

ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КУЗБАССА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

А. М. Шипилова, И. С. Семина

Assessment of the soil-ecological status of technogenic landscapes of the Kuznetsk basin (Kuzbass) depending on the technology of reclamation of disturbed lands

A. M. Shipilova, I. S. Semina

The authors describe the specifics of soil formation in technogenic landscapes of Kuzbass. The conducted studies reveal the following regularity: soil-ecological state of reclamation territories depends on the technology of dump formation. The studied object is the Sagarlyksky dump with an area of more than 300 hectares located on the territory of the Bachatsky coal deposit. To conduct the research authors selected four key areas, differing in the methods of dumps surface forming and covered by soil vegetation that formed during 20 years. The basis of soil cover in technogenic landscapes of Kuzbass consists of embryosemes of four types: initial, organ-accumulative, caespitose and humus-accumulative. For the purpose of assessment of soil-ecological state of the territory of technogenic landscapes, the authors assume that if after 20 years humus-accumulative embryosemes have formed on the surface of the dumps, then the soil-ecological state of such a landscape is very good. The article presents the results of soil-cartographic studies of three areas on the dump territory. Soil-ecological mapping made it possible to identify areas with different quality of soil-formation conditions. Areas with initial are unsatisfactory, areas with organ-accumulative embryosemes are satisfactory, and ones with caespitose and humus-accumulative embryosemes are good. The obtained data allows us to draw conclusions about the dependence of the soil-ecological state of technogenic landscapes on the technology of dump formation and rational use of lithogenic reclamation resources. The formation of tree vegetation on the technogenic landscapes of the forest-steppe zone of the Kuzbass does not contribute to the development of soil formation processes in disturbed areas, and only the purposeful formation of a favorable root layer will create necessary ecological conditions for the restoration of disturbed ecosystems.

Keywords: technogenic landscapes; reclamation technologies; young soils; soil-ecological mapping.

Описана специфика почвообразования в техногенных ландшафтах Кузбасса. Проведенные исследования выявляют закономерность: почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий зависит от технологии формирования отвалов. В качестве объекта исследования был выбран Сагарлыкский отвал площадью более 300 га, расположенный на территории Бачатского угольного месторождения. Для выполнения исследований было выбрано 4 ключевых участка, отличающихся методами формирования поверхности отвалов и сформировавшимся за 20 лет почвенным растительным покровом. Основу почвенного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса составляют эмбриоземы четырех типов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные. Для оценки почвенно-экологического состояния территории техногенных ландшафтов принимается, что если за 20 лет на поверхности отвалов сформировались эмбриоземы гумусово-аккумулятивные, то почвенно-экологическое состояние такого ландшафта оценивается как очень хорошее. В статье представлены результаты почвенно-картографических исследований трех участков на территории отвала. Почвенно-экологическое картирование позволило выделить участки с различным качеством условий почвообразования. Неудовлетворительные – участки с инициальными эмбриоземами, удовлетворительные – с органо-аккумулятивными и хорошие с дерновыми и гумусово-аккумулятивными эмбриоземами. Полученные данные позволяют сделать выводы о зависимости почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов от технологии формирования отвалов и рационального использования литогенных ресурсов рекультивации. Формирование древесного растительного покрова на техногенных ландшафтах лесостепной зоны Кузбасса не способствует развитию процессов почвообразования на нарушенных территориях, и только целенаправленное формирование благоприятного корнеобитаемого слоя позволяет создать экологические условия для восстановления нарушенных экосистем.

Ключевые слова: техногенные ландшафты; технологии рекультивации; молодые почвы; почвенно-экологическое картирование.

Кузбасская область – один из наиболее промышленно развитых регионов Сибири. На ее территории расположено значительное количество угледобывающих предприятий – шахт и разрезов. Добыча угля производится из пластов большой мощности, что ведет к изменению рельефа местности, структуры массива горных пород, микроклимата, а также ликвидации почвы. Степень воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду столь велика, что если не принять меры по уменьшению негативного воздействия, то в ближайшем будущем данные территории можно будет отнести к зонам экологического бедствия [1–3]. На основании проведен-

ных исследований можно отметить, что почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий зависит от технологии формирования отвалов [4, 5]. Поэтому для определения наиболее эффективной технологии рекультивации необходимо исследовать сформировавшийся почвенный покров техногенных ландшафтов и выявить лимитирующие факторы почвообразования. Исследования такого рода и оценка перспектив восстановления нарушенных земель чрезвычайно актуальны для Кузбасса.

Цель работы – выявить специфику почвообразования и оценить почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса.

В качестве объекта исследования был выбран Сагарлыкский отвал площадью более 300 га, расположенный на территории Бачатского угольного месторождения. Разработка угольного месторождения сопровождается ежегодным нарушением естественных ландшафтов площадью от 80 до 200 га.

На территориях, где проводились исследования, преобладают мощные крутопадающие пласты, разработка которых открытым способом сопровождается образованием обширных отвалов, это создает неблагоприятные экологические условия. Поэтому рекультивация нарушенных земель является необходимым комплексом мероприятий по восстановлению разрушенных экосистем, сохранению биологического разнообразия и экологической емкости территории.

Возраст Сагарлыкского отвала составляет 20 лет. Этот отвал представляет собой огромный, высотой более 30 м, навал горной породы на сравнительно ненарушенную естественную поверхность. Для выполнения исследований было выбрано 4 ключевых участка, отличающихся методами формирования поверхности отвалов и сформировавшимся за 20 лет почвенным растительным покровом.

Участок 1 расположен в средней части северо-восточного склона отвала. Данный участок расположен на выровненной площадке крутизной менее 5°. Рекультивация не проведена, естественное самовосстановление. Почвенный покров в основном

Физические свойства пород вскрыши.

Литологические разности пород	Плотность сложения, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Влажность, %	Пористость, %
Песчаники	2,39	2,64	3,34	13,10
Аргиллиты	2,38	2,62	2,53	12,18
Алевролиты	2,37	2,60	3,36	12,85
Лессовидные суглинки	1,91	2,70	14,54	36,88

представлен эмбриоземами инициальными. Стадия сукцессии пионерная, сформирована простая разнотравная группировка. Видовое разнообразие представлено тринадцатью видами.

Участок 2 находится на юго-западном склоне. Здесь проведена лесная рекультивация. В посадках сосны сформировались эмбриоземы органо-аккумулятивные и донниково-разнотравная растительная группировка. Видовое разнообразие представлено семнадцатью видами.

Участок 3 расположен на выровненной площадке с западинами, на северо-восточном склоне. На участке проведены частичная планировка и отсыпка на поверхность отвала суглинков мощностью более 1 м. Участок был оставлен под самозаращение. Здесь сформировались эмбриоземы дерновые и гумусово-аккумулятивные. Стадия растительной сукцессии сложной растительной группировки. Видовое разнообразие представлено двенадцатью видами.

Участок 4 располагается на выровненной территории, на которой проведена отсыпка ПСП (плодородный слой почвы) и ППП (потенциально плодородные породы) и сформирован технозем гумусогенный. Мощность отсыпки ПСП и ППП составляет от 40 до 100 см. Общее проективное покрытие 100 %. Ассоциация кострцево-злаково-разнотравная представлена двенадцатью видами.

Основу субстрата отвалов составляют вскрышные и вмещающие породы. Наиболее широкое распространение имеют песчаники и алевролиты. Песчаники в пределах поля разреза представлены мелко- и среднезернистыми, реже крупнозернистыми разностями, окрашены в серый цвет. Преобладающим цементом является глинистый, количество которого изменяется от 5–7 до 10–18 %. Карбонатный цемент, как правило, имеет кальцитовый и доломитовый состав, его количество изменяется от 20 до 30 %. Алевролиты также широко распространены. По составу обломочной части алевролиты близки к песчаникам [6].

Основу литогенных ресурсов рекультивации составляют породы, наиболее пригодные для рекультивации нарушенных земель ПСП и ППП. Суглинки характеризуются высокой общей пористостью, достигающей максимального значения 50,1 %. Преобладающими в гранулометрическом составе рыхлой толщи являются пылеватые частицы диаметром от 0,05 до 0,005 мм. Основные характеристики вскрышных и вмещающих пород, распространенных на разрезах и составляющих основу субстрата отвалов, представлены в таблице.

Основу почвенного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса, согласно классификации, разработанной в лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН, составляют эмбриоземы четырех типов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные. Эмбриоземы – это молодые почвы, развивающиеся естественным образом на поверхности нарушенных земель [7]. Незначительную часть территории Сагарлыкского отвала (около 60 га) занимают рекультивированные методом отсыпки на спланированную поверхность отвалов ПСП и суглинков техноземы гумусогенные.

Все эти почвы автоморфного направления почвообразования. Распространение данных почв обусловлено тем, что в рельефе преобладают склоновые поверхности, отсутствует постоянный горизонт почвенно-грунтовых вод, а сильная каменистость почвообразующих пород обеспечивает высокую фильтрационную способность [6, 8, 9].

Морфология молодых почв имеет ряд особенностей и во многом зависит от стадии развития растительных сукцессий, а также вида растительного сообщества. Однако в любом случае на начальных стадиях освоения поверхность отвалов представлена в основном инициальными эмбриоземами. В случае зарастания отвалов лесной растительностью почвообразование развивается в сторону образования эмбриоземов органо-аккумулятивных.

Таким образом, выбранные участки на территории Сагарлыкского отвала позволяют достаточно полно охарактеризовать почвенно-экологические условия восстановления почв, формирующихся в техногенных ландшафтах, как естественным образом, так и в результате проведения рекультивационных работ.

В оптимальных условиях (главным образом, рельефа и пород) конечной стадией эволюции будет, очевидно, формирование профиля почвы сходного, но не обязательно идентичного с профилем зонального выщелоченного чернозема. Однако в реальных условиях почвообразующие породы не способствуют формированию профиля чернозема, так как одним из важнейших условий черноземообразования является наличие в качестве почвообразующих пород лессов, лессовидных или близких к ним покровных суглинистых отложений с гидрослюдисто-монтмориллонитовым составом фракций физической глины. Почвообразующие породы же представляют собой обычно хаотическую смесь пород различного генезиса, гранулометрического и минералогического составов.

Почвенно-картографические исследования, проведенные в техногенных ландшафтах Кузбасса, выявили ряд важных особенностей почвообразования. Все типы эмбриоземов Сагарлыкского отвала представляют собой единую эволюционную цепочку

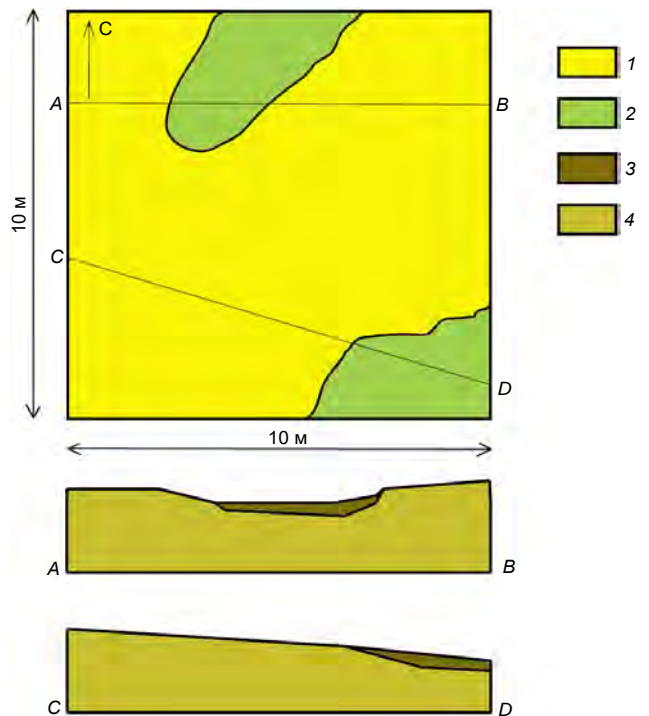


Рисунок 1. Фрагмент почвенной карты Сагарлыкского отвала (участок 1). Эмбриоземы. 1 – инициальные; 2 – органо-аккумулятивные. Горизонты. 3 – A₀; 4 – C.

ку и позволяют дифференцировать этапы почвообразования на четыре стадии.

Для практической оценки почвенно-экологического состояния авторами статьи использовался метод детального почвенного картирования техногенных ландшафтов, заключающийся в фиксировании на крупномасштабной карте различных типов эмбриоземов, сформировавшихся на поверхности Сагарлыкского отвала. Площадь ключевых участков, выбранных для описания, составляла 100 м².

Для оценки почвенно-экологического состояния территории техногенных ландшафтов принимается, что если за 20 лет на поверхности отвалов сформировались эмбриоземы гумусово-аккумулятивные, то почвенно-экологическое состояние такого ландшафта оценивается как очень хорошее. На данном нарушенном участке почвообразование идет быстро, и со временем возможно восстановление почв по качеству, удовлетворяющему развитию естественных экосистем.

Первый участок, расположенный на северо-восточном склоне с пионерной растительностью, развивающейся на элювии плотных вскрышных пород, находится в неудовлетворительном почвенно-экологическом состоянии. В структуре почвенного покрова этого участка преобладают инициальные эмбриоземы; несмотря на длительный срок после отсыпки отвала, почвенно-экологическое состояние данных территорий считается неудовлетворительным (рис. 1).

Как показывают исследования, если за 20 лет не сформировался растительный покров и не началось восстановление процессов почвообразования, то такие территории практически навсегда сохраняют признаки техногенной пустыни и будут функционировать в режиме экоклина – территории, резко отличающейся от естественных природных ландшафтов.

На втором ключевом участке, на юго-западном склоне, где были произведены посадки сосны, сформировались эмбриоземы органо-аккумулятивные – 70 %, дерновые покрытия – 10 % и сохранились инициальные эмбриоземы – 20 %. Участок с посадкой сосны характеризуется удовлетворительным почвенно-экологическим состоянием (рис. 2). Под лесной растительностью на техногенных элювиях почвообразовательные процессы идут медленно, и в течение приемлемого срока эволюция не переходит дальше стадии формирования органо-аккумулятивных эмбриоземов [10].

На третьем ключевом участке при детальном почвенном картировании выявлена следующая структура почвенного покрова. Процентное соотношение типов эмбриоземов составило: 40,5 % – дерновые, 31 % – органо-аккумулятивные, 23 % – инициальные, 5,5 % – гумусово-аккумулятивные (рис. 3).

Такую неоднородность покрытия поверхности можно объяснить приуроченностью различных типов эмбриоземов к определенным позициям микрорельефа и неравномерностью отсыпки суглинком территории отвала. Очевидно, что зарастание данной части отвала происходило поэтапно и начиналось в пониженных элементах рельефа, обладающих более благоприятными эдафическими условиями (наиболее мощный слой отсыпки суглинком и наименьшая подверженность физическому выветриванию, лучший режим увлажнения). Таким образом, данный участок можно отнести к территориям с хорошим почвенно-экологическим состоянием [6, 11].

На спланированной территории, на вершине отвала проводилась селективная отсыпка ППП и ПСП (участок 4). Здесь были созданы технозоны гумусогенные (100 % покрытие). Мощность отсыпки ПСП изменяется в пределах 40–80 см. На данном участке проведен посев многолетних злаковых трав, в основном костреца безостого. В результате формирования почвоподобного профиля на этом участке наблюдалось достаточное увлажнение, что позволяло получить более высокую продуктивность по сравнению с эмбриоземами.

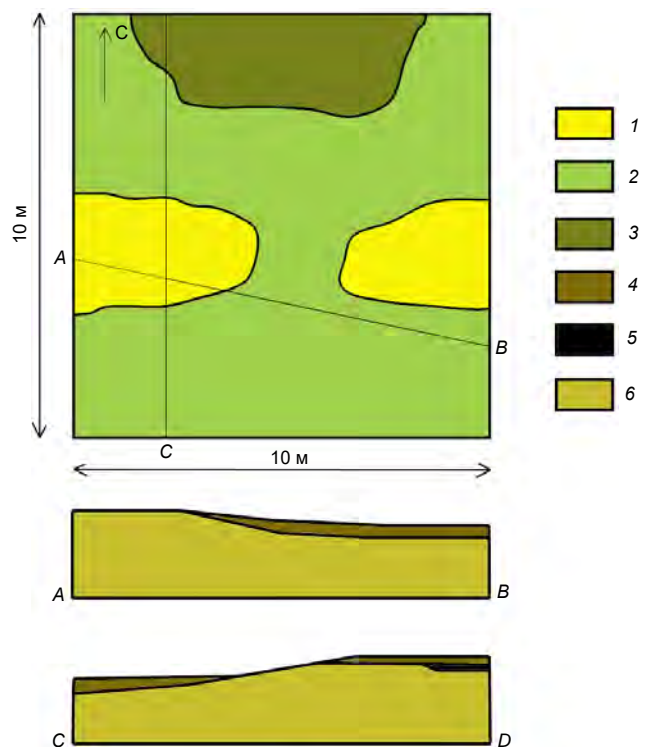


Рисунок 2. Фрагмент почвенной карты Сагарлыкского отвала (участок 2). Эмбриоземы. 1 – инициальные; 2 – органо-аккумулятивные; 3 – дерновые. Горизонты. 4 – A₀; 5 – A_д; 6 – C.

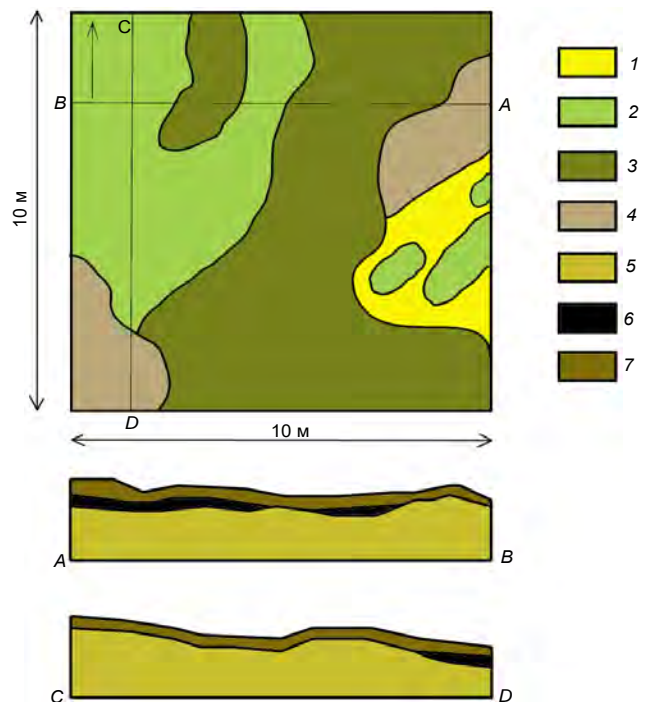


Рисунок 3. Фрагмент почвенной карты Сагарлыкского отвала (участок 3). Эмбриоземы. 1 – инициальные; 2 – органо-аккумулятивные; 3 – дерновые; 4 – гумусово-аккумулятивные. Горизонты. 5 – C; 6 – A₁; 7 – A_д.

Проведенные исследования позволяют объективно оценить технологии биологической и технической рекультивации с почвенно-экологических позиций. С учетом возраста отвала (около 20 лет) и результатов почвенно-экологического картографирования рекультивированных участков и участков с самозарастанием на Сагарлыкском отвале можно разделить территорию отвала на несколько участков по качеству условий почвообразования и их

характеристике почвенно-экологического состояния. Экологическое состояние этих рекультивированных участков зависит от качества слагающих пород и рельефа поверхности. Вскрышные и вмещающие породы обладают очень малым потенциалом почвообразования, важную роль играют рыхлые вскрышные потенциально плодородные породы и плодородный слой почвы (ПСП). Формирование инициальных и органо-аккумулятивных эмбриоземов объясняется недостаточным увлажнением, фрагментарной отсыпкой суглинков, а также крутым склоном (уклон поверхности около 25°). Таким образом, только посадка древесных растений не может значительно улучшить почвенно-экологические условия на нарушенных территориях. Под лесной растительностью на техногенных элювиях почвообразовательные процессы идут медленно, и в течение приемлемого срока эволюция эмбриоземов не переходит дальше стадии формирования органо-аккумулятивных эмбриоземов. На участке с техноземом гумусогенным отмечены наилучшие показатели почвенно-экологических условий, способствующих развитию растительного и почвенного покрова. В то же время особенностью строения техноземов является наличие двух резко отличающихся горизонтов, это отрицательно влияет на процессы почвообразования, которые преимущественно протекают в отсыпанном слое ПСП [8, 12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев В. А., Потапов В. П., Счастливцев Е. Л. Мониторинг состояния природной среды угледобывающих районов Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 312 с.
2. Потапов В. П., Мазикин В. П., Счастливцев Е. Л. и др. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса. Новосибирск: Наука, 2005. 660 с.
3. Чайкина Г. М., Обьедкова В. А. Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 266 с.
4. Андрокханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2004. 151 с.
5. Андрокханов В. А., Лавриненко А. Т. Ускорение процессов рекультивации техногенных ландшафтов на угольных предприятиях КАТЭКа и Хакасии // Уголь. 2012. № 7. С. 62–64.
6. Семина И. С., Беланов И. П., Шипилова А. М. и др. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 396 с.
7. Курачев В. М., Андрокханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
8. Шипилова А. М. Постмелиоративное развитие и почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий лесостепной зоны Кузбасса: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2012. 22 с.
9. Xia Hanping, Cai Xi. Ying yong Sheng tai Xue bao // Chin. J. Appl. Ecol. 2002. Vol. 13, № 11. P. 71–77.
10. Шипилова А. М., Семина И. С., Беланов И. П. Почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий, расположенных в лесостепной

зоне Кемеровской области // ГИАБ. Отд. статья. 2012. № 12. С. 25–31.

11. Семина И. С. Рациональное использование литогенных ресурсов рекультивации как основа для экологически безопасного развития техногенных ландшафтов // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 11. С. 36–38.
12. Шипилова А. М. Постмелиоративное развитие и почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий лесостепной зоны Кузбасса: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Новосибирск, 2012. 148 с.

REFERENCES

1. Kovalev V. A., Potapov V. P., Schastliltsev E. L. 2013, *Monitoring sostoyaniya prirodnoy sredy ugledobyvayushchikh rayonov Kuzbassa* [Monitoring of the state of the natural environment of coal-mining regions of Kuzbass], Novosibirsk, 312 p.
2. Potapov V. P., Mazikin V. P., Schastliltsev E. L. et al. 2005, *Geoekologiya ugledobyvayushchikh rayonov Kuzbassa* [Geoecology of coal-mining regions of Kuzbass], Novosibirsk, 660 p.
3. Chaykina G. M., Ob'edkova V. A. 2003, *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' v gomorudnykh rayonakh Urala* [Reclamation of disturbed lands in the mining regions of the Urals], Ekaterinburg, 266 p.
4. Androkhonov V. A., Kulyapina E. D., Kurachev V. M. 2004, *Pochvy tekhnogen-nykh landshaftov: genезis i evolyutsiya* [Soils of technogenic landscapes: genesis and evolution], Novosibirsk, 151 p.
5. Androkhonov V. A., Lavrinenko A. T. 2012, *Uskorenie protsessov rekul'tivatsii tekhnogennykh landshaftov na ugol'nykh predpriyatiyakh KATEKa i Khakasii* [Accelerating the processes of reclamation of man-made landscapes in coal enterprises of the Kansk-Achinsk fuel and energy complex and Khakassia]. *Ugol'* [Russian coal journal], no. 7, pp. 62–64.
6. Semina I. S., Belanov I. P., Shipilova A. M. et al. 2013, *Prirodno-tekhnogennye komplekсы Kuzbassa: svoystva i rezhimy funktsionirovaniya* [Natural and technogenic complexes of Kuzbass: properties and functioning regimes], Novosibirsk, 396 p.
7. Kurachev V. M., Androkhonov V. A. 2002, *Klassifikatsiya pochv tekhnogennykh landshaftov* [Classification of soils of technogenic landscapes]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Contemporary problems of ecology], no. 3, pp. 255–261.
8. Shipilova A. M. 2012, *Postmeliorativnoe razvitie i pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie rekul'tivirovannykh territoriy lesostepnoy zony Kuzbassa: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Postmeliorative development and soil-ecological state of recultivated territories of forest-steppe zone of Kuzbass: the author's abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences.], Barnaul, 22 p.
9. Xia Hanping, Cai Xi, 2002, Ying yong Sheng tai Xue bao. Chinese Journal of Applied Ecology, vol. 13, no. 11, pp. 71–77.
10. Shipilova A. M., Semina I. S., Belanov I. P. 2012, *Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie rekul'tivirovannykh territoriy, raspolozhennykh v lesostepnoy zone Kemerovskoy oblasti* [Soil-ecological condition of the reclaimed territory located in the forest-steppe zone of the Kemerovo region]. *GIAB* [Mining informational and analytical bulletin], no. 12, pp. 25–31.
11. Semina I. S. 2013, *Ratsional'noe ispol'zovanie litogennykh resursov rekul'tivatsii kak osnova dlya ekologicheskoi bezopasnogo razvitiya tekhnogennykh landshaftov* [Rational use of lithologic recultivation resources as a basis for ecologically safe development of technogenic landscapes]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Occupational safety in industry], no. 11, pp. 36–38.
12. Shipilova A. M. 2012, *Postmeliorativnoe razvitie i pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie rekul'tivirovannykh territoriy lesostepnoy zony Kuzbassa: dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Postmeliorative development and soil-ecological state of recultivated territories of forest-steppe zone of Kuzbass: the dissertation of the candidate of agricultural sciences], Novosibirsk, 148 p.

Ася Максимовна Шипилова,
Cardan@land.ru
Ирина Сергеевна Семина,
semina.i@mail.ru

Сибирский государственный индустриальный университет
Россия, Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Asya Maksimovna Shipilova,
Cardan@land.ru
Irina Sergeevna Semina,
semina.i@mail.ru
Siberian State Industrial University
Novokuznetsk, Russia