

ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КУЗБАССА НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ ЖУКОВ-ЖУЖЕЛИЦ (*COLEOPTERA, CARABIDAE*)

А.Н. Беспалов, В.А. Андроханов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск



Исследовано экологическое состояние почвенного покрова техногенно нарушенных участков. Установлено, что общее почвенно-экологическое состояние участков с сельскохозяйственной рекультивацией и самовосстановлением характеризуется как хорошее, участка с лесной рекультивацией — как удовлетворительное. Сообщества жужелиц на отвалах лесостепной зоны Сибири формируются по луговому типу. На обследованных отвалах за 30 лет сообщества жужелиц постепенно восстанавливаются, но не в полном составе. На участке с лесной рекультивацией начинают заселяться лесные виды, однако при этом сохраняются и представители луговых ценозов. Из этого следует, что лесное направление рекультивации требует большего времени для восстановления популяции жужелиц, соответствующих созданным биоценозам.

Ключевые слова: мезофауна, жужелицы, *Carabidae*, отвалы, техногенные ландшафты, почва, эмбриозёмы, рекультивация

The Influence of the Specificity of the Soil Cover of Post-Technogenic Landscapes of Kuzbass on the Restoration of Communities of Carabid Beetles (*Coleopter, Carabidae*)

A.N. Bepalov, V.A. Androkhonov

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090 Novosibirsk, Russia

The ecological condition of the soil cover of technologically disturbed areas was studied. It has been established that the general soil-ecological state of the plots with agricultural re-cultivation and self-restoration is characterized, as a good one, with the forest re-cultivation — as satisfactory. Communities of carabid beetles at the dumps of the forest-steppe zone of Siberia are formed according to the meadow type. In the surveyed dumps, in 30 years, the carabid beetles communities are gradually restored, but not in full strength. In the area with forest re-mediation, forest species begin to be settled, however, representatives of the meadow cenosis are also preserved. From this it follows that the forest direction of remediation requires more time to restore the population of carabid beetles, corresponding to the established biocenosis.

Key words: mesofauna, carabid beetles, *Carabidae*, dumps, man-made landscapes, the soil, embryozemic soils, reclamation

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-01-55-59

Кузнецкий угольный бассейн является одним из самых крупных угольных месторождений мира и расположен на юге Западной Сибири. По экспертным оценкам, в Кузбассе порядка 95 тыс. га техногенных ландшафтов, из которых 60 тыс. га нарушено угольными разрезами и 35 тыс. га — шахтами [1]. После отработки месторождений открытым способом формируются территории со специфическим рельефом и составом пород, размещенных на дневной поверхности. Созданные техногенные ландшафты согласно "Классификации и диагностики почв России" относятся к поверхностным техногенным образованиям (ПТО) [2]. В дальней-

шем трансформация поверхности и свойств пород ПТО происходит в результате антропогенных и естественных факторов. Антропогенные факторы связаны с выполнением рекультивационных работ, планировкой поверхности и формированием на поверхности нарушенных земель условий для развития растительности. Если рекультивационные мероприятия не проводятся, то на поверхности техногенных ландшафтов постепенно формируется растительный покров [3]. Сингенетично развитию растительности идет формирование нового почвенного покрова, основу которого на надтиповом уровне составляют эмбриозёмы [4]. Поэтому каждой стадии развития

растительной сукцессии соответствует определенный тип эмбриозёмов, что в общем может характеризовать уровень восстановления нарушенных территорий и их почвенно-экологическое состояние.

В настоящее время опубликовано достаточно много работ, в которых приводятся результаты исследований функционирования и восстановления техногенно нарушенных земель, оставшихся после добычи полезных ископаемых, как в нашей стране так и за рубежом. Часть работ посвящена изучению почвенного покрова и органического вещества [5, 6], почвенных беспозвоночных животных [7–12] и растительности [13]. Имеются работы, в которых



Рис. 1. Участки сельскохозяйственной рекультивации (а), самозарастания (б) и лесной рекультивации (в)

Fig. 1. Areas of agricultural reclamation (a), self-growth (b) and forest reclamation (c)

приводятся результаты изучения регенерации экосистем на нарушенных территориях в целом [14, 15]. В то же время существующих работ явно недостаточно для понимания полной картины функционирования и восстановления разрушенных экосистем. Использование биоиндикаторов позволяет установить стадии сукцессии и охарактеризовать экологическое состояние территорий, а также в определенной мере оценить эффективность рекультивационных работ. Среди различных биоиндикаторов жуки-жужелицы — одни из самых удобных объектов. На их примере хорошо прослеживаются сукцессионные смены и устанавливаются их направления, так как они активно реагируют на изменения среды, а не с запозданием, как растения. В данной работе авторы попытались применить комплексный подход для изучения восстановления экосистемы на техногенно нарушенных территориях.

Цель данной работы — выявить закономерности развития сообщества жужелиц, показать их видовую специфику в техногенных ландшафтах Кузбасса в зависимости от уровня развития почвообразовательных процессов и почвенно-экологического состояния нарушенных участков.

Материалы и методики исследования

Основные исследования проводились с 30 мая по 4 октября 2015 г. на территории бывшего Листвянского угольного разреза, который расположен в лесостепной зоне Кузбасса. В настоящее время территория бывшего угольного разреза представляет собой техногенно нарушенную поверхность с рекультивированными и нереккультивированными участками, с различной степенью восстановления почвенного и растительного покрова. Для характеристики нового почвенного покрова, формирующегося на данной территории, использовалась классификация почв техногенных ландшафтов, согласно которой основу почвенного покрова посттехногенных ландшафтов составляют инициальные (Эи),

органо-аккумулятивные (Эо), дерновые (Эд) и гумусоаккумулятивные (Эг) эмбриозёмы [4–6].

Для проведения исследований было выбрано 3 модельных участка (СХ 30, ЕС 30 и ЛЕ 30) примерно тридцатилетнего возраста (рис. 1), а в качестве контрольного участка использовали естественный, мезофитный луг (ЛУ 25).

На первом участке СХ 30 с координатами 53°39'54"N, 86°53'37"E была проведена планировка и посеяны многолетние травы (эспарцет песчаный и костреч безостый). В дальнейшем этот участок использовался для сенокоса и пастбища. В настоящее время основу почвенного покрова составляют органо-аккумулятивные и дерновые эмбриозёмы (Эо, Эд) с злаково-бобово-разнотравной растительностью.

На втором участке ЕС 30 (53°39'44"N, 86°53'26"E) также был выполнен горнотехнический этап (планировка поверхности), но посева трав не проводилось. Растительный покров восстанавливается естественным образом, и в настоящее время на большей части данного участка сформировался злаково-разнотравный фитоценоз. В почвенном покрове преобладают эмбриозёмы дерновые и органо-аккумулятивные, но также присутствуют инициальные и гумусо-аккумулятивные эмбриозёмы (Эд, Эо, Эг, Эи).

На участке ЛЕ 30 (53°39'38"N, 86°53'30"E) проведена лесная рекультивация на неспланированном отвале. Основной высаженной культурой являлась сосна обыкновенная, в междурядьях высаживалась облепиха крушиновидная. В настоящее время в древесном ярусе появляется береза повислая, в подлеске ива козья и рябина обыкновенная. Травянистых видов очень мало, биотоп можно охарактеризовать как сосняк мертвopoкpoвный. В почвенном покрове преобладают органо-аккумулятивные эмбриозёмы, но имеются и не заросшие участки с эмбриозёмами инициальными (Эо, Эи).

Мезофитный луг ЛУ 25 (53°39'59"N, 86°54'04"E) возрастом около 25 лет расположен на дегра-

дированной темно-серой лесной почве. Данный участок подвержен антропогенному воздействию, это обстоятельство не позволяет считать его эталоном природной экосистемы, но разрешает относиться к нему как к резервату, откуда поступают в техногенные экосистемы многие виды жужелиц. Растительность злаково-разнотравная.

Сбор жужелиц проводили стандартным методом с помощью почвенных ловушек, в качестве фиксирующей жидкости использовался 4 %-ный раствор уксусной кислоты. В каждом биотопе было установлено по 10 ловушек, которые располагались в линию с расстоянием между ними 1 м, проверялись они раз в неделю, всего было сделано 11 семидневных сборов на каждом участке. Динамическую плотность жуков-жужелиц выражали в количестве экземпляров на 100 ловушко-суток (экз./100 лов.-сут). Было отработано около 3000 ловушко-суток, учтено свыше 2 тысяч особей жужелиц.

Свойства почв и образцов субстратов отвалов определялись по общепринятым методикам, методика определения почвенно-экологического состояния более подробно описана в статье Андроханова, Курачева [4]. Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Экос, Excel и Past 3.0.

Результаты исследования и обсуждение

Почвы и растительность. На выбранных для проведения исследований нарушенных участках поверхностный, почвообразующий, корнеобитаемый слой сложен породами отвала и представляет собой смесь вскрышных и вмещающих пород с некоторой примесью углистых частиц. В результате высокой каменистости субстрата (каменистость по участкам изменяется в пределах 30–90 %) и воздействия тяжелой техники поверхностные слои отвалов характеризуются высокой плотностью (от 1,3 до 1,9 г/см³). Вышеперечисленное обуславливает неблагоприятные водно-физические условия в корнеобитаемом слое и создает механические препятствия для развития корневых систем, что отрицательно сказывается на росте и развитии растений. Тем не менее проведенные исследования показали, что на данных участках сформировались достаточно развитые фитоценозы.

На участке СХ 30 с посевом многолетних трав основу видового разнообразия составляют выселенные травы, что свидетельствует о

хорошей устойчивости данной травосмеси на техногенно нарушенных территориях. Проектное покрытие рекультивированного участка составляет практически 100 %, биологическая продуктивность в среднем составляет 25 т/га, что соизмеримо с посевами трав на ненарушенных почвах. За время функционирования биоценоза на данном участке сформировались эмбриозёмы Эд и Эо площадью 65 и 35 % соответственно. Общее почвенно-экологическое состояние данного участка можно охарактеризовать как хорошее.

Таким образом, проведение горнотехнического этапа и посев трав способствуют формированию устойчивого растительного покрова и развитию процессов почвообразования даже на породах с низкими показателями плодородия. Сформированный растительный покров используется в сельскохозяйственном производстве под сенокос и пастбище, почвенно-экологические условия характеризуются как хорошие, однако восстановление почвенных функций замедлено. Это выражается в слабой трансформации почвообразующего субстрата, во многом неблагоприятные свойства (каменистость и плотность) сохраняются. Поэтому не происходит увеличение видовой разнообразия трав, а существующий биогеоценоз не может считаться устойчивым.

На участке ЕС 30 за 30 лет сформировался сложный фитоценоз с высоким видовым разнообразием трав. Однако следует отметить, что поверхность данного участка зарастает неравномерно. Большое разнообразие травянистых растений косвенно указывает на неоднородность почвенно-экологических условий на поверхности данного участка. Общее проективное покрытие составляет 95 %. На территории данного участка сохранились зоны, на которых не появилась растительность и почвообразовательные процессы остановились на инициальной стадии. На основной площади сформировался злаково-разнотравный фитоценоз с преобладанием ежи сборной, пырея, разнотравных сорных видов. Биологическая продуктивность в среднем составляет 18 т/га, что соизмеримо с луговыми фитоценозами на ненарушенных почвах. Сформированный травянистый покров указывает на возможность постепенного восстановления растительности, в определенной степени соответствующей естественным ландшаф-

там. В структуре почвенного покрова преобладают Эд (45 % площади), Эо и Эг занимают соответственно 35 и 15 % площади. Восстановление почвенного покрова находится на начальных этапах и характеризуется спектром участков с различным уровнем развития процессов почвообразования. Можно считать, что участки с хорошим и отличным развитием процессов почвообразования Эд и Эг в общем занимают 60 % площади, с неудовлетворительным и удовлетворительным уровнем — 40 %. Поэтому общее почвенно-экологическое состояние данного участка характеризуется как хорошее.

На участке ЛЕ 30 за 30 лет сформировались высоко сомкнутые (80–90 %) сосновые лесные насаждения. В междурядьях сильно угнетенные старые посадки облепихи. Редко встречается подрост березы и ивы. Травянистых видов очень мало в связи с практически полным покрытием поверхности отвала опадом хвои. На этом участке перед посадкой саженцев была выполнена только частичная планировка поверхности, поэтому в рельефе встречаются западины и бугры с перепадом высот 1–2 м.

На участке была проведена визуальная оценка общего жизненного состояния (ОЖС) сосновых насаждений, которое в определенной степени характеризует соответствие почвенно-экологических условий данного участка состоянию и уровню развития растения. Проведенное обследование показало, что ОЖС сосновых насаждений на этом участке составило 75 % и характеризуется как поврежденное (ослабленное). Это связано с угнетением и выпадением сосны в результате неблагоприятных свойств субстрата отвала и загрязнением атмосферного воздуха. В связи с неразвитостью травянистого покрова почвенный покров на этом участке представлен эмбриозёмами Эо и Эи (площадь Эо составляет около 90 %). Эмбриозёмы Эи располагаются в основном на невыровненных или очень уплотненных участках без растительности. Плотность субстрата в этом варианте может составлять 1,9 г/см³, и этот фактор также может лимитировать развитие травянистых видов. В связи со слабым развитием процессов почвообразования общее почвенно-экологическое состояние данного участка характеризуется как удовлетворительное.

На контрольном участке ЛУ 25 почвенный покров представлен

темно-серой лесной почвой. В растительном покрове преобладают злаковые и разнотравные виды. Общее проективное покрытие составило 100 %. В связи с расположением данного участка в зоне влияния техногенных объектов и использованием данного участка для сенокоса и пастбища растительный и почвенный покров имеет признаки деградации, что выражается в снижении разнообразия трав и биологической продуктивности. Урожайность составила 18 т/га. В почвах фиксируется пониженное содержание органического вещества (4,1 %) и повышенное уплотнение гумусового горизонта до 1,4 г/см³.

Таким образом, обследование выбранных техногенно нарушенных участков показало, что, несмотря на значительный период восстановления, свойства и режимы на данных территориях значительно отличаются от свойств и режимов почв на прилегающих ландшафтах, а техногенно нарушенные участки представляют собой экоклин, внедренный в систему естественных ландшафтов.

Мезофауна (жужелицы). В отличие от почвы и растений сообщество животных обладает важным качеством — возможностью передвижения в пространстве. Это дает возможность, в данном случае, жужелицам выбирать наиболее подходящие местообитания для своего существования. Всего за время исследования собраны 2033 экз. жужелиц, относящихся к 55 видам из 23 родов. Количество видов в крупных родах распределилось следующим образом: *Harpalus* — 11 видов, *Amara* — 9 и *Pterostichus* — 5 видов. Наибольший вклад в население нарушенных территорий Кемеровской области вносят роды *Calathus*, *Poecilus* и *Harpalus* — 36,4; 20,1 и 12,7 % от общего числа пойманных экземпляров соответственно. В количественном отношении наиболее многочисленны виды: *Calathus melanocephalus* (L.) (31,1 %), *Poecilus versicolor* F.W. (20 %), *Harpalus rubripes* (Duft.) (10 %). К фоновым видам можно отнести *Amara municipalis* (Duft.), *A. communis* (Pz.) и *Calathus erratus* (C.R.Sahlb.).

Рассмотрим видовой состав и обилие жуков-жужелиц для каждого участка более подробно. На участке СХ 30 собрано 429 экз. 32 видов доминанты: *Calathus melanocephalus*, *Amara communis*, *Agonum gracilipes*. На участке ЕС 30 поймано 623 экз. из 27 видов доминанты: *Calathus melanocephalus*, *Harpalus rubripes*, *Poecilus versicolor*.

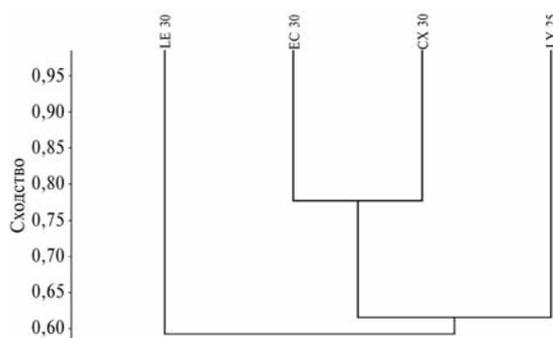


Рис. 2. Дендрограмма сходства карабидофаун рекультивированных участков лесостепной зоны Кузбасса

Fig. 2. Similarity of the carabid faunas of recultivated sites in Kuznetsky coal basin forest-steppe zone

На участке ЛЕ 30 собрано 244 экз. из 28 видов доминанты: *Calathus melanocephalus*, *Harpalus rubripes*, *Calathus erratus*. На естественном лугу ЛУ 25 собрано 737 экз. из 26 видов доминанты: *Poecilus versicolor*, *Calathus melanocephalus*, *Amara communis*. Сообщества жуков на нарушенных территориях характеризуются небольшим количеством доминирующих видов и значительным числом видов с низким обилием.

На всех участках было проанализировано разнообразие моделей видового обилия. При этом использовали 4 теоретические модели: геометрических рядов, гиперболическую, модель "разломанного стержня 1" — случайной границы ниши и "модель разломанного стержня 2" — случайной границы ниши с перекрытием ниш. В модели "разломанного стержня 2" обилие видов распределено с максимальной возможной в природе равномерностью. Таким образом, можно считать, что чем ближе распределение сообщества к модели "разломанного стержня 2", тем более оно сбалансировано и устойчиво.

Проведенные исследования показали, что для контрольного варианта естественного луга и участка отвала, оставленного под самозарастание, ранговое распределение видов по обилию больше всего соответствует модели "разломанного стержня 2". Такое распределение обычно свидетельствует о климаксовой стадии и устойчивости сообщества. Модель разломанного стержня тип 1 характерна для участка с лесной рекультивацией и участка с сельскохозяйственной рекультивацией, что характерно для более простого сообщества. Эти выводы, в общем, коррелируют с уровнем развития растительности, почвообразовательных

процессов и структурой почвенного покрова на обследованных участках.

Для более детального изучения сообществ жуков на нарушенных территориях был проведен ареалогический анализ [12], позволяющий определить, насколько "аридной" или "гумидной" по происхождению является та или иная фауна локальной экосистемы в сравнении с соседними. Также ареалогический анализ показывает направление сукцессии, какой тип сообщества сформируется на данной территории: лесной, луговой или степной.

В целом фауну жуков на нарушенных территориях в зоогеографическом плане можно охарактеризовать как суббореальную гумидную, со значительной долей полизональных видов, и западно-палеарктическую. Население, которое определяется главными образцами доминирующими видами (*Poecilus versicolor*, *Calathus melanocephalus* и *Harpalus rubripes*), полизональное и западнопалеарктическое. Проведенный ареалогический анализ показывает высокую гумидность жуков, несмотря на то, что отвалы испытывают недостаточное увлажнение, поэтому в фитоценозах присутствуют виды, приспособленные к развитию в условиях недостаточного увлажнения. Участок с лесной рекультивацией имеет такие же зоогеографические характеристики, так как бореальные виды здесь занимают 20 % в фауне, в основном за счет *Pterostichus oblongopunctatus*.

Для анализа сходства популяций авторами были построены дендрограммы с использованием индекса Симпсона (метод UPGA). На дендрограмме первым отделяется ветвь с ЛЕ 30, поскольку за 30 лет здесь начало формироваться сообщество с лесными видами, но также осталось много пионерных и луговых видов. Ядром дендрограммы являются травянистые сообщества (СХ 30, ЕС 30 и ЛУ 25), куда вошли участки с сельскохозяйственной рекультивацией, самозарастанием и естественный мезофитный луг, но последний все же выделяется в особую ветвь. Это связано с тем, что за 30 лет сообщество жуков здесь почти восстановилось. Данный вывод также может характеризовать достаточно высокую эффективность этих способов рекультивации.

Полученный материал позволяет заключить, что на зарастающих отвалах спустя 30 лет сообщества жуков восстанавливаются,

но не в полном составе. На участках с сельскохозяйственной рекультивацией и самозарастанием сформировались сообщества жуков, близкие к естественным сообществам мезофитных лугов лесостепной зоны Сибири. На облесенных отвалах за этот срок полноценного лесного сообщества не сформировалось.

Заключение

Проведенные исследования на выбранных участках показали, что на техногенно нарушенных землях постепенно восстанавливаются все компоненты нарушенных экосистем. Уровень развития растительности и почв определяется свойствами субстрата, размещенного на поверхности отвала, а также способами формирования растительного покрова на нарушенных землях. Выполнение горнотехнического этапа рекультивации и посев многолетних трав способствуют формированию устойчивого растительного покрова и развитию процессов почвообразования, даже на породах с низкими показателями плодородия. Поэтому общее почвенно-экологическое состояние на таких участках характеризуется как хорошее. На участке с лесной рекультивацией развитие процессов почвообразования замедлено и общее почвенно-экологическое состояние характеризуется как удовлетворительное.

Проведенное исследование сообществ жуков-жуков показало, что на зарастающих отвалах спустя 30 лет сообщества жуков восстанавливаются не полностью, они характеризуются небольшим количеством доминирующих видов и значительным числом видов с низким обилием. На участках с сельскохозяйственной рекультивацией и самозарастанием сформировались сообщества жуков, близкие к естественным сообществам мезофитных лугов лесостепной зоны Сибири, что может свидетельствовать о достаточно высокой эффективности данных способов рекультивации. Облесенные отвалы начинают заселяться лесными видами, но "лесных" сообществ не формируется. Из полученных результатов можно сделать заключение, что в данных природно-климатических условиях лесная рекультивация требует большего времени для восстановления популяции жуков, соответствующих созданному биотопу.

Литература

1. **Мазикин В.П.** Перспективы развития угольной отрасли в Кузбассе и состояние рекультивации нарушенных земель. Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Кемерово. 2005. Вып. 1. С. 7.
2. **Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.** Классификация и диагностика почв России. Смоленск, Ойкумена, 2004. 324 с.
3. **Манаков Ю.А.** Особенности зарастания отвалов на разных стадиях восстановительной сукцессии в Кузбассе. Успехи современного естествознания. 2012. № 11(1). С. 132–134.
4. **Андрокханов В.А., Курачев В.М.** Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов. Сибирский экологический журнал. 2009. Т. 16. № 2. С. 165–169.
5. **Соколов Д.А.** Специфика определения органических веществ педогенной природы в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2 (18). С. 17–25.
6. **Госсен И.Н., Беланов И.П.** Гранулометрический состав эмбриоземов в техногенных ландшафтах лесостепной зоны Кузбасса. Сибирский экологический журнал. 2011. Т. 18. № 5. С. 713–718.
7. **Wolfram Dunger & Karin Voigtländer.** Soil fauna (Lumbricidae, Collembola, Diplopoda and Chilopoda) as indicators of soil eco-subsystem development in post-mining sites of eastern Germany. Soil Organisms. 2009. Vol. 81 (1) P. 1–51.
8. **Еремеева Н.И., Лузянин С.Л.** Структура населения герпетобийных членистоногих при зарастании отвалов угольной промышленности. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 39. С. 86–106
9. **Ottonetti L., Tucci L., Santini G.** Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in Central Italy: Potential for the use of Mediterranean Ants as indicators of restoration processes. Restoration Ecology. 2006. Vol. 14 (1). P. 60–66.
10. **Stéphane Boyer, Stephen D. Wratten.** The potential of earthworms to restore ecosystem services after opencast mining. Basic and Applied Ecology. 2010. Vol. 11. (3). P. 196–203.
11. **Jan Frouz, Dana Elhottová, Václav Kuráž, Monika Šourková.** Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: Results of a field microcosm experiment. Applied Soil Ecology. 2006. Vol. 33(3). P. 308–320.
12. **Беспалов А.Н.** Влияние различных направлений рекультивации на сообщества жуков-жужелиц (Coleoptera, Carabidae) техногенных экосистем отвалов угледобычи Кемеровской области. Евразийский энтомологический журнал. 2014. Т. 13. № 5. С. 437–444.
13. **Шарапова А., Семенов И., Леднев С., Карпачевский А., Королева Т.** Саморазвитие горнопромышленных ландшафтов старого района угледобычи в Тульской области. Экология и промышленность России. 2017. № 21(12). С. 54–59. DOI:10.18412/1816-0395-2017-12-54-59.
14. **Jan Frouz, Karel Prach, Václav Pízl, Ladislav Háněl, Josef Starý, Karel Tajovský, Jan Materna, Vladimír Balik, Jiří Kalčík, Klára Rehounková.** Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. European Journal of Soil Biology. 2008. Vol. 44(1). P. 109–121.
15. **Зеньков И.В., Ижмулкина Е.А., Маглинец Ю.А., Юронен Ю.П., Вокин В.Н., Юрковская Г.И., Логинова Е.В.** Результаты исследования формирования экосистемы на угольных разрезах в западной части центральных районов Кузбасса с использованием ресурсов ДЗЗ. Экология и промышленность России. 2018. № 22(2). С. 40–45. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-2-40-45.

References

1. **Mazikin V.P.** Perspektivy razvitiya ugol'noi otrasli v Kuzbasse i sostoyanie rekul'tivatsii narushennykh zemel'. *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' v Sibiri*. Kemerovo. 2005. Vyp. 1. S. 7.
2. **Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I.** Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. Smolensk, Oikumena, 2004. 324 s.
3. **Manakov Yu.A.** Osobennosti zarastaniya otvalov na raznykh stadiyakh vosstanovitel'noi suksessii v Kuzbasse. *Uspekhii sovremennogo estestvoznaniya*. 2012. № 11(1). S. 132–134.
4. **Androkhonov V.A., Kurachev V.M.** Printsipy otsenki pochvenno-ekologicheskogo sostoyaniya tekhnogennykh landshaftov. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*. 2009. T. 16. № 2. S. 165–169.
5. **Sokolov D.A.** Spetsifika opredeleniya organicheskikh veshchestv pedogennoi prirody v pochvakh tekhnogennykh landshaftov Kuzbassa. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2012. № 2 (18). S. 17–25.
6. **Gossen I.N., Belanov I.P.** Granulometricheskii soctav embriozemov v tekhnogenykh landshaftakh lesostepnoi zony Kuzbassa. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*. 2011. T. 18. № 5. S. 713–718.
7. **Wolfram Dunger & Karin Voigtländer.** Soil fauna (Lumbricidae, Collembola, Diplopoda and Chilopoda) as indicators of soil eco-subsystem development in post-mining sites of eastern Germany. *Soil Organisms*. 2009. Vol. 81 (1) P. 1–51.
8. **Eremeeva N.I., Luzyanin S.L.** Struktura naseleniya gerpetobiontnykh chlenistonogikh pri zarastanii otvalov ugol'noi promyshlennosti. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2017. № 39. S. 86–106
9. **Ottonetti L., Tucci L., Santini G.** Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in Central Italy: Potential for the use of Mediterranean Ants as indicators of restoration processes. *Restoration Ecology*. 2006. Vol. 14 (1). P. 60–66.
10. **Stéphane Boyer, Stephen D. Wratten.** The potential of earthworms to restore ecosystem services after opencast mining. *Basic and Applied Ecology*. 2010. Vol. 11. (3). P. 196–203.
11. **Jan Frouz, Dana Elhottová, Václav Kuráž, Monika Šourková.** Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: Results of a field microcosm experiment. *Applied Soil Ecology*. 2006. Vol. 33(3). P. 308–320.
12. **Bespalov A.N.** Vliyanie razlichnykh napravlenii rekul'tivatsii na soobshchestva zhukov-zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) tekhnogennykh ekosistem otvalov ugledobychi Kemerovskoi oblasti. *Evraziatskii entomologicheskii zhurnal*. 2014. T. 13. № 5. S. 437–444.
13. **Sharapova A., Semenov I., Lednev S., Karpachevskii A., Koroleva T.** Samorazvitie gornopromyshlennykh landshaftov starogo raiona ugledobychi v Tul'skoi oblasti. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2017. № 21(12). S. 54–59. DOI:10.18412/1816-0395-2017-12-54-59.
14. **Jan Frouz, Karel Prach, Václav Pízl, Ladislav Háněl, Josef Starý, Karel Tajovský, Jan Materna, Vladimír Balik, Jiří Kalčík, Klára Rehounková.** Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology*. 2008. Vol. 44(1). P. 109–121.
15. **Zen'kov I.V., Izhmulkina E.A., Maglinets Yu.A., Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Yurkovskaya G.I., Loginova E.V.** Rezul'taty issledovaniya formirovaniya ekosistemy na ugol'nykh razrezakh v zapadnoi chasti tsentral'nykh raionov Kuzbassa s ispol'zovaniem resursov DZZ. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2018. № 22(2). S. 40–45. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-2-40-45.

А.Н. Беспалов – канд. биол. наук, научный сотрудник, Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева 8/2, e-mail: A.Bespalov@bk.ru • В.А. Андрокханов – д-р биол. наук, заместитель директора

A.N. Bespalov – Cand. Sci. (Biol.), Research Scientist, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090 Russia, Novosibirsk, Academician Lavrentiev Avenue 8/2, e-mail: A.Bespalov@bk.ru • V.A. Androkhonov – Dr. Sci. (Biol.), Deputy Director