

Особенности инженерно-экологических исследований для рекультивации нарушенных земель в горнодобывающих регионах

Гуман О. М.^{1*}, Макаров А. Б.¹, Гревцев Н. В.¹, Вегнер-Козлова Е. О.^{2,3}

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

² Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

³ Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: n.v.grevtsev@mail.ru

Реферат

Введение. Достаточно широкое распространение нарушенных земель в пределах горнодобывающих регионов, в том числе и в пределах селитебных территорий, диктует необходимость проведения рекультивационных мероприятий, направление и содержание которых определяется прежде всего по результатам инженерно-геологических исследований.

Цель работы. На основании ранее выполненных работ для территорий горнодобывающих субъектов и селитебных территорий, включающих карьеры и места размещения промышленных отходов, выявить особенности проведения инженерно-экологических исследований для рекультивации нарушенных земель. Показать особенности выбора грунтов для этих целей и использования вторичных ресурсов.

Методика. Для исследования и обобщения результатов инженерно-экологических изысканий нарушенных земель помимо полевых и аналитических исследований, выполненных авторами, применялись теоретические методы исследований, включающие анализ и синтез как собственных материалов, так и различных информационных источников.

Результаты. В статье рассмотрены различия и общие черты инженерно-экологических исследований нарушенных земель в пределах селитебных территорий на примере г. Екатеринбург и территорий горнопромышленных предприятий Асбестовского промышленного узла. Установлено, что воздействие на экологическое состояние территорий нарушенных земель носит циклический характер, показаны особенности использования вторичных ресурсов для рекультивации нарушенных земель в рамках «циркулярной экономики» – стратегии устойчивого развития. В этом качестве рекомендуется использование техногенных образований, что может способствовать улучшению экологической ситуации горнодобывающих регионов.

Ключевые слова: нарушенные земли; горнопромышленные и селитебные территории; инженерно-экологические исследования; вторичные ресурсы.

Введение. Рекультивации нарушенных земель в пределах освоенных горнодобывающей промышленностью регионов в последние годы уделяется значительное внимание. Это обусловлено в первую очередь как развитием городской инфраструктуры, включающей все новые территории, так и необходимостью снижения экологического воздействия нарушенных земель, включающих карьеры по добыче полезных ископаемых и места размещения промышленных отходов. Выбор направлений рекультивации определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. Различные вопросы рекультивации нарушенных земель рассмотрены рядом исследователей. Отмечаются как экологические [1–3],

так и экономические [4] и законодательные аспекты этой проблемы [5]. В то же время важное значение при разработке проектов рекультивации нарушенных земель имеет проведение инженерно-геологических, инженерно-экологических исследований, которые в целом и обосновывают направление рекультивации данных объектов согласно *ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель*. Опыт проведения инженерных изысканий показывает, что как объекты исследований, так и содержание работ отличаются для нарушенных земель горнопромышленных и селитебных территорий, так как для горнопромышленных существенную роль играет цикличность изменения природной среды.

Инженерно-геологические исследования нарушенных земель селитебных территорий. Селитебные территории городов – это участки земли, которые используют для размещения общественной, жилой, рекреационной зон и сопутствующих им объектов. Как правило, рост городов сопровождается расширением границ города и под застройку попадают не только природные ландшафты, но и нарушенные земли, которые формируются вблизи городской территории – свалки, карьеры, места размещения промышленных и бытовых отходов, заболоченные участки земли и др.

Большое количество нарушенных земель формируется у городов, имеющих статус «горный». К ним относится и Екатеринбург, основанный как завод-крепость на реке Исеть в 1723 году. В современных условиях сохранилось металлургическое производство, город интенсивно растет, захватывая как заболоченные участки со следами торфоразработок на крупных гранитных массивах, так и бывшие карьеры глины, приуроченные к линейной коре выветривания в тектонически нарушенных зонах. При дорожном строительстве появляются в большом количестве карьеры, имеющие, как правило, небольшие размеры, где ведется добыча строительного камня. В г. Екатеринбурге площадь нарушенных земель (по данным ООО «Уралгеопроект» на 2008 г.) составила 1135,87 га [5].

Другим ярким примером нарушенных горными работами земель в пределах селитебных территорий является г. Нижний Тагил. На его территории находится 6 отработанных месторождений медных и железных руд; площадь земель, занятых горными отводами, составляет 30 %, в том числе нарушенных провалами и трещинами – 5 % [6]. Подобная картина характерна для многих других городов горнозаводского Урала.

Инженерно-геологические исследования нарушенных земель выполнены на примере г. Екатеринбурга. Выявление подобных территорий на первом этапе исследований проводилось с широким применением топографических и аэрофотоматериалов с последующей заверкой и составлением кадастра нарушенных земель. Виды выявленных нарушенных земель г. Екатеринбурга (площадью более 0,25 га) по результатам обследования территории города приведены в табл. 1.

Из анализа данных, приведенных в табл. 1, видно, что в составе нарушенных земель преобладают выемки (карьеры), а наибольшая площадь нарушенных земель характерна для развивающихся окраинных районов Екатеринбурга – Чкаловского и Орджоникидзевского.

Для типизации нарушенных земель г. Екатеринбурга использовались следующие признаки: генезис нарушенных земель, рельеф, степень обводненности, площадь, инженерно-геологическая характеристика подстилающих пород основания, степень заполнения, состав отходов, возможное направление рекультивации. Наиболее важным признаком является генезис участков нарушенных земель, поскольку именно он определяет их морфологические особенности.

На первом этапе проводилось инженерно-геологическое изучение выделенных участков нарушенных земель. Комплекс исследований здесь определяется в целом типом нарушенных земель, при этом главное внимание уделяется инженерно-экологическим исследованиям, включающим в первую очередь опробование компонентов геологической среды, в том числе техногенные образования.

Таблица 1. Распределение площадей нарушенных земель по районам г. Екатеринбурга (2008 г.)

Table 1. Distribution of areas of disturbed lands by districts of the city of Ekaterinburg (2008)

Районы г. Екатеринбурга	Площадь нарушенных земель, га	Виды нарушенных земель
Чкаловский	434,18	Выемки – 225 га Насыпи, навалы – 84,68 га Отстойники – 12,5 га Шламонакопители – 60 га Заболоченные участки – 52 га
Ленинский	46,6	Выемки – 27,4 га Насыпи, навалы – 18,2 га Отстойники – 1 га
Кировский	65,3	Выемки – 42 га Насыпи, навалы – 23,3 га
Орджоникидзевский	191,14	Выемки – 51,25 га Насыпи, навалы – 29,99 га Отстойники – 19,9 га Хвостохранилища – 90 га
Октябрьский	146,05	Выемки – 76,1 га Насыпи, навалы – 69,95 га
Железнодорожный	21,2	Выемки – 11,2 га Насыпи, навалы – 10 га
Верх-Исетский	231,4	Выемки – 41,85 га Насыпи, навалы – 63,05 га Отстойники – 1,5 га Полигоны ТБО – 25 га Заболоченные участки – 100 га

В настоящее время в Екатеринбурге отсутствует единый подход к изучению нарушенных территорий, что определяется желанием ускоренного их освоения разными застройщиками. Так, при застройке микрорайона Широкая речка (бывшие заболоченные участки) по этой причине не решены вопросы отвода ливневых стоков, что при обильных дождях приводит к подтоплению территории, домов, автостоянок, подземных гаражей, а сброс воды в прилегающие леса – к их деградации. Подобная картина наблюдается и в районе Кольцовской автодороги, где заболоченные участки переданы под застройку без единого проекта по отводу воды и удалению (или уплотнению) торфа, и если при строительстве зданий можно решить проблемы подтопления и устойчивости с помощью свайных фундаментов, то для прилегающих территорий возможны деформации, связанные с медленным процессом уплотнения торфа, что приведет к нарушению устойчивости дорог и асфальтовых покрытий, периодическим ремонтам покрытий вокруг зданий.

Экологически опасной является и ситуация, когда под застройку передаются несанкционированные свалки. Проблема устойчивости сооружений здесь решается также относительно легко – техногенные грунты в качестве оснований не рассматриваются, их или вывозят, или прорезают столбчатыми и свайными фундаментами, при этом процессы разложения органических отходов не учитываются.

Все эти вопросы должны быть решены в рамках второго этапа – более детального инженерно-экологического изучения участков нарушенных земель в пределах городской территории, на основании которого делается выбор направления их рекультивации и последующего включения в хозяйственный оборот.

Инженерно-экологические исследования нарушенных земель территорий промышленных предприятий. Для уральского региона с его горнопромышленным профилем проблема рекультивации нарушенных в результате добычи полезных ископаемых земель является одной из важнейших.

К настоящему времени накоплен значительный опыт реабилитации бывших территорий рудников и карьеров [6–8], при этом в первую очередь уделялось внимание рекультивации пылящих отвалов.

Инженерно-экологические исследования подобных территорий выполнялись для предприятий различных отраслей, прежде всего черной и цветной металлургии (карьеры Теченского, Султановского и др. уральских месторождений). Характерным здесь является широкое использование результатов ранее проведенных исследований и полученных в ходе разработки месторождений данных, в том числе данных экологического мониторинга. В то же время оценка экологического состояния территории бывшего горнорудного предприятия требует проведения инженерно-экологических изысканий, в том числе отвального хозяйства, для последующего возможного использования материалов отвалов как рекультивационного материала.

Выбор грунтов для рекультивации нарушенных земель. В комплекс инженерно-геологических исследований представляется необходимым включить выбор необходимых для рекультивации грунтов [6, 9].

Процесс рекультивации нарушенных земель, согласно ГОСТ 17.5.1.01-83, предполагает осуществление комплекса работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Для рекультивации карьерных выемок необходимо значительное количество грунтов. Вскрышных пород со строящихся котлованов в г. Екатеринбурге недостаточно для рекультивации многочисленных карьеров, да и по свойствам они не всегда удовлетворяют требованиям нормативных актов [5]. Существует также значительное количество разнообразных отходов производства, но использовать их для рекультивации в пределах населенных пунктов запрещено. Организациям, имеющим такие отходы на территории предприятий, не выдают лицензии на обращение с отходами, если эти территории попали в категорию земель населенных пунктов. Затруднительно также согласовать проект рекультивации, если исторически старый отвал находится на землях поселений.

При множестве законодательных актов [2, 5], их положения, например п. 5 ст. 12 Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. N 89-ФЗ, который говорит о том, что «запрещается захоронение отходов в границах населенных пунктов, лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зон, а также водоохраных зон, на водосборных площадях подземных водных объектов, которые используются в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения», не учитывают процессы территориального роста городов. Это приводит к невозможности восстановления нарушенных земель, и, как следствие, освоение их происходит в краткие сроки без процессов реабилитации, что впоследствии ухудшает условия проживания людей.

При использовании нетоксичных отходов надо также учитывать, что в будущем при появлении новых технологий переработки, они могут рассматриваться как сырье техногенных месторождений, поэтому рекультивировать такими отхо-

дами нарушенные земли желательнее вне селитебных зон. В то же время вскрышными породами можно рекультивировать карьеры, расположенные в черте перспективной застройки, с последующим освоением этих территорий.

Рассмотрим рекультивацию карьеров на примере Асбестовского промышленного узла [6]. Под природно-технической системой (ПТС) Асбестовского промышленного узла понимается совокупность инженерных сооружений, обеспечивающих добычу хризотил-асбеста (объекты добычи, переработки, сопутствующие, места поселений), и части геологической среды, попадающей в зону влияния, с учетом их взаимодействия.

История развития природно-технической системы Асбестовского промышленного узла включает два крупных этапа. Первый связан с проведением разведочных работ и началом разработки Баженовского месторождения, второй – с деятельностью комбината Ураласбест (ОАО «Ураласбест»).

Разведка месторождения выполнена в несколько этапов до глубин 900 м, было пробурено 2064 структурных и опорных скважин и скважин предварительной и детальной разведки общей длиной 527 262 м, т. е. в 5,6 раза больше, чем было пробурено за все время изучения месторождения до 1950 г. Разведанное до глубины 300–1200 м Баженовское месторождение занимает площадь около 45 км² и субмеридионально вытянуто на 16,2 км при ширине до 3,0 км. Запасы полезных ископаемых Баженовского месторождения утверждены по хризотил-асбесту (1106,4 млн т по категориям А + В + С и 2156,9 млн т по категории С₂), ломкому хризотил-асбесту (0,4 млн т по категории С₁).

Основной жилой массив г. Асбеста примыкает к западному борту действующего карьера. Основные источники воздействия, соизмеримые в площадном отношении с селитебной территорией г. Асбеста, – карьер и отвалы вскрышных пород.

Одновременно с разведочными работами велась отработка месторождения. По результатам детальной разведки были обозначены контуры перспективной отработки месторождения, принято решение об объединении трех существующих карьеров: Северного, Центрального и Южного. Сформировалась природно-техническая система, включающая объекты добычи, объекты переработки сырья, вспомогательные объекты и городскую инфраструктуру.

Значительные размеры асбестовых залежей и их сближенность позволили разрабатывать месторождение крупными механизированными карьерами с системой разработки горизонтальными слоями большой мощности (высота добычных уступов – 10–15 м, угол откоса 60°–80°, ширина рабочих площадок 20–100 м). В первый период добыча велась из нескольких карьеров, которые впоследствии соединились на различных горизонтах. В настоящее время месторождение отрабатывается единым карьером размерами 14 × 2 км и площадью 15,8–16,0 км², глубиной от 55 до 310 м, с дренажным водоотливом более 6 млн м³ воды в год.

Начиная с 1980 г. с увеличением глубины карьеров стали резко возрастать негативные факторы воздействия горнотехнических условий. В ближайшем будущем разработка месторождения будет производиться без расширения площади карьера с незначительным углублением его дна (до 315 м). Кроме того, планируется вывести из эксплуатации часть внешних отвалов и временно использовать выработанное пространство оставшихся участков карьера (участок бывшего карьера 1–2 в северной части месторождения глубиной 193 м и площадью 1,3 км² в северной части объединенного карьера, а также южный заезд в карьер).

На территории исследований присутствуют 8 внешних отвалов общей площадью 33,6 км², что составляет около 44 % от площади земельного отвода предпри-

ятия (отвалы № 1–5, Северо-Пролетарский отвал, два слившихся Восточных отвала) и 2 действующих полигона твердых промышленных отходов: полигон севернее асбестообогатительной фабрики № 4 и полигон в северо-восточной части промплощадки фабрики № 6.

Нижняя часть отвалов часто увлажнена вследствие неглубокого (иногда менее 2 м от подошвы складированных отходов) залегания подземных вод. Предположительно на большей части площади, в основании отвалов залегают уплотненные весом отвалов и заcolmатированные пылеватыми частицами, выносимыми из тела отвалов, песчано-глинистые отложения различной мощности. Это предполагает наличие в основании отвалов линз верховодки, вода которой подпитывает грунтовые воды.

На предприятии принята трехъярусная технология отвалообразования. Первый ярус (высотой 50 м) отсыпается из вскрышных пород. Отходы обогатительных фабрик складированы преимущественно на втором и третьем ярусах отвалов. По мере заполнения третьего яруса планируется покрытие отходов обогащения глинистыми породами.

В отвалах сложено 1570,7 млн м³, или 4410,9 млн т, вскрышных пород, а также 328,6 тыс. м³, или 519,5 млн т, отходов обогатительных фабрик. В последние годы из-за потери рынков сбыта объем промышленных отходов обогатительного комплекса возрос с 6,6 до 12,0 млн т в год (из них утилизируется до 1,7 млн т). Ежегодное количество образующихся вскрышных пород составляет около 37 млн т, из которых утилизируется 19,2 млн т.

Выполненными в 1970-х гг. (Новосибирским институтом инженеров железнодорожного транспорта) исследованиями свойств отходов асбестообогатительных фабрик установлено, что на поверхности отвалов обогащения под воздействием осадков образуется устойчивая к разрушению корка, армированная волокнами асбеста, которая предотвращает пылевыведение. Кроме того, отходы обогащения являются недренирующим материалом, и внутренняя часть объемов отходов обогащения сохраняется в сухом состоянии. Однако данными свойствами обладают только отходы обогащения.

В связи с сокращением рабочих площадей и отвальных тупиков на действующих внешних отвалах, а также с отказом в отводе новых земель под отвалы, с 1996 г. начато внутреннее отвалообразование у западного и восточного бортов консервируемых карьеров № 1–2 и Северного, а также в пределах южной выездной траншеи с выведением из эксплуатации части территорий внешних отвалов. Предполагается, что внутренние отвалы носят временный характер и, при необходимости, могут быть вывезены с территории карьера.

Особенности использования вторичных ресурсов для целей рекультивации.

В последние годы страны с развитой экономикой переходят от линейной схемы потребления ресурсов, предполагающей сбор и извлечение ресурсов, производство продукта, передачу продукта потребителю, утилизацию продукта, к циркулярной экономике.

Рекультивация нарушенных земель может рассматриваться в рамках «циркулярной экономики», представляющей собой «многооборотность экономики» или «экономику с многооборотным использованием продукции», и предполагающей совмещение экономического развития с преодолением экологического кризиса.

Циркулярная экономика представляет собой стратегию устойчивого развития, на основании которой предлагается решать неотложные проблемы деградации окружающей среды и нехватки ресурсов. Принципами циркулярной экономики «3R» являются: сокращение (reduce); повторное использование (reuse); переработка (recycle).

Базисными элементами циркулярной экономики становятся, во-первых, новый взгляд на организацию процессов проектирования и производства, ориентированных на многооборотность, во-вторых, применение отличных от прежних бизнес-моделей, ориентированных на знания и навыки в области построения последовательных и реверсивных циклов, и в-третьих, межциклическое и межсекторальное взаимодействие [10–12].

Выводы. Воздействия на экологические условия в регионе носят циклический характер: разведанные природные месторождения до этапа отработки не оказывают существенного влияния на компоненты окружающей природной среды, техногенные инженерно-геологические процессы не проявляются. В процессе разработки месторождения становятся крупными источниками загрязнения всех компонентов окружающей среды, проявляются инженерно-геологические процессы, связанные с подработкой территории, осушением горных пород. По окончании горных работ формируются техногенные месторождения, которые становятся новыми основными источниками воздействия на окружающую среду и меняют инженерно-экологические условия прилегающих территорий. Использование техногенных образований для целей рекультивации может способствовать улучшению экологической ситуации в горнодобывающих регионах.

При этом инженерно-геологические изыскания направлены не только на изучение участка рекультивации, но и на поиск материалов для рекультивации в зависимости от ее направления, на поиск путей оптимального освоения нарушенных земель в зависимости от планов развития территорий с обеспечением их экологической безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонинова Н. Ю., Шубина Л. А. Проблемы экологической реабилитации нарушенных земель Южного Урала // ГИАБ. 2014. № 12. С. 297–301.
2. Бутов И. И., Орлова И. Г. Рекультивация нарушенных земель // Экологический вестник России. 2016. № 5. С. 21–25.
3. Кильсенбаев А. С., Кутляров А. Н. О рекультивации нарушенных земель // Уральский экологический вестник. 2014. № 2. С. 88–90.
4. Назаренко Е. Б., Гамсахурдия О. В., Фетищева З. И. Экономическая эффективность рекультивации нарушенных земель // Лесной вестник. 2012. № 5. С. 181–184.
5. Вегнер-Козлова Е. О., Гуман О. М. Актуальные вопросы законодательства по рекультивации нарушенных земель // Известия вузов. Горный журнал. 2015. № 4. С. 61–66.
6. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика) / под ред. И. И. Косиновой. Воронеж: ВГУ, 2015. 576 с.
7. Колесников Б. П., Махонина Г. И., Чибрик Т. С. Естественное формирование почвенного и растительного покровов на отвалах Челябинского бурогоугольного бассейна // Растения и промышленная среда. 1976. Вып. 4. С. 70–122.
8. Макаров А. Б., Гуман О. М., Антонова И. А., Захаров А. В. Трансформация геологической среды при разработке медноколчеданных месторождений Урала // ГИАБ. 2018. № 6. С. 98–106.
9. Котович А. А., Гуман О. М. Оценка потенциального плодородия грунтов Уральского региона для рекультивации нарушенных земель // Известия вузов. Горный журнал. 2015. № 3. С. 65–74.
10. Gianmarco Bressanelli, Federico Adrodegari, Marco Perona, and Nicola Saccani. Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies // Sustainability. 2018; 10: 639.
11. Heshmati A. A Review of the circular economy and its implementation // Discussion Paper. December 2015. No. 9611. P. 3. URL: <http://ftp.iza.org/dp9611.pdf> (дата обращения 25.11.2017).
12. Jan Alpenberg, Tomasz Wnuk-Pel, Amanda Henebäck. Environmental orientation in Swedish Local Governments // Sustainability. 2018; 10: 459.
13. Голованов А. И. Рекультивация нарушенных земель. М.: КолосС, 2009. 143 с.

Поступила в редакцию 14 ноября 2019 года

Сведения об авторах:

Гуман Ольга Михайловна – доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета. E-mail: guman2007@mail.ru

Макаров Анатолий Борисович – доктор геолого-минералогических наук, доцент, профессор кафедры месторождений твердых полезных ископаемых Уральского государственного горного университета. E-mail: makarova211253@yandex.ru

Гревцев Николай Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой природообустройства Уральского государственного горного университета. E-mail: n.v.grevtsev@mail.ru

Вегнер-Козлова Екатерина Олеговна – кандидат экономических наук, доцент кафедры региональной экономики, инновационного предпринимательства и безопасности Школы государственного управления и предпринимательства Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, старший научный сотрудник Центра структурной политики региона Института экономики УрО РАН. E-mail: katya.human@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-2-68-76

Features of engineering and environmental research for disturbed lands restoration in mining regions

Olga M. Guman¹, Anatolii B. Makarov¹, Nikolai V. Grevtsev¹, Ekaterina O. Vegner-Kozlova^{2,3}

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

² Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia.

³ Institute of Economics UB RAS, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. Sufficiently widespread expansion of disturbed lands in mining regions, particularly within the borders of residential areas, necessitates restoration measures, the direction and the content of which is determined first of all by the results of engineering and geological investigations.

Research aim is to reveal the features of engineering and environmental studies for disturbed lands restoration based on the previous work performed at the territories of mining entities and residential areas including open pits and industrial waste sites. The research also aims to show the features of selecting grounds for these purposes and using secondary resources.

Methodology. In order to study and generalize the results of the disturbed areas engineering and environmental research, apart from on-site and analytical research, the authors applied theoretical research methods including the analysis and synthesis both own materials and various information sources.

Results. The article considered differences and common features of disturbed lands engineering and environmental research within the borders of the residential areas by the example of Ekaterinburg city and mining territories of Asbest industrial hub. It has been determined that the effect on the ecological state of disturbed territories is of a cyclic character. The features of using secondary resources for disturbed land restoration within the limits of “circular economy” is a strategy of sustainable development. The use of the man-made mineral formation is recommended, which can promote to further improvement of ecological situation of mining regions.

Key words: disturbed lands; mining and residential areas; engineering and environmental studies; secondary resources.

REFERENCES

1. Antoninova N. Iu., Shubina L. A. On the environmental remediation disturbed lands of Southern Ural. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnikeskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2014; 12: 297–301. (In Russ.)
2. Butov I. I., Orlova I. G. Reclamation of disturbed lands. *Ekologicheskii vestnik Rossii = Environmental Bulletin of Russia*. 2016; 5: 21–25. (In Russ.)
3. Kilsenbaev A. S., Kutliiarov A. N. On the restoration of disturbed lands. *Uralskii ekologicheskii vestnik = Ural Ecological Bulletin*. 2014; 2: 88–90. (In Russ.)
4. Nazarenko E. B., Gamsakhurdia O. V., Fetishcheva Z. I. Economic efficiency of recultivation of the broken lands. *Lesnoi vestnik = Forestry Bulletin*. 2012; 5: 181–184. (In Russ.)
5. Vegner-Kozlova E. O., Guman O. M. Actual issues of legislation on the restoration of disturbed lands. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2015; 4: 61–66. (In Russ.)
6. Kosinova I. I. (ed.) *Ecological geology of large mining regions of Northern Eurasia (theory and practice)*. Voronezh: 2015. (In Russ.)
7. Kolesnikov B. P., Makhonina G. I., Chibrik T. S. Natural formation of soil and vegetation on the dumps of the Chelyabinsk brown coal basin. *Rastenii i promyshlennaia sreda = Plants and Industrial Environment*. 1976; 4: 70–122. (In Russ.)
8. Makarov A. B., Guman O. M., Antonova I. A., Zakharov A. V. Transformation of geological environment in copper pyrite mining in the Urals. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnikeskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2018; 6: 98–106. (In Russ.)

9. Kotovich A. A., Guman O. M. Assessment of the potential land fertility of the Ural region for recultivation of disturbed soils. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2015; 3: 65–74. (In Russ.)
10. Gianmarco Bressanelli, Federico Adrodegari, Marco Perona and Nicola Saccani. Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability*. 2018; 10: 639.
11. Heshmati A. A Review of the Circular Economy and its Implementation. *Discussion Paper*. 2015; 9611: 3. Available from: <http://ftp.iza.org/dp9611.pdf> [Accessed 25 November 2017].
12. Jan Alpenberg, Tomasz Wnuk-Pel, Amanda Henebäck Environmental Orientation in Swedish Local Governments. *Sustainability*. 2018; 10: 459.
13. Golovanov A. I. Reclamation of disturbed lands. Moscow: KolosS Publishing; 2009. (In Russ.)

Received 14 November 2019

Information about authors:

Olga M. Guman – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, professor of the Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Ural State Mining University. E-mail: guman2007@mail.ru
Anatolii B. Makarov – DSc (Geology and Mineralogy), Associate professor, professor of the Department of Solid Mineral Deposits, Ural State Mining University. E-mail: makarova211253@yandex.ru
Nikolai V. Grevtsev – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of Environmental Engineering, Ural State Mining University. E-mail: n.v.grevtsev@mail.ru
Ekaterina O. Vegner-Kozlova – PhD (Economics), associate professor of the Department of Regional Economics, Innovative Enterprise and Security, Ural Federal University, senior researcher, Institute of Economics UB RAS. E-mail: katya.human@mail.ru

Для цитирования: Гуман О. М., Макаров А. Б., Гревцев Н. В., Вегнер-Козлова Е. О. Особенности инженерно-экологических исследований для рекультивации нарушенных земель в горнодобывающих регионах // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 2. С. 68–76. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-2-68-76

For citation: Guman O. M., Makarov A. B., Grevtsev N. V., Vegner-Kozlova E. O. Features of engineering and environmental research for disturbed lands restoration in mining regions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 2: 68–76 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-2-68-76