

УДК 622.271.4

С.Е. Гавришев, С.Н. Корнилов, И.Т. Мельников, И.А. Пыгалев

**ФОРМИРОВАНИЕ И ОСВОЕНИЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
С ЦЕЛЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО
РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

Предложен подход к формированию и использованию выработанного пространства карьера и отвалов вскрышных пород в качестве приемных емкостей для экологически безопасного размещения промышленных отходов на основе разработанных технологических схем их размещения.

Ключевые слова: карьер, отвал, георесурс, приемная емкость, технологическая схема, отход.

Иntenсивная эксплуатация невозобновляемых ресурсов, в том числе и энергетических, ставит перед человечеством две основные задачи. Во-первых, поиск альтернативных источников энергии и материалов, что в свою очередь приводит к разработке новых технологий и освоению новых видов ресурсов, в том числе и минерального сырья, ранее не привлекавших к себе достаточного внимания.

Во-вторых, решение проблем, связанных с образованием и размещение отходов производств и потребления, поскольку ни один биологический вид не может выжить в образующихся им отходах. Отходы необходимо включать в природный цикл, удалять и использовать [1].

Проблема образования и переработки промышленных отходов во всем мире является актуальной на сегодняшний день. Практически весь антропогенный материальный мир построен и функционирует за счет прямого или косвенного разрушения определенных участков литосферы и последующего использования полученного при этом вещества. По последним данным, минеральное сырье дает исходные материалы и энергетическую основу производства более чем 70% всей номенклатуры конечной продукции человеческого общества [2]. При этом, только в Российской Федерации каждый год образуется около 7 млрд т всех видов отходов, из которых используется лишь 2 млрд т [3]. Основная часть отходов, подлежащих переработке, является твердобытовыми отходами, и проблем с их переработкой в большинстве развитых стран мира нет. Этому способствуют технологии и пошлины, предполагающие переработку и вторичное использование упаковки.

Для промышленных районов России характерно наличие значительного количества промышленных отходов, представленных техногенными образованиями, складами некондиционных руд, отвалами минерализованных пород, отвалами шлаков, отходами перерабатывающих производств, образование которых связано с разработкой месторождений полезных ископаемых открытым способом. В Уральском регионе накоплено свыше 8 млрд т различных промышленных отходов, занимающих площадь более 20 тыс га земель различного

назначения. Накопление отходов горно-металлургического производства в техногенных объектах осуществляется непрерывно, за счет использования сырья из других регионов, стран и континентов, при этом, ежегодно утилизируется не более 20% образующихся отходов. Остальные отходы являются причиной загрязнения почв и вод тяжелыми металлами, запыления поверхности земли, кроме того, для их размещения требуется изъятие значительных площадей дорогостоящих земель из сельскохозяйственного оборота.

В соответствии с действующими требованиями по обращению с отходами на территории Российской Федерации, объектами для их размещения могут быть только специально оборудованные сооружения. В настоящее время, такими сооружениями для отходов горнодобывающего и обогатительного производств являются шламохранилище, хвостохранилище, отвал горных пород [4]. Отдельно выделенным техногенным объектом, не являющимся отходом горного производства, считается выработанное пространство карьера, рекультивация которого, в большинстве случаев, предполагает его затопление, либо выполаживание бортов карьера и нанесение на них почвенного слоя.

Сформированные карьеры и отвалы в процессе разработки месторождения могут представлять значительный интерес для промышленных предприятий в качестве мест для размещения их отходов с соблюдением требований действующего законодательства. Это связано со значительными затратами на размещение промышленных отходов в течение длительного времени в традиционных техногенных объектах, поскольку они из-за воздействия солнечной радиации, воды, кислорода, бактериальных организмов подвержены процессам окисления и возгорания с последующим выделением в окружающую среду вредных веществ. Горнодобывающее производство подошло к новому этапу своего развития и способно поставлять на рынок не только добываемое полезное ископаемое (ПИ), но и сформированные в процессе ведения горных работ техногенные георесурсы, в том числе выработанное пространство карьеров и отвалы вскрышных пород в виде емкостей для размещения промышленных отходов.

Еще одной проблемой, характерной для промышленных регионов, является отсутствие свободных территорий не только для размещения промышленных отходов, но и для строительства новых производственных мощностей и расширения существующих. В связи с этим, выработанное пространство и поверхность отвалов вскрышных пород, расположенные в непосредственной близости от действующих или планируемых производственных мощностей промышленного назначения, являются перспективными объектами, пригодными для строительства данных производств. Формирование отвалов вскрышных пород, карьерного пространства, с учетом дальнейшего их использования в качестве заменителей некоторых природных и производственных ресурсов, позволит отнести их к новым видам продукции горного производства или к новым техногенным георесурсам [5]. Реализация данного подхода возможна только в случае целенаправленного формирования пространства карьера и отвалов вскрышных пород под определенное направление дальнейшего их использования, в том числе и для экологически безопасного размещения в них промышленных отходов.

При использовании отвалов вскрыши и выработанного пространства карьеров для размещения промышленных отходов, необходимо в процессе ведения открытых горных работ предусмотреть ряд мероприятий. К таким мероприятиям, в первую очередь, относятся: изменение схемы вскрытия, селективное

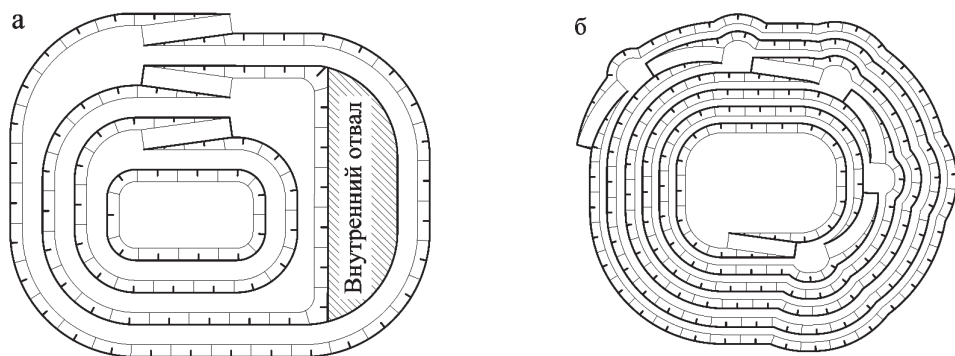


Рис. 1. Формирование карьерного пространства в виде емкостей для размещения промышленных отходов

складирование вскрышных пород, формирование обособленных емкостей (карт), изоляция дна и основания, бортов и откосов соответственно карьера и отвалов с целью предотвращения взаимодействия загрязняющих веществ с окружающей средой, создание первоначального фронта работ по отсыпке промышленных отходов и др.

На стадии проектирования карьера необходимо предусмотреть использование внутрикарьерных площадок для временного формирования внутреннего отвала (рис. 1, а), а также сооружение площадок примыкания в конце стационарных съездов через каждые 2–4 уступа размером, зависящим от применяемого оборудования и достаточным для создания первоначального фронта работ по отсыпке отходов (рис. 1, б). Каждый горизонт выработанного карьерного пространства предлагается рассматривать как карту для размещения промышленных отходов. В случаях, когда размеры карты не позволяют осуществлять безопасное размещение отходов, предлагается использовать материалы внутреннего отвала для разделения горизонта на необходимое количество карт.

На стадии эксплуатации карьера, использование его выработанного пространства в качестве емкости для размещения промышленных отходов, как правило, не представляется возможным, поэтому на данном этапе целесообразно формировать отвал вскрышных пород в виде емкостей для размещения отходов (рис. 2, а).

При полной отработке запасов месторождения, размещение промышленных отходов возможно с использованием существующих отвалов вскрышных пород. Формирование емкостей целесообразно осуществлять двумя способами:

1 – на отвале, с использованием материалов самого отвала, то есть в одной его части укрепляются откосы и формируется площадка, на которой будут сооружаться емкости для размещения отходов (рис. 2, б).

2 – рядом с отвалом, используя откос (рис. 2, в). Для создания емкостей осуществляется перевалка части вскрыши существующего отвала и формирование с ее использованием емкости вдоль одного из откосов. При этом целесообразно обеспечить минимальную ширину вала поверху, достаточную лишь для обеспечения одностороннего проезда автотранспортных средств, так как заполнение емкости будет осуществляться со стороны основного отвала, по существующим транспортным коммуникациям.

Формирование отвалов необходимо осуществлять с учетом устойчивости их откосов. Принятие решения о необходимости увеличения высоты отвала

и формирование дополнительного яруса с целью создания в нем емкости для размещения промышленных отходов должно сопровождаться соответствующими работами по определению коэффициента запаса устойчивости откосов отвала с учетом физико-механических свойств пород его основания.

Класс опасности промышленных отходов, которые будут размещаться в целенаправленно сформированные отвалы вскрышных пород и пространство карьера, обуславливает ценность этих карьеров и отвалов [6]. Ценность карьера и отвала, при условии что собственник отходов одновременно является собственником данных горнотехнических сооружений, определяется по формуле:

$$Ц_{в.п.к}^{собств} = K_{Деф} (1 - K_D) \cdot \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_j \cdot \rho_i \cdot C_{ли.отх} \cdot \eta_t \right) - Z_1 - Z_2 \quad (1)$$

где V_j – объем j -той карты для размещения i -го отхода, m^3 ; K_D – доля нормативной платы при размещении промышленных отходов на специализированных полигонах и площадках; $K_{Деф}$ – коэффициент дефляции; ρ_i – плотность отходов, t/m^3 ; $C_{ли.отх}$ – ставка платы за размещение 1 t i -го отхода в пределах установленных лимитов, руб.; η_t – коэффициент дисконтирования; t – шаг моделирования, годы ($t = 1, 2, \dots, T$); T – период заполнения емкости, лет; i – вид размещаемого отхода; j – количество карт, создаваемых в выработанном пространстве; Z_1 – затраты на размещение отходов, руб.; Z_2 – затраты на формирование выработанного карьерного пространства и вспомогательные мероприятия, обеспечивающие размещение отходов, руб.

Ценность карьера и отвала, при условии размещения в них промышленных отходов сторонних предприятий, определяется по формуле:

$$Ц_{в.п.к.,отв}^{сторон} = V_e (Z_\phi + Z_p) \left(1 + \frac{R}{100} \right), \quad (2)$$

где V_e – объем размещаемых промышленных отходов, m^3 ; Z_ϕ – дисконтированные затраты на формирование 1 m^3 емкости, руб./ m^3 ; Z_p – дисконтированные затраты на размещение 1 m^3 промышленных отходов, руб./ m^3 ; R – закладываемый уровень рентабельности, %.

Выбор способа формирования отвала и карьера в виде емкостей для размещения промышленных отходов определяется стадией функциониро-

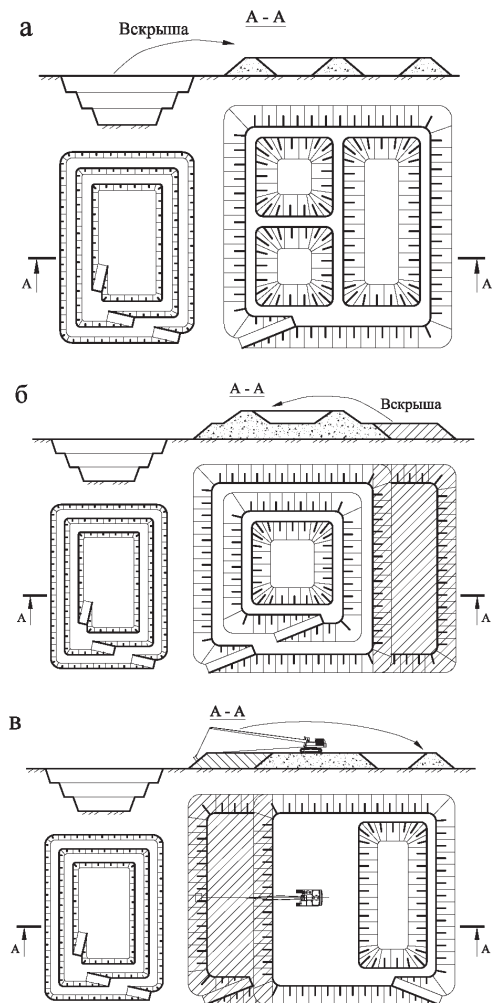


Рис. 2. Схема формирования отвалов вскрышных пород в виде емкостей

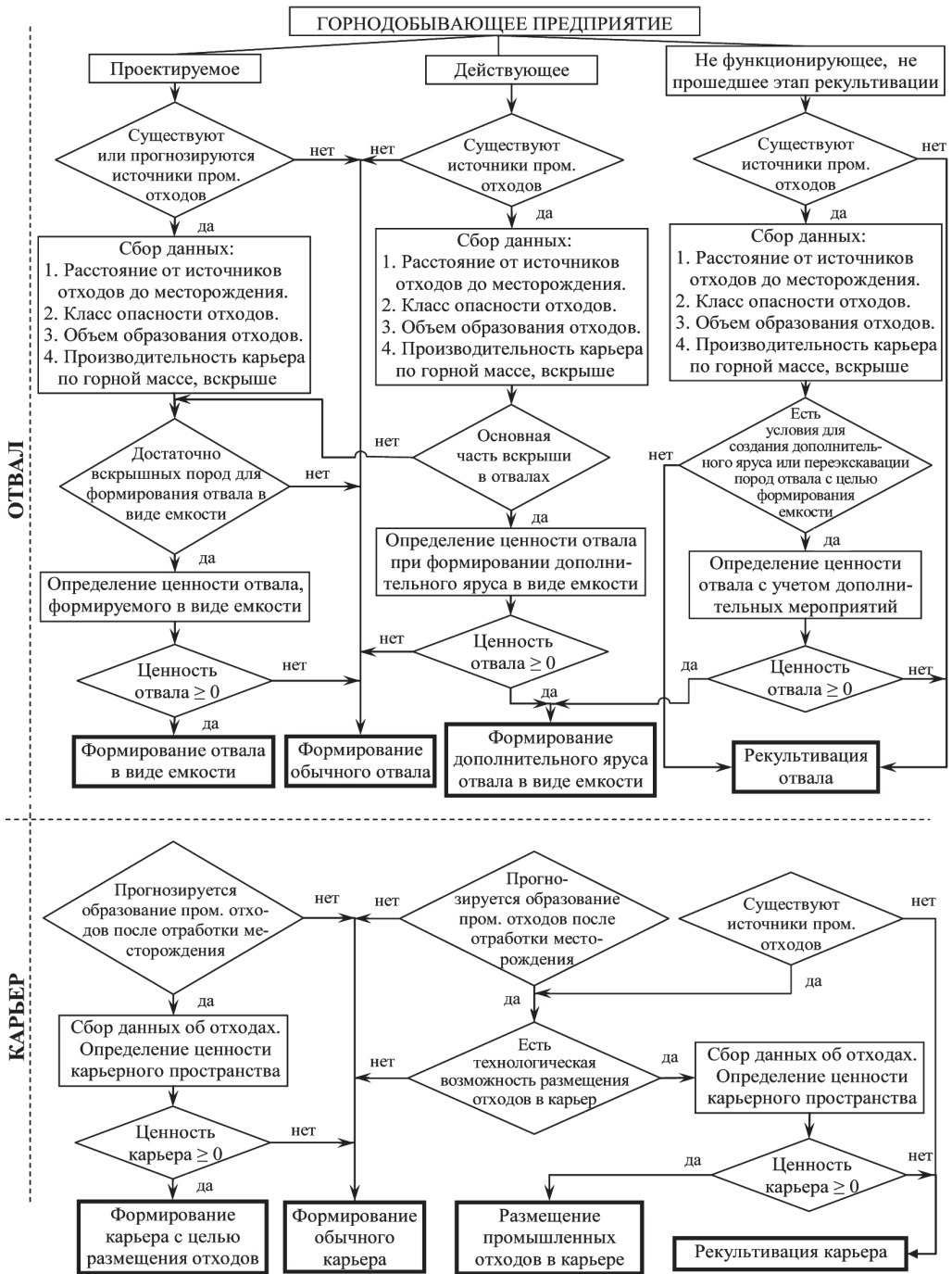
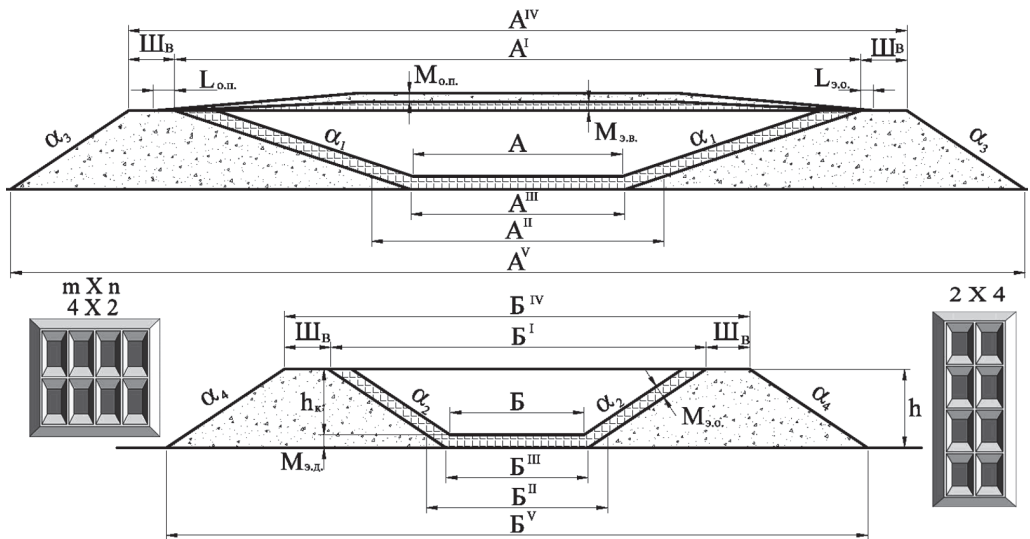


Рис. 3. Алгоритм выбора способа формирования отвала и карьера в виде приемных емкостей для размещения промышленных отходов

вания горнодобывающего предприятия, источниками промышленных отходов и ценностью данных емкостей, в соответствии с разработанным алгоритмом (рис. 3).

Определение параметров отвалов вскрышных пород, формируемых в виде емкостей для экологически безопасного размещения промышленных отходов, осуществляется на основе разработанной математической модели (рис. 4). Данная модель позволяет определить высоту отвала, угол откоса, объемы вскрышных пород для формирования емкости с различным количеством карт; объемы материала для сооружения противофильтрационного экрана; объемы размещаемых отходов; площадь основания отвала с заданными физико-механическими свойствами пород.

Определение параметров отвала, сформированного в виде емкости для размещения промышленных отходов, осуществляется для одной карты. При формировании отвала с количеством карт $m \times n$, где m и n – соответственно



A – длина карты, м;
 B – ширина карты, м;
 h – высота отвала, м;
 h_c – высота карты, м;
 Ш_B – ширина дороги на отвале, м;
 $L_{о.п.}$ – выход вскрышных пород за карту, м;
 $L_{э.о.}$ – выход изолирующего материала за карту, м;
 B^I – ширина карты по верху с изолирующим слоем, м;
 B^{II} – ширина карты по низу с изолирующим слоем, на высоте равной его мощности, м;
 B^{III} – ширина карты по низу без изолирующего слоя, м;
 B^{IV} – ширина отвала по верху, м;
 B^V – ширина отвала по низу, м;
 A^I – длина карты по верху с изолирующим слоем, м;
 A^{II} – длина карты по низу с изолирующим слоем на высоте, равной его мощности, м;

A^{III} – длина карты по низу без изолирующего слоя, м;
 A^{IV} – длина отвала по верху, м;
 A^V – длина отвала по низу, м;
 α_1 – заложение внутренних боковых откосов карты;
 α_2 – заложение внутренних торцевых откосов карты;
 α_3 – заложение внешних боковых откосов отвала;
 α_4 – заложение внешних торцевых откосов отвала;
 $M_{э.о.}$ – мощность изолирующего слоя на откосах карты, м;
 $M_{э.л.}$ – мощность изолирующего слоя на дне карты, м;
 $M_{э.р.}$ – мощность изолирующего слоя над отходами, м;
 $M_{о.п.}$ – мощность отвальных пород над отходами, м;

Рис. 4. Схема для расчета параметров отвалов, формируемых в виде емкостей

количество горизонтально и вертикально расположенных карт в плане, с применением технологических схем емкостного типа, расчеты выполняются аналогично без учета объемов по совмещаемым сторонам.

Объем размещаемых отходов в карте определяется по формуле

$$V_{отх} = \frac{1}{3} h \cdot (A \cdot B + \sqrt{A \cdot B \cdot (A + 2hctg\alpha_1) \cdot (B + 2hctg\alpha_2)} + (A + 2hctg\alpha_1) \cdot (B + 2hctg\alpha_2)). \quad (3)$$

Объем изолирующего материала для сооружения противодиффузионного экрана в карте определяется по формуле

$$V_{м.э} = V_{э.о} + V_{э.д} + V_{э.в}, \quad (4)$$

где $V_{э.о}$ – объем материала экрана на откосах карты, м³; $V_{э.д}$ – объем материала экрана на дне карты, м³; $V_{э.в}$ – объем материала экрана над отходами, м³.

$$V_{э.о} = \frac{1}{3} h_k (A^I B^I + \sqrt{A^I B^I \cdot A^{II} B^{II}} + A^{II} B^{II}) - V_{отх}, \quad (5)$$

$$V_{э.д} = \frac{1}{3} M_{э.д} (A^{II} B^{II} + \sqrt{A^{II} B^{II} \cdot A^{III} B^{III}} + A^{III} B^{III}), \quad (6)$$

$$V_{э.в} = (A^I + L_{э.о}) \cdot (B^I L_{э.о}) \cdot M_{э.в}. \quad (7)$$

Объем вскрышных пород для сооружения карты определяется по формуле

$$V_{вск.п} = V_o - V_{м.э} - V_{отх} + V_{о.п}, \quad (8)$$

где V_o – объем карты, м³; $V_{о.п}$ – объем вскрышных пород над отходами, м³.

$$V_o = \frac{1}{3} h \cdot (A^{IV} B^{IV} + \sqrt{A^{IV} B^{IV} \cdot A^V B^V} + A^V B^V); \quad (9)$$

$$V_{о.п} = (A^I + L_{о.п} + L_{э.о}) \cdot (B^I + L_{о.п} + L_{э.о}) \cdot (M_{о.п} + M_{э.в}) - V_{э.в}. \quad (10)$$

Целенаправленное формирование карьеров и отвалов в виде емкостей для экологически безопасного размещения промышленных отходов предполагает взаимодействие карьерного, внешнего транспорта и оборудования, что требует проработки организации работ. Для определения способа, последовательности формирования и заполнения приемных емкостей в горно-технических сооружениях, введено понятие технологическая схема размещения промышленных отходов, под которым понимается взаиморасположение машин и оборудования, а также транспортных коммуникаций и разгрузочных площадок при различных способах формирования емкостей в массиве и вскрышных породах и заполнения их промышленными отходами.

В соответствии с Федеральным классификатором промышленных отходов [7], основными свойствами отходов, влияющими на выбор и параметры технологических схем их размещения в горнотехнических сооружениях, являются: агрегатное состояние, класс опасности и возможность возгорания.

В случае формирования отвалов вскрышных пород в виде емкостей для размещения твердых и жидких отходов II и III класса опасности, рациональным является технологический способ их изоляции за счет использования при строительстве карт инертных материалов, представленных глинистыми породами.



Рис. 5. Технологические схемы емкостного типа для размещения жидких и твердых промышленных отходов

Для уменьшения сроков ввода в эксплуатацию отдельных карт, предлагается первоначально обеспечивать выполнение площадного отвалообразования (рис. 5, а), а завершать формирование дамб – периферийным отвалообразованием (рис. 5, б).

Данная технологическая схема позволяет отказаться от использования дополнительных дорогостоящих противофильтрационных материалов, однако при этом предъявляются определенные требования к инертным породам, в частности к коэффициенту фильтрации и технологии их укладки. В случае отсутствия или несоответствия глинистых пород предъявляемым требованиям, возможно формирование отвалов скальных пород для размещения промышленных отходов II и III класса опасности с применением конструкционного способа их изоляции. Данная технологическая схема емкостного типа позволяет селективно размещать различные промышленные отходы в обособленные карты на одной территории не зависимо от класса опасности и агрегатного состояния отходов. Размещение пастообразных отходов должно осуществляться в соответствии с технологической схемой емкостного типа с углом внутренних откосов карты, близким к вертикальному (рис. 6).

Для размещения массовых твердых промышленных отходов IV–V класса опасности, а так же обеспечения валового размещения нескольких промыш-

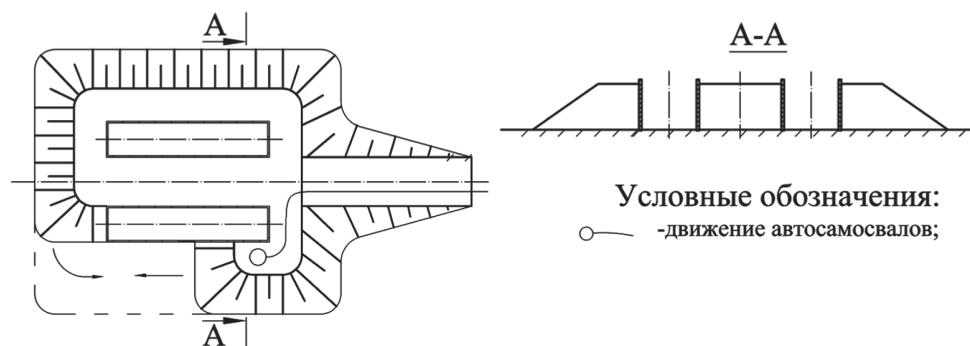


Рис. 6. Технологические схемы емкостного типа для размещения пастообразных промышленных отходов

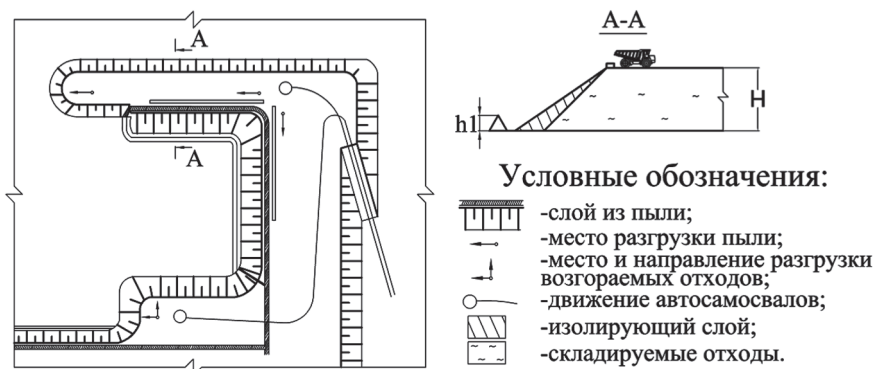


Рис. 7. Технологические схемы периферийного типа для размещения возгораемых промышленных отходов

ленных отходов, с возможностью нейтрализации негативных свойств этих отходов, необходимо использовать технологические схемы периферийного типа. Данные технологические схемы позволяют размещать, в том числе, возгораемые отходы в изолированные друг от друга ячейки, при этом в качестве изолирующего материала используются пылеватые промышленные отходы. Так, при размещении пожароопасных отходов предотвратить и исключить их возгорание возможно за счет использования других отходов, таких как пыль, которая транспортируется в специально оборудованных автомашинах и выгружается либо непосредственно на место возгорания, локализуя его, либо разгрузка пыли ведется одновременно с разгрузкой отходов по специальной технологии – пыль складируется в форме решетки, параметры которой зависят от объемов отходов и применяемого оборудования (рис. 7).

Таким образом, предлагается рассматривать следующие типы технологических схем экологически безопасного размещения промышленных отходов:

1. Емкостного – размещение отходов осуществляется в предварительно подготовленные емкости, сформированные из вскрышных пород. Данная схема, при использовании соответствующей изоляции, позволяет размещать различные по агрегатному состоянию промышленные отходы вплоть до второго клас-

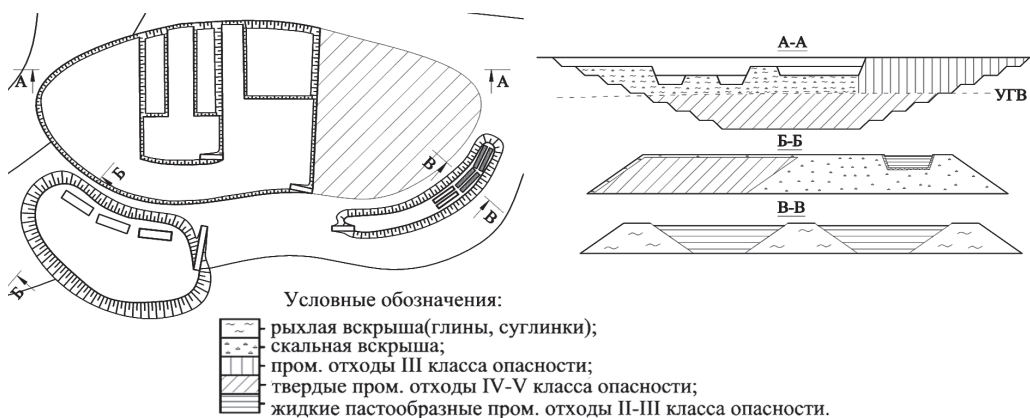


Рис. 8. Реализация технологических схем в горнотехнических сооружениях

са опасности. После заполнения данных емкостей, осуществляется изолирование их поверхности.

2. Периферийного – размещение отходов осуществляется непосредственно вдоль откоса отвала вскрышных пород, тем самым формируя отвал наклонными слоями. При этом осуществляется параллельная засыпка поверху уже размещенных отходов, что обеспечивает сокращение площади и время их взаимодействия с окружающей средой. Данную схему целесообразно использовать при размещении значительных объемов твердых промышленных отходов не выше третьего класса опасности.

3. Комбинированного – размещение отходов обеспечивается сочетанием емкостных и периферийных схем на одном горнотехническом сооружении и позволяет сократить площадь земной поверхности, которая необходима под отвал, кроме того, позволяет на ограниченной территории обеспечить совместное размещение различных по свойствам, агрегатному состоянию и классу опасности промышленных отходов.

Разработанные технологические схемы размещения промышленных отходов различных классов опасности, агрегатного состояния и опасных свойств не имеют ограничения по горнотехническим объектам (рис. 8).

Максимальное использование приемных емкостей карьеров и отвалов обеспечивается комбинацией технологических схем на соответствующем этапе функционирования горнодобывающего предприятия. Для выработанного пространства карьера на стадии его рекультивации, размещение промышленных отходов низкого класса опасности, дальнейшая переработка которых не предусмотрена, возможно с использованием периферийных технологических схем, до отметки, превышающую отметку уровня грунтовых вод не менее чем на 2 м, при условии создания соответствующего противодиффузионного экрана. Использование комбинированных технологических схем позволяет размещать различные по классу опасности и агрегатному состоянию промышленных отходов в необводненной части карьера и в отвалах вскрышных пород.

Таким образом, целенаправленное формирование карьеров и отвалов в виде приемных емкостей для экологически безопасного размещения промышленных отходов необходимо осуществлять с учетом класса опасности и агрегатного состояния отходов и использованием соответствующих технологических схем. Это позволит повысить эффективность разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом, сократить негативную экологическую нагрузку в регионе и обеспечить комплексное освоение недр Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарин В.М. Обращение с опасными отходами : учеб. пособие / Под ред. В.М. Гарина и Г.Н. Соколовой. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. 224 с.
2. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Научное обоснование экологической доктрины России // Горный журнал. – 2005. – № 4. – С. 5–8.
3. Федеральная целевая программа «Отходы» // Российская газета. – 1996. 25 сентября.
4. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 10 июня 1998 года (с изм. и доп., согл. ФЗ от 29.12.2000 № 169-ФЗ, от 10.01.2003 № 15-ФЗ).
5. Гавришев С.Е., Пыталев И.А. Перспективные направления использования отвалов и выработанного карьерного пространства // Вестник МГТУ им Г.И. Носова. – 2007. – № 4.
6. Гавришев С.Е., Пыталев И.А., Павлова Е.В. Определение ценности техногенных георесурсов // Вестник МГТУ им Г.И. Носова. – 2010. – № 2.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гавришев Сергей Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, директор Института горного дела и транспорта, e-mail: ormpi-cg@mail.ru,
Корнилов Сергей Николаевич – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: kornilov_sn@mail.ru,
Мельников Иван Тимофеевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: Starmell@mail.ru,
Пыталев Иван Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: vehicle@list.ru,
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.

UDC 622.271.4

THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF FACILITIES IN THE PUBLIC MONTAN DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS FOR THE ENVIRONMENTALLY SAFE DISPOSAL INDUSTRIAL WASTE

Gavrishev S.E., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Mining and Transport Institute, e-mail: ormpi-cg@mail.ru,
Kornilov S.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, e-mail: kornilov_sn@mail.ru,
Melnikov I.T., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, e-mail: Starmell@mail.ru,
Pytalev I.A., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, e-mail: vehicle@list.ru,
Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov.

At the stage of open pit mine planning, it is recommended to provide for the open pit mine sites to be used for temporal internal dumping as well as the sites are to be arranged at the ends of stationary ramps per every 2–4 benches, with the size governed by the dimension of the equipment in service and to be sufficient for creating initial front for dumping. At the stage of open pit mine operation, it is expedient to form an overburden dump as a waste storage. The developed mathematical model allows for the determination of dump height, angle of slope, volume of overburden to form storage at various amounts of process charts, volume of materials for building an impervious screen, volume of waste, area of base of a dump to accommodate overburden with the assigned physico-mechanical properties. Maximum utility of the intake storages of open pit mines and dumps is ensured by combination of process charts at the appropriate operation stage of a mine.

Key words: open-pit, dump, georesurs, feeding capacity, flow charts, departure.

REFERENCES

1. Garin V.M. *Obrashhenie s opasnymi othodami, ucheb. posobie*. Pod red. V.M. Garina i G.N. Sokolovoj (Garin V.M., Sokolova G.N. (Eds.), *Handling hazardous waste: Educational aid.*), Moscow, TK Velbi, Prospekt, 2006, 224 p.
2. Trubeckoj K.N., Galchenko Ju.P., Burcev L.I. *Gornyj zhurnal*, 2005, no 4, pp. 5–8.
3. Federal'naja celevaja programma «Othody», *Rossijskaja gazeta* (Federal target program «Waste», *Rossiyskaya Gazeta*), 1996, 25 September.
4. *Federal'nyj zakon «Ob othodah proizvodstva i potreblenija» ot 10 ijunja 1998 goda* (s izm. i dop., sogl. FZ ot 29.12.2000 no 169-FZ, ot 10.01.2003 no 15-FZ) (Federal law «On Industrial Waste and Consumption Residual», as of June 10, 1998 (amended under Federal Laws 169-FZ as of Dec 29, 200 and 15-FZ as of Jan 10, 2003)).
5. Gavrishev S.E., Pytalev I.A. *Vestnik MGTU im G.I. Nosova*, 2007, no 4.
6. Gavrishev S.E., Pytalev I.A., Pavlova E.V. *Vestnik MGTU im G.I. Nosova*, 2010, no 2.
7. *Federal'nyj klassifikacionnyj katalog othodov. Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov RF ot 2 dekabrja 2002 g, no 786* (Federal classification catalogue of waste. Order of the RF Ministry of Natural Resources, no. 786 as of Dec 2, 2002).