результатам их изучения на протяжении 50-летнего эксперимента по интродукции вида *E. nordenskioldi* в массивные насаждения дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в связи с ростом и состоянием этих культур и посвящена данная работа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН. Он организован в 1950 г. в составе Комплексной экспедиции АН СССР по вопросам полезащитного лесоразведения с целью разработки научно обоснованных приемов лесомелиорации в условиях полупустыни Северного Прикаспия. Стационар расположен в междуречье Волги и Урала в 30 км к северу от оз. Эльтон на Прикаспийской низменности, которая представляет собой дельтово-морскую аккумулятивную равнину раннехвалынского возраста. Она приурочена к безводной и недренированной части Волго-Уральского междуречья и относится к Джаныбекскому плоскоравнинному суглинистому солонцово-пустынно-степному падинному району (Копыл, Николаев, 1984).

Климат района характеризуется ярко выраженной континентальностью и засушливостью, что свойственно полупустыням суббореального пояса. Это проявляется, прежде всего, в многократном превышении испаряемости (около 1000 мм) над осадками (около 300 мм), а отличительной особенностью погодных условий является неустойчивость атмосферного увлажнения. Среднегодовая температура воздуха 6.9°, летом иногда достигает +42°, зимой -38°. Глубина промерзания почв может составлять до одного метра (Биогеоценотические основы..., 1974).

В почвенном покрове солонцы занимают 40 – 60% площади, лугово-каштановые почвы – до 15%, светло-каштановые почвы – до 25%, что обусловлено ярко выраженным микрорельефом. Мезопонижения рельефа (большие патины) глубиной до 1 – 1.5 м занимают площадь 10 – 20%, в них развиты лугово-каштановые незасоленные почвы с периодически промывным типом водного режима (Роде, Польский, 1961). Это приводит к формированию под западинами и патиной линз пресных грунтовых вод, имеющих гидрокарбонатно-кальциевый состав и с минерализацией 0.2 – 0.4 г/л. Уровень их залегания составляет 5 – 7 м. На лугово-каштановых почвах больших патины развиты разнотравно-злаковые растительные сообщества с продуктивностью до 30 ц/га (Гордеева, Ларин, 1965).

Именно на этих участках возможно создание лесных насаждений без предварительной мелиорации.

Объектами исследования стали культуры дуба 1951 г. посадки, расположенные в пределах одной патины, где находится дендрарий. Сюда в 1966 г. из Саратовской области было доставлено несколько сот особей дождевых червей вида *E. nordenskioldi* (Арнольди и др., 1971). Они населяют верхний слой почвы и лесную подстилку, питаются листовым опадом и почвенным детритом. Кроме интродуцированного, здесь локально встречается вид *Aporrectodea rosea*, завезенный сюда случайно, вероятно, с посадочным материалом. Этот вид относится к дождевым червям, питающимся содержащимся в почве детритом и гниющими корнями растений, в связи с чем особенно велика их роющая роль.

Учеты почвенной мезофауны, начатые в 1965 – 1967 гг. (Арнольди и др., 1971), с нерегулярной периодичностью продолжались до 2003 г., в 2014 – 2015 гг. были возобновлены. Использовали метод раскопок с применением ручной разборки. Площадь каждой пробы – 0.25 м², глубиной до 30 см. Обычно на исследованном участке закладывали не менее 4 площадок. Исследования проводили в конце апреля – мае, а иногда также осенью, если выпадало достаточно дождей. Образцы почв исследовали стандартными методами в 5-кратной повторности (Воробьева, 1998). В 2014 г. определение содержания органического углерода в исследуемых образцах провели с помощью CHNOS-элементного анализатора Vario MicroCube (Elementar Analysensysteme GmbH).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На Джаныбекском стационаре культуры дуба черешчатого на лугово-каштановых почвах в понижениях мезорельефа (больших падинах) начали выращивать с начала 1950-х гг. Небольшие многорядные массивы различались способом создания (из желудей и посадкой двухлетних сеянцев), географическим происхождением посадочного материала, разными фенологическими формами (ранняя var. *praecox* Czern. и поздняя var. *tardiflora* Czern.), составом (чистые и смешанные). Всего было создано около 12 га культур.

До 30-летнего возраста на многих участках в период интенсивного роста дуба, оцениваемого Ia – III классом бонитета, проводились преимущественно низовые 1 – 7-кратные рубки ухода (Сапанов, 2003, 2005). В 43 – 45-летнем возрасте (к середине 1990-х гг.) средняя высота отдельных древостоев достигала 14 – 16 м в зависимости от способов ведения хозяйства (табл. 1).

Таблица 1

Таксационные характеристики и сохранность культур дуба черешчатого на падинах (Сапанов, 2005, с нашими дополнениями, 2015)

Параметры	Годы				История выращивания
	1978	1995	2000	2015	
Возраст, лет	28	45	50	65	До 1970 г. 5-кратные умеренные рубки ухода, далее санитарные. В 1990-е гг. начинается распад насаждения, внедряется самосев кустарников
Высота, м	13.0	14.9	14.7	15.0	
Диаметр, см	12.8	23.2	20.7	22.0	
Кол-во, шт./га	1770	760	Нет данных	240	
Сухостой, %	0	17	79	85	
Сомкнутость крон, %	100	60	5	Разомкнуты	

К сожалению, в это же время (в 40 – 45-летних насаждениях) начинается распад срединной части массивов вследствие усыхания дуба. Гибель каждого дерева происходит в течение нескольких лет. Состояние ухудшается постепенно: разреживается крона, появляются побеги из спящих почек на стволе (так называемые «водяные» побеги). Признаков суховершинности не наблюдается, наоборот, листья приурочены к вершинным ветвям дерева. В последний год листья распускаются на оставшихся живых побегах (в том числе и на «водяных»), однако к осени

дерево полностью усыхает. Причем, такой сценарий гибели характерен для деревьев всех рангов развития, вплоть до господствующих, вне зависимости от географического происхождения желудей, феноформы (Сапанов, 2005).

К началу 2000 г. на некоторых участках внутри многорядных насаждений наблюдался почти полный распад древостоя дуба 50-летнего возраста. Наиболее вероятной причиной гибели деревьев внутри насаждения является ухудшение влагообеспеченности за счет прогрессирующего засоления пресных грунтовых вод до пороговой величины – 6 г/л, после которой уменьшается их использование, тогда как ранее пресные грунтовые воды обеспечивали более 60% от всей эвапотранспирации насаждений (Сапанов, 2002, 2005). Отсутствие затоплений падьины в течение последних 14 лет и, соответственно, невосполнение линзы пресных грунтовых вод усугубляют ситуацию (Сапанов, 2010).

Из-за размыкания древесного полога в насаждения начинает проникать самосев лесных пород, преимущественно кустарников: боярышников однопестичного (*Crataegus monogyna* Jacq.) и полумягкого (*C. submollis* Sarg.), ирги (*Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch), смородины золотой (*Ribes aureum* Pursh.), крушины (*Rhamnus cathartica* L.), черемухи (*Padus virginiana* (L.) Mill.). Изменяется сомкнутость, освещенность и, как следствие, температурный и водный режимы почв. Большему иссушению почв способствует поверхностная корневая система кустарников.

К 2014 г., по сравнению с началом 2000-х, состояние деревьев дуба еще более ухудшилось. В срединной части насаждения полог дуба оказался полностью разомкнут, оставшиеся единичные деревья дуба продолжают усыхать (см. табл. 1). К этому времени в пределах исследованного насаждения сформировался густой подлесок высотой 5 – 6 м из клёна остролистного (*Acer platanoides* L.) с долей участия 20 – 30%, единично груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.), ирги высотой 1 – 3 м (20 – 30% участия), боярышника высотой до 1.5 м и черемухи высотой до 1 м (по 10% участия), клёна татарского высотой до 0.5 м. Сомкнутость подлеска превысила 70%. Травянистая растительность под ним отсутствует, лишь в небольших окнах, свободных от древесно-кустарниковой растительности, продолжает произрастать интродуцированный ландыш майский (*Convallaria majalis* L.).

Таким образом, меняется облик насаждения, превращающегося из высокоствольного лесного массива в низкорослые заросли с единичным включением сохранившихся деревьев дуба.

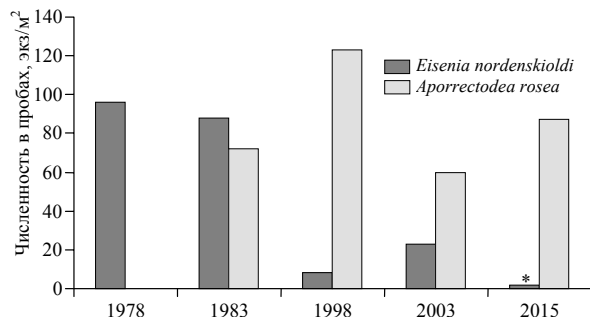
Такое развитие насаждений и, соответственно, среды обитания, повлияло на состав и деятельность почвенных беспозвоночных и, в том числе, дождевых червей – одной из массовых групп в составе мезофауны.

Особенности населения дождевых червей. Создание искусственных лесных насаждений, как отмечалось ранее, сопровождается коренной перестройкой почвенного населения (мезофауны), его трофической структуры. Уже в молодых 16 – 17-летних насаждениях дуба черешчатого начинают доминировать сапротрофные беспозвоночные. Первоначально, однако, они были представлены сорными видами, такими как гусеницы сенной совки (*Orthopygia rubidalis*), питающимися обычно сухими травянистыми растениями. Их доля в почвенном населении беспозво-

ночных достигала 60%. В дальнейшем, уже в средневозрастных насаждениях, формируется полноценный сапротрофный комплекс, в котором в качестве содоминантов появляются личинки двукрылых: бибионид (*Bibionidae*) и типулид (*Tipulidae*), составляющих до 20% в количественном отношении (Арнольди и др., 1971; Всеволодова-Перель, Сиземская, 2000). Однако их деятельность ограничивается поверхностным, подстилочным слоем почвы. С этим была связана предпринятая попытка ввести в почвенное население лесных насаждений, произрастающих в падинах, дождевых червей. Это казалось возможным, поскольку на приусадебных участках и в старых заброшенных плодовых садах здесь встречались люмбрициды, принадлежащие к космополитной партеногенетической форме *A. rosea*. Однако для интродукции был выбран другой вид, *E. nordenskioldi*, в отличие от собственнойпочвенной *A. rosea*, способный использовать в качестве пищи лесной опад. Как и у многих других люмбрицид, активность этого почвенно-подстилочного вида прерывается при неблагоприятных гидротермических условиях, но с их изменением обычно достаточно быстро восстанавливается.

Оказалось, что *E. nordenskioldi* в местных условиях способен успешно размножаться, поэтому не возникает необходимости в каком-либо дополнительном вмешательстве. В дальнейшем с нерегулярными промежутками здесь проводились лишь количественные учеты.

Высокая численность этого вида наблюдалась в пробах 1978 г. и 1983 г. (рисунок). В неблагоприятном 1998 г. их численность сократилась, в среднем до 8 экз./м², однако к моменту следующего учета в 2003 г. она вновь несколько возросла. В дальнейшем сокращение их численности продолжилось, как показали учеты 2014 –



Изменение количественного соотношения массовых видов дождевых червей в процессе распада дубовых насаждений. * – *Eisenia nordenskioldi* в эти годы выбывает из числа доминантов, но остается в составе фауны, тогда как *Aporrectodea rosea*, встречавшаяся локально, распространяется по всей территории насаждения

2015 гг. К этому времени *E. nordenskioldi* выбывает из числа доминантов (см. рисунок), но сохраняется в составе фауны (Всеволодова-Перель, Сиземская, 2000; Всеволодова-Перель и др., 2010).

Эти изменения могут быть вызваны комплексом воздействия абиотических и биотических факторов. К ним следует отнести отсутствие поверхностного стока талых вод в падины в период 1995 – 2010 гг. (ранее пополнение происходило через каждые 3 – 6 лет), что существенным образом ухудшило водный

режим почв в насаждении (особенно весной, в период наибольшей активности червей). Кроме того, в начале 2000-х гг. произошло резкое осветление участка вследствие массовой гибели дуба (Сапанов, 2005, 2010). В дальнейшем, в результате

спонтанного появления самосева, начал формироваться затеняющий древесно-кустарниковый полог. На уменьшении численности *E. nordenskioldi* могло сказаться более быстрое весеннее иссушение поверхностных слоев почвы корнями растений.

Кроме исследованного насаждения *E. nordenskioldi* единично встречается также и за его пределами в пробах, взятых в 2015 г., в других культурах дуба, находящихся на расстоянии 200 м. Это обстоятельство свидетельствует о том, что при изменении условий этот вид может вернуть себе утраченные позиции, вновь достигнув высокого уровня численности.

В отличие от *E. nordenskioldi*, у *A. rosea* численность в годы учетов оставалась довольно высокой, в пределах от 60 до 123 экз./м² (см. рисунок).

Полученные результаты позволяют рассматривать названные виды люмбрицид в условиях данного региона как взаимозамещающие. Это обусловлено их значительными экологическими различиями и, прежде всего, их реакциями на изменение гидротермических условий. При подсыхании верхнего слоя почвы *E. nordenskioldi* уходит в глубь, но обычно не более чем на 15 – 20 см от поверхности почвы. При устойчивом изменении к лучшему эти черви довольно быстро вновь становятся активны. Собственнопочвенные *A. rosea* менее требовательны к влажности почвы, но при неблагоприятных для них условиях они уходят на глубину до 40 см и более. При этом червь свертывается клубком внутри предварительно построенной им земляной капсулы. В таком состоянии *A. rosea* могут оставаться длительное время, вплоть до момента, когда происходит достаточно глубокое промачивание почвы.

Имеет значение также то, что в этом регионе встречается широко распространенная партеногенетическая форма *A. rosea*. Известно, что партеногенез обеспечивает возможность резкого увеличения численности потомства. Ареал амфимиктической, размножающейся половым путем формы более ограничен. На севере Италии она встречается в местах произрастания дуба пушистого, не образующего обычно сплошных массивов. Амфимиктические *A. rosea* отмечены на Кавказе в кустарниковых зарослях-шибляках, куртины которых перемежаются с полянами (Всеволодова-Перель, 1997). Как и у *E. nordenskioldi*, у амфимиктических *A. rosea*, в отличие от партеногенетической формы, процессу откладки коконов должно предшествовать спаривание.

Для размножения *A. rosea* условия более благоприятны на открытых участках, где при выпадении осадков глубокое промачивание почвы происходит быстрее. В значительной степени условия, складывающиеся в последние десятилетия в насаждениях дуба, где из-за их распада образуется все больше «окон», а древесный полог разомкнут, способствуют расселению этого вида.

Результаты воздействия дождевых червей на почву под дубовым насаждением. Некоторые особенности изменения строения лугово-каштановых почв под воздействием массивных лесных насаждений и деятельности дождевых червей *E. nordenskioldi* описаны нами ранее (Всеволодова-Перель, Сиземская, 1989, 2000, 2005, 2010; Сиземская, 2013).

Отмечалось, что в культурах дуба появляется лесная подстилка мощностью 0 – 3 см, представляющая собой слой неразложившегося до конца листового опада

(АО1), у контакта с почвой частично перемешанного с копролитами дождевых червей. Соответственно, и запас подстилки в нем характеризуется наиболее низким показателем (1.09 кг/м^2) по сравнению с данными, полученными на других пробных площадях (Оловянникова, 2000; Всеволодова-Перель, Сиземская, 2005), в частности, в естественных спирейниках, колковых насаждениях из вяза приземистого и дуба (в среднем 3.1 кг/м^2). При этом в лесных насаждениях основная масса подстилки сосредоточена в хорошо разложившемся слое АОЗ, который отличается от АО1 не только значительно более высокой зольностью (56% против 26%), но и тем, что с переходом от верхнего слоя к нижнему (АОЗ) заметно сужается отношение C/N (с 23 до 18). Происходит и подщелачивание нижней части подстилки – pH возрастает с 6.12 до 7.21.

Однородный в целинных условиях гумусовый горизонт в ходе лесомелиорации дифференцируется. За 50-летний период выращивания дубового насаждения к началу 2000-х гг. с 35-летним сроком интродукции дождевых червей в лугово-каштановой почве произошло увеличение общей мощности гумусового горизонта с 30 до 34 см и усложнение строения гумусового профиля, что проявляется в его разделении на три подгоризонта: $A1^I$ – с копрогенной, зернистой структурой, связанной с активной деятельностью дождевых червей, $A1^{II}$ – с мелкокомковатой (1 – 2 см) и крупнокомковатой (до 3 см) и в $A1^{III}$ – с блоково-комковатой структурой (до 5 см) (Верба и др., 2005).

Биогенная переработка способствует появлению ярко выраженной копрогенной структуры в гор. A1, содержание фракций 7 – 5 мм, соответствующих размерам копролитов, во фракционном составе почв увеличивается в 6 – 7 раз, а коэффициент структурности возрастает с 0.55 до 4.08.

Почвы под насаждениями, в отличие от целины, характеризуются меньшей плотностью, более высокой пористостью и водопроницаемостью, а также повышенной гумусированностью (табл. 2), особенно там, где ранее были интродуцированы дождевые черви.

Таблица 2

Некоторые физико-химические показатели верхнего (0 – 10 см) слоя гумусового горизонта лугово-каштановых почв больших пастбищ ($n = 5$)

Участок	pH	Объемная масса, г/см^3	Скорость впитывания 100 мм, мин.	Коэфф. структ.	C, %	Запас гумуса, кг/м^2	N общий, %	C/N
Целина	7.30–7.44	1.30 ± 0.03	85	0.55	2.62 ± 0.35	1.75	0.25 ± 0.02	10.48
					1.98 ± 0.18	3.11	0.19 ± 0.06	10.44
Насаждение дуба, 50 лет	6.43–6.86	1.04 ± 0.02	22	4.08	4.12 ± 0.30	2.21	0.34 ± 0.04	12.12
					3.07 ± 0.38	3.85	0.24 ± 0.05	12.86

Примечание. В числителе – в слое 0 – 3 см, в знаменателе – в слое 3 – 10 см.

В этих почвах усиливается вертикальная дифференциация гумусового горизонта по агрегированности и содержанию гумуса. При микроморфологическом исследовании выявлена трансформация микроформ органического вещества: мягкий, темно-серый дисперсный гумус (исходно степной мулль) целинных почв ста-

новится относительно более грубым – коричневато-бурым сгустковым гумусом (лесной мулль), обогащенным размельченными растительными остатками на разных стадиях разложения биотой (Верба и др., 2005).

Исследованные почвы в гумусовом горизонте содержат более 2.5% $C_{орг}$, и по этому показателю они близки к южным черноземам и темно-каштановым почвам (Орлов, 1990). По результатам анализов, проведенных в 2014 г., содержание $C_{орг}$ в слое 0 – 5 см лугово-каштановых почв под 65-летним насаждением дуба составляло $4.85 \pm 0.93\%$, в слое 5 – 10 см – $2.29 \pm 0.37\%$. Относительно показателей для 50-летнего насаждения (см. табл. 2) это увеличение достоверно и подтверждает выявленную тенденцию к накоплению органики почвой.

С использованием этих данных мы подсчитали, какое количество гумуса было накоплено в слое 0 – 10 см за 65 лет произрастания дубовых насаждений, в том числе с 50-летним участием дождевых червей после их интродукции. Эта величина составляет 1.53 кг/м^2 и представляется нам существенной, учитывая скорость накопления и доступность гумуса и других питательных веществ для растений. В частности, отмечалась роль дождевых червей в переходе прочно связанного калия в более подвижные соединения, доступные для растений (Basker et al., 1992), что также было подтверждено и для насаждений дуба черешчатого Джаныбекского стационара (Кулакова, 2010).

Таким образом, длительное (около 50 лет) воздействие дождевых червей на лугово-каштановые почвы и в целом на массивное насаждение из дуба черешчатого можно рассматривать как важный фактор трансформации компонентов искусственных лесных экосистем и их долговременного функционирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За 65 лет функционирования искусственных лесных насаждений из дуба черешчатого, созданных на лугово-каштановых почвах понижений мезорельефа в полупустыне Северного Прикаспия, произошла существенная перестройка комплекса почвенной мезофауны. Изученные насаждения дуба по составу почвенных сапрофагов наиболее близки к юго-восточным лесостепным дубравам на темно-серых лесных почвах.

Деятельность интродуцированных в падину под массивные насаждения из дуба черешчатого почвенно-подстилочных дождевых червей *Eisenia nordenskioldi* и случайно занесенных сюда червей почвенного вида *Aporrectodea rosea* приводит к дополнительному накоплению в почве гумуса, способствует формированию высокой биогенной агрегированности почвы, определяет изменение процессов гумусообразования, а также влияет на состояние и доступность питательных элементов: азота, фосфора и калия. Это связано с функционированием лесного биогеоценоза и, в первую очередь, с принципиальным изменением круговорота веществ, одним из основных звеньев которого становятся накопление и разложение лесного опада.

После интродукции длительное время дождевые черви остаются важным и постоянным компонентом искусственных лесных экосистем. Их воздействие, активность и соотношение численности видов находятся в зависимости от происходящих в дубовом насаждении сукцессий. Сохранность в фауне на протяжении

50 лет интродуцированного вида *E. nordenskioldi* дает основание предполагать, что этот вид может вернуться в состав доминантов при соответствующем изменении условий. Взаимозаменяемость и продолжительность существования дождевых червей в жестких климатических условиях указывает на успешность и целесообразность таких зоомелиоративных мероприятий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-00469).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. М. : Наука, 1971. С. 34 – 55.

Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М. : Наука, 1974. 360 с.

Верба (Лебедева) М. П., Ямнова И. А., Сиземская М. Л. Эволюция свойств темноцветных черноземовидных почв больших палин Северного Прикаспия при выращивании массивных лесных насаждений // Почвоведение. 2005. № 11. С. 1297 – 1309.

Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М. : Изд-во МГУ, 1998. 272 с.

Всеволодова-Перель Т. С. Дождевые черви фауны России : Кадастр и определитель. М. : Наука, 1997. 102 с.

Всеволодова-Перель Т. С. Население почвенных беспозвоночных мезофауны в комплексной полупустыне Прикаспия и его изменение при создании полейзащитных 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., Колесников А. В. Количественная характеристика почвенного населения комплексной полупустыни Северного Прикаспия // Почвоведение. 2010. № 11. С. 1381 – 1386.

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. биологическая. 2007. № 6. С. 748 – 754.

Всеволодова-Перель Т. С., Сиземская М. Л., Колесников А. В. Изменение видового состава и трофической структуры почвенного населения при создании искусственных лесных насаждений в полупустыне Прикаспия // Поволж. экол. журн. 2010. № 2. С. 142 – 150.

Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М. : Наука, 1965. 275 с.

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ (LUMBRICIDAE, ANNELIDA) КАК КОМПОНЕНТ

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

Копыл И. В., Николаев В. А. Физико-географическое районирование Прикаспийской низменности по материалам космической съемки // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1984. № 1. С. 65 – 70.

Кулакова Н. Ю. Влияние лесомелиорации на содержание основных элементов питания в лугово-каштановой почве западин полупустыни Северного Прикаспия // Агрохимия. 2010. № 5. С. 22 – 28.

Оловяникова И. Н. Особенности лесной подстилки в насаждениях вяза приземистого с колониями грачей // Почвоведение. 2000. № 11. С. 1349 – 1355.

Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : Изд-во МГУ, 1990. 325 с.

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. 1961. Т. 56. С. 3 – 214.

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, 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. Влияние изменения климата на обводненность Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 5. С. 25 – 30.

Сиземская М. Л. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2013. 276 с.

Хрулева О. А., Чернов Ю. И., Коротяев Б. А., Питеркина Т. В. Жуки надсемейства Curculionoidea (Coleoptera) комплексной полупустыни в связи с изменением климата Северного Прикаспия // Зоол. журн. 2011. Т. 90, № 3. С. 311 – 324.

Basker A., Macgregor A., Rirkman J. Influence of soil ingestion by earthworms on the availability of potassium in soils : An incubation experiment // Biology and Fertility of Soils. 1992. Vol. 14, № 4. P. 300 – 303.