РЕАБИЛИТАЦИЯ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*А. С. ВОДОЛЕЕВ¹, д-р с.-х. наук, профессор кафедры теплоэнергетики и экологии, botanik-egf@yandex.ru;
О. С. АНДРЕЕВА², канд. геогр. наук; доцент кафедры географии, геологии и методики преподавания
географии; М. А. ЗАХАРОВА¹, аспирант; Е. Е. ТАРГАЕВА², аспирант*

(¹ Сибирский государственный индустриальный университет, Россия, г. Новокузнецк;

² Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, Россия, г. Новокузнецк)

Аннотация. Поиск экономичных и доступных технологий, позволяющих воссоздать плодородный слой на поверхности отвалов нарушенных земель, и введение в хозяйственный оборот рекультивированных территорий является в настоящее время актуальной задачей. Основой для реабилитации земель является рекультивация. Рекультивация включает в себя комплекс мероприятий, направленных на формирование на поверхности промышленных отвалов благоприятного корнеобитаемого слоя различными способами с последующим использованием этой площади. Консервация — это закрепление поверхности отвалов механическим путем или путем озеленения поверхности отвалов при предварительном нанесении минимального слоя почвы, торфа, минеральных удобрений, ростовых веществ, нетрадиционных почвоулучшителей — осадков сточных вод (ОСВ). В результате проведенных работ на поверхности отходов железорудного обогащения Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики были сформированы техноземы — искусственные почвы с корнеобитаемым слоем, состоящим из смеси ОСВ и материала хвостохранилищ. Созданы рекультивированные участки на отходах железорудного обогащения, которые обеспечивают эрозийную устойчивость поверхности хвостохранилищ и консервацию отходов обогащения. Химические и агрохимические параметры техноземов на протяжении двух лет их развития изменились. Наблюдается некоторое подщелачивание среды и резкое снижение содержания в субстрате корнеобитаемого слоя количества органического вещества и всех форм азота. Рекультивированные территории с восстановленными природными свойствами могут быть включены в экологический каркас города и использованы в рекреационных целях как одно из направлений реабилитации земель.

Ключевые слова: отходы железорудного обогащения; реабилитация земель; рекультивация; консервация; биомониторинг; корнеобитаемый слой; культурфитоценоз; техноземы; фитотоксичность; экологический каркас.

Ссылка для цитирования. Водолеев А.С., Андреева О.С., Захарова М.А., Таргаева Е.Е. Реабилитация техногенно-нарушенных территорий агломерационного производства // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 8. С. 92–98.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-8-92-98

Длительное экстенсивное экономическое развитие Кузбасского угольного бассейна привело к накоплению большого количества отходов производства и потребления, формированию отвалов. Поиск экономичных и доступных технологий, позволяющих воссоздать плодородный слой на поверхности отвалов нарушенных земель и введение в хозяйственный оборот рекультивированных территорий является в настоящее время актуальной задачей. Реабилитация нарушенных земель — это работы на деградированных и нарушенных землях, позволяющие возвращать в хозяйственный оборот экологически неблагополучные территории. Основой для реабилитации земель является рекультивация земель. Любая нарушенная территория техногенного происхождения проходит в своем развитии две фазы — техногенного формирования и посттехногенную фазу развития [1–4]. Ведущими механизмами трансформации техногенных ландшафтов в

естественные являются биологические процессы, приводящие к восстановлению и развитию биогеоценоза. Формирование ценозов любого уровня определяется почвенно-экологической эффективностью рекультивации, которая зависит от уровня использования ресурсов рекультивации. В связи с различными целями рекультивации применяются те или иные технологии, направленные на создание условий развития почвенно-биологических процессов на нарушенных территориях.

Биомониторинг рекультивированных опытных площадок позволяет оптимизировать и ускорить процесс формирования культурфитоценозов на отходах промышленного производства, следить за состоянием и развитием травостоя, отслеживать процесс восстановления плодородия нарушенных земель, прогнозировать и направлять развитие сукцессионных процессов на рекультивируемых территориях в наиболее целесообраз-

ном направлении, рассчитать экологический и экономический эффект проводимых рекультивационных работ.

В настоящее время в Кузбассе и других промышленно развитых регионах под отвалы отходов производства заняты огромные площади плодородных земель, многие из которых могут находиться вблизи населенных пунктов. При этом складированные отходы наносят огромный экологический ущерб окружающей природной среде и негативно влияют на условия проживания населения. Нейтрализовать их вредное воздействие можно несколькими путями: утилизацией, рекультивацией или консервацией.

Утилизация — это вторичное использование промышленных отходов в хозяйственной деятельности человека. Рекультивация включает в себя комплекс мероприятий, направленных на формирование на поверхности промышленных отвалов благоприятного корнеобитаемого слоя различными способами, например путем нанесения потенциально плодородных и плодородных слоев почвы мощностью до 1 м, с последующим использованием этой площади под земледелие или другие виды использования [5]. Консервация — это закрепление поверхности отвалов механическим путем (нанесение пленок, асфальтирование, покрытие щебенкой и др.) или путем озеленения поверхности отвалов [6] при предварительном нанесении минимального слоя почвы, торфа, минеральных удобрений, ростовых веществ, нетрадиционных почвоулучшителей — осадков сточных вод (ОСВ) и пр. [7].

Исследования проводили на хвостохранилище Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики, которая находится в Новокузнецке. Абагурская аглофабрика — крупный промышленный объект, деятельность которого в значительной степени осложняет и ухудшает экологические условия окружающей среды и негативно влияет на экологию города и прилегающие ландшафты. Ее обширные хвостохранилища заполнены песчано-суглинистыми субстратами и постоянно подвергаются водной и ветровой эрозии, загрязняя атмосферу, почву и воду.

В то же время складированные отходы являются субстратом, содержащим достаточно много ценных элементов, которые в дальнейшем при отработке технологий будут переработаны. Поэтому данные хвостохранилища можно рассматривать как техногенные месторождения. По этой причине коренные рекультивационные работы на данных техногенных объектах нецелесообразны, необходимо и достаточно закрепить их поверхность биологическими методами путем формирования санитарно-защитных насаждений.

Согласно технологической схеме на Абагурской аглофабрике отходы производства (хвосты магнитной сепарации) в количестве до 2,2 млн т/год железной руды по пульпопроводу направляются в хвостохранилища. В настоящее время три хвостохранилища занимают площадь более 350 га. Хвостохранилище № 3 действующее. Хвостохранилища № 1 и 2 представляют собой два обособленных плато высотой до 20 м общей площадью около 190 га. Запас складированных в них хвостов оценивается примерно в 100 млн т. По своему химическому составу и свойствам хвосты могут быть отнесены к промышленному сырью с широким спектром возможного применения. В настоящее время исследуется технология извлечения полезных элементов из складированных и текущих хвостов методами гравитационного обогащения, плазменной обработки и др. Крупнотоннажная переработка на протяжении 30 лет существования хвостохранилища № 1 не организована.

Для организации рекультивационных работ возможно использовать классификацию нарушенных территорий, которая учитывает специфику техногенных объектов и определяет направление практических мероприятий по восстановлению данного типа нарушений. Согласно классификации промышленных отвалов по В.В. Тарчевскому [8] данный промышленный объект по происхождению относится к отвалам перерабатывающей промышленности наливного типа, по возрасту — средневозрастной (свыше 25 лет), по форме — чашевидный, по высоте — средний (до 25 м), по механическому составу поверхностного субстрата — крупнопылевидный и пески (частицы до 0,1 мм), по кислотности (pH) — кислый; по утилизации — неиспользуемый.

Хвостохранилище заполнено при помощи гидротранспорта, что привело к дифференциации материала по гранулометрическому составу. В почвенно-экологическом отношении материал отработанных хвостохранилищ характеризуется очень высокой неоднородностью практически всех химических, физико-химических, агрофизических и агрохимических параметров. Эта неоднородность определяется спецификой технологии формирования гидроотвалов, которая дифференцирует материал как по площади гидроотвала, так и в его толще. Высокая плотность ($1,7 \text{ г/см}^3$ и выше) делает этот субстрат практически корненепроницаемым, резко снижает объем порового пространства и водопроницаемость. По этой причине при рекультивации хвостохранилищ необходимо введение специального технологического элемента, снижающего эту плотность, например смешивание с другими менее плотными субстратами.

Субстрат хвостохранилищ относится к категории сильно засоленных, фитотоксичных. При этом степень фитотоксичности достигает очень высоких значений. Факторами фитотоксичности выступают хлориды и сульфаты. Долевое участие этих солей примерно одинаково. Хвосты отнесены к 4 классу токсичности.

Основными причинами, препятствующими естественному зарастанию поверхности хвостохранилища, являются:

- фитотоксичность, обусловленная засолением поверхности;
- высокая плотность сложения субстрата;
- низкое содержание элементов питания растений;
- неблагоприятные микроклиматические условия, такие как высокая температура в летний период, незначительное накопление снегового покрова зимой, ветровая эрозия, которая не только выносит материал хвостохранилища, но и повреждает молодые побеги и листья растений песчаными частицами.

Фитотоксичность пород в сочетании с их высокой плотностью является основной причиной длительного существования техногенной пустыни хвостохранилища.

Для формирования почвенно-растительного слоя необходима технология рекультивации, позволяющая улучшить условия на поверхности хвостохранилища и обеспечить долгосрочное функционирование фитоценоза в данных микроклиматических условиях. Успешная рекультивация возможна при создании благоприятного корнеобитаемого слоя путем внесения органоминеральных смесей в процессе технического этапа и последующей биологической рекультивации, т. е. создания устойчивых культурфитоценозов для предотвращения эрозии и загрязнения окружающих территорий [9, 10]. Создание травяного покрова на поверхности хвостохранилищ коренным образом улучшит ситуацию с обеспечением снегонакопления зимой, что в совокупности с фактором присутствия органического субстрата повысит эффективность восстановления почвенно-растительного слоя на поверхности хвостохранилища.

Известно, что наиболее рациональным способом восстановления органической составляющей отвалов является размещение на их поверхности плодородного слоя почвы (ПСП), снятого при строительстве новых отвалов. Этот способ был применен для рекультивации склонов хвостохранилища № 2. При этом был использован ПСП, снятый с территории хвостохранилища № 3. Но этого материала недостаточно для всех площадей, требующих рекультивации. Поэтому

для создания корнеобитаемого слоя на поверхности хвостохранилища был использован ОСВ городских очистных сооружений. В результате проведенных работ на поверхности были сформированы техноземы — искусственные почвы с корнеобитаемым слоем, состоящим из смеси ОСВ и материала хвостохранилища. Ниже представлены результаты исследования свойств и режимов техноземов опытных площадок, заложенных на Абагурском хвостохранилище № 1.

Целью создания техноземов было исследование двух почвенно-экологических эффектов. Необходимо было выяснить, во-первых, как влияет резкая дифференциация профиля технозема на два слоя с различным их гранулометрическим составом на восстановление почвенных функций и, соответственно, на биологическую продуктивность, и во-вторых, как влияет различная мощность нанесения слоя ОСВ на эти же параметры.

Варианты техноземов включали три серии (А-1, А-2, А-3), которые отличались друг от друга количеством внесенного ОСВ (мощностью 30, 20 и 10 см соответственно).

Ранее было показано [7], что первым, лимитирующим развитие формируемого культурфитоценоза во всех вариантах опытов, фактором является фитотоксичность пород хвостохранилищ и ОСВ по хлоридам и сульфатам. В случае с вариантами техноземов, относящимися к серии А и имеющими дифференцированный по породам профиль, фитотоксичность пород корнеобитаемого слоя обусловлена солями, содержащимися в ОСВ, а в нижележащем слое — породами хвостохранилищ. Прогнозировалось, что предварительное перепаживание поверхности хвостохранилища и рыхлое сложение свежееотсыпанного ОСВ создадут условия для самомелиорации субстрата в корнеобитаемом слое. Исследования, проведенные в течение двух лет вегетации бобовых трав и, следовательно, развития почвенных режимов и почвенно-экологических функций, подтвердили этот прогноз.

Результаты анализа солевого состава водной вытяжки, полученной из субстрата корнеобитаемого слоя техноземов рассматриваемого опыта, показывают, что степень фитотоксичности резко сократилась (табл. 1). Этому способствовало снижение доли плотного остатка и концентрации в растворах хлоридов и сульфатов, в первую очередь магния и натрия. Необходимо обратить внимание на то, что в техноземах этого варианта степень снижения концентрации фитотоксичных солей различна. Наибольшей она оказалась в серии А-1, наименьшей — в серии А-3. Иными словами, чем меньше мощность слоя ОСВ, тем выше скорость выщелачивания солей.

**ТАБЛИЦА 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ТЕХНОЗЕМОВ
В КОРНЕОБИТАЕМОМ СЛОЕ**

**TABLE 1. COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER EXTRACTS OF TECHNOZEMS (TECHNO-EARTH)
IN THE ROOT LAYER**

Год опыта	Вариант	Плотный остаток, %	Содержание, мг-экв/100 г						Токсичность	
			HCO_3^-	Cl ⁻	SO_4^{2-}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Cl ⁻	SO_4^{2-}
Первый	A-1	1,731	0,72	1,00	16,12	14,65	1,57	1,62	3,3	0,2
	A-2	1,646	0,81	1,20	15,62	14,21	1,86	1,56	4,0	0,2
	A-3	1,753	0,76	0,98	16,52	14,75	1,52	1,99	3,2	0,3
Второй	A-1	1,006	0,96	0,52	7,59	7,23	1,23	0,61	1,7	0
	A-2	1,070	1,00	0,65	8,16	9,50	1,36	1,05	2,2	0
	A-3	1,125	1,28	0,70	9,45	10,73	1,45	0,75	2,3	0,1

Однако из этого не следует, что 30-см мощность слоя ОСВ оказывается излишней. Во-первых, и при такой мощности фитотоксичность субстрата снизилась существенно, до уровня, не препятствующего удовлетворительному развитию культурфитоценоза. Во-вторых, есть основания полагать, что процесс выщелачивания солей будет продолжаться и далее, и при сохранении этого режима выщелачивания процессы оптимизации солевого режима технозема охватят всю толщу корнеобитаемого слоя. В-третьих, одной из важнейших целей проводимого эксперимента является решение проблемы размещения ОСВ.

Поэтому в перспективе, в почвенно-экологическом плане, значительно важнее не допустить развития процессов вторичного засоления, которое может проявиться вполне реально при условии почвенной засухи и вторичного уплотнения субстрата в корнеобитаемом слое, при любой мощности ОСВ.

После двух лет саморазвития почвенно-экологических функций в техноземах изменились и параметры, характеризующие физическое состояние субстрата в корнеобитаемом слое, заметно возросла плотность сложения, снизилась порозность (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОЗЕМОВ

TABLE 2. COMPARATIVE ANALYSIS OF MAIN PHYSICAL PROPERTIES OF TECHNOZEMS

Год опыта	Вариант	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³	Порозность, %
Первый	A-1	2,28	0,68	70,2
	A-2	2,20	0,73	66,8
	A-3	2,25	0,80	64,4
Второй	A-1	2,33	1,03	55,8
	A-2	2,58	1,18	54,3
	A-3	2,70	1,05	61,1

Однако, несмотря на это, названные физические параметры остаются в границах, близких к оптимальным, а само по себе уплотнение следует считать следствием естественной просадки. Важно, в плане дальнейших мониторинговых исследований, проследить, на каком уровне плотности сложения останутся просадочные процессы и не выйдут ли они за границы зоны оптимума. Прогнозируя, можно предположить, что просадочные явления будут продолжаться до тех пор, пока в корнеобитаемом слое техноземов не начнут развиваться активные гумусоаккумуля-

тивные процессы. На современной стадии развития техноземов мощность отсыпанного слоя ОСВ практически не влияет на интенсивность просадочных явлений.

Химические и агрохимические параметры техноземов по истечении двух лет их развития изменились (табл. 3). Отмечается некоторое подщелачивание среды (значения pH возрастают) и резкое снижение содержания в субстрате корнеобитаемого слоя количества органического вещества и всех форм азота.

ТАБЛИЦА 3. ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЗЕМОВ АБАГУРСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПОСЛЕ ДВУХ ЛЕТ ВЕГЕТАЦИИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

TABLE 3. MAIN CHEMICAL AND AGRO-CHEMICAL PARAMETERS OF TECHNOZEMS OF ABAGUR TAILINGS AFTER TWO YEARS OF PERMANENT GRASS VEGETATION

Вариант	pH	C, %	Содержание подвижных форм, мг/100 г субстрата			
			NH_4^+	NO_3^-	K_2O	P_2O_5
A-1	7,61	3,5	3,5	7,1	32,8	40,9
A-2	7,66	4,1	3,2	6,4	33,0	38,5
A-3	7,28	5,8	5,3	3,0	32,7	41,2

Вместе с тем необходимо отметить необычно высокую интенсивность процессов минерализации органических веществ, содержащихся в ОСВ, и потерь различных форм азота. Однако впоследствии при развитии устойчивого фитоценоза на рекультивированных участках установится определенный баланс процессов гумификации и минерализации органических веществ, что также будет способствовать стабилизации содержания азотных веществ в корнеобитаемом слое техноземов.

Исследования показали, что без проведения рекультивационных мероприятий создание устойчивого фитоценоза и формирование в субстрате хвостохранилища корнеобитаемого слоя, препятствующего развитию водной и ветровой эрозии, невозможно. Установлена перспективность использования ОСВ в качестве субстрата, существенно улучшающего химико-физические свойства пород. Практически на всех опытных площадках отмечается заметное снижение напряженности режимов функционирования сформированных культурфитоценозов. В результате внесения ОСВ происходит улучшение физического и питательного режимов на поверхности хвостохранилища. Во всех вариантах способов размещения ОСВ достигнут положительный эффект — рост наземной биомассы бобовых растений с увеличением нормы внесения ОСВ. В результате создается устойчивый фитоценоз и прекращается перенос загрязняющих веществ на прилегающие территории.

Такие территории, подвергшиеся процессам рекультивации и восстановления, играют важную роль в структуре экологического каркаса, выполняя компенсационную функцию относительно техногенных объектов. Экологический каркас территории определяется как совокупность экосистем с определенным режимом экономики

природопользования для отдельных ее участков, образующих пространственно-организованную структуру управления, которая обеспечивает ее устойчивое развитие [11]. Территории восстановления природы способствуют выполнению функции обеспечения экологической стабильности, пространственной сбалансированности во взаимоотношении человека и природы. Это определяет целесообразность эффективного использования этих территорий на основе поддержания гибкой системы дифференцированного природопользования [11]. Одним из направлений такого природопользования может стать формирование туристической системы как одного из направлений реабилитации земель. Одним из первых этапов является разработка экологических троп, проложенных по рекультивированной территории. Экскурсии по экотропам демонстрируют работу, проводимую в области по рекультивации, представляя положительный пример восстановления нарушенных земель, что позволяет горожанам убедиться в возможности решения этой проблемы. Кроме того, дает возможность жителям индустриального города, и в первую очередь молодежи, совместить активный отдых с получением знаний о родном крае и с опытом природовосстановительной работы в регионе.

Таким образом, при нанесении ОСВ достигается поставленная цель рекультивации — создание устойчивого фитоценоза на поверхности хвостохранилища и прекращение переноса загрязняющих веществ на прилегающие территории. Это, в свою очередь, приводит к восстановлению природных свойств ландшафта, благодаря чему территория выполняет средостабилизирующую функцию в экологическом каркасе индустриального города и может быть использована в рекреационных целях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андроханов В.А., Двуреченский В.Г., Клековкин С.Ю. и др. Технология рекультивации отходов железорудного обогащения с использованием осадков сточных вод // Проблемы региональной экологии. 2006. № 5. С. 33–38.
2. Галанина Т.В. Рекультивация в Кузбассе: проблемы и пути решения // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2007. № 1. С. 22–24.
3. Курачев В.М., Андроханов В.А., Двуреченский В.Г. Теоретические основы рекультивации нарушенных земель // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы Междунар. совещ. Екатеринбург, 3–7 июня 2002 г. — Екатеринбург, 2003. С. 239–247.
4. Трофимов С.С. Экология и почвенные ресурсы Кемеровской области. — Новосибирск: Наука, СО, 1975. — 300 с.
5. Водолеев А.С., Степнов А.А., Кудашкина С.А. Перспективы технологии использования осадков сточных вод для рекультивации // Проблемы экологии и здоровья промышленных городов и пути их решения. — Новокузнецк, 2004. С. 28–31.
6. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Нестерович И.А., Фомкина Т.П. Агроэкологическая оценка использования осадка сточных вод // Агрохимия. 1995. № 5. С. 102–108.
7. Водолеев А.С., Степнов А.А., Кудашкина С.А. Результаты комплексной оценки биологической рекультивации техногенных ландшафтов с использованием осадков сточных вод // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы Междунар. совещ. Екатеринбург, 3–7 июня 2002 г. — Екатеринбург, 2003. С. 41–51.
8. Тарчевский В.В. Классификация промышленных отходов // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Вып. 7. — Свердловск, 1970. С. 84–89.
9. Beaver S.H. The Potteries: a study in the evolution of cultural landscape // Transactions and Papers, Institute of British Geographers. 1964. № 34. P. 1–31.
10. Charter R.A., Tabatabai M.A., Hemming S.J. Phytoavailability of metals from sewage sludges and their humate base counterparts added to soils // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1993. — Cincinnati, 1993. P. 269.
11. Пономарев А.А., Байбаков Э.И., Рубцов В.А. Экологический каркас: анализ понятий // Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. 2012. № 3. С. 228–238.

REHABILITATION OF THE MAN-CAUSED DISTURBED TERRITORIES OF SINTER PRODUCTION

A. S. VODOLEEV¹, HD (Agr), Professor, Dpt of heat-and-power engineering and ecology, botanik-egf@yandex.ru;
O. S. ANDREEVA², PhD (Geogr), Associate Professor, Dpt of Geography, geology and geograpy teaching methodic;
M. A. ZAKHAROVA¹, postgraduate; E. E. TARGAEVA², postgraduate
(¹ Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk;
² Novokuznetsk branch of the Institute of Kemerovo State Universit, Russia, Novokuznetsk)

Abstract. Search for economical and available technologies, enabling to recreate the fertile layer at the dump surface of disturbed lands and involving the reclaimed territories into the economic turnover is an actual task at the present. Reclamation is a base of lands rehabilitation. Reclamation includes a set of measures aimed at forming on the surface of industrial dumps a favorable root-inhabited layer by various ways with subsequent use of this area. Conservation is the fixation of the surface of the dumps by mechanical means or by gardening the surface of the dumps with a preliminary application of a minimum layer of soil, peat, mineral fertilizers, growth substances, unconventional soil improvers – sewage sludge (WWS). As a result of the work carried out on the surface of the iron ore enrichment waste of the enrichment of the Abagur agglomeration factory, techno-earth (technozems) were formed – artificial soils with a root-inhabited layer consisting of a mixture of WWS and tailing material. Reclaimed areas have been created at iron ore beneficiation waste, which ensure erosion stability of the tailing dump surface and conservation of enrichment wastes. The chemical and agrochemical parameters of the technozems during two years of their development have changed. Some alkalization of the medium and a sharp decrease in the amount of organic matter and all forms of nitrogen in the substrate of the root layer observed. Reclaimed areas with the restored natural properties can be included in an ecological framework of the city and are used in the recreational purposes as one of the directions of rehabilitation of lands.

Key words: iron ore beneficiation wastes; rehabilitation of lands; reclamation; conservation; biomonitoring; root-inhabited layer; culture phytocenosis; technozemy; phytotoxicity; ecological framework.

For citation: Vodoleev A.S., Andreeva O.S., Zakharova M.A., Targaeva E.E. Rehabilitation of the man-caused disturbed territories of sinter production. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 8, pp. 92–98. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-8-92-98

REFERENCES

1. Androxanov V.A., Dvurechenskij V.G., Klekovkin S.Yu., Vodoleev A.S., Kudashkina S.A., Stepnov A.A. Technology of reclamation of iron ore beneficiation wastes by using sewage precipitations. *Problemy regional'noj e'kologii*, 2006, no. 5, pp. 33–38. (In Russ.).
2. Galanina T.V. Reclamation at Kuzbass: problems and ways to solve. *Ispol'zovanie i ohrana prirodnny'x resursov v Rossii*, 2007, no. 1, pp. 22–24. (In Russ.).
3. Kurachev V.M., Androxanov V.A., Dvurechenskij V.G. [Theoretical foundation of broken earth reclamation]. *Biologicheskaya rekul'tivaciya narushenny'x zemel': materialy' Mezhdunar. soveshh. Ekaterinburg, 3–7 iyunya 2002*

- [Biological reclamation of disturbed lands: materials of the International Council. Ekaterinburg, June 3–7, 2002]. Ekaterinburg, 2003, pp. 239–247. (In Russ.).
4. Trofimov S.S. *E'kologiya i pochvenny'e resursy' Kemerovskoj oblasti* [Ecology and soil resources of Kemerovo region]. Novosibirsk: Nauka, SO, 1975, 300 p. (In Russ.).
 5. Vodoleev A.S., Stepnov A.A., Kudashkina S.A. [Perspectives of technology of sewage precipitation usage for reclamation]. *Problemy' e'kologii i zdorov'ya promyshlenny'x gorodov i puti ix resheniya* [Problems of ecology and health of industrial cities and ways of their solution]. Novokuznetsk, 2004, pp. 28–31. (In Russ.).
 6. Merzlaya G.E., Zhabkina G.A., Nesterovich I.A., Fomkina T.P. Agro-ecological estimation of utilization of sewage precipitation. *Agroximiya*, 1995, no. 5, pp. 102–108. (In Russ.).
 7. Vodoleev A.S., Stepnov A.A., Kudashkina S.A. [The results of a comprehensive assessment of biological reclamation of man-made landscapes using sewage precipitation]. *Biologicheskaya rekultivatsiya narushenny'x zemel': materialy' Mezhdunar. soveshh. Ekaterinburg, 3–7 iyunya 2002* [Biological reclamation of disturbed lands: materials of the International Council. Ekaterinburg, June 3–7, 2002]. Ekaterinburg, 2003, pp. 41–51. (In Russ.).
 8. Tarchevskij V.V. *Klassifikatsiya promyshlenny'x otvalov* [Classification of industrial dumps]. *Rastitel'nost' i promyshlenny'e zagryazneniya: Oxrana prirody' na Urale* [Vegetation and industrial pollution: Protection of nature in the Urals]. Sverdlovsk, 1970. vol. 7, pp. 84–89. (In Russ.).
 9. Beaver S.H. The Potteries: a study in the evolution of cultural landscape. *Transactions and Papers, Institute of British Geographers*, 1964, no. 34, pp. 1–31.
 10. Charter R.A., Tabatabai M.A., Hemming S.J. Phytoavailability of metals from sewage sludges and their humate base counterparts added to soils. *Amer. Soc. Agron. Annu. Meet*, 1993, Cincinnati, 1993, pp. 269.
 11. Ponomarev A.A., Bajbakov E'I., Rubczov V.A. Ecological framework: concepts analysis. *Ucheny'e zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. Estestvenny'e nauki*, 2012, no. 3, pp. 228–238. (In Russ.).