

УДК 631.484

doi: 10.17223/19988591/27/8

О.В. Трефилова, Е.В. Екимов, А.С. Шишкин

Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, г. Красноярск, Россия

Влияние узкочерепной полёвки (*Microtus gregalis* Pall.) на свойства реплантозёмов Канской лесостепи

*Исследование влияния узкочерепной полёвки (*Microtus gregalis* Pall., 1778) на свойства реплантозёмов проведено на отвалах угольного разреза «Бородинский» (Канско-Ачинский бассейн Красноярского края). По данным шестилетних наблюдений отвала, рекультивированного с нанесением плодородного слоя почв, установлено, что, узкочерепная полёвка количественно доминирует в населении мелких млекопитающих с долей участия в сообществе 44–100%. Её семейно-групповые поселения площадью от 0,8 до 120 м² в период подъема и пика численности занимают до 10% поверхности отвала. В пределах поселений жизнедеятельность узкочерепной полёвки приводит к трансформации свойств реплантозёма, в слое 5–15 см увеличиваются аэрация, содержание валового и минерального азота, количество микробной биомассы. Обнаружено, что состав минерального азота в реплантозёмах колоний на 20–77% представлен нитратами, тогда как участки, не занятые полевками, характеризуются преобладанием аммиачных форм. Таким образом, жизнедеятельность узкочерепной полёвки способствует ускоренному вовлечению в метаболические процессы плодородного слоя почв.*

Ключевые слова: реплантозёмы; население мелких млекопитающих; *Microtus gregalis*; роющая деятельность; биологическая активность техногенных почв.

Введение

Узкочерепная полёвка (*Microtus gregalis* Pall., 1778) – один из многочисленных колониальных видов мышевидных грызунов лесостепной зоны Центральной Сибири. В процессе жизнедеятельности такие животные сооружают подземную систему нор и гнездовых камер, вынося на поверхность почвенный материал, внося в них продукты экскреции (преимущественно в виде мочевины), а также биомассу: пищевые запасы и травяную ветошь для устройства гнезд [1–6]. Подземные сооружения, созданные мелкими млекопитающими в период роста и пика их численности, разрушаются в период депрессии и сооружаются заново на прежних и новых местах во время следующей волны размножения [5]. Это приводит к изменению морфологических, физических свойств, направленности и характера трансформации органического вещества почв, гидрологического и термического режимов [1–6]. Происходящая таким образом необратимая трансформация свойств

почв в сочетании с ее пространственной масштабностью позволяет рассматривать жизнедеятельность массовых мышевидных грызунов в качестве значимого фактора почвообразования [3, 4, 7].

Большая часть исследований влияния мелких млекопитающих на свойства почв проводилась в степных и полупустынных районах [2, 3, 5]. Ряд работ посвящен изучению роющей активности обского и копытного леммингов в тундре [8, 9], крота европейского – в экосистемах тайги [10–15], обыкновенного слепыша и обыкновенной полёвки – в лесостепной зоне [1]. Данных об участии мелких млекопитающих в трансформации свойств «молодых» почв, формирующихся в посттехногенных экосистемах, крайне мало. В связи с этим цель настоящей работы заключалась в оценке направленности и степени влияния узкочерепной полевки на актуальные свойства реплантозёмов, формирующихся на промышленных отвалах.

Материалы и методики исследования

Материал для исследования получен на экспериментальном полигоне Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (55°52' с.ш., 94°54' в.д.), который расположен в Канской котловине на территории одного из самых крупных разрезов Канско-Ачинского угольного бассейна «Бородинский» (Красноярский край). Стационарные исследования организованы с целью изучения структуры, особенностей динамики и функционирования биогеоценозов, формирующихся на промышленных отвалах нетоксичных пород в условиях лесостепи.

Климат исследуемой территории умеренный. Годовое количество осадков изменяется в пределах 375–400 мм (ГТК 1,2). Среднегодовая температура воздуха составляет 0,6°С [16].

Полевые работы проводились на рекультивированном отвале с предварительно спланированной выровненной поверхностью и нанесенным плодородным слоем почвы мощностью 20–35 см. Отвал является насыпным и представлен хаотичной смесью вмещающих и вскрышных пород. Созданные таким образом техногенные поверхностные образования (ТПО) относятся к подгруппе реплантозёмов в группе квазизёмы [17]. На момент исследования биологический возраст реплантозёмов не превышал 25 лет (сформированы в 1987 г.). После отсыпки рекультивированные отвалы не вовлекались в сельскохозяйственное пользование и оставлены под самозаращение.

Растительный покров отвала в настоящее время представлен злаково-разнотравными сообществами с участием сорных видов (описания растительного покрова отвала составлены к.б.н. Д.Ю. Ефимовым, которому авторы признательны за предоставленные материалы). Проективное покрытие травостоя составляет 50–60% при средней высоте растений 40–50 см. В числе основных видов-доминантов выступают: мятлик луговой (*Poa pratensis* L.),

вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.), кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), горошек приятный (*Vicia amoena* Fisch.) и др.

Описание морфологических, агрохимических и микробиологических свойств реплантозёмов экспериментального полигона опубликовано ранее, поэтому в данном сообщении не приводится [18, 19].

Изучение современного влияния узкочерепной полёвки на реплантозёмы осуществляли на основе широко используемого метода парных площадок [1, 7]. Метод заключается в сравнении состояния почвы сопряженных пар участков, на одном из которых (контрольном) отсутствуют признаки жизнедеятельности изучаемых животных. Для оценки свойств реплантозёмов подобраны 18 парных участков, «контроль» закладывали на расстоянии 3–7 м от периферической части колонии. Образцы отбирали с боковых сторон призматических прикопок размером 30×30×40 см на глубине 5–15 см. В пределах указанной толщи сконцентрирована основная масса подземных ходов, гнездовые камеры, как правило, расположены на глубине 25–30 см. В пределах колоний прикопки располагались в центральной части, где сосредоточены выходные отверстия нор, а ПСП подвержен наибольшему воздействию.

Влажность образцов (весовой метод), удельный и объемный вес по [20], определяли в лабораторных условиях. На основании этих показателей рассчитывали порозность и аэрацию реплантозёмов. Содержание валового азота оценивали методом К.Е. Гинзбург [21], рН – потенциметрически. Аммиачные формы азота определяли с реактивом Несслера, нитраты – с дисульфифеноловой кислотой, легкогидролизуемый азот – методом Корнфильда [22]. Так как при определении легкогидролизуемого азота в гидролизат переходит и обменный аммоний, количество последнего вычитали. Микробную биомассу оценивали в свежих образцах методом регидратации [23]. На основании оценок влажности и объемной массы рассчитывали запас влаги для изучаемого слоя реплантозёмов.

Для определения запасов и структуры подземной фитомассы на глубине 10–15 см отбирались цилиндрические монолиты ($V = 100 \text{ см}^3$) в трех повторностях. В лабораторных условиях монолиты отмывали от мелкозёма на ситах, высушивали и разбирали. Визуально определяли и отбирали живые корни, фракцию взвешивали, массу пересчитывали на абсолютно сухую навеску.

Состав, структуру и динамику населения мелких млекопитающих изучали в течение 6 лет, образцы реплантозёма собраны в конце этого периода в фазе снижения численности. Животные отлавливались в давилки типа Геро и ловчие конусы в течение 3–5 сут [24]. Фактические результаты отловов пересчитаны в число особей на 100 ловушко-суток. В пределах наиболее типичного участка ($S = 1 \text{ га}$) отвала осуществляли картирование, маркировку и оценку площади каждой колонии.

Статистический анализ полученных данных и представленный графический материал выполнены с использованием программы MS Excel. Статистическую значимость различий между выборками оценивали путем расчета непараметрического теста χ^2 .

Результаты исследования и обсуждение

По результатам шестилетних наблюдений узкочерепная полёвка количественно доминировала в отловах мелких млекопитающих, обитающих на отвалах Бородинского угольного разреза. В разные годы доля этого вида составляла 44–100% населения (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Динамика состава населения мелких млекопитающих
отвала за период 2007–2012 гг. (доля в %) /

Population dynamics of small mammals on dump for 2007-2012 (part, percentage)

Виды / Species	Годы наблюдения / Observation years					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Узкочерепная полёвка (<i>Microtus gregalis</i> Pallas, 1779)	100	53	57	100	80	44
Полевая мышь (<i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1771)	–	27	18	–	7	56
Гундряная бурозубка (<i>Sorex tundrensis</i> Merriam, 1900)	–	7	25	–	11	–
Обыкновенная бурозубка (<i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758)	–	0	–	–	2	–
Плоскочерепная бурозубка (<i>Sorex roboratus</i> Hollister, 1913)	–	13	–	–	–	–

Помимо узкочерепной полёвки, в отловах отмечены представители еще 5 видов (см. табл. 1), однако среди них только этот вид образует компактные семейно-групповые поселения, обеспечивая продолжительное влияние на реплантозёмы. В связи с этим участки, занятые поселениями узкочерепной полёвки, наиболее продуктивны для изучения различных сторон влияния жизнедеятельности мелких млекопитающих на свойства почв [1].

Поселения узкочерепной полёвки хорошо идентифицируются даже без контрольного отлова, а их границы распознаются по характерному возвышению над фоновой территорией и составу растительности. Площади таких колоний в 2012 г. варьировали от 0,8 до 120 м², наиболее часто встречались поселения 5–40 м². Значительный разброс размеров площади колоний обусловлен мозаичностью микрорельефа и динамикой численности вида. Преобладание небольших колоний с относительно малым числом жилых выходов характеризовало «спад» численности узкочерепной полёвки. При последующем росте популяции (от 2–20 до 60–70 особей на 100 ловушко-суток) зверьки заселяют все пустующие станции. В результате освоения пе-

риферии крупных и слияния мелких колоний возникают поселения площадью более 100 м².

Исследования 2012 г. приходятся на «послепиковый» период численности (рис. 1), когда жилые колонии покрывали до 10% площади отвала. Такой показатель освоения территории достаточно близок к опубликованным сведениям о заселенности естественных местообитаний другими видами массовых мелких млекопитающих. Так, колонии степной пеструшки в южных степях Кургальджинской впадины занимают от 1 до 10% площади [2]. На старых кедровых горях Западного Саяна северные пищухи перекапывают 1–5% площади [25]. Колониальные поселения копытного лемминга в мохово-ивняковой тундре о-ва Врангеля занимают 1–3% площади [9]. Близкие к естественному уровню относительные оценки освоения площади отвала позволяют получить представление о темпах освоения территории отвала за 25 лет.

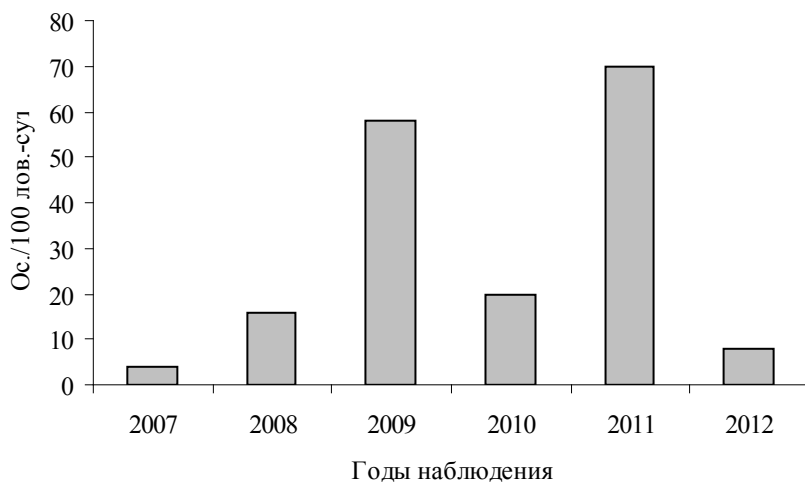


Рис. 1. Динамика относительной численности узкочерепной полёвки (ос./100 лов.-сут.) за шестилетний период исследований /

Fig. 1. Relative abundance dynamics of *Microtus gregalis* for six years (on the ordinate axis - Relative abundance (ind/100 trap-day); on the abscissa axis - Research years)

Разрыхляя и пронизывая ходами верхний слой почвы (5–15 см), узкочерепная полёвка нарушает сложение ТПО в пределах поселения, что в первую очередь сказывается на плотности верхнего слоя реплантозёмов (табл. 2). В освоенном полёвками слое плотность ПСП снижается почти на 30%, что обуславливает увеличение аэрации пространства на 27%.

При схожих величинах влажности грунта ПСП парных участков запас влаги в верхнем (5–15 см) слое реплантоземов колоний на 30% ниже, чем на «контроле»: 2,4, против 3,1 г/см² соответственно, что, вероятней всего, связано с роящей активностью полёвок.

Таблица 2 / Table 2

**Изменения свойств реплантозёмов в колониях узкочерепной
полевки и на неосвоенных участках («контроль») /
Changes in the replantozem properties in *Microtus gregalis*
colonies and on unsettled plots (“control”)**

Параметры / Parameters	Колония / Colony		Контроль / Unsettled plots		Вероятность ошибки, %/ Error probability, % P
	M±m	V,%	M±m	V,%	
Объемная масса, г/см ³ / Bulk density, g/cm ³	0,7±0,02	8	0,90±0,03	9	<5
Аэрация, % / Aeration, %	48,0±2,0	10	35±2	15	<1
Влажность, % / Moisture, %	34,0±0,5	5	34,0±0,6	6	n/v
pH	6,9±0,1	5	6,8±0,1	4	n/v
Микробная биомасса, мгС/г ⁻¹ / Microbial biomass, mg C/g ⁻¹	184,0±25	42	81±15	60	<5
Содержание азота / Forms of nitrogen content:					
валового, % / total, %	0,54	15	0,45	12	<5
легкогидролизуемого, мг/100г ⁻¹ / hydrolyzable, mg/100 g ⁻¹	13,2±0,6	12	13,3±0,7	16	n/v
минерального, мг/100 г ⁻¹ / mineral, mg/100 g ⁻¹	2,1±0,4	58	0,7±0,1	31	<5
в т.ч. нитратный, мг/100 г ⁻¹ / incl. nitrate, mg/100 g ⁻¹	1,20	–	0,1	–	–
аммиачный азот, мг/100 г ⁻¹ / ammonia nitrogen, mg/100 g ⁻¹	0,87	32	0,62	38	<5

Примечание / Note. М – среднее арифметическое значение (mean value); m – ошибка среднего (error of mean); V – коэффициент вариации (variation coefficient); «–» – данные не определялись (data have not been determined); «н/д» – различия статистически незначимы (not valid).

Исследованиями Б.Д. Абатурова [7] показано, что хотя норы мелких млекопитающих и создают благоприятные условия для более интенсивного и глубокого увлажнения почв атмосферными осадками, эти условия реализуются далеко не всегда. В нашем случае препятствия для эффективного влияния нор на степень увлажнения изучаемых реплантозёмов могут быть различными. Во-первых, колонии в подавляющем большинстве случаев приурочены к повышениям микрорельефа, а из выносимого из нор грунта формируются холмики, что способствует микростоку осадков. Во-вторых, поверхность реплантозёмов, как и естественных почв островных лесостепей юга Центральной Сибири, существенно иссушается в летний период [26]. Отбор образцов грунта колоний и контрольных участков осуществляли во второй декаде августа, когда поступающая на поверхность ТПО атмосферная влага полностью поглощается верхними слоями, не образуя стока. В-третьих, степень увлажнения верхнего слоя реплантозёмов колоний, вероятно, дополнительно регулируется более полным использованием доступ-

ной влаги на фоне увеличения плотности (на 50%) корневой системой растений до $0,8 \pm 0,3$ г/см³ против $0,4 \pm 0,1$ г/см³ на контроле.

Пространственные колебания величины рН в слое реплантозёмов глубиной 5–15 см как в поселениях, так и на контрольных участках не позволяют сделать однозначного вывода о существенном влиянии жизнедеятельности полёвок на кислотность почвы (см. табл. 2). К схожим выводам приходят О.А. Зайченко и А.И. Щетников [6], изучая влияние роющей деятельности полёвок на кислотно-щелочные свойства южных чернозёмов Южно-Минусинской котловины, а также А.В. Быков и А.Б. Лысыков [14], работая в сосняках на слабодерновых слабоподзолистых супесчаных почвах, освоенных кротом (Подмосковье). Результаты исследований Л.П. Белова с соавт. [27], напротив, указывают на подщелачивание участков, освоенных обыкновенной полёвкой. При этом кислотность водной вытяжки дерново-слабоподзолистой почвы (Черноголовская биостанция) изменяется в значительных пределах: от 5,8 (контроль) до 6,5 на стенках нор и 7,1 – на тропинках колонии.

Строительство и последующая эксплуатация нор мелкими млекопитающими подразумевают латеральное перераспределение продуктов их жизнедеятельности: остатков корма, злаковой ветоши для устройства гнезд, продуктов экскреции и т.д. [2, 3]. Эти субстраты благоприятны для размножения и жизнедеятельности микроорганизмов, что, вероятно, обуславливает значительные, статистически значимые различия концентраций микробной биомассы в колониях и в неосвоенном полевыми реплантозёме. Средняя величина микробной биомассы в норах узкочерепной полёвки в 2 раза выше, чем на контроле (см. табл. 2). Следует отметить высокую вариабельность этого показателя, особенно в пробах из поселений животных: 73–316 и 29–150 мг/С/г⁻¹ для колоний и контроля соответственно. Неравномерное распределение микробной биомассы, видимо, обусловлено спецификой поведения животных [28], которые, например, склонны оставлять экскременты в постоянных местах, используют одни и те же тропы и ходы для перемещения на поверхности и под землёй. При интерпретации полученных данных необходимо учитывать несовершенство представленной методики отбора почвенных образцов на колониях узкочерепной полёвки и технологические особенности формирования насыпных почв на угольных отвалах, детально освещенные И.Л. Клевенской и соавт. [29].

Ранее, при исследовании реплантозёмов Канской котловины, не вовлеченных в сельскохозяйственное производство, обнаружено, что за 30-летний период развития в метаболические процессы вовлекается только верхний (0–10 см) слой ТПО [19]. Строительство и продолжительная во времени эксплуатация подземных сооружений способствуют обогащению почвогрунтов микробной биомассой, обуславливая увеличение мощности так называемого биологически активного слоя реплантозёмов в среднем до 15–20 см, а на местах локализации гнездовых камер – до 25–30 см.

Среднее содержание валового азота в слое 5–15 см ПСП колоний на 17% выше, чем на участках, не освоенных узкочерепной полёвкой. Выявленные

различия статистически значимы ($p < 5\%$) и не противоречат литературным данным. Запас валового азота в чернозёме, перерытом обыкновенным селёпшом, на 16% выше, чем в почве контрольных участков [1]. Различия по содержанию азота в почве со стенок нор обыкновенной полёвки и контрольных участков залежной дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почвы Черноголовской биостанции ИПЭЭ РАН составляют 22% [27].

Реплантозёмы, освоенные узкочерепной полёвкой, в большей степени обеспечены доступными для растений формами азота. В среднем оценки концентрации минерального азота в почве колоний в 3 раза превосходят аналогичные для участков контроля. Минеральный азот реплантозёмов контрольных участков в основном представлен аммиачными формами – от 75 до 98% (рис. 2), для ПСП колоний данная величина изменяется в широких пределах – от 20 до 77% (среднее 54%). Для сравнения: почвы агроценозов, в которых доля нитратного азота достигает 60%, считаются хорошо окультуренными [30]. По содержанию нитратных форм участки колонии превосходят контрольные в 3–20 раз.

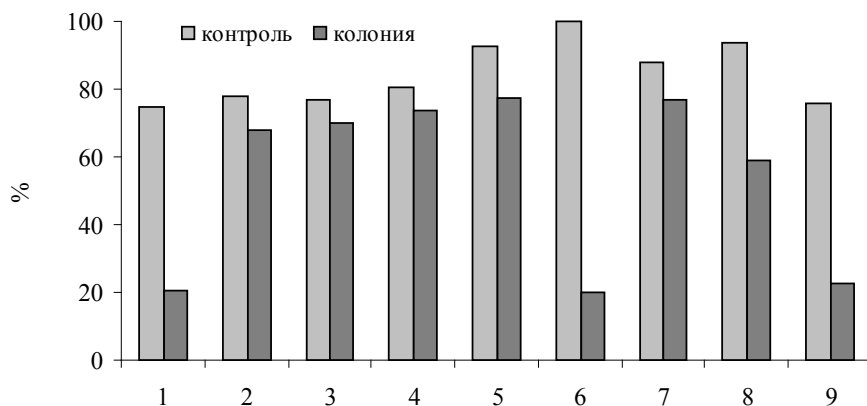


Рис. 2. Относительная доля аммиачных форм в составе минерального азота реплантоземов на участках «колония» и «контроль» /

Fig. 2. Relative contribution of nitrogen ammonia forms to mineral nitrogen of replantozem on "control" and "colony" plots (on the ordinate axis - relative contribution (%); on the abscissa axis - serial number of "control" (light grey) and "colony" (dark grey) plots)

Низкая концентрация нитратных форм азота в «контрольных» реплантозёмах, возможно, является следствием слабого развития процессов нитрификации. Значительные колебания величин концентрации нитратного азота на участках, освоенных колониями, обуславливаются не только особенностями локализации вносимого в норы органического материала, методическими неопределенностями и неоднородным распространением микробного сообщества, но и многообразием факторов, контролирующих интенсивность нитрификации.

Вызывает интерес тот факт, что различные между собой по содержанию и составу минеральных форм азота участки колонии и контроля схожи по концентрации легкоминерализуемого азота. В силу подвижности легкогидролизуемую органику рассматривают как непосредственный источник образования минеральных форм азота. Механизм влияния жизнедеятельности узкочерепной полёвки на азотный фонд освоённых реплантозёмов в полной мере не ясен. Можно предположить, что реплантозёмы колонии, исходно обладающие таким же, как на участках контроля, резервом для восполнения запасов минеральных соединений азота, характеризуются отличной скоростью и направленностью процессов трансформации азотсодержащей органики. При этом увеличение концентрации минеральных форм азота происходит как отклик на изменения эндогенных условий протекания биохимических реакций цикла азота, обусловленных разрыхлением почвенной толщи. В пользу такого предположения можно добавить, что участки «колония» и «контроль» характеризуются близкими величинами влажности, оптимальными для развития процесса нитрификации величинами рН, а верхний слой изучаемого реплантозёма обеспечен аммиачным азотом и доступным фосфором на уровне зональных черноземов [18, 19]. Последующее увеличение мортмассы корней на колониях узкочерепной полёвки, как и регистрируемое изменение структурно-функциональной организации микробных комплексов [31, 32], выступают в качестве соподчиненных явлений. В таком случае влияние узкочерепной полёвки на азотный фонд реплантозёмов окажется опосредованным. С другой стороны, можно предположить, что основным источником «дополнительного» минерального азота на колониях являются продукты прижизненных выделений зверьков. Оценить состоятельность данной гипотезы весьма сложно, так как практически отсутствуют данные об относительном вкладе продуктов жизнедеятельности полёвок в пул минерального азота реплантозёмов. Представленные рассуждения остаются не более чем гипотетическими, а природа обнаруженных явлений, безусловно, требует специального изучения.

Заключение

Результаты проделанной работы показали, что в процессе жизнедеятельности узкочерепная полёвка существенно трансформирует свойства реплантозёма. На участках, освоённых колониями зверьков, снижается плотность сложения почвенной толщи, увеличивается аэрация порового пространства. В местах постоянного проживания поселений узкочерепной полёвки регистрируется более чем двукратное увеличение микробной биомассы. При этом строительство и эксплуатация подземных сооружений, латеральное распределение продуктов жизнедеятельности грызунов способствуют ускоренному вовлечению в метаболические процессы более глубоких слоев реплантозёмов. Таким образом, увеличивается мощность так называемой биологически

активной толщии реплантозёмов, оставленных под самозаращение. Участки насыпных почв, освоенные колониями узкочерепной полевки, статистически значимо отличаются от контрольных более высоким содержанием валового и минерального азота, при этом концентрация легкоминерализуемой фракции практически не меняется. В условиях колонии процесс минерализации азотсодержащей органики заканчивается образованием нитратов, на долю которых приходится от 20 до 77% состава доступного растениям азота. Для участков реплантозёмов, где современные следы колониальных поселений отсутствуют, характерно преобладание аммиачных форм, а относительное участие нитратного азота не превышает 15%.

Литература

1. Злотин Р.И., Ходашова К.С. Роль животных в биологическом круговороте лесостепных экосистем. М. : Наука, 1974. 200 с.
2. Абатуров Б.Д. О влиянии степных пеструшек (*Lagurus lagurus* Pall.) на почвы // Почвоведение. 1963. № 2. С. 95–100.
3. Дмитриев П.П., Худяков О.И. Зоофактор как причина неоднородности почвенного покрова сухих степей Монголии // Доклады АН СССР. 1989. Т. 304, № 3. С. 757–762.
4. Дмитриев П.П. Млекопитающие в степных экосистемах Внутренней Азии / отв. ред. Л.В. Жирнов, О. Шагдарсурэн. М., 2006. 224 с. (Биологические ресурсы и природные условия Монголии : Труды Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции. Т. 48).
5. Динесман Л.Г., Киселева Н.К. Роющая деятельность млекопитающих в почвах // Почвоведение. 1991. № 8. С. 18–30.
6. Зайченко О.А., Щетников А.И. Влияние роющей деятельности грызунов на степные почвы // География и природные ресурсы. 1993. № 4. С. 110–114.
7. Абатуров Б.Д. Млекопитающие как компонент экосистем. М. : Наука, 1984. 286 с.
8. Тихомиров Б.А. Взаимосвязи животного мира и растительного покрова тундры. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1959. 104 с.
9. Кирющенко С.П. Влияние роющей деятельности копытных леммингов на растительный покров арктических тундр острова Врангеля // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. 1978. Вып. 2. С. 28–35.
10. Абатуров Б.Д. Влияние роющей деятельности крота (*Talpa europea* L.) на круговорот веществ в лесном биогеоценозе // Доклады АН СССР. 1966. Т. 168, № 4. С. 935–937.
11. Абатуров Б.Д., Безрова Е.А. Роющая деятельность крота в широколиственно-еловом лесу // Лесоведение. 1967. № 3. С. 44–59.
12. Абатуров Б.Д., Карпачевский Л.О. О влиянии крота на почву в лесу // Почвоведение. 1965. № 6. С. 24–32.
13. Абатуров Б.Д., Карпачевский Л.О. Роющая деятельность крота и ее роль в почвообразовании в широколиственно-еловых лесах Московской области // Проблемы почвенной зоологии. М. : Наука, 1966. С. 8–10.
14. Быков А.В., Лысиков А.Б. Влияние деятельности крота на характер загрязнения почв лесных придорожных полос // Почвоведение. 1991. № 8. С. 31–39.
15. Быков А.В., Бухарева О.А. Влияние роющей деятельности мелких млекопитающих на лесные травы в средней полосе Европейской России // Лесоведение. 2013. № 4. С. 52–56.
16. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 21. Л. : Гидрометеоздат, 1990. 623 с.

17. Классификация и диагностика почв в России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
18. Гродницкая И.Д., Трефилова О.В., Шишкин А.С. Агрохимические и микробиологические свойства техногенных почв отвалов (Канско-Рыбинской котловины) // Почвоведение. 2010. № 7. С. 867–878.
19. Трефилова О.В., Гродницкая И.Д., Ефимов Д.Ю. Динамика эколого-функциональных параметров реплантоземов на отвалах угольных разрезов Центральной Сибири // Почвоведение. 2014. № 1. С. 109–119.
20. Растворова О.Г. Физика почв (практическое руководство). Л. : Изд-во Ленинградского университета, 1983. 196 с.
21. Гинсбург К.Е., Щеглова Г.М., Вульфийус Е.В. Ускоренный метод сжигания почв и растений // Почвоведение. 1963. № 5. С. 89–96.
22. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм. М. : РОССЕЛЬХОЗИЗДАТ, 1969. 328 с.
23. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М. : МГУ, 1991. 304 с.
24. Карасева Е.В., Теплицина А.Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М. : Наука, 1996. 227 с.
25. Хлебникова И.П. Северная пищуха в горных лесах Сибири. Новосибирск : Наука, 1978. 118 с.
26. Чижигов В.В. Некоторые водно-термические свойства почв Канской лесостепи // Труды Красноярского сельскохозяйственного института. 1964. Т. XVIII. С. 42–52.
27. Белов Л.П., Костина Н.В., Наумова Е.И., Умаров М.М. Особенности трансформации азота в дерново-подзолистой почве на участках, заселенных обыкновенной полёвкой *Microtus arvalis* // Известия АН. Сер. биол. 2002. № 1. С. 102–105.
28. Кучерук В.В. Травоядные млекопитающие в аридных экосистемах внетропической Евразии // Млекопитающие в наземных экосистемах. М. : Наука, 1985. С. 166–223.
29. Клевенская И.Л., Трофимов С.С., Таранов С.А., Кандрашин Е.Р. Сукцессии и функционирование микробоценозов и молодых почв техногенных экосистем Кузбасса // Микробоценозы почв при антропогенном воздействии. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1985. С. 3–21.
30. Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. М. : ГЕОС, 2007. 138 с.
31. Манаева Е.С., Ломовцева Н.О., Костина Н.В., Горленко М.В., Умаров М.М. Биологическая активность почв поселений восточноевропейской (*Microtus rossiaemeridionalis*) и рыжей (*Clethrionomys glareolus*) полевков // Известия РАН. Сер. биол. 2013. №4. С. 495–504.
32. Богородская А.В., Екимов Е.В., Шишкин А.С. Влияние жизнедеятельности узкочерепной полёвки (*Microtus gregalis* Pall.) на активность микробоценозов почвогрунтов отвалов Бородинского буроугольного разреза // Вестник КрасГАУ. 2013. № 10. С. 51–55.

Поступила в редакцию 04.12.2013; повторно 22.04.2014 г.;
принята 25.06.2014 г.

Авторский коллектив:

Трефилова Ольга Владимировна – канд. биол. наук, н.с. лаборатории техногенных лесных Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (г. Красноярск, Россия). E-mail: trefilova_dom@mail.ru

Екимов Евгений Владимирович – канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории техногенных лесных экосистем Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (г. Красноярск). E-mail: sibowl@rambler.ru

Шишикин Александр Сергеевич – д-р биол. наук, зав. лабораторией техногенных лесных экосистем Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (г. Красноярск).
E-mail: shishikin@ksc.krasn.ru

Tomsk State University Journal of Biology. 2014. № 3 (27). P. 115–129

Ol'ga V. Trefilova*, Evgeniy V. Ekimov, Alexander S. Shishikin

Laboratory of Technogenic Forest Ecosystem, V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation.

*E-mail: trefilova_dom@mail.ru

Influence of *Microtus gregalis* Pall. on the properties of the Kansk basin replantozems

Our research aimed at studying the effect of *Microtus gregalis* Pall. activity on replantozem features formed on open-pit coal mine dumps. There is a significant part of studying the dynamics, ecology and evolution of anthropogenic soils.

Our study was carried out on 25-yr dumps of the Borodinskiy open pit coal mine in the Kansk-Achinsk Coal Basin (the Russian Federation) (55°52' N, 94°54' E). The dumps were recultivated; a fertile soil layer (FSL) was placed on the surface of the leveled dump surface. The material of the dump is a chaotic compacted mixture of overburden and enclosing rocks of the coal open-pit mine and fragments of mineral coal.

The results of six years of our observations (2007-2012) showed that 44 to 100% of the reclaimed areas are dominated by the *Microtus gregalis* Pall., 1779. The animals build family settlements ranging from 0.3 to 120 m², after the peak period covering up to 10% of the surface of such dumps. To study the effect of the *Microtus gregalis* settlements on replantozem features, we used a method of paired sites ("settlement" and "control").

Our results showed that replantozem aeration in the areas occupied by narrow-skulled voles increases by 27%. It is assumed that it conditioned an increase in urease activity: 0.4 (the coefficient of variation - V = 40%) for the "control" and 0.8 mg N-NH₃ g⁻¹ (V=53%). Moisture pool reduced from 3.1 to 2.4 g cm⁻². Spatial variation of pH in the "settlement" and "control" does not allow a definite conclusion about a significant influence of voles burrowing activity on soil. Ammonium composes a major part of mineral nitrogen replantozem on "control", and comparative part of nitrate nitrogen does not exceed 15%. Nitrate part varies widely (from 20 to 77%) on family settlements replantozem. Replantozems burrowed by voles have a higher total nitrogen content - 0.54 (V=15%), versus 0.45% (V=12%) for the "control". The average concentrations of microbial biomass in the *Microtus gregalis* burrows are 2 times higher than in "control". Significant microbial biomass fluctuations (from 73 to 316 and from 29 to 150 mg C g⁻¹ for the "settlement" and "control", respectively) are, probably, due to uneven distribution of excreta in burrows of narrow-skulled voles, which, in its turn, is associated with specific behavior of animals. Root biomass stock in replantozem areas, rummaged by *Microtus* burrows, are usually higher than in "control": 0.8 versus 0.4 g cm⁻³, respectively.

Acknowledgments: The authors are grateful to Ph.D. D.Yu. Efimov (V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation) for the description of the dump vegetation cover.

The article contains 2 figures, 2 tables, 32 ref.

Keywords: replantozems; populations of small mammals; *Microtus gregalis*; colony area; burrowing activity; biological and enzymatic properties of anthropogenic soils.

References

1. Zlotin RI, Khodashova KS. Rol' zhivotnykh v biologicheskom krugovorote lesostepnykh ekosistem. [Role of animals in the biological cycle of forest-steppe ecosystems] Moscow: Nauka Publishing House; 1974. 200 p. In Russian
2. Abaturov BD. O vliyaniy stepnykh pestrushek (*Lagurus lagurus* Pall.) na pochvy [On the influence of steppe *Lagurus lagurus* Pall. on soil]. *Pochvovedenie*. 1963;2:95-100. In Russian
3. Dmitriev PP, Hudyakov OI. Zoofaktor kak prichina neodnorodnosti pochvennogo pokrova sukhikh stepey Mongolii [Zoofaktor as a cause of heterogeneity of soil cover of Mongolian dry steppes]. *Doklady AN SSSR*. 1989;304(3):757-762. In Russian
4. Dmitriev PP. Mlekopitayushchie v stepnykh ekosistemakh Vnutrenney Azii [Mammals in steppe ecosystems of Inner Asia]. *Biologicheskie resursy i prirodnye usloviya Mongolii. Trudy Sovm. Ros.-Mong. kompl. biol. ekspeditsii* [Biological resources and natural conditions of Mongolia. Proc. of the Joint. Ros.-Mong. Compl. Biol. Expedition]. Vol. 48. Zhirnov LV, Shagdarsuren O, editors. Moscow; 2006. 224 p. In Russian
5. Dinesman LG, Kiseleva NK. Royushchaya deyatel'nost' mlekopitayushchikh v pochvakh [Burrowing activity of mammals]. *Pochvovedenie*. 1991;8:18-30. In Russian
6. Zaychenko OA, Schetnikov AI. Vliyanie royushchey deyatel'nosti gryzunov na stepnye pochvy [Effect of burrowing rodent activity on steppe soils]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 1993;4:110-114. In Russian
7. Abaturov BD. Mlekopitayushchie kak komponent ekosistem [Mammals as a component of ecosystems]. Moscow: Nauka Publishing House; 1984. 286 p. In Russian
8. Tikhomirov B.A. Vzaimosvyazi zhivotnogo mira i rastitel'nogo pokrova tundry [The relationship of wildlife and vegetation of the tundra]. Moscow-Leningrad: AN SSSR Publishing House; 1959. 104 p. In Russian
9. Kiryushchenko SP. Vliyanie royushchey deyatel'nosti kopytnykh lemmingov na rastitel'nyy pokrov arkticheskikh tundr ostrova Vrangelya [Influence of digging activity ungulate lemmings on the vegetation cover of the arctic tundra of Wrangel Island]. *Billyuten Moscow Society of Naturalists. Dep. Biol*. 1978;2:28-35. In Russian
10. Abaturov BD. Vliyanie royushchey deyatel'nosti krota (*Talpa europea* L.) na krugovorot veshchestv v lesnom biogeotsenoze [Influence of mole burrowing activity (*Talpa europea* L.) on the matter cycle in forest ecosystems]. *Doklady AN SSSR*. 1966;168(4):935-937. In Russian
11. Abaturov BD, Bezrova EA. Royushchaya deyatel'nost' krota v shirokolistvenno-elovom lesu [Mole burrowing activity in deciduous and spruce forest]. *Lesovedenie*. 1967;3:44-59. In Russian
12. Abaturov BD, Karpachevskii LO. O vliyaniy krota na pochvu v lesu [On the influence of the mole on the soil in the forest]. *Pochvovedenie*. 1965;6:24-32. In Russian
13. Abaturov BD, Karpachevskii LO. Royushchaya deyatel'nost' krota i ee rol' v pochvoobrazovaniy v shirokolistvenno-elovykh lesakh Moskovskoy oblasti [Mole burrowing activity and its role in soil formation in the deciduous and spruce forests of Moscow oblast]. *Problemy pochvennoy zoologii* [In: *Problems of Soil Zoology*]. Moscow: Nauka Publishing House; 1966. p.8-10. In Russian
14. Bykov AV, Lysikov AB. Vliyanie deyatel'nosti krota na kharakter zagryazneniya pochv lesnykh pridorozhnykh polos [Mole holes and pollution of forest soils adjacent to highways]. *Pochvovedenie*. 1991;8:31-39. In Russian

15. Bykov AV, Bukhareva OA The influence of burrowing activity and underground passages of small mammals on forest grasses in European Russia. *Lesovedenie*. 2013;4:52-56. In Russian
16. Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR [Applied research handbook on the climate of the USSR]. Borisenkov EP, editor. Iss. 3. Perennial data. Part 1-6. Vol. 21. Krasnoyarsk region, Tuva ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat Publishing House; 1990. 623 p. In Russian
17. Klassifikatsiya i diagnostika pochv v Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Shishoff LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimov MI, editors. Smolensk: Ojkumena Publishing House; 2004. 342 p. In Russian
18. Grodnitskaya ID, Trefilova OV, Shishikin AS. Agrochemical and Microbiological Properties of Technogenic Soils on Dumps in the Kansk-Rybinsk Depression. *Eurasian Soil Science*. 2010;43(7):810-821. doi: [10.1134/S1064229310070124](https://doi.org/10.1134/S1064229310070124)
19. Trefilova OV, Grodnitskaya ID, Efimov DYU. Dynamics of the Ecological-Functional Parameters of Replantozems on Dumps of Open-pit Coal Mines in Central Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2013;46(12):1253-1262. doi: [10.7868/S0032180X14010134](https://doi.org/10.7868/S0032180X14010134)
20. Rastvorova OG. Fizika pochv (prakticheskoe rukovodstvo) [Soil physics (practical guidelines)]. Leningrad: Leningrad State University Publishing House; 1983. 196 p. In Russian
21. Ginsburg KE, Shcheglova GM, Vul'fus EV. Uskorennyy metod szhiganiya pochv i rasteniy [Shortcut method of soil and plant burning]. *Pochvovedenie*. 1963;5:89-96. In Russian
22. Posobie po provedeniyu analizov pochv i sostavleniyu agrokhimicheskikh kartogramm [Guidelines for soil analysis and preparation of agrochemical cartograms]. Karpinskii NP, editor. Moscow: Rossel'hozizdat Publishing House; 1969. 328 p. In Russian
23. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimi [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Zvyagintsev DG, editor. Moscow: Moscow State University Publishing House; 1991. 304 p. In Russian
24. Karaseva EV, Teplitsina AY. Metody izucheniya gryzunov v polevykh usloviyakh [Methods of studying rodents in field conditions]. Moscow: Nauka Publishing House; 1996. 227 p. In Russian
25. Khlebnikov IP. Severnaya pishchukha v gornyykh lesakh Sibiri [Northern pika in mountain forests of Siberia]. Novosibirsk: Nauka, Siberian branch Publishing House; 1978. 118 p.
26. Chyzykyov VV. Nekotorye vodno-termicheskie svoystva pochv Kanskoy lesostepi [Some water and thermal properties of soils the Kansk forest-steppe]. *Trudy Krasnoyarskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta*. 1964;XVIII:42-52. In Russian
27. Belov LP, Kostina NV, Naumova EI, Umarov MM. Specific features of nitrogen transformation in the soddy-podsolic soil in the colonies of the common vole *Microtus arvalis*. *Biology Bulletin*. 2002;29(1):88-91. doi: [10.1023/A:1013202204855](https://doi.org/10.1023/A:1013202204855)
28. Kucheruk VV. Travoyadnye mlekopitayushchie v aridnykh ekosistemakh vnetropicheskoy Evrazii [Herbivorous mammals in arid ecosystems of extratropical Eurasia]. *Mlekopitayushchie v nazemnykh ekosistemakh* [In: *Mammals in terrestrial ecosystems*]. Moscow: Nauka Publishing House; 1985. p.166-223. In Russian
29. Klevensky IL, Trofimov SS, Taranov SA, Kandrashina ER. Suktsessii i funktsionirovanie mikrobootsenozov i molodykh pochv tekhnogennykh ekosistem Kuzbassa [Succession and functioning of microbocenosis and young soils of Kuzbass man-made ecosystems]. *Mikrobootsenozy pochv pri antropogennom vozdeystvii* [In: *Soil microbocenosis under anthropogenic impact*]. Novosibirsk: Nauka, Siberian branch Publishing House; 1985. p. 3-21. In Russian
30. Umarov MM, Kurakov AV, Stepanov AL. Mikrobiologicheskaya transformatsiya azota v pochve [Microbiological transformation of nitrogen in the soil]. Moscow: GEOS Publishing House; 2007. 138 p. In Russian

31. Manaeva ES, Kostina NV, Gorlenko MV, Lomovtseva NO, Umarov MM. Biological activity of soil in the settlements of southern (*Microtus rossiaemeridionalis*) and bank (*Clethrionomys glareolus*) voles. *Biology Bulletin*. 2013;4:495-504. doi: [10.7868/S0002332913040115](https://doi.org/10.7868/S0002332913040115)
32. Bogorodskaya AV, Ekimov EV, Shishikin AS. The influence of the narrow-skulled vole (*Microtus gregalis* Pall.) vital activity on soil microbocenoses of the Borodino lignite cut dumps. *Vestnik Krasnoyarskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2013;10:51-55. In Russian

Received 4 December 2013;

Revised 22 April 2014;

Accepted 25 June 2014

Trefilova OV, Ekimov EV, Shishikin AS. Influence of *Microtus gregalis* Pall. on the properties of the Kansk basin replantozems. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2014;3(27):115-129. doi: 10.17223/19988591/27/8
In Russian, English summary.