

Медведева О.А., канд. техн. наук (ИГТМ им. Н.С.Полякова НАН Украины)

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ДЛЯ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Запропоновано нову класифікацію технологій розробки техногенних вугільних родовищ, яка враховує ступінь використання методів гідромеханізації, а також часткового збагачення вугілля при видобутку, екологічну небезпечність технологій, що використовуються, та особливості формування родовищ.*

*Предложена новая классификация технологий разработки техногенных угольных месторождений, которая учитывает степень использования методов гидромеханизации, а также частичного обогащения угля при добыче, экологическую безопасность применяемых технологий и особенности формирования месторождений.*

*Suggested a new classification of the elaboration technology of the technogenic mining deposits, taking into account the rate of the hydromechanization method usage, also the partial coal preparation during the extraction process, ecological safety of the implied technologies and peculiarities of the deposit formation.*

**КС:** *экология, полезные ископаемые, техногенные угольные месторождения, безопасные технологии.*

**Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими задачами.** На современном этапе развития экономики Украины все большее внимание уделяется вопросам рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды от загрязнения. Это диктуется стремлением промышленных предприятий повысить эффективность производства продукции, снизить или полностью устранить негативное воздействие на природную среду. На территории Украины накоплено около 25 млрд. тонн твердых отходов угольной, горнорудной, металлургической, энергетической и других отраслей народного хозяйства, из которых большая часть находится в пределах Донбасса и размещена в 1200 угольных терриконах, 63 хвостохранилищах и шламонакопителях обогатительных фабрик, 11 золошлаковых отвалах металлургических заводов и тепловых станций и т.п. Такого количества отходов достаточно, чтобы покрыть всю территорию государства слоем мощностью до 2 см, а Донбасса – до 14 см. На каждого жителя Украины приходится около 599 т, а жителя Донбасса – 4000 т твердых промышленных отходов. Ежегодно их количество возрастает на 100 – 150 млн. т. Отходы занимают до 160 тыс. га плодородных земель [1]. Учитывая, что донецкие угли содержат золы до 40 %, а их органическая часть характеризуется содержанием пиритной серы от 4 до 10 %, получаемые после обогащения шламы с зольностью от 30 до 70 % и содержанием органического остатка от 30 до 50 % могут использоваться как дополнительный энергоноситель [2]. Однако они не находят широкого практического применения и являются постоянным источником загрязнения окружающей среды. При этом они представляют собой постоянный источник загрязнения окружающей среды для всей территории Украины, так как до 70 % энергетических углей сжигается за пределами Донбасса, а местное население использует золу для хозяйственных нужд. Таким образом, переработка техногенных угольных месторождений является

---

актуальной необходимостью, направленной не только на получение дополнительного топлива и сырья для энергетики, но и на решение экологических проблем Донбасса.

Государственное значение исследований в этом направлении определено Законами Украины «Об отходах» и «Об охране окружающей среды», Указом Президента Украины «О геологическом изучении и порядке использования техногенных месторождений полезных ископаемых Украины», соответствующими Постановлениями Кабинета Министров Украины.

В развитых индустриальных странах мира уровень использования промышленных отходов достигает 70 – 80 %, тогда как в Украине он не превышает 10 – 12%. В США, например, из промотходов получают 20 % всего алюминия, 33 % железа, 50 % свинца и цинка, 44 % меди и т.д. Поэтому для нашей страны, производившей 5 % всей минеральной продукции мира и обладающей мощным горнопромышленным потенциалом, проблема утилизации промышленных отходов имеет первостепенное значение.

В отходах обогащения донецких углей выявлены высокие концентрации многих металлов, кг/т: Li, Mn и Ti - свыше 10, Ge - до 5, Sc - до 0,5 и т.д. Стоимость извлечения из отходов того или иного металла в 10-15 раз ниже стоимости его извлечения из природных месторождений. На Северодонецком химико-металлургическом комбинате установлено [1], что подшихтовка обогащенных германием зол донецких углей к германиеносным аргиллитам технически возможна и целесообразна (извлечение элемента составляет 50-60 % от ресурсов в угле). Рентабельность может быть повышена за счет расширения перечня извлекаемых элементов, технологически связанных с германием. Такие результаты по комплексному извлечению из золы углей германия, галлия, молибдена, свинца, цинка получены на стендовых установках в Институте горючих ископаемых и Государственном институте редких металлов (Российская Федерация, г. Москва) [1, 2].

Углеотходы представляют интерес для цементной промышленности, которая может утилизировать значительный их объём. Например, в Польше ежегодно используют 40 000 т отходов углеобогащения, применяя их в качестве компонента исходного сырья цемента в количестве 8-18%. На Днепродзержинском цементном заводе в сырьевую смесь вводят 8-9% углеотходов. На Одесском цементном заводе используют углемоечные отходы коксохимического производства для частичной замены глины и снижения расходов топлива на обжиг клинкера (около 11%).

При этом из шламов коксующихся углей можно получить концентрат, который целесообразно добавлять к основному концентрату. В случае, если шлам содержит энергетические угли, он может быть присажен к концентрату, направляемому на пыледутьевое сжигание. Концентрат энергетического угля может также перерабатываться в брикеты, водоугольное топливо или другое композиционное топливо.

Таким образом, продуктами переработки шлама могут быть концентрат, брикеты, водоугольное топливо или угольная шихта с необходимым комплексом свойств [3].

Известны примеры успешного вовлечения техногенных месторождений в эксплуатацию. Однако до настоящего времени техногенные месторождения используются в незначительных масштабах. Основной причиной этого является то, что для широкого вовлечения их в переработку требуется строительство практически новых производств, реализующих новые технологические принципы и решения, которые разработаны, как правило, на уровне научных открытий, лабораторных или полупромышленных исследований и редко доведены до промышленного производства [4 – 6]. Отсюда высокая капиталоемкость нового строительства и реконструкции с последовательной заменой действующих технологических линий на новые производства.

**Целью** статьи является выбор, обоснование и классификация возможных технологий разработки техногенных угольных месторождений с учетом опыта открытых горных работ при

---

добыче полиметаллических руд, особенностей разработки техногенных месторождений руд черных металлов, а также специфики технологий переработки углей.

**Изложение основного материала.** Большая часть техногенных угольных месторождений – это отработанные или эксплуатируемые илонакопители или шламоотстойники, из которых технически возможно получать энергетическое топливо, а в некоторых случаях и концентрат для коксования [7–12]. Как правило, это специальные сооружения, искусственно созданный пруд или секция (водонепроницаемая емкость), куда осуществляется сброс шламовых вод, остающихся после технологического процесса обогащения угля. Шламовые воды загрязнены взвесью мельчайших частиц породы и угля, шламом. Со временем в отстойниках шлам оседает, очищенную воду возвращают для осуществления производственных работ. Осевший шлам высушивают, осуществляют выемку и также повторно используют. Процессы осветления воды, обезвоживания шламов и мелких отходов обогащения интенсифицируют добавками коагулянтов, высокомолекулярных флокулянтов, поверхностно активных веществ. Вместимость илонакопителей углеобогащительных фабрик обычно рассчитывают на 10 лет. На рудных обогатительных фабриках хвостохранилища рассчитываются на 10 – 20 лет непрерывной работы. Площадь одного илонакопителя и хвостохранилища (особенно при отсутствии предварительного сгущения) достигает от 300 до 500 га.

Качественные показатели шламов, хранящихся в таких хранилищах, колеблются в широких пределах по глубине и площади распределения, что затрудняет переработку сырья. Кроме того, каждый илонакопитель в зависимости от марки угольной фракции, ее свойств требует индивидуального подхода при разработке технологии его использования.

Комплексное использование отходов углеобогащения приобретает значение не только как важного резерва увеличения эффективности производства, сокращения нерационального отчуждения земельных ресурсов, но и защиты от загрязнений водного и воздушного бассейнов.

В отличие от искусственных хранилищ отходов обогащения руд цветных и черных металлов [4, 13, 14] в шламонакопителях не выделяется ядро и призма обвалования, отсутствуют внутренние промежуточные дамбы и карты намыва, к дамбам и бермам хранилища не предъявляются жесткие требования об устойчивости, также отсутствуют противопылевые мероприятия [7, 10 – 12]. Обычно по факту существующего наполнения шламонакопителя водой выделяют пляж, то есть обезвоженную часть внутреннего объема хранилища, и область подводного намыва, то есть ту часть объема, что еще находится под водой. При этом с учетом того, что заполнение шламонакопителя в течение всего периода эксплуатации велось без использования карт намыва, исключительно сосредоточенным способом, через один выпуск, зачастую в воду, ни о какой структуре в строении тела шламонакопителя говорить не приходится. То есть для угольных техногенных месторождений характерно произвольное и неравномерное расположение ценного материала по объему чаши. Это, с одной стороны, затрудняет селективную добычу техногенного полезного ископаемого, которая эффективно применяется при разработке хранилищ отходов обогащения руд цветных и черных металлов, а с другой стороны, учитывая специфику отходов обогащения угля, выдвигает требования к разработке новых, оригинальных, перспективных технологий добычи.

Проанализировав известные технологии разработки техногенных месторождений, их можно структурировать по нескольким уровням сложности в зависимости от используемых методов гидромеханизации [13 – 27].

К первому уровню относятся традиционные технологии открытых горных работ, которые можно применять на обезвоженных пляжах хранилищ отходов или же на всей территории хранилища после ее полного осушения. Данные технологии основаны на

---

применении соответствующей техники без использования методов гидромеханизации, такой, как экскаваторы, драглайны, бульдозеры, конвейеры и перегружатели [18, 19, 27].

Ко второму уровню относятся технологии открытых горных работ, основанные на использовании традиционных методов гидромеханизации при концентрациях перекачиваемых пульп, не вызывающих вязкопластических эффектов [5, 6, 14, 25, 26]. При этом осушенная часть шламонакопителя разрабатывается с использованием гидромониторов с последующим напорным гидротранспортированием пульпы на обогатительное производство. Обводненная часть хранилища разрабатывается плавучими земснарядами с постепенным понижением геодезической отметки зеркала воды.

К третьему уровню относятся технологии открытых горных работ, основанные на использовании методов гидромеханизации и ориентированные на перемещение высоконцентрированных пульп, проявляющих свойства неньютоновских сред [3, 25].

К четвертому уровню относятся технологии, ориентированные на селективную добычу участков с повышенным содержанием угольного концентрата с последующей разработкой оставшегося объема хранилища по одной из предыдущих технологий [13, 15, 16, 20 – 23]. Места скопления угольного концентрата предварительно определяются методом отбора проб. Затем для выемки используется технология, аналогичная скважинной гидродобыче россыпей, или в случае сильного обводнения, аналогичная технологии добычи конкреций со дна моря. После обработки всех перспективных участков весь объем шламонакопителя обрабатывается наиболее рациональным способом.

Технологии пятого уровня ориентированы на сегрегацию материалов, образующих толщу хранилища по их плотности еще до начала выемки. Учитывая существенную разницу в плотности и крупности углей и породы, однородность угольных частиц, попадающих в шламонакопителя, предлагается внутри чаши хранилища или отдельной ее части создать условия, необходимые для того, чтобы уголь и порода под действием сил различной природы разделились по высоте: породные частицы усели бы вниз и сформировали нижний высококонцентрированный и более тяжелый слой, а угольные частицы поднялись над этим слоем. Предпосылки для создания таких технологий были заложены при изучении процессов отсадки и промывки угольных пульп [28 – 31], а также в процессе разработки новых для Украины месторождений янтаря, открытых в Ровенской области [15]. В частности, возможным направлением создания таких технологий является разбиение всей площади шламонакопителя на отдельные карты, внутри которых материал постепенно взвешивается за счет подачи воды в нижние слои. После достижения концентрации, близкой к той, при которой осуществляется отсадка углей, в нижние слои подается сжатый воздух, а в толщу карты вводятся стержни, вибрирующие с определенной частотой и амплитудой. Сочетания этих воздействий позволяют через некоторое время расслоить материал в карте, после чего подача воздуха прекращается, вибраторы удаляются, а верхний слой, представляющий собой высококонцентрированную угольную пульпу, сливается.

**Выводы.** Выбор технологии того или иного уровня должен определяться на стадии проектирования или технико-экономического обоснования разработки техногенного месторождения, желательно после проведения изыскательских работ, когда наиболее полно известно распределение углей и шламов по объему хранилища, достоверно оценена граница пляжа и подводного намыва. Правильность этого выбора обеспечивает не только наиболее эффективную и рентабельную разработку техногенного месторождения, но и позволяет выбрать наименее опасный вариант с точки зрения экологической нагрузки для местности, где оно расположено, а также учесть возможность последующего использования емкости хранилища.

---

### Литература

1. Горовой А.Ф. Геохимия твердых промышленных отходов предприятий Донбасса / А.Ф. Горовой, Н.А. Горвая // Минералогический журнал. – 2001. – №4. – С. 136 – 142.
2. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П.Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555 – 571.
3. Круть О.А. Водовугильне паливо / О.А.Круть. – К.: Наукова думка, 2002. – 172 с.
4. Медведева О.А. Анализ и современное состояние хранилищ продуктов переработки минерального сырья / О.А.Медведева // Збагачення корисних копалин: наук.-технічн. зб. наук. пр. – 2012. – №51(92). – Днепропетровск, 2012. – С. 22 – 29.
5. Гуменик И.Л. Проблемы разработки россыпных месторождений / И.Л. Гуменик, А.М. Сокил, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин. – Днепропетровск: Січ, 2001. – 224 с.
6. Блюсс Б.А. Совершенствование технологий предобогащения ильменитовых руд / Б.А. Блюсс, Н.А. Головач. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 126 с.
7. Евдокимов П.Д. Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик / П.Д. Евдокимов, Г.Т. Сазонов. – М.: Недра, 1978. – 440 с.
8. Малеев В.Б. Движение шахтной воды через предварительные отстойники водосборников / В.Б.Малеев // Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: сб. научн. тр. – Вып. 94. – Донецк: НИИГМ им. М.М.Федорова, 2001.– С. 92 – 99.
9. Звягильский Е.Л. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения / Е.Л. Звягильский, Б.А. Блюсс, Е.И. Назимко, Е.В. Семененко. – Севастополь: Вебер, 2002. – 247 с.
10. Назимко Е.И. Состояние и перспективы развития водно-шламовых схем углеобогатительных фабрик / Е.И. Назимко // Збагачення корисних копалин. – № 7(48).– Дніпропетровськ, 2000. – С. 63 – 66.
11. Полулях А.Д. Технологические регламенты углеобогатительных фабрик: справ.-информ. пособие / А.Д.Полулях. – Днепропетровск: НГУ, 2002 – 855 с.
12. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. – М.: Недра, 1984. – 614 с.
13. Маланчук Е.З. Обоснование параметров ядра тяжелых металлов в техногенных россыпях при скважинной гидродобыче: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.15.09 / Е.В.Маланчук. – Днепропетровск, 2009. – 201 с.
14. Блюсс Б.А. Проблемы гравитационного обогащения титан-цирконовых песков / Б.А. Блюсс, А.М. Сокил, О.Г. Гоман. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 190 с.
15. Корнієнко В.Я. Обґрунтування раціональних параметрів віброгідравлічного інтенсифікатора для видобутку бурштину: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.05.06 / В.Я. Корнієнко. – Рівне, 2011. – 278 с.
16. Аренс В.Ж. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых / В.Ж. Аренс, Б.В. Исмагилов, Д.Н. Шпак. – М.: Недра, 1980. – 229 с.
17. Аренс В.Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых / В.Ж.Аренс. – М.: Недра, 1975. – 264 с.
18. Новожилов М.Г. Открытые горные работы / М.Г.Новожилов. – М.: Недра, 1965. – 553 с.
19. Хохряков В.С. Открытые горные работы / В.С.Хохряков. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – 360 с.
20. Маланчук З.Р. Научные основы скважинной гидротехнологии / З.Р.Маланчук. – Ровно: РГТУ, 2002. – 367 с.
21. Маланчук З.Р. Физико-технические основы скважинной гидротехнологии добычи тяжелых металлов россыпных месторождений и техногенных россыпей: дис. на соискание ученой степени д-ра. техн. наук: 05.15.11 / Маланчук Зиновий Романович. – Днепропетровск, 2003. – 444 с.
22. Кириченко Е.А. Механика глубоководных гидротранспортных систем в морском горном деле: монография / Е.А.Кириченко. – Днепропетровск: НГУ, 2009. – 344 с.
23. Кириченко Е.А. Динамика глубоководных гидроподъемов в морском горном деле / Е.А. Кириченко, В.Г. Шворак, В.Е. Кириченко, В.В. Евтеев. –Днепропетровск: НГУ, 2010. – 259 с.
24. Баранов Ю.Д. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий / Ю.Д. Баранов, Б.А. Блюсс, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин. – Днепропетровск: Новая идеология, 2006. – 416 с.
25. Нурок Г.А. Гидромеханизация открытых разработок / Г.А.Нурок. – М.: Недра, 1970. – 386 с.
26. Фридман Б.Э. Разработка россыпных месторождений гидромеханизацией / Б.Э.Фридман. – М.: Metallurgizdat, 1957. – 217 с.
27. Типовые технологические схемы ведения горных работ оборудованием непрерывного действия на угольных разрезах. – К.: УкрНИИпроект, 1994. – 172 с.
28. Кизевальтер Б.В. Теоретические основы гравитационных процессов обогащения / Б.В.Кизевальтер. – М.: Недра, 1979. – 295 с.
29. Хван В.И. Отсадка угля в водной среде / В.И.Хван. – М.: Углетехиздат, 1956. – 116 с.
30. Власов К.П. Управление колебательным процессом в отсадочной машине / К.П. Власов, Э.Э. Рафалес-Ламарка // Техника и технология обогащения углей: научн. тр. УкрНИИУглеобогащения. – Т.IV. – М.: Недра, 1965. – С. 76 – 94.
31. Басс К.М. Проблемы повышения эффективности отсадочных машин с механическим приводом подвижного решета / К.М. Басс, А.В. Небагов // Збагачення корисних копалин. – 2001. – № 52. – Днепропетровск, 2001. – С. 123 – 125.

*Статья рекомендована к публикации  
докт. техн. наук Кияшко Ю.И.*