УДК 622.271

С.П.РЕШЕТНЯК, *д-р техн. наук, старший научный сотрудник, (81555)79-437*
А.В.АРХИПОВ, *старший научный сотрудник, (81555)79-437*
Горный институт Кольского научного центра РАН, г.Апатиты Мурманской обл.

S.P.RESHETNYAK, *Dr. in eng. sc., senior research assistant, (81555)79-437*
A.V.ARKHIPOV, *senior research assistant, (81555)79-437*
Mining Institute of the Kola Research Centre of the RAS, Apatity Murmansk region

ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ И СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ОТВАЛЬНЫМИ ПОРОДАМИ И РУДАМИ КАРЬЕРОВ

Открытый способ добычи полезных ископаемых характеризуется значительным объемом отходов производства в форме отвалов вскрышных пород и различного рода рудных складов (забалансовых или попутных полезных ископаемых). Рассматривая их на перспективу как техногенные месторождения полезных ископаемых, целесообразно формировать такие скопления минерального сырья целенаправленно. При этом необходимо ориентироваться на технологические свойства руд и пород и условия формирования и хранения такого минерального сырья. При возникновении потребности в минеральном сырье подобного рода его запасы могут быть освоены с максимальной эффективностью.

***Ключевые слова*:** техногенные месторождения, отвалы горных пород, склады руд, использование техногенного сырья, формирование техногенных месторождений.

SUBSTANTIATION OF TECHNIQUES AND METHODS OF TECHNOGENEOUS DEPOSITS FORMING REPRESENTED BY ROCK REFUSE AND WASTE ROCK DUMPS AT OPEN PIT MINING

There are large waste rock dumps and uneconomical ore storages when open pit mining is used. Mining companies must create these dumps and storages observing special rules, if mineral deposits might be utilized in future. The technological properties of ores and rocks as well as the conditions of forming and storage should be taken into consideration. It is possible to reach high productive efficiency if the market will demand these commodities.

***Key words*:** technogeneous mineral deposits, waste rock dumps, ore storages, technogeneous raw materials utilization, and technogeneous deposits forming.

В Мурманской области накоплено на поверхности свыше 5 млрд т крупнокусковых минеральных отходов. Это техногенное сырье, представленное отвальными и проходческими породами, забалансовыми и попутными рудами, металлургическими гранулированными шлаками. Оно размещается в отвалах и складах горной массы, формируемых по определенным правилам.

Принципы проектирования таких отвалов исторически менялись в зависимости от используемой техники, функций и требований, которым должен отвечать отвал как емкостное сооружение. Можно выделить несколько этапов развития отвалообразования.

1. Период использования ручного труда. Функционально отвалы являлись только местом размещения «пустых» пород (отходов). Главное свойство отвалов – вместимость. Основное требование – размещение как можно ближе к производству (карьеру). По конструкции отвалы были площадно-

го типа с малой высотой. Чаще всего на карьере был один отвал. Применялась упрощенная технология отвалообразования, которая сводилась в основном к разгрузке ручных емкостей, тачек, гужевого транспорта.

2. Период использования на экскаваторов и железнодорожного транспорта. С этого времени отвалы становятся объектами повышенной опасности для работающей техники и людей. Но по-прежнему отвал – это только емкость для размещения «пустых» пород. Использование железнодорожного транспорта требовало сосредоточенных площадных отвалов, больших земельных отводов, которые могли находиться не обязательно близко к карьеру. Применялась более четкая технология отвалообразования с повышенными требованиями к безопасности работ.

Появление автомобильного транспорта на карьерах и драглайнов на вскрышных работах позволило строить повышенные отвалы, размещаемые на малых площадях. Стали повышаться требования к устойчивости отвалов, одновременно с этим повышались требования к безопасности при разгрузке автотранспорта на отвалах, особенно в нагорных и северных условиях. Но по-прежнему отвал – только достаточная вместимость, вскрышная порода – «пустая», технология отвалообразования определялась разгрузкой транспортных средств. Мобильность транспорта позволяла иметь несколько отвалов, удовлетворяющих требованиям вместимости. Появлись первые требования к рекультивации отвалов. На неглубоко залегающих горизонтальных и пологих месторождениях породы размещали во внутренних отвалах, расположенных на месте вынутого полезного ископаемого. Применялось отвалообразование как транспортное, так и бестранспортное, с помощью драглайнов и транспортно-отвальных мостов.

3. Современный этап отвалообразования. Отвал начинают считать объектом повышенной экологической опасности. Комплексное использование сырья, снижение кондиций на горно-рудное сырье (закон РФ «О недрах») заставляют производственников и проектировщиков организовывать отдельные склады забалансовых и попутных руд.

Проектировщики помимо вместимости, устойчивости отвалов и безопасности ведения отвальных работ руководствуются требованиями по охране окружающей среды, в частности требованиями рекультивации нарушенных земель. По-прежнему вскрышная порода – «пустая», использование – ограниченное, в основном для производства щебня из текущих объемов пород вскрыши. Щебень предназначен для дорожного строительства и в качестве наполнителя бетонов. Использование лежалых вскрышных пород для переработки – ограниченное из-за смешанного складирования и сложностей последующей выемки.

В 80-х годах прошлого столетия под влиянием развития промышленной экологии и законодательных актов об охране окружающей среды был проведен учет лежалых отходов горно-добывающих и горно-обогатительных производств. Тогда же было предложено считать эти отходы потенциальным вторичным сырьем техногенного происхождения. Так появились термины техногенное сырье (ТС) и техногенное месторождение (ТМ). Однако существенного влияния на технологию и процессы отвалообразования это не оказало. Пока проблема сводится к поиску возможностей использования текущего и лежалого техногенного сырья, представленного преимущественно хвостами обогатительного производства. Такое внимание к хвостам обогащения объясняется двумя обстоятельствами. Во-первых, снижением содержания в руде полезных компонентов до уровня, когда хвосты с близким содержанием этих компонентов стало выгодно перерабатывать. Во-вторых, складирование хвостов, в отличие от складирования пород вскрыши, производится более благоприятно для последующей выемки. Однако целенаправленное формирование отвалов хвостов обогащения и тем более отвалов вскрышных пород как техногенных месторождений до сих пор не производится. К этому следует добавить, что с позиции возможной последующей отработки ТС процессы рекультивации отвалов на сегодняшний день при современной технологии можно считать преждевременными и

даже в некоторых случаях вредными, так как они затруднят отработку и обогащение ТС в будущем.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что развитие проблемы формирования отвалов носило и носит бессистемный характер без учета перспектив вторичного использования складируемого сырья. Требуется безотлагательное решение вопросов формирования ТМ любого генезиса, разработка нормативной и законодательной базы по проблемам ТМ и внедрение этого комплекса в проектирование и производство.

Проблема должна решаться системно и с учетом дальней перспективы. Одна из основных целей должна состоять в возможности использовании ТС. От вида применения будет зависеть процесс формирования ТМ.

Укрупненно можно выделить три типа использования ТС:

1) переработка ТС для извлечения полезных компонентов;

2) дополнительная переработка ТС для использования в качестве строительного материала;

3) использование в качестве строительного материала без переработки.

По первому типу предполагается образование отходов переработки, аналогичных переработке твердых полезных ископаемых. Чаще всего это будут хвосты обогащения, для размещения которых необходимо предусмотреть место либо на эксплуатируемом отвале, либо в отдельном хвостохранилище. Переработка потребует ввести в технологию отвалообразования усреднение ТС при его укладке.

По второму типу дополнительная переработка может состоять из дробления материала и измельчения. При этом будут образовываться отсевы, которые необходимо разместить в отрабатываемом отвале. В этом случае можно предусмотреть первичное дробление вскрышных пород, что позволит шире внедрить циклично-поточную технологию при формировании отвалов вскрышных пород.

По третьему типу отвал формируется в виде сооружения большой вместимости и необходимой формы. Это различного рода дамбы, плотины, дорожные насыпи и т.д. Например, можно построить спортивный комплекс, где отвал будет сформирован в виде основания для лыжного трамплина, горок для фристайла, полигона для тренировки горнолыжников и сноубордистов. Можно создавать горизонтальные и наклонные площадки для различных целей.

На стадии проектирования карьера достаточно сложно решить вопрос об использовании пород вскрыши через несколько десятков лет. Эта задача сходна с задачей о конечных контурах карьера, которую проектировщики решают с помощью технических и экономических критериев, не имея надежных приемов расчета потребностей в полезном ископаемом, возможного уровня цен и себестоимости добычи. Но если вопрос об использовании ТС достаточно сложен и требует разработки методических подходов, то вопросы сохранения сырья, разработки и переработки решаются уже при современном уровне знаний.

Укрупненно задачи, решаемые проектировщиками по размещению пород вскрыши (как будущего ТС) и формированию отвалов (как объектов ТМ), можно представить в виде оценки следующих факторов: 1) необходимость и возможность использования пород вскрыши как ТС; 2) необходимость и технологическая возможность переработки ТС; 3) сохранность сырья и его качественных характеристик; 4) размещение отвалов и их количество; 5) вместимость, параметры и форма отвалов; 6) техническая возможность и технология формирования отвалов; 7) возможность и технология выемки ТС; 8) безопасность работы людей и техники при формировании отвалов; 9) экологическая безопасность; 10) размещение отходов переработки ТС; 11) техническая и биологическая рекультивация образующихся техногенных объектов.

Все перечисленные задачи тесно взаимосвязаны и решаются системно. Кроме того, обязательно учитываются специфические условия залегания и разработки месторождения: геологические, топографические, гляциоклиматические, экологические, возможности ресурсосбережения. При их решении каждая из перечисленных задач имеет свои методические и технологические особенности.

Свои особенности проектирования имеют также внешние и внутренние отвалы, практически формирование внутренних отвалов возможно далеко не на каждом руднике, особенно в первоначальные периоды отработки месторождения. Вот почему на карьерах и в подземных рудниках преимущественное распространение получили внешние отвалы вынутой горной массы. Возникает задача рационального формирования отвалов, значение которой резко возрастает при отношении к породам вскрыши как к техногенному сырью.

Использование ТС. О степени влияния возможности использования пород вскрыши как ТС на порядок формирования ТМ уже говорилось. К этому следует добавить, что если породы вскрыши не находят применения после извлечения полезных компонентов или как строительный материал, то следует более тщательно оценивать возможности их использования в различного рода сооружениях:

а) в подпорных отвалах для увеличения вместимости хранилищ, для пригрузки уступов и бортов карьера от самообрушения (пример – подпор массива подземного Расвумчоррского рудника породами вскрыши рядом расположенного карьера Центрального рудника АО «Апатит»);

б) в покрытии выходов подземных выработок на поверхность с целью повышения противопожарной безопасности;

в) в рекультивационных целях на стадии горно-технической рекультивации земельных площадей с расчлененным рельефом местности с целью использования их для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, рекреационных и других нужд;

г) в качестве наполнительного материала при рекультивации открытых и подземных выработок, хвостохранилищ.

Естественно такие объекты уже не будут являться ТМ, но задача снижения отрицательного влияния горного производства на окружающую среду будет решена.

Возможность переработки ТС. Это одна из основных задач в процессе формирования ТС. Она тесно связана с вышеперечисленными основными задачами. От возможностей переработки зависят перспективы и сроки эксплуатации ТМ. Уже на поисковой стадии следует иметь сведения о технологии переработки хотя бы в масштабе лабораторных испытаний, дающих принципиальную оценку возможности переработки.

Возможность переработки ТС потребует решения следующих тесно связанных между собой задач:

а) сохранность сырья, его качественных характеристик;

б) усреднение сырья при формировании ТМ;

в) возможность извлечения ТС (технология добычи);

г) размещение ТМ по возможности ближе к перерабатывающему комплексу;

д) решение задач технологии переработки;

е) поиск места размещения ТС и обеспечение стабильности условий его транспортирования;

ж) поиск возможностей размещения вторичных отходов переработки, особенно если они предположительно могут быть размещены на площади рассматриваемого ТМ;

з) возможность транспортирования ТС в ТМ (например, если необходимо в перспективе дробить ТС, то для формирования ТМ можно использовать циклично-поточную технологию или гравитационные виды транспорта типа породоспусков или породоскатов);

и) выбор способов технической рекультивации или временный отказ от нее для сохранения качественных характеристик и возможностей добычи ТС.

Сохранность техногенного сырья и его качественных характеристик. Эта задача тесно связана с возможностями и технологией переработки. Прежде всего, чтобы обеспечить качественные характеристики ТС и стабильность процессов переработки, необходимо стремиться к формированию отвалов из однородных горных пород. Помимо стабилизации качественных характеристик при этом возрастает устойчивость отвалов. Процесс раздельного хранения можно рассматривать и как первичную стадию обогащения.

Раздельное хранение особенно требуют почвы: торф, моренные отложения, глины, пески и т.д. При хранении почвы и торфов

следует предусмотреть меры по предотвращению их деградации и обеспечению быстрейшего использования. Срок хранения почвы без потери ее сельскохозяйственных качеств составляет не более трех лет.

Раздельное хранение можно осуществить в разных отвалах, на разных ярусах отвалов, но при этом необходимо предвидеть очередность освоения ТС. На карьерах Мурманской области нашел практическое применение способ раздельного хранения забалансовых и попутных руд, которые размещаются на заполненных породных отвалах.

Для стабилизации качества ТС на длительный период необходимо обеспечить устойчивость отвалов и ярусов как сооружений.

Некоторые типы пород меняют свои качества под воздействием внешних факторов, чаще всего под воздействием атмосферных осадков, подотвальных водотоков, воздуха и т.д. В этих случаях отвалы необходимо размещать не над руслами водотоков, а ливневые потоки по возможности направлять по обводным каналам. Для снижения процессов выветривания и окисления необходимо размещать ТС в горных выработках и рельефных углублениях. Породы карьеров Мурманской области практически не подвержены быстрому выветриванию и окислению.

Формирование ТМ и отвалов позволяет управлять качественными характеристиками складируемой горной массы. Для этой цели можно использовать технологии формирования усреднительных складов, которые предусматривают выравнивание содержания полезных компонентов как при разгрузке горной массы, так и при экскавации. Возможно послойное формирование высокого отвала горизонтальными либо наклонными слоями небольшой высоты (5, 10, 15 м).

Известен процесс управления гранулометрическим составом и содержанием компонентов, который называется сегрегация. При отсыпке горной массы наклонными слоями на откос материал по высоте размещается по определенному закону. В верхней трети откоса располагаются мелкие фракции, в средней трети – средние, внизу – крупные фракции. Очень часто, как это имеет место при разгрузке апатитовых руд, мелкая фракция имеет большую концентрацию полезных компонентов. Сегрегация – один из способов предварительного обогащения*.

Для снижения потерь ТС подотвальная поверхность должна быть предварительно очищена от почв, торфов, растительности; если необходимо, то создается водонепроницаемое либо дренируемое основание. Процесс сегрегации помогает создать вододренируемое основание отвала. Категорически следует запретить сбрасывание в отвал посторонних отходов: автомобильных покрышек, металлолома, катушек от кабельной продукции и т. д.

Одним из важнейших методов управления качеством ТС следует считать постоянный контроль, опробование и учет качественных характеристик при отсыпке. Четко налаженный процесс, как это имеет место при формировании складов забалансовых руд, позволит обойтись без дополнительной разведки при освоении ТМ.

По окончании формирования отвала или его части правила охраны недр и окружающей среды требуют предусмотреть рекультивацию отвала. В зависимости от необходимости и сроков сохранения ТС рекультивация может быть и предварительной, не влияющей на процессы последующей добычи и переработки.

Возможность и технология выемки ТС. Техническая и технологическая возможность выемки ТС может быть обеспечена и при существующей технике. При этом практически нельзя добиться селективной выемки на осуществляющих отвалах, так как они формировались без разделения пород по типам, сортам, гранулометрическому и химическому составам и т.п.

---

* *Решетняк С.П.* Пути создания технологий предотвальной переработки минерального сырья / С.П.Решетняк, А.А.Билин // Комплексная разработка рудных месторождений мощными глубокими карьерами: Тр. Международ. совещания (Мельниковские чтения) / КНЦ РАН. Апатиты, 1995. С.12.

Reshetnyak S.P., Bilin A.L. Ways for creation of technologies for prepiling treatment of mineral raw materials // Complex mining of ore deposits with powerful deep open-pit mines: Proc. Int. Workshop (Melnikovskie reading)/ Kola Research Center of the RAS. Apatity, 1995.

Технология выемки отвальной массы существует на современном этапе, однако технологические схемы должны быть изменены из-за отсутствия вскрышных работ.

Исходя из опыта предпроектной проработки вариантов эксплуатации месторождения лежалых хвостов ОАО «Ковдорский ГОК», выемку ТС целесообразно производить горизонтальными слоями без ускоренной углубки. При этом обеспечивается достаточный фронт выемки, высокая производительность производства и упрощается работа на всех процессах. Такая технология требует формирования ТМ горизонтальными слоями, чтобы обеспечить равномерное качество складируемого сырья. Существующая технология формирования хвостохранилищ не обеспечила на ОАО «Ковдорский ГОК» требований по качеству сырья. Потребовалось создавать дополнительные буферно-усреднительные склады.

Экологическая безопасность. Отвалы занимают огромные земельные площади, массив горных пород под которыми под действием нагрузок нередко подвергается заметным деформациям. Кроме того, отвалы меняют топографию местности и нередко занимают площади лесов, сельскохозяйственных угодий, естественных водоемов. Однако в некоторых случаях отвалы могут выполнять и восстановительную функцию: если размещаются в неудобьях, оврагах, ущельях и других непригодных для лесопосадок и сельского хозяйства местах. Новый техногенный рельеф в данном случае становится лучше ранее существовавшего.

Радикальным средством снижения занимаемых отвалами площадей, конечно, является размещение отвальной массы в выработанном пространстве карьеров. Если считать, что отвальная масса – это техногенное сырье, которое может быть использовано, то формирование ТМ в карьерах и подземных горных выработках не технологично с точки зрения извлечения ТС. Поэтому внутренним отвалам следует отдавать предпочтение в том случае, если порода вообще не будет использована. Если объемы ее настолько велики, а использование проблематично, то часть породы можно разместить в выработанном пространстве. Такая ситуация часто возникает при доработке карьерных запасов, когда появляются свободные площадки в карьере. В том случае, когда ТС склонно к изменению под действием внешних факторов, предпочтение следует отдавать внутренним отвалам.

Техническая и биологическая рекультивация образующихся техногенных объектов. Имеющиеся в России нормативы, правила и принципы по рекультивации нарушенных территорий пригодны и в случае формирования ТМ.

Однако требуются дополнительные меры по сохранению ТС и его кондиций, снижению его загрязнения и обеспечению технологичности извлечения. Поэтому не всегда могут быть приемлемы меры технической рекультивации по изменению формы и качества объекта ТМ. Полную рекультивацию допустимо производить в том случае, когда отвальная масса не будет использована в дальнейшем. Объекты строительных сооружений (плотины, дороги, спортивные сооружения, основания сельхозугодий и т.п.) могут быть подвергнуты технической и биологической рекультивации без изменения их функциональных свойств.

Если ТС будет использовано с переработкой, то, на наш взгляд, допустимы меры по предотвращению влияния техногенного объекта на окружающую среду без изменения качественных характеристик ТС и формы, благоприятной для отработки. Так, склады забалансовых руд, которые могут потребоваться уже в процессе отработки основного месторождения, вообще нецелесообразно рекультивировать.

Выводы

1. На территории Мурманской области размещено на поверхности свыше 5 млрд т техногенного сырья, представленного породами вскрыши, проходки, забалансовыми и попутными рудами, которые практически не используются.

2. До конца XX в. отвальная горная масса не считалась техногенным сырьем, поэтому ее размещали без учета возможности использования в будущем.

3. Уже на стадии проектирования разработки основного месторождения необходимо предусматривать решение вопросов использования ТС, сохранение его потреби-

тельских свойств, технологию добычи, переработки и размещения вторичных отходов по требованиям, предъявляемым к использованию горно-рудного сырья.

4. Требуется раздельное сохранение ТС, хотя бы в отношении горных пород, имеющих резко отличные свойства и содержащие разные полезные компоненты. На современном уровне развития знаний возможно обеспечить сохранение ТС, последующую его выемку, но требуется разработка специальных технологий.

5. Многие вопросы формирования ТМ решаются с помощью правильного размещения ТС. Наиболее экономичным, экологичным, ресурсосберегающим способом размещения следует считать размещение по периметру верхнего контура карьера на возможно близком расстоянии от него. На современном уровне теории и практики возможно обеспечение технической и экологической безопасности при формировании ТМ с учетом их последующей разработки.