

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ОТСЫПКИ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

**И.В. Зеньков, В.В. Жукова, Н.Е. Гильц, Г.И. Юрковская,  
Ж.В. Миронова, Т.А. Смирнова, О.Е. Горячева**

**Сибирский федеральный университет, г. Красноярск,  
Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск,  
Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика  
М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск**

К настоящему времени накоплен многолетний опыт в области рекультивации породных отвалов угольных разрезов в Центральной Сибири. Установлено, что применяющиеся технологии отсыпки отвалов не способствуют экологически приемлемому развитию деревьев, высаженных на породных отвалах в ходе лесной рекультивации. Разработанные технологии послойной отсыпки отвалов обеспечивают снижение затрат на рекультивацию земель, а также высокие показатели лесной рекультивации.

*Ключевые слова: открытые горные работы, угольные разрезы, отсыпка породных отвалов, восстановление нарушенных земель, лесная рекультивация, экологическая эффективность*

## Development of Technologies for Filling Dumps of Coal Mines Based on the Prediction of Forest Reclamation Results

**I.V. Zen'kov, V.V. Zhukova, N.E. Gilts, G.I. Yurkovskaya, Zh.V. Mironova, T.A. Smirnova, O.E. Goryacheva**

**Siberian Federal University, 660041 Krasnoyarsk, Russia,  
Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the RAS, 630090 Novosibirsk, Russia,  
Academician Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 660037 Krasnoyarsk, Russia**

To date, many years of experience have been accumulated in the field of reclamation of rock heaps of coal mines in Central Siberia. It has been established that the technologies used for filling dumps do not contribute to the environmentally acceptable development of trees planted on waste dumps during forest reclamation. The developed technologies of layered filling dumps provide a reduction in the cost of land reclamation, as well as high rates of forest reclamation.

*Keywords: open-cast mining, coal cuts, filling of waste dumps, restoration of disturbed lands, forest recultivation, ecological efficiency*

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-06-46-51

**В** угледобывающей промышленности добыча угля открытым способом производится следующим образом: перед выемкой угольного пласта из недр удаляют вскрышные породы, которые размещают во внешних либо внутренних отвалах [1–4]. Внешнее отвалообразование применяют на угольных месторождениях с углами залегания пластов более 25°. Во всех остальных случаях вскрышные породы размещают на месте отработанного(ых)

угольного(ых) пласта(ов) [5]. В Красноярском крае в настоящее время на угольных разрезах "Бородинский" и "Назаровский" в одновременной отработке с применением железнодорожного транспорта находятся от 2 до 5 вскрышных уступов. На разрезах "Березовский" и "Переясловский" с применением автомобильного транспорта отработывают до 5 аналогичных уступов. Отработка вскрышных пород на всех разрезах производится карьерными

экскаваторами ЭКГ-8и, ЭКГ-10, ЭКГ-12,5 валовым способом.

На угольных разрезах породные отвалы отсыпают аналогичными карьерными экскаваторами или драглайнами ЭШ-10(11)/70 в несколько ярусов при использовании железнодорожного транспорта либо одним ярусом в случае применения автосамосвалов на транспортировке вскрыши. В первом случае отсыпка каждого яруса проводится в два этапа. На первом этапе от-

вальный экскаватор отсыпает вскрышные породы ниже горизонта своей установки впереди по ходу, перемещаясь при этом по создаваемой горизонтальной поверхности нижнего отвального подъяруса высотой до 15 м. На втором этапе экскаватор при движении обратным ходом отсыпает вскрышные породы выше горизонта установки. Высота верхнего подъяруса при использовании экскаваторов ЭКГ-8И, ЭКГ-10 не более 4 м, при использовании драглайнов — не более 20 м. В реальных условиях соотношение объемов вскрыши, размещаемой ниже и выше горизонта установки экскаватора, составляет 2:1; 3:1 и в редких случаях 1:1.

Параллельно с производством вскрышных и отвальных работ угледобывающие предприятия выполняют горнотехническую рекультивацию земель. В проектах на разработку угольных месторождений Канско-Ачинского бассейна установлен следующий порядок выполнения работ по горнотехнической рекультивации нарушенных земель. Плодородный слой почвы (ПСП) снимают с опережением горных работ на 3–5 лет и складывают во временные склады — бурты высотой до 3 м. Мощность ПСП, снимаемого на техническом этапе рекультивации, составляет 0,3 м.

Далее бурты отгружают гидравлическими экскаваторами типа "обратная лопата" с емкостью ковша 2,0 м<sup>3</sup> в автосамосвалы грузоподъемностью 20 т. В автосамосвалах ПСП транспортируют до временных складов высотой до 8 м, в которых он может храниться до 5 лет. Из этих складов ПСП отгружают карьерными экскаваторами типа ЭКГ-6,3ус, ЭКГ-10, ЭКГ-12,5 в железнодорожный или автомобильный транспорт с перемещением до мест его нанесения на породные отвалы либо для размещения на более длительное хранение до 20 лет. На породных отвалах ПСП в случае его вывозки железнодорожным транспортом перегружают в автосамосвалы грузоподъемностью 20 т и доставляют до мест его нанесения. Затем почвенный слой разравнивают бульдозерами. Мощность наносимого ПСП составляет



**Рис. 1. Фрагмент вертикального геологического разреза, представленного вскрышной рабочей зоной угольного разреза "Бородинский"**  
**Fig. 1. A fragment of a vertical geological section, represented by a stripping working area of the Borodinsky coal mine**

0,4 м при условии сдачи отвалов под пахотные угодья и 0,2 м при условии сдачи отвалов под кормовые угодья — пастбища, сенокосы. Перед нанесением ПСП поверхность отвалов выравнивают. Первичную планировку отвалов делают примерно за год до нанесения почвенного слоя, а чистовую планировку осуществляют непосредственно перед его нанесением. На откосы отвалов почвенный слой не наносят. Таким образом, по мере отсыпки и рекультивации породного отвала из горизонтальной поверхности его верхнего яруса начинается прорисовываться рекультивированный горнопромышленный ландшафт. В последние годы все угольные разрезы Красноярского края отказались от рекультивации отвалов для их использования в сельском хозяйстве и перешли на лесную рекультивацию.

Исследования породных отвалов указали на то, что они не

обеспечивают экологически приемлемых темпов развития деревьев хвойных пород, высаженных в ходе лесной рекультивации на участках, поверхностный слой которых отсыпан горными породами, не предназначенными для произрастания на них высших сосудистых растений. Результаты многолетних исследований авторов, выполненных в ходе полевых экспедиций, а также результаты дистанционного мониторинга экологического состояния лесной рекультивации на породных отвалах разреза "Бородинский" показали, что сильно угнетенный древостой II степени на участках площадью 25,2 га так и остался в таком состоянии [6]. Кроме того, сильно угнетенный хвойный древостой I степени, находящийся на участках площадью 88,1 га, оставался к 2018 г. без изменений. Сильно угнетенный хвойный древостой I степени, находящийся на участ-

ках площадью 31,9 га, пополнил группу сильно угнетенного древостоя II степени. Эта ситуация объясняется высадкой саженцев деревьев на участки отвала, в поверхностный слой которых уложены горные породы, не способствующие развитию лесной экосистемы экологически приемлемыми темпами. Поверхностный слой этих участков характеризуется низкими качественными характеристиками, в частности низким содержанием гумуса и большим содержанием крупнообломочных глубинных горных пород — песчаников и алевролитов [6].

Результаты исследований горных пород, уложенных в поверхностный слой на этих участках отвала, показали практически полное отсутствие гумуса. Отметим, что повышению содержания гумуса в разы в поверхностном слое отвалов мощностью до 2,0 м может способствовать концентрация ПСП в контурах вскрышных экскаваторных заходок и селективная выемка карьерным экскаватором пород верхнего вскрышного уступа. Для того, чтобы понять причины формирования поверхностного слоя отвала с низкими качественными характеристиками, необходимо рассмотреть горно-геологическое строение толщи вскрышных пород, покрывающих угольные пласты разрабатываемых месторождений Канско-Ачинского бассейна.

Угольные разрезы "Бородинский", "Назаровский", "Березовский", "Переясловский" находятся в центральных районах Красноярского края. Геологическое строение карьерных полей этих разрезов в целом обладает некоей схожестью. Поэтому остановимся на детальном описании углевмещающей толщи разреза "Бородинский", обладающей наиболее сложным строением, к тому же на его породных отвалах проведены в исследуемом регионе самые масштабные работы по лесной рекультивации на площади 379,3 га. В геологическом строении Рыбинского угленосного района, расположенного в восточной части Канско-Ачинского угольного бассейна, принимают участие осадки континентального происхождения па-

леозойского (девон, карбон) и мезозойского (юра) возрастов. В верхней части геологического разреза находятся два продуктивных слоя, содержащих гумус — ПСП мощностью ( $m_{псп}$ ) до 0,7 м и потенциально плодородные породы (ППП) мощностью ( $m_{ппп}$ ) до 1,8 м. Потенциально плодородные породы в вертикальном разрезе находятся между ПСП и породами четвертичного возраста, состоящими из глин, суглинков, супесей и песков. Четвертичные отложения распространены в виде сплошного чехла различной мощности ( $m_{ч}$ ) до 30 м (рис. 1).

На алевролиты и песчаники приходится значительная доля в строении вскрышной толщи. Залегают они в виде слоев мощностью ( $m_{вз}$ ) до 15 м между горными породами четвертичного возраста и угольным пластом "Рыбинский", а также в междупластиях угольных пластов "Рыбинский" — "Бородинский" — "Бородинский-2" (последний на рис. 1 не показан). Мощность междупластий ( $m_{вп}$ ) достигает 10 м. Песчаники фациально замещаются алевролитами. Промышленное значение имеют угольные пласты "Рыбинский" мощностью ( $m_{д1}$ ) до 6–7 м, "Бородинский-1" мощностью ( $m_{д2}$ ) до 40 м и "Бородинский-2" мощностью до 6 м.

В стратиграфическом разрезе углевмещающих пород песчаники составляют 18,8 %, из них на долю песчаников мелкозернистой структуры приходится 13,7 %, а средне-зернистых и крупнозернистых — 4,3 и 0,9 % соответственно. Песчаники имеют светло-серую окраску, реже темно-серую с зеленоватым или буроватым оттенком. Содержание обломочного материала в песчаниках колеблется от 20 до 60 %, в среднем 43 %. Минеральный состав обломков следующий, %: кварц — 25,5; полевые шпаты — 8,7; слюда — 1,3; кварцит — 2,9; кремнистая порода — 3,4; рудные и углистые включения — 0,5 и 0,7 соответственно. Цемент песчаников по составу глинистый, глинисто-карбонатный и карбонатный. По составу цемента и крепости выделяются известковистые песчаники, встречающиеся в различных частях разреза. Они пред-

ставлены телами линзовидной формы мощностью в диапазоне 0,3–1,5 м. Известковые песчаники помимо повышенной прочности отличаются светлой белой окраской.

Алевролиты залегают в виде слоев различной мощности. Мощность их в верхних мало-мощных междупластиях составляет 0,5–3 м, а в нижних — 0,5–5 м. На отдельных разведочных линиях мощность слоев алевролитов повышается до 8–9 м ( $m_{в2}$ ). Алевролиты в разрезе площади карьерного поля составляют 20,4 %, среди них преобладают алевролиты крупной фракции — 15,1 %. Алевролиты имеют светло-серый, серый и темно-серый окрас с зеленоватым оттенком. В отличие от песчаников алевролиты характеризуются повышенным содержанием кварца — 33,5 %, слюды — 2,3 %, несколько меньшим количеством полевых шпатов — 5,7 %, кварцитов — 2,0 %, кремнистой породы — 3,1 %. Среднее содержание обломочного материала — 46,0 %. Углистые алевролиты распространены, в основном, в угольном пласте "Бородинский-2". Углистые и слабоуглистые алевролиты матово-темно-серые, почти черные.

На рис. 1 видно, что вскрышная толща разрабатывается четырьмя уступами: на двух верхних уступах производится экскавация пород четвертичного возраста, а на остальных — экскавация алевролитов и песчаников. Таким образом, в ходе разработки угольных месторождений с учетом существующей логистики вскрышных грузопотоков поверхностный слой отвала может быть сложен: горными породами четвертичного возраста, суглинками или песчаниками, либо этими же породами в различной комбинации. Далее представим технологические регламенты: вскрышную толщу отрабатывают валовым способом уступами высотой до 10 м; на отвал вскрышу транспортируют с использованием железнодорожного транспорта; отвалообразование проводят двумя ярусами высотой до 25 м каждый с использованием экскаваторов ЭКГ-8и, ЭКГ-10 или драглайнов ЭШ-10(11/70).

На основе анализа технологич-ких вскрышных и отвальных ра-



бот в диапазоне изменения мощности горных пород четвертичного возраста и алевролитов с песчаниками от 10 до 30 м, а также с учетом результатов полевых экспедиций и дистанционного мониторинга представим прогнозную картину состояния лесной рекультивации, которая будет проводиться в ближайшие годы, на породных отвалах. В ходе исследований авторов достоверно установлено, что экологические показатели лесной рекультивации находятся в прямой зависимости от качественных показателей горных пород, выносимых с разрабатываемых вскрышных уступов карьера и размещенных в верхнем слое отсыпаемых отвалов мощностью до 2 м, и в обратной зависимости от их фракционного состава [6]. Таким образом, используя консолидированную информацию о состоянии лесной экосистемы на отвалах, об организации вскрышных и отвальных работ, можно прогнозировать структуру древостоя, появляющегося на породных отвалах в результате работ по лесной рекультивации.

В исследованиях авторов (2009–2012 гг.) выполнено обоснование технологий производства вскрышных работ при совмещении основных этапов горнотехнической рекультивации [7–8]. Необходимо отметить, что применение этих технологий на практике только на 50 % решило проблему укладки в верхний слой отвала продуктивной техногенной смеси из гумуссодержащих почвенных слоев (ПСП, ППП) и горных пород четвертичного возраста, сформированной карьерным экскаватором при отработке верхнего вскрышного уступа.

Новые технологии послышной отсыпки породных отвалов, разработанные с учетом прогнозирования показателей лесной рекультивации, направлены на устранение подобных негативных ситуаций в перспективе. Кроме того, при их реализации достигается существенное (в разы) снижение затрат на рекультивацию породных отвалов при обеспечении экологически приемлемых показателей лесной рекультивации, близких к показателям природных ландшафтов.



**Рис. 2. Фрагменты первого этапа горнотехнической рекультивации:**  
а — снятие плодородного слоя почвы бульдозером и укладка его во временный склад; б — временный склад плодородного слоя почвы, подготовленный к отгрузке экскаватором, работающем на верхнем вскрышном уступе

**Fig. 2. Fragments of the first stage of mining engineering reclamation:**  
a – removing the fertile soil layer with a bulldozer and laying it in a temporary warehouse;  
b – temporary storage of the fertile soil layer, prepared for shipment by an excavator working on the upper overburden bank

Главным критерием при разработке новых технологий послышной отсыпки породных отвалов является обеспечение в долгосрочном периоде устойчивого развития лесных экосистем, формируемых на отвалах в ходе работ по лесной рекультивации. Это достигается за счет обеспечения максимально возможного удельного веса ПСП и ППП в структуре, формируемой на основе горных пород четвертичного возраста продуктивной техногенной смеси для укладки ее в поверхностный слой породного отвала.

Технологии формирования такой продуктивной смеси в экскаваторном забое первого вскрышного уступа и послышной отсыпки породных отвалов предполагают выполнение следующих подготовительных работ и технологических процессов. По результатам исследований предложено исключить все технологические процессы, составляющие ядро классических технологий горнотехнической рекультивации, между снятием ПСП и нанесением его на отвал. В этой связи предлагаем в два этапа формировать продуктивную смесь для ее дальнейшего нанесения на поверхность породного отвала при его послышной отсыпке.

На первом этапе бульдозер снимает плодородный слой почвы до контакта с потенциально плодородными породами (рис. 2). Снятый ПСП укладывают в контурах экскаваторной вскрышной заходки по первому уступу. Размещение буртов ПСП должно производиться из технологических регламентов селек-

тивной отработки экскаваторного забоя.

Обоснование мест размещения буртов ПСП в границах карьерного поля, основанное на результатах эколого-математического моделирования, подтвердило гипотезу о том, что увеличение количества секторов при раскройке карьерного поля вдоль фронта горных работ с двух до пяти приводит к увеличению содержания гумуса и снижению глинистых фракций в формируемой продуктивной смеси в ходе селективной отработки экскаваторного забоя. В условиях совмещения вскрышных работ с работами горнотехнического этапа рекультивации предлагаем продуктивную смесь для ее нанесения на поверхность породных отвалов формировать карьерным экскаватором. При этом в ходе разделения забоя экскаватора на выемочные секторы необходимо и целесообразно использовать главное условие отсыпки отвала, выполнение которого обеспечит укладку вскрышных пород без гумуссодержащих почвенных слоев в слой, отсыпаемый ниже дневной поверхности отвала на 2,0 м, а смесь вскрышных пород с почвенными слоями (ПСП и ППП) — непосредственно в поверхностный слой отвала.

Остановимся на организации работ на отвале, при отсыпке которого применяют железнодорожный транспорт. Железнодорожный состав из тепловоза ТЭМ-7 и 12 железнодорожных думпкаров 2ВС-105 подают на отвал к экскаватору хвостом вперед с целью исключения прохода тепловоза над приямок, в кото-

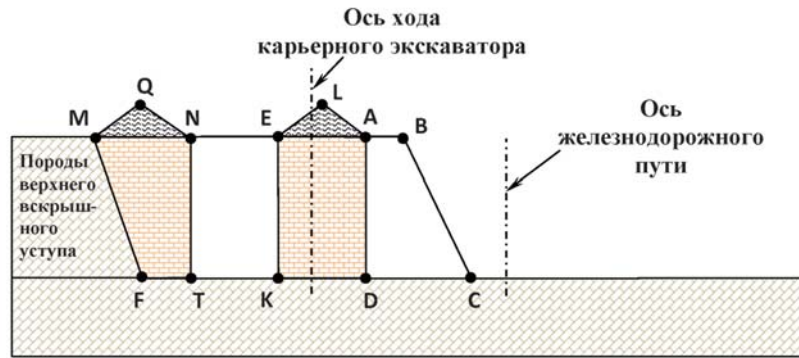


Рис. 3. Схема селективной отработки забоя верхнего вскрышного уступа карьерным экскаватором ЭКГ-10; ЭКГ-12,5

Fig. 3. The scheme of selective mining of the face of the upper overburden bank by a career excavator EKG-10; EKG-12,5

рый из думпкаров выгружают вскрышные породы. Емкость первых трех думпкаров составляет 150 м<sup>3</sup>. Этот объем отвальный экскаватор уложит в слой от уровня своей установки и выше. Мощность этого слоя 2,0 м. Далее вскрышные породы из думпкаров с четвертого по шестой экскаватор разместит сверху этого слоя. После послойной укладки вскрышных пород объемом 300 м<sup>3</sup> из первых шести думпкаров экскаватор передвинется на три метра вдоль отвальной заходки. В ходе разгрузки думпкаров с седьмого по двенадцатый цикл послойной отсыпки отвала повторится.

Такая организация послойной отсыпки отвала, при которой продуктивная смесь будет размещена на 100 % площади отвала, возможна только при делении экскаваторного забоя на первом уступе на четыре вертикальных сектора (рис. 3). Вскрышной забой (фигура MBCF на рис. 3) карьерный экскаватор ЭКГ-12,5 обрабатывает в следующей технологической

последовательности. Вскрышные породы объемом 150 м<sup>3</sup>, находящиеся в секторе ABCD, экскаватор загружает в первые три думпкара, находящиеся в хвосте железнодорожного состава, сектор EADK — в следующие три думпкара — с четвертого по шестой, секторы NEKT и MNTF — соответственно с седьмого по девятый и с десятого по двенадцатый думпкара. При делении забоя на секторы предварительно на верхней площадке верхнего уступа сформируем бульдозером бурты ПСП (фигуры ELA и MQN) высотой до 3 м в секторах EADK и MNTF. После формирования буртов необходимо корректировать ширину каждого сектора экскаваторного забоя.

Такой порядок раздельной выемки вскрышных пород в забое и ее загрузки в железнодорожный состав должен обеспечить на породном отвале возможность их раздельной послойной укладки.

Новая технология отвалообразования вскрышных пород предполагает послойную от-

сыпку породного отвала в следующей последовательности. Вскрышные породы, отгруженные из сектора ABCD в контурах экскаваторного забоя в думпкары с первого по третий, отвальный экскаватор отсыпает выше горизонта своей установки на 2,0 м в сектор с аналогичным обозначением ABCD (рис. 4). Продуктивную смесь из сектора ELADK, отгруженную в думпкары с четвертого по шестой, отсыпает на отвале в его поверхностный слой в сектор AKED. После отсыпки продуктивной смеси в эти контуры на отвале, экскаватор перемещается на три метра для приемки пород из думпкаров с седьмого по двенадцатый и дальнейшей отсыпки отвала.

Вскрышные породы из третьего сектора NEKT (см. рис. 3) экскаваторного забоя, отгруженные в думпкары с седьмого по девятый, после их доставки на отвал отсыпает выше горизонта установки отвального экскаватора в контуры CDTM (см. рис. 4). Продуктивную смесь из сектора MQNTF (см. рис. 3), находящуюся в думпкарах с десятого по двенадцатый, отсыпает на отвале в его поверхностный слой в сектор EFTD (см. рис. 4).

При использовании автомобильного транспорта на вскрышных работах порядок отработки секторов экскаваторного забоя принимается без изменений по аналогии с применением железнодорожного транспорта. В этом случае вскрышные породы из секторов ABCD и NEKT укладывают в тело отвала, а продуктивную смесь, отгруженную из секторов ELADK и MQNTF экскаваторного забоя, отсыпает в поверхностный слой отвала мощностью до 2 м.

В ходе эколого-математического моделирования достоверно установлено, что с уменьшением количества выемочных секторов при селективной отработке экскаваторного забоя с 10 до 4 в продуктивной смеси, которую предполагается отсыпать на породном отвале в поверхностный слой, содержание гумуса увеличивается с 0,49 до 0,97 %.

По мнению авторов, породные отвалы, послойная отсыпка которых обеспечит экологически приемлемые показатели

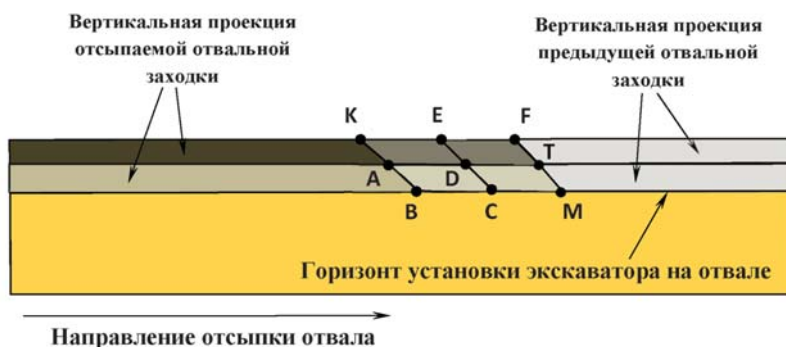


Рис. 4. Схема послойной отсыпки породного отвала по разработанной технологии при использовании железнодорожного транспорта

Fig. 4. Layout of layer-by-layer dumping of the waste dump according to the developed technology using railway transport

лесной рекультивации, могут быть сформированы при разработке угольных месторождений открытым способом на всей территории РФ в географическом секторе, в котором проводится добыча угля открытым способом. Эти условия могут быть достигнуты за счет использования следующих инженерных принципов в проектировании технологий вскрышных работ и отсыпки породных отвалов при разработке угольных месторождений открытым способом для повышения экологической эффективности результатов лесной рекультивации:

- прогнозирование экологических показателей лесной рекультивации должно основываться

на устанавливаемом в ходе производства вскрышных и отвальных работ изменении количественных и качественных показателей горных пород, выносимых с разрабатываемых вскрышных уступов карьера и размещаемых в верхнем слое отсыпаемых отвалов, а также на возможных комбинациях при формировании техногенной смеси из этих же пород с гумуссодержащими почвенными слоями;

- качественные показатели продуктивной смеси для рекультивации нарушенных земель, формируемой на верхнем вскрышном уступе, находятся в обратной зависимости от количества выемочных секторов, выделенных в границах экскаватор-

ного забоя при его селективной обработке, что необходимо учитывать в организации погрузки транспортных средств и в технологиях отсыпки породных отвалов;

- высокая эффективность работ по лесной рекультивации и снижение затрат на горнотехническую рекультивацию отвалов достигаются за счет изменения направления их отсыпки как в плане, так и по вертикали в зависимости от типа экскаватора, устанавливаемого на отвалообразовании, что обеспечивает размещение в поверхностном слое отвала техногенной смеси с технологически максимально возможной продуктивностью, сформированной при отработке верхнего вскрышного уступа.

## Литература

1. Федоров А.В. Концепция опережающего развития угледобывающего производственного объединения. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 5. С. 9—15.
2. Килин А.Б. Добиваться гармонии производства и экологии. Уголь. 2017. № 3. С. 10—12.
3. Килин А.Б. Новый уровень производительности и безопасности труда. Уголь. 2018. № 3. С. 14—17.
4. Артемьев В.Б., Килин А.Б., Галкин В.А., Макаров А.М. Взаимосвязь организации и технологии горного производства. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 37. С. 68—76.
5. Щадов И.М., Франк Е.Я. О результатах и перспективах использования ресурсов ДЗЗ в решении прикладных задач угледобывающей отрасли в формате мировой экономики. Уголь. 2018. № 7. С. 58—61.
6. Зеньков И.В., Жукова В.В., Вокин В.Н., Кирюшина Е.В., Анищенко Ю.А., Веретенова Т.А., Сычева Е.М. Результаты исследования влияния технологий отсыпки отвалов угольных разрезов на экологическое состояние лесной рекультивации. Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 2. С. 42—47.
7. Зеньков И.В., Кирюшина Е.В. Обоснование ресурсосберегающей технологии горнотехнической рекультивации земель. Экология и промышленность России. 2012. Апрель. С. 20—23.
8. Кирюшина Е.В., Зеньков И.В. Технология горнотехнической рекультивации земель для разрезов "Бородинский" и "Переясловский" с учетом экологических целей. Экология и промышленность России. 2012. Апрель. С. 24—27.

## References

1. Fedorov A.V. Kontsepsiya operezhayushchego razvitiya ugledobyvayushchego proizvodstvennogo ob"edineniya. Gornyi informatsionnoanaliticheskiy byulleten'. 2018. № 5. S. 9—15.
2. Kilin A.B. Dobivat'sya garmonii proizvodstva i ekologii. Ugol'. 2017. № 3. S. 10—12.
3. Kilin A.B. Novyi uroven' proizvoditel'nosti i bezopasnosti truda. Ugol'. 2018. № 3. S. 14—17.
4. Artem'ev V.B., Kilin A.B., Galkin V.A., Makarov A.M. Vzaimosvyaz' organizatsii i tekhnologii gornogo proizvodstva. Gornyi informatsionnoanaliticheskiy byulleten'. 2017. № 37. S. 68—76.
5. Shchadov I.M., Frank E.Ya. O rezul'tatakh i perspektivakh ispol'zovaniya resursov DZZ v reshenii prikladnykh zadach ugledobyvayushchei otrasli v formate mirovoi ekonomiki. Ugol'. 2018. № 7. S. 58—61.
6. Zen'kov I.V., Zhukova V.V., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Anishchenko Yu.A., Veretenova T.A., Sycheva E.M. Rezul'taty issledovaniya vliyaniya tekhnologii otsypki otvalov ugoľnykh razrezov na ekologicheskoe sostoyanie lesnoi rekul'tivatsii. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2019. T. 23. № 2. S. 42—47.
7. Zen'kov I.V., Kiryushina E.V. Obosnovanie resursosberegayushchei tekhnologii gornotekhnicheskoi rekul'tivatsii zemel'. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2012. Aprel'. S. 20—23.
8. Kiryushina E.V., Zen'kov I.V. Tekhnologiya gornotekhnicheskoi rekul'tivatsii zemel' dlya razrezov "Borodinskii" i "Pereyaslovskii" s uchetom ekologicheskikh tselei. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2012. Aprel'. S. 24—27.

И.В. Зеньков – д-р техн. наук, профессор, Сибирский федеральный университет, 660041 Россия, г. Красноярск, пр. Свободный 79, e-mail: zenkoviv@mail.ru ● В.В. Жукова – инженер, Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090 Россия, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева 6 ● Н.Е. Гильц – канд. экон. наук, доцент, Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, 660037 Россия, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий 31 ● Г.И. Юрковская – канд. экон. наук, доцент ● Ж.В. Миронова – канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, 660041 Россия, г. Красноярск, пр. Свободный 79 ● Т.А. Смирнова – канд. экон. наук, доцент ● О.Е. Горячева – канд. экон. наук, доцент

I.V. Zen'kov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Siberian Federal University, 660041 Russia, Krasnoyarsk, Svobodny prospect 79, e-mail: zenkoviv@mail.ru ● V.V. Zhukova – Engineer, Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090 Russia, Novosibirsk, Academician Lavrentiev prospect 6 ● N.E. Gilts – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Academician Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 660037 Russia, Krasnoyarsk, Krasnoyarsky Rabochy Av. 31 ● G.I. Yurkovskaya – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor ● Zh.V. Mironova – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Siberian Federal University, 660041 Russia, Krasnoyarsk, Svobodny prospect 79 ● T.A. Smirnova – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor ● O.E. Goryacheva – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor