

А.В. Архипов, Е.В. Земцовская

ВОЗМОЖНОСТЬ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ И ВЛИЯНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕ

Выполнен анализ особенностей и условий проведения рекультивации породных отвалов в Заполярье. Приведены условия естественного самозарастания отвалов. На примере одного из предприятий Мурманской области доказана неэффективность перевозки вскрышной породы, уложенной в отвалы, обратно в выработанное пространство карьера после доработки запасов. Выполнен анализ возможных направлений рекультивации породных отвалов, в результате которого выявлена целесообразность использования для северных и заполярных отвалов природоохранного направления. Предложен метод предварительной подготовки поверхностей откосов отвалов за счет создания слоя из среднекусковатой породы. В качестве потенциально плодородного слоя рекомендуется использовать мелкодисперсные грунты. Приведены результаты мониторинга создания опытного полигона по рекультивации на участке скального отвала высотой 100 м. Обоснован сухой способ нанесения почвообразующих грунтов. Опытные отсыпки мелкодисперсных пород на откосе полигона показали, что распределение материала происходит в форме клина из-за разницы углов естественного откоса отсыпаемых и подстилающих пород. По результатам работы сделан вывод, что для целей рекультивации необходимо формировать отвалы с высотой яруса до 30 м.

Ключевые слова: Заполярье, отвал, вскрышная порода, откос, рекультивация, технология, опытный полигон, мелкодисперсный грунт.

В настоящее время, когда каждый проект разработки месторождения обязан иметь принципиально разработанный вариант рекультивации нарушенных земель, сказывается недостаточность действующих правовых нормативов, разработанных в восьмидесятых годах прошлого столетия. Особенно это сказывается на проектировании размещения и технологии формирования отвалов вскрышных пород, как более динамич-

ных процессов, зависящих от будущих работ по рекультивации [1, 2, 3]. Вопросы рекультивации наиболее остро сказываются для высоких и особенно нагорных отвалов на территориях Севера и Заполярья [4].

Анализ региональных особенностей, условий и необходимости рекультивации отвалов в Заполярье на примере Мурманской области показал следующее.

Суровые климатические условия, большая продолжительность зимнего периода приводят к очень медленному естественному восстановлению растительности при нарушении почвенного покрова [5]. Эти же условия и недостаточная мощность бедных почв не способствует развитию пахотного зернового земледелия.

Наблюдается резкое районирование распространения растительности, особенно по абсолютным высотам местности [6]; распространение естественной растительности следующее:

- на абсолютных отметках + 100 – + 150 м – таежный лес;
- на + 150 – + 300 м – криволесье;
- на + 300 – + 450 м – кустарники и мхи;
- на + 450 – + 500 м – мхи, лишайники, так называемые

высотные тундры (Хибинские, Мончетундры и т.п.). Травостой расстелется позднее и на более низких отметках поверхности.

Месторождения полезных ископаемых, разрабатываемые открытыми горными работами, очень часто находятся в возвышенных и гористых районах. Карьеры имеют большие объемы вскрышных пород, эксплуатируются по 40–50 и более лет, а на промплощадках размещены многомиллионные высокие породные отвалы, которые до настоящего времени практически не рекультивировались.

В начальные годы разработки месторождений при использовании высоких одноярусных отвалов (свыше 150–180 м) на них возникали сели и снежные лавины. Переход на многоярусные отвалы с высотой яруса ниже пределов устойчивости откосов по механическим свойствам пород (100–120 м) способствовал стабилизации конструкции отвалов от обрушений.

Длительные наблюдения (в течение нескольких десятков лет) за состоянием откосов и площадок старых отвалов показали, что после остановки эксплуатации через год – два наступает стабилизация массивов отвалов. Деформация уплотнения ярусов не происходит, и откосы начинают зарастать естественной растительностью, характерной для данной высотной зоны. Естественное зарастание происходит очень медленно (40–50 лет) и

распространяется на участках, где находится мелкодисперсная фракция горной массы.

Пылеобразование на породных отвалах низкое и происходит только на площадках разгрузки автосамосвалов и только в сухую погоду летнего сезона. Стабилизированные откосы отвалов не пылят, так как мелкая фракция горной массы, которая может вызвать пылеобразование, проникает за счет осадков в пространство под крупными кусками, а на горизонтальных участках мелкая фракция переуплотнена автотранспортом.

В области низкая плотность населения, населенные пункты (города, поселки) размещаются чаще всего на большом расстоянии от карьеров (рудники АО «Апатит», «Олкон», «Печенганикель»), за исключением г. Ковдор, который располагается в 2 км от основных отвалов карьера.

Анализируя возможные методы и технологии рекультивации отвалов, особенно высоких и большой емкости, нельзя не остановиться на, казалось бы, заманчивом варианте перемещения породы из отвалов обратно в выработанное пространство карьера. Был просчитан вариант перемещения пород вскрыши из отвалов № 2 и 3, ныне действующих, в карьер рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК» после завершения открытых горных работ. По самым осторожным оценкам только выемка и перевозка 640 млн м³ (1902 млн т) пород автомобильным транспортом при современном уровне эксплуатационных затрат (на 2013 г.) может составить 52,5 млрд руб. При этом потребуются создать новое производство, которое будет существовать не один десяток лет и работа которого будет сопровождаться всеми характерными видами загрязнений окружающей среды от горных работ. Необходимо будет содержать большой трудовой коллектив, парк основного горнотранспортного оборудования с рембазой и т. п. В результате будет заполнен карьер и очищены площади под отвалами, которые потом опять необходимо будет восстанавливать и на которых можно будет осуществлять лесопосадки, продуктивность которых наступит в условиях Заполярья через 100 лет. Таким образом, можно сделать вывод, что такого вида рекультивация не только экономически не оправдана, но и будет наносить существенные загрязнения окружающей среде в течение десятилетий.

По ГОСТ 17.5.1.02-85 направления рекультивации земель представлены следующими видами: сельскохозяйственная, лесохозяйственная, рыбохозяйственная (иногда водохозяйственная), рекреационная, природоохранная и санитарно-гигиени-

ческая и строительная [7]. Учитывая проведенный краткий анализ особенностей Заполярных и Северных регионов, а также конструктивные параметры породных отвалов в этих регионах, первые три направления рекультивации нарушенных земель практически не имеют смысла. Рекреационная и строительная рекультивация целесообразны в тех случаях, когда необходимо для данного региона строительство конкретных объектов (спортивных, ветропарков и т.п.). Причем размещение отвалов и их параметры должны учитывать строительство будущих объектов, а породы должны использоваться в качестве строительных материалов для этих объектов. Примером может служить строительство линии ЦПТ на карьере «Железный» Ковдорского ГОКа, когда было использовано для этих целей около 20 млн м³ вскрышных пород.

Санитарно-гигиеническое направление рекультивации представляет собой биологическую или техническую консервацию нарушенных земель и, в частности отвалов пустых пород, если породы подлежат переработке в качестве вторичного сырья, и, если эти породы сами по себе токсичны и вредны для человека, животного или растительного сообществ. В большинстве случаев скальные и четвертичные моренные породы отвалов относятся к IV и выше категории по опасности, то есть не опасны. Следовательно, для таких пород рекультивация по санитарным нормам не целесообразна.

Более всего к северным и заполярным отвалам подходит природоохранное направление рекультивации, которое предусматривает укрепление откосов и склонов от ветровой и водной эрозии, восстановление видового разнообразия флоры [8], фауны, чистоты атмосферы и гидросферы. Под это направление подпадают и участки самозарастания, специально не благоустраиваемые.

В этой связи, в проектной документации по разработке месторождений полезных ископаемых, наряду с разделами об охране окружающей среды, следует в обязательном порядке предусматривать принципиальные проектные решения о рекультивации нарушенных горными работами территорий, но с обязательным учетом региональных особенностей и направлений использования вновь образованных техногенных объектов (карьеров, выработок, складов, отвалов и т.п.).

Так в регионах Севера и Заполярья, учитывая естественную зональность распространения растительности в зависимости от абсолютной отметки рельефа, при разработке проектов рекуль-

тивации внешних отвалов путем зарастивания откосов и берм не предусматривать биологическую рекультивацию на территориях выше высотных отметок распространения древесной растительности и травостоя. Обследование отвалов АО «Ковдорский ГОК» показало, что на бермах до отметок +400–415 м произрастает мелкая кустарниковая ива. Поэтому в зависимости от местных микроклиматических условий можно предложить считать границу возможной биологической рекультивации до отметок +350–400 м, а выше предусматривать самозарастание откосов и площадок.

Для интенсификации рекультивации отвалов на территориях с абсолютными отметками рельефа до +350 м, вблизи населенных пунктов необходимо создавать растительный покров за счет посева семян многолетних и однолетних трав с предварительной подготовкой поверхностей откосов и берм.

Что касается берм, то подсыпка потенциально плодородных мелких грунтов вполне обеспечит прорастание трав на фоне минеральных удобрений. Причем мощность слоя грунтов достаточна в 0,1–0,15 м. Именно на таком минимальном слое произрастают кустарники и даже сосны на Севере и в Заполярье.

Подготовка откосов отвалов намного сложнее и затратнее. По опыту естественного зарастания откосов, расселение кустарников происходит в тех местах, где образовались пятна мелких фракций отвальных пород по размеру песка. Поэтому задача по подготовке откосов к рекультивации сводится к частичному или к сплошному покрытию поверхности мелкодисперсными видами потенциально плодородного грунта на горнотехническом этапе рекультивации. Поверхность откоса отвала покрыта крупными кусками горной массы (по отвалам Ковдорского ГОКа средний размер куска составляет 440–640 мм). При отсыпке массы с верхней бровки при разгрузке автосамосвала эта масса по длине склона распределяется по закону сегрегации. Внизу, на 1/3 длины склона, располагаются наиболее крупные куски, на средней 1/3 длины склона – куски средних размеров (обычно до 300 мм) и на верхней 1/3 склона – мелкие куски и мелочь в виде песка. Поэтому самозарастание растительностью начинается с верхних участков откоса на мелких фракциях, а средние и нижние участки зарастают очень медленно. Следовательно, основной задачей горнотехнического этапа рекультивации является выравнивание поверхности откоса отвала от максимальных кусков до мелкодисперсных. Если крупнокусковатую поверхность засыпать сразу мелко-



Рис. 1. Выравнивание крупнокусковатой поверхности откоса среднекусковатой скальной вскрышей

дисперсным грунтом, то потребуются очень большие объемы этого грунта, а так как нужный грунт находится, как правило, далеко за пределами отвалов, то значительно возрастут транспортные расходы и потребуются дополнительное оборудование.

Опыт отвалообразования на Ковдорском ГОКе, где используется циклично-поточная технология с конвейерной доставкой вскрыши на отвал, показывает, что можно значительно выровнять поверхность отвала, если засыпать крупнокусковатую поверхность среднекусковатой вскрышей от дробилок ЦПТ. Средний размер куска после дробилок составляет — 143 мм. На рис. 1 виден результат после отсыпки среднедробленой отвальной массы на крупнодробленую.

Если для ковдорских отвалов такая технология уже действует, то для отвалов других рудников, где нет ЦПТ, необходимо адаптировать такой опыт. Предлагается в период горнотехнического этапа размещать на бермах крупнокусковатых отвалов самоходные дробилки, дробить текущую вскрышу и через отвалообразователь сразу сбрасывать среднекусковую массу на откос. Удельные объемы такой массы не будут значительными и дополнительные транспортные работы не потребуются.

Следующим этапом должны быть работы по покрытию среднекусковой поверхности мелкодисперсным грунтом. Опыт естественного зарастания обломочных поверхностей, оставленных ледниками в Кольском регионе и аналогичный опыт из ра-

боты [9] показывают, что растениям не требуется выравнивание поверхности до сглаженного состояния. Наоборот, поверхность с небольшими углублениями и маломощным до 100–150 мм слоем почвообразующего грунта создает микроклиматические условия для ускорения естественного прорастания всех видов растений для данного региона. Поэтому аналогичное заполнение грунта откосов из среднедробленых пород потребует небольших удельных объемов мелкодисперсного грунта, который будет служить почвообразующей основой для биологического этапа рекультивации.

В качестве почвообразующих грунтов могут быть: мелкодисперсные (без крупных включений) моренные отложения, хвосты флотационного обогащения руд, илы и сапропели водоемов, илы очистных сооружений, диатомитовые отложения, мелкодисперсные отсеvy линий ЦПТ, пески водоемов, строительных карьеров и т.п. Эти грунты при соответствующих добавках различного рода удобрений уже доказали свою пригодность для приживаемости и роста растительности. Примером могут служить рекультивированные площади на хвостохранилищах Мурманской области.

Технологии нанесения почвообразующих грунтов на откосы отвалов можно разделить на две группы: сухое нанесение (СН) и мокрое (гидро) нанесение (ГН). Каждая из технологий имеет свои достоинства и недостатки, но и СН и ГН в значительной степени зависят от длины наклонной части откоса.



Рис. 2. Разгрузка мелкодисперсных отсеvов с линии ЦПТ и распределение их на откосе отвала



Рис. 3. Промоины мелкодисперсного грунта на откосе после осадков

Одна из распространенных технологий состоит в разгрузке грунта из автосамосвалов на откос в необходимых объемах. На рис. 2 представлена разгрузка мелких отсевов с линии ЦПТ на опытном полигоне отвала № 3 рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК» [10]. Угол откоса скального отвала составил 35° , а грунта – $40\text{--}41^\circ$. Масса грунта разместилась на откосе в виде клина, основание которого (а) является продолжением площадки разгрузки (рис. 2).

По мере высыхания грунта происходит небольшое сползание его вниз. Если отсыпать грунт до тех пор, пока он не дойдет до нижней бровки откоса, то потребуются перевезти и разгрузить объемы, намного превышающие потребности для рекультивации. Так при высоте яруса 30 м объем грунта по сравнению с необходимым увеличится в 13 раз, а при высоте 100 м – в 45 раз. Если исходить из минимально необходимых объемов, то высота клина будет составлять $15\text{--}30\%$ от высоты яруса и массу грунта необходимо будет разравнивать по площади откоса. В то же время максимальная безопасная высота мелкодисперсного грунта (типа хвостов обогащения) по устойчивой насыпи составляет 14 м [11]. Опыт отсыпки отсевов ЦПТ на отвале 3 Ковдорского ГОКа показал, что большие объемы отсыпки по мощности под влиянием осадков не стабильны и подвержены деформации (промоины, рис. 3), которая будет уничтожать посевы трав. Такие откосы придется пересевать и, возможно, неоднократно.

Отрицательный опыт формирования мощных слоев грунта описывается и в работе [9], где авторы обращают внимание на

плохую приживаемость травостоя, обезвоживание и пыление мощных слоев мелкодисперсного грунта.

Руководствуясь данными по превышению углов естественного откоса мелкодисперсных грунтов и оптимальной работой автотранспорта при формировании отвалов в работе авторов [12], считаем, что и для целей рекультивации необходимо формировать отвалы с высотой яруса до 30 м.

Специальных машин для разравнивания грунтов на крутых и протяженных откосах скальных породных отвалах пока не существует. Имеется опыт в дорожном строительстве, но там откосы формируются сразу из мягких грунтов, имеют меньшую длину и более пологие углы. Учитывая, что вслед за горнотехническим этапом рекультивации будет биологический этап, более целесообразно сконструировать специальную самоходную установку для производства работ как по техническому, так и биологическому этапам с использованием принципов машин для разбрасывания песка на дорогах или машин для разбрасывания минеральных удобрений. Перспективной технологией управляемого разбрасывания может быть шнекороторная, которая используется на отечественных машинах ЕМ–800 на базе автомашины «Урал» или на тракторной базе МТЗ. Шнекороторное разбрасывание позволит производить работу как с верхней площадки яруса, так и с нижней, обеспечивая тем самым равномерность покрытия площади откоса.

Другой технологией нанесения мелкодисперсного грунта на откос является мокрое или гидронанесение. Суть этого способа взята из опыта гидропосева различного рода трав. В России первоначальный опыт гидропосева описан в работе [13] в 1975 г. В работе [9] предлагалось использовать принцип гидропосева на отвалах южных карьеров. В качестве почвообразующего субстрата предлагалось использовать илы очистных сооружений. На небольших отвалах в южных регионах страны возможно такой способ и будет целесообразен, но на высоких отвалах с многомиллионными объемами и огромными площадями поверхностей откосов такая технология, тем более для северных условий потребует другого подхода.

Скальные отвалы покрывать сразу пульпой не целесообразно, так как потребуются большие объемы мелкодисперсного грунта, воды и будет плохое прорастание семян. Поэтому принцип предварительного «сглаживания» крупнокусковой поверхности среднедробленой вскрышной массой обязателен. В качестве грунтообразующего материала больше всего подхо-

дят хвосты флотационного обогащения. Объемы их на крупных ГОКах достаточные, они прошли стадию гидротранспорта, поэтому обладают равномерным мелкозернистым грансоставом. Но наносить хвосты на откосы следует перед гидропосевом трав, а не вместе. В этом случае расход семян будет значительно меньше, а степень прорастания более высокая. Высота слоя хвостов достаточна в 150 мм. Серьезным недостатком нанесения хвостов гидроспособом является очень большой расход воды и большие расстояния транспортирования от хвостохранилищ до многоярусных отвалов, особенно, если они размещены в гористой местности.

На этом основании более целесообразен сухой способ нанесения хвостов и других видов мелкодисперсного грунта на откосы отвалов (к примеру, разбрасывателем), а посев трав можно производить гидропосевом с минимальным количеством воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zástřová P., Marschalko M., Niemiec D., Durčák J., Bulko R., Vlpek J.* Analysis of Possibilities of Reclamation Waste Dumps after Coal Mining / World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium. 2015. Vol. 15, pp. 656–662.

2. *Willscher S., Hertwig T., Frenzel M., Felix M., Starke S.* Results of remediation of hard coal overburden and tailing dumps after a few decades: Insights and conclusions / 18th International Biohydrometallurgy Symposium, IBS2009, Bariloche-Argentina, 13–17 September 2009. October 2010. Vol. 104, Issues 3–4, pp. 506–517.

3. *Zástřová P., Marschalko M., Durčák J., Niemiec D.* Possibility of Mine Waste Dump remediation with Thermal Activity / World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium. 2015. Vol. 15, pp. 401–406.

4. *Strömberg B.* Kinetic modelling of geochemical processes at the Aitik mining waste rock site in northern Sweden // Applied Geochemistry. September 1994. Vol. 9, Issue 5, pp. 583–595.

5. *Иванова Л. А., Костина В. А., Кременецкая М. В., Иноземцева Е. С.* Ускоренное формирование противоэрозионных травостоев на техногенно-нарушенных территориях: Заполярье // Вестник Мурманского государственного технического университета. — 2010. — Т. 13. — № 4/2. — С. 977–983.

6. *Сумина О. И.* Формирование растительности на техногенных местобитаниях Крайнего Севера России: Автореф. дис. докт. биол. наук. — СПб.: СПбГУ, 2011. — 46 с.

7. ГОСТ 17.5.1.02.-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации / Охрана природы. Земли. Сборник, официальное издание. — М.: ИПК. Изд-во стандартов. 2002.

8. *Месяц С. П., Румянцева Н. С., Волкова Е. Ю.* Средаобразующая роль биоты и горной породы при восстановлении техногенных ландшафтов // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ 56. Глубокие карьеры. — 2015. — С. 479–490.

9. Шапарь А. Г., Скрипник О. А., Романенко В. Н., Гулямов Б. С., Дихтяр А. А. Технологии ускоренной биологической рекультивации скальных отвалов // Горный информационный бюллетень. — 2006. — № 2. — С. 217–219.

10. Месяц С. П., Волкова Е. Ю. Современный взгляд на рекультивацию породных отвалов горнодобывающей отрасли // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ 56. Глубокие карьеры. — 2015. — С. 467–478.

11. Решетняк С. П., Архипов А. В., Красносельский Э. Б., Данилкин А. А. Опыт проектирования усреднительно-осушительных складов при добыче лежалых хвостов на ОАО «Ковдорский ГОК» / Глубокие карьеры: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 18–22 июня 2012 г. — Апатиты; СПб., 2012. — С. 259–263.

12. Архипов А. В., Земцовская Е. В. Выбор рациональной конструкции и высоты породных отвалов / Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли — формирование нового мировоззрения в освоении природных ресурсов: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов, 13–15 октября 2014 г. — Апатиты; СПб.: «Реноме», 2014, — С. 171–177.

13. Коц А. Операция «Гидропосев» // Наука и жизнь. — 1975. — № 2. — С. 106–108. **VIAS**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Архипов Альфред Вячеславович¹ — старший научный сотрудник,
e-mail: avfred@yandex.ru,

Земцовская Елена Вадимовна¹ — младший научный сотрудник,
e-mail: elenazemtsovskaya@gmail.com,

¹ Горный институт Кольского научного центра РАН.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 4, pp. 110–121.

UDC
622.271.45:
622.882

A.V. Arkhipov, E.V. Zemtsovskaya **POTENTIAL OF WASTE DUMPS REMEDIATION** **IN POLAR REGIONS AND ITS EFFECT ON DUMPING**

The analysis of particularities and conditions of rock dumps remediation in the Polar Region has been carried out. The conditions of natural self-growth of dumps have been presented. The case study of an enterprise in the Murmansk region has shown inefficiency in transportation of overburden rock located in the dump back to the open-pit space mined after final extraction of reserves. The analysis had been carried out of potential directions in rock dumps remediation which has revealed reasonability of using nature conservation measures for the northern and polar rock sumps. The authors have proposed a method of preliminary preparation of dump' slopes surfaces due to formation of an average-lumpy rock layer. Fine-dispersed soils are recommended to be used as a potential fertile layer, such as moraine debris without large inclusions, ore flotation beneficiation tails, silts and putrid mud in water bodies and treating facilities, fine-dispersed screenings from cyclical-and-continuous methods, sands in reconstruction pits and other. The article gives the monitoring results on constructing a testing remediating site on a part of 100 m rock dump. A dry method of coating soil-forming soils has

been confirmed. Testing fillings of fine-dispersed rocks on the testing site slope have shown that the material is distributed in wedge form because of difference in angles of natural slope of filled and underlying rocks. Based on research results a conclusion has been made that for the remediation aims it is necessary to construct dumps with the level height up to 30 m.

Key words: Polar Region, dump, slope, remediation, technology, testing site, fine-dispersed soil.

AUTHORS

Arkhipov A.V.¹, Senior Researcher, e-mail: avfred@yandex.ru,

Zemtsovskaya E.V.¹, Junior Researcher, e-mail: elenazemtsovskaya@gmail.com,

¹ Mining Institute of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, 184209, Apatity, Russia.

REFERENCES

1. ZástĀrov P., Marschalko M., Niemiec D., Durck J., Bulko R., Vlpek J. Analysis of Possibilities of Reclamation Waste Dumps after Coal Mining. *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium*. 2015. Vol. 15, pp. 656–662.
2. Willscher S., Hertwig T., Frenzel M., Felix M., Starke S. Results of remediation of hard coal overburden and tailing dumps after a few decades: Insights and conclusions. *18th International Biohydrometallurgy Symposium*, IBS2009, Bariloche-Argentina, 13–17 September 2009. October 2010. Vol. 104, Issues 3–4, pp. 506–517.
3. ZstĀrov P., Marschalko M., Durck J., Niemiec D. Possibility of Mine Waste Dump remediation with Thermal Activity. *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium*. 2015. Vol. 15, pp. 401–406.
4. Strmberg B. Kinetic modelling of geochemical processes at the Aitik mining waste rock site in northern Sweden. *Applied Geochemistry*. September 1994. Vol. 9, Issue 5, pp. 583–595.
5. Ivanova L. A., Kostina V. A., Kremenetskaya M. V., Inozemtseva E. S. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2010, vol. 13, no 4/2, pp. 977–983.
6. Sumina O. I. *Formirovanie rastitel'nosti na tekhnogennykh mestoobitaniyakh Kraynego Severa Rossii* (Formation of vegetation on manmade habitats of the Russian far North), Doctor's thesis, Saint-Petersburg, SPbGU, 2011, 46 p.
7. *Okhrana prirody. Zemli. Klassifikatsiya narushennykh zemel' dlya rekul'tivatsii. GOST 17.5.1.02.-85* (Protection of nature. Protection of Earth. Classification of disturbed lands for remediation. State Standart 17.5.1.02.-85), Moscow, IPK. Izd-vo standartov. 2002.
8. Mesyats S. P., Rummyantseva N. S., Volkova E. Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 56. Glubokie kar'ery. 2015, pp. 479–490.
9. Shapar' A. G., Skripnik O. A., Romanenko V. N., Gulyamov B. S., Dikhtyar A. A. *Gornyy informatsionnyy byulleten'*. 2006, no 2, pp. 217–219.
10. Mesyats C. P., Volkova E. Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 56. Glubokie kar'ery. 2015, pp. 467–478.
11. Reshetnyak S. P., Arkhipov A. V., Krasnosel'skiy E. B., Danilkin A. A. *Glubokie kar'ery: sbornik dokladov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, 18–22 iyunya 2012 g. (Proceedings of the Russian scientific conference with international participation «Deep open-pit mining», 18–22 June 2012), Apatity; Saint-Petersburg, 2012, pp. 259–263.
12. Arkhipov A. V., Zemtsovskaya E. V. *Ekologicheskaya strategiya razvitiya gornodobyvayushchey otrasli formirovanie novogo mirovozzreniya v osvoenii prirodnykh resursov: sbornik dokladov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s uchastiem inostrannykh spetsialistov*, 13–15 oktyabrya 2014 g. (Proceedings of the Russian scientific conference with international speakers invited «Ecological strategy of mining industry formation of the new worldview in natural resources development», 13–15 October 2014), Apatity; Saint-Petersburg, Renome, 2014, pp. 171–177.
13. Kots A. *Nauka i zhizn'*. 1975, no 2, pp. 106–108.