

## ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАКОПИТЕЛЕЙ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ

*Е.А. Бубнова, Е.В. Бабий, Е.А. Ворон, Институт геотехнической механики  
им. Н.С. Полякова НАН Украины, Украина*

Изложены проблемные вопросы эксплуатации накопителей отходов обогащения полезных ископаемых и направления, позволяющие сократить количество складированных и заскладированных ранее отходов. Приведены технологические схемы извлечения и предварительного обогащения содержимого накопителей отходов обогащения. Обоснованы варианты использования емкости и поверхности шламо- и хвостохранилищ после завершения срока их эксплуатации.

В Украине добывается огромное количество различных полезных ископаемых. Для извлечения минерального сырья большинства из них используются разные методы обогащения. В подавляющем большинстве случаев при обогащении извлекается только один главный ценный компонент. Такого рода технологии обогащения разрабатывались и использовались в период развития и становления горнодобывающей отрасли, когда основной задачей было производство как можно больше концентрата без учета ограниченности природных ресурсов и негативного воздействия на окружающую среду.

В результате длительного применения таких технологий возник ряд проблем экологического, экономического и социального характера, среди основных можно выделить следующие:

- сокращение запасов минеральных ресурсов, доступных к извлечению из недр или отсутствие технологий их рентабельной добычи;
- образование большого количества техногенных объектов, в которых заскладированы отходы добычи и обогащения полезных ископаемых, содержащие множество ценных компонентов;
- минимальные объемы вторичного обогащения лежалых хвостов и шламов с извлечением ценных компонентов и использования отходов без их переработки;
- увеличивающаяся техногенная нагрузка на окружающую природную среду с необратимыми изменениями свойств и параметров ее отдельных компонентов;
- негативное воздействие на социальную среду (ухудшение здоровья и сокращение продолжительности жизни населения, сокращение рабочих мест при закрытии нерентабельных предприятий и др.);
- нехватка свободных емкостей для складирования текущих отходов обогащения.

В развитых странах мира в настоящее время интенсивно внедряются безотходные технологии обогащения, при которых из сырья извлекаются все ценные компоненты, а отходы используются для производства строительных материалов. Такие технологии полностью исключают складирование и хранение отходов обогащения, повышают ресурсоемкость и доходность предприятий, обеспечивают минимальное воздействие на окружающую среду и не требуют изъятия продуктивных земель для создания емкостей для накопления шламов (хвостов).

Несмотря на существующие научные и практические разработки в Украине и до настоящего времени проектируют обогатительные фабрики с технологиями многоотходного производства. К тому же для Украины существует проблема уже накопленных отходов обогащения.

Решение проблем, сопутствующих применению отходных технологий обогащения, возможно в нескольких направлениях:

- 1) внедрение технологий управляемого создания техногенных месторождений на базе накопителей отходов обогащения с целью дальнейшего извлечения ценных компонентов, что позволит повысить сырьевую базу предприятия и обеспечит наличие свободных емкостей для будущих отходов;

2) внедрение технологий складирования сгущенных (пастообразных) отходов, что сократит требуемые объемы емкостей, повысит их вместимость;

3) разработка уже заскладированных отходов с их дальнейшей повторной переработкой или использование отходов в качестве конечного продукта (например, для производства стройматериалов), что как и в первом варианте обеспечит предприятие дополнительными сырьевыми ресурсами и свободными емкостями;

4) применение селективных технологий выемки полезных ископаемых и их предварительного обогащения (сортировки) непосредственно на добычных участках, что существенно сократит количество образующихся отходов обогащения;

5) использование поверхности и/или емкости накопителя отходов после завершения срока его эксплуатации.

Перечисленные варианты решения проблем накопления отходов, возможно применять как отдельно, так и в комбинации друг с другом.

Одним из наиболее перспективных направлений решения проблемы образования и хранения отходов обогащения является управляемое формирование техногенных месторождений с последующим извлечением тела сформированной залежи полезного компонента. Такое технологическое решение позволит повысить ресурсоемкость предприятия, сократить негативное воздействие на окружающую среду, обеспечит население новыми рабочими местами, а предприятие – свободной для складирования вновь образующихся отходов емкостью.

Управляемое создание техногенных месторождений возможно за счет знания минералогического и гранулометрического состава складированных отходов и закономерностей движения отдельных частиц в пульповоде и в потоке выпускаемой пульпы, что следует из вышеприведенной информации. Кроме того, на способ формирования техногенной залежи оказывает влияние способ выпуска пульпы, способ намыва и др. Во время гидротранспортирования хвосты в пульповоде расслаиваются по крупности: мелкие – в верхней части трубы, крупные – в донной.

В случае, когда наибольшее содержание полезного компонента в хвостах обогащения приходится на крупные частицы, эффективно применять донный выпуск, при этом в донной части трубопровода, на расстоянии равном половине диаметра трубы, оборудуется дополнительное отверстие, что способствует отложению крупных песков с высоким содержанием полезных компонентов у дамбы [1]. Таким образом, создается техногенная залежь.

В связи с этим возникает возможность управлять созданием техногенного месторождения путем регулирования расположения выпуска пульпы в плане и по отношению к зеркалу воды в емкости накопителя отходов обогащения, а также созданием дополнительных инженерных устройств [2-3].

Многие предприятия уже проводят разработку шламо- и хвостохранилищ для извлечения полезных компонентов. Однако в виду отсутствия технологии управляемого создания участков с кондиционным содержанием полезных компонентов и недостаточной изученностью процессов, происходящих при формировании техногенных залежей, извлекаются все заскладированные отходы, что приводит к снижению рентабельности работ.

С целью эффективного выбора методики создания техногенной залежи на базе накопителя отходов горнодобывающего и/или обогатительного предприятия необходимо провести ряд предварительных исследований:

- анализ исходного сырья (определение минералогического, химического и гранулометрического состава отходов и их физико-механических свойств в соответствии с действующими нормативами).

- анализ возможности использования отходов в хозяйственной деятельности (без переработки или с учетом дальнейшей переработки для извлечения полезных / ценных компонентов).

- установление необходимого (требуемого) гранулометрического состава.

- обоснование технологии складирования отходов, обеспечивающей сегрегацию складированного материала на требуемые классы по крупности или модели создания

техногенной залежи минерального сырья (разделение складываемых отходов по содержанию полезных компонентов при условии их извлечения);

- выбор технологии извлечения из созданной техногенной залежи необходимого содержимого.

Разработанная методика управляемого создания техногенного месторождения приведена в работе [3].

Заскладированные отходы обогащения, как указывалось ранее, могут подлежать выемке с целью их дальнейшего использования с или без переработки. Выемку заскладированных отходов можно осуществлять как на основании ранее сформированного техногенного месторождения [3], так и без него. В этом случае различие заключается только в схемах разработки и дальнейшего заполнения (если таковое предусматривается) емкости накопителя.

В общем виде схемы разработки шламохранилищ (хвостохранилищ) с переработкой и без нее заскладированных отходов приведены на рис. 1.

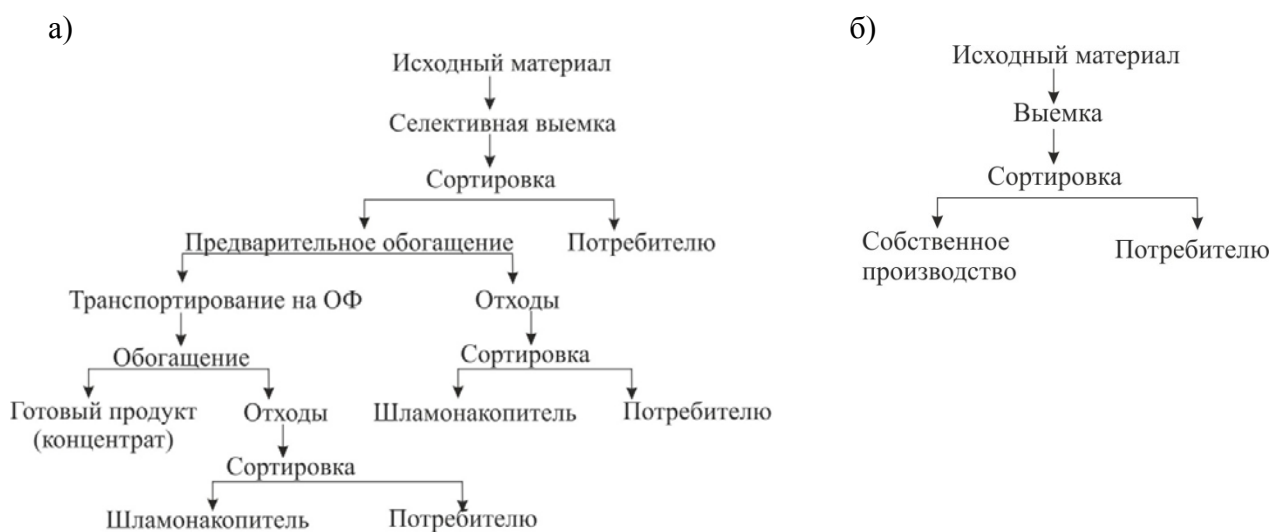


Рис. 1. Принципиальные схемы извлечения отходов обогащения из накопителей а) с извлечением полезных /ценных компонентов; б) с использованием без переработки

Технологии, технологические схемы и комплексы машин и оборудования для разработки техногенной залежи выбираются в зависимости от формы и типа сформированного месторождения, консистенции содержимого и условий транспортирования на обогатительную фабрику [5].

Одним из направлений сокращения отходов обогащения является применение технологии предобогащения. Согласно этой технологии в карьере, шахте, на отвале, хвостохранилище, или непосредственной близости от них осуществляют предварительное обогащение рудного или вскрышного потока, после чего отходы предобогащения размещают в выработанном пространстве или складывают совместно со вскрышными породами, а извлеченное полезное ископаемое направляют на обогатительную фабрику [6]. Эта технология горных работ отличается от известных тем, что в карьере или другом вышеперечисленном объекте производят дополнительные технологические процессы: крупное, среднее и мелкое дробление (при необходимости) и сухую магнитную сепарацию. Технология включает в себя достоинства предварительной концентрации металла в руде и позволяет преодолеть недостатки ее использования на обогатительной фабрике. Технология может быть применена для а) полезного ископаемого в карьере или шахте для уменьшения потерь и разубоживания горной массы; б) разубоженных пород на отвале для извлечения потерь и уменьшения объема складываемых пород; в) техногенного сырья в хвостохранилищах для разработки техногенного месторождения и расчистки емкости хвостохранилища.

Формирование дробильно-обогатительных комплексов в технологии предобогащения зависит от объекта (карьер, отвал, шахта, хвостохранилище), качества минерального сырья (кондиционные, некондиционные или окисленные руды, техногенное сырье) и кусковатости

горной массы. В зависимости от этих факторов индивидуально подбирается месторасположение комплекса, стадия дробления, тип оборудования и количество единиц. При технико-экономическом обосновании месторасположения дробильно-обогащительного комплекса решающую роль несут: наличие свободной площади (рабочей площадки, уступа, дамбы) для расположения оборудования и возможность использования конвейерного транспорта, как самого дешевого вида транспорта.

В зависимости от объекта предобогащения, его производительности, качества перерабатываемого минерального сырья и т.д. комплект оборудования в предобогащительном комплексе может быть различным. Например, в передвижном дробильно-обогащительном комплексе в карьере необходимо предусмотреть дробилку крупного дробления, тогда как при наличии автомобильно-конвейерного перегрузочного пункта дробилка уже есть, а если предобогащать техногенное сырье из хвостохранилища, то фракция исходного минерального сырья на порядок ниже, чем выдает дробилка мелкого дробления, то есть в ней нет необходимости.

Если продифференцировать полный комплект оборудования для конкретных условий применения в зависимости от типа комплекса (передвижной, полустационарный или стационарный), то можно выделить стандартный комплект оборудования по всем объектам технологии предобогащения (табл. 1).

Таблица 1. Состав оборудования комплекса предварительного обогащения

Тип комплекса	Приемный бункер	Дробилка крупного дробления	Грохот	Питатели	Дробилка среднего дробления	Дробилка мелкого дробления	Сепараторы	Бункеры для руды, промпродукта и отходов
Передвижной комплекс	+	+	+/-	+/-	-	-	+	+/-
Полустационарный комплекс	+	+	+	+	+/-	-	+	+
Полустационарный комплекс для техногенного сырья	+	-	-	+	-	-	+	+
Стационарный комплекс	+/-	+/-	+	+	+	+	+	-

Предварительная переработка горной массы может осуществляться в очистном забое, на перегрузочном автомобильно-конвейерном пункте в карьере или перегрузочном пункте на земной поверхности, на ярусе отвала, дамбе хвостохранилища или при дробильно-бункерном комплексе. В виду того, что в настоящей статье рассматривается вопрос по расчистке шламо- и хвостохранилищ, то остановимся на технологических схемах выемки техногенного сырья и осуществления его предварительного обогащения непосредственно вблизи участка по его извлечению (см. рис.1).

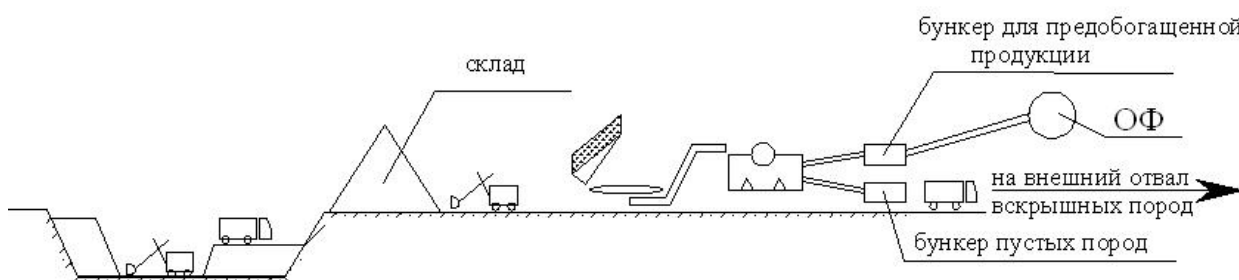
Состав комплекса оборудования по извлечению и предварительному обогащению заскладированных отходов определяется размерами накопителя отходов, состоянием поверхности и содержимого (сухое, увлажненное, влажное, обводненное), а также свойствами добываемого сырья и извлекаемого из него ценного / полезного компонента.

На рисунке 2 для примера приведены разработанные технологические схемы выемки из емкости накопителя отходов обогащения и их предварительной переработки.

Как было сказано ранее, комплекс предварительного обогащения может быть стационарным, полустационарным и передвижным. Для техногенного месторождения после оконтуривания техногенной залежи при небольших объемах сырья может быть применен передвижной комплекс непосредственно в местах скопления сырья. В результате выемки и переработки горных пород извлеченный промпродукт направляется автотранспортом на

обоганительную фабрику, а твердые отходы на отвалы вскрышных пород, потребителю или складируются снова в шламо-, хвостохранилище.

а)



б)

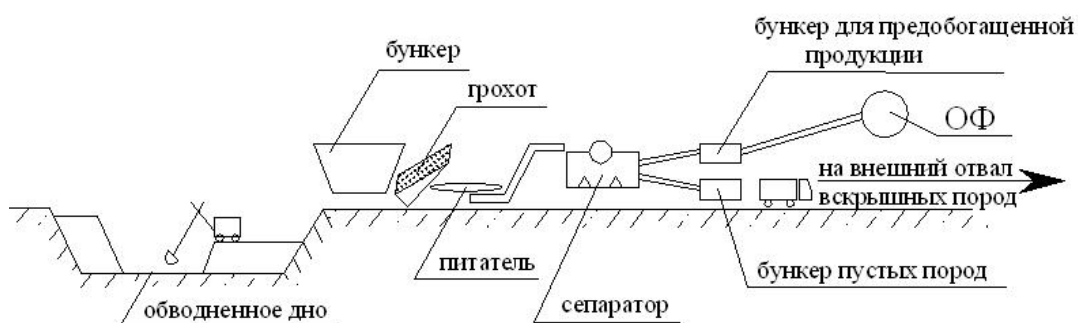


Рис. 2. Технологические схемы предварительного обогащения техногенного минерального сырья: а) при обезвоженном техногенном месторождении; б) при обводненном дне

При секционном разделении накопителя отходов и поочередной расчистки карт намыва рекомендовано устанавливать полустационарные комплексы, чтобы была возможность их переносить для упрощения транспортных схем доставки сырья.

При масштабном решении вопроса для горнодобывающего предприятия, у которого большие объемы производства и несколько накопителей отходов обогащения рекомендовано устанавливать стационарные комплексы предварительного обогащения с формированием грузопотока необходимой производительности.

В результате окончания срока эксплуатации накопителя отходов обогащения неизбежно возникает вопрос с дальнейшими действиями по его рекультивации, которая бывает технологической, биологической или комбинированной.

В виду того, что содержимое накопителя отходов может быть извлечено, как показано ранее, появляется проблема использования существующей емкости, площадь основания которой может составлять от нескольких сотен до нескольких тысяч гектар. Емкость или поверхность накопителя отходов возможно использовать без рекультивации, проводить целевую рекультивацию или комплексно восстанавливать природное состояние геологической среды на месте проведения горных работ.

Рассмотрим один из вариантов рационального использования пространства (емкости), находящихся на стадии консервирования или уже ликвидируемого шламо- или хвостохранилища путем создания промышленно-хозяйственных или туристическо-оздоровительных комплексов.

На основании ряда проведенных исследований и практического применения подобного технического решения для условий отработанных карьеров [7, 8] предложена классификация объектов, которые можно расположить в емкости или на поверхности накопителя отходов (табл. 2).

Выбор направления дальнейшего использования емкости / поверхности шламо- или хвостохранилища определяется целым рядом влияющих факторов, которые схематично приведены на рисунке 3.

Таким образом, использование емкости / пространства отслужившего срок накопителя отходов позволит сократить расходы предприятия на его рекультивацию, без отвода земель использовать уже нарушенные земли под размещение других промышленных, рекреационных, сельскохозяйственных или др. объектов.

**Выводы.** Проблему существующих шламо- и хвостохранилищ предлагается решать за счет вовлечения в разработку заскладированных отходов добычи и обогащения полезных ископаемых, управляемого заблаговременного формирования техногенных месторождений, внедрения ресурсосберегающих технологий и способов разработки. После расчистки емкости накопителя отходов предлагается размещать в ней промышленные, хозяйственные или рекреационные комплексы.

Таблица 2. Классификация объектов, которые могут быть размещены на поверхности и в емкости для накопления отходов обогащения после завершения срока его эксплуатации по отраслям промышленности и социально-культурной сфере

Отрасль, сфера	Способы доработки емкости после завершения срока его эксплуатации			
	Расчищаемые			Нерасчищаемые
	Неглубокие, до 30 м	Средние, 30- 50 м	Глубокие, свыше 50 до 100м	
1	2	3	4	5
Промышленность	1. Предприятия строительного профиля: мини заводы по производству строительных материалов, железобетонных конструкций; 2. Аналогично п.1 колонка 5. 3. Складские помещения для хранения металлопроката и строительных материалов. 4.Цеха дробильных фабрик и дробильно-сортировочных установок. 5. Пункты приема и хранения вторичного сырья.		1. Бункеры для размещения в них: золоотходов теплоэлектро-станций; радиоактивных отходов горного и металлургического производства. 2. Бункеры для хранения боеприпасов и оружия массового поражения.	1. Предприятия легкой и перерабатывающей промышленности: птице-фабрики; мини предприятия по пошиву легкой и верхней одежды; мини завод по производству металлопластиковых окон и бронированных дверей; станции технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта различной категории.
Сельское хозяйство	1. Склады для размещения ядохимикатов и удобрений. 2. Аналогично п.2 колонка 5. 3. Искусственные водоемы для орошения земельных полей близлежащих населенных пунктов.			1. Водохранилища и водоемы для разведения рыб. 2. Тепличные комплексы и оранжереи.
	4. Мини заводы по производству винной продукции.			
	5. Парки сельскохозяйственной техники.			
	6. Склады сельскохозяйственной продукции, элеваторы и др. 7. Складские помещения для хранения овощей и фруктов.			
Энергетика	1. Аналогично пп. 1,2 колонка 5.	3. Гидроаккумулирующие и атомные электростанции малой мощности.		1. Комплекс помещений для установок по производству биотоплива. 2. Комплекты ветроэнергетических установок. 3. Комплекты геопанелей и платформ солнечных коллекторов.
Городское и коммуналь	1,2 Аналогично пп. 1-2 колонка 5.			1. Станции техобслуживания автомобилей (СТО). 2. Городское кладбище. 3. Бензинозаправочные станции, нефтебазы.
	3,4 Аналогично пп. 3,4 колонка 5.			

	5. Емкости для хранения отходов. 6. Искусственные водоемы для промышленных, хозяйственно-бытовых нужд.		4. Объекты городского транспорта (автобусные парки, парки маршрутного такси и таксопарки)
	7. Склады различного назначения		
Объекты спортивного и культурного назначения	1,2,3. Аналогично пп.1-3 из колонки 5.		1. Территории для занятий водными видами спорта. 2. Пляжные зоны с развитой инфраструктурой. 3. Агропарки, включающие в себя жилые дома усадебного типа; лесопарки и т.п. 4. Зоопарки, заповедники и заказники. 5. Аналогично пп. 5,6,7 колонки 1,2. 6. Аквариумы, созданные на базе водоотстойников с восстановленным биоценозом, для проведения обучающих экскурсий и научных исследований. 7. Здания музеев (историко-краеведческий, музей геологических образцов и т.п.). 8. Телевизионные станции и вышки; вышки для осуществления мобильной связи.
	4. Аналогично п.4 из колонки 5.		
	5. Парковые зоны отдыха с искусственными водоемами и развитой инфраструктурой (сеть кафе, спортивные площадки, мотто- и велотреки, участки площадки для занятий альпинизмом и т.п.).		
	6. Учебные авто- и мототрассы, ипподромы.		
	7. Торгово-развлекательные центры.		

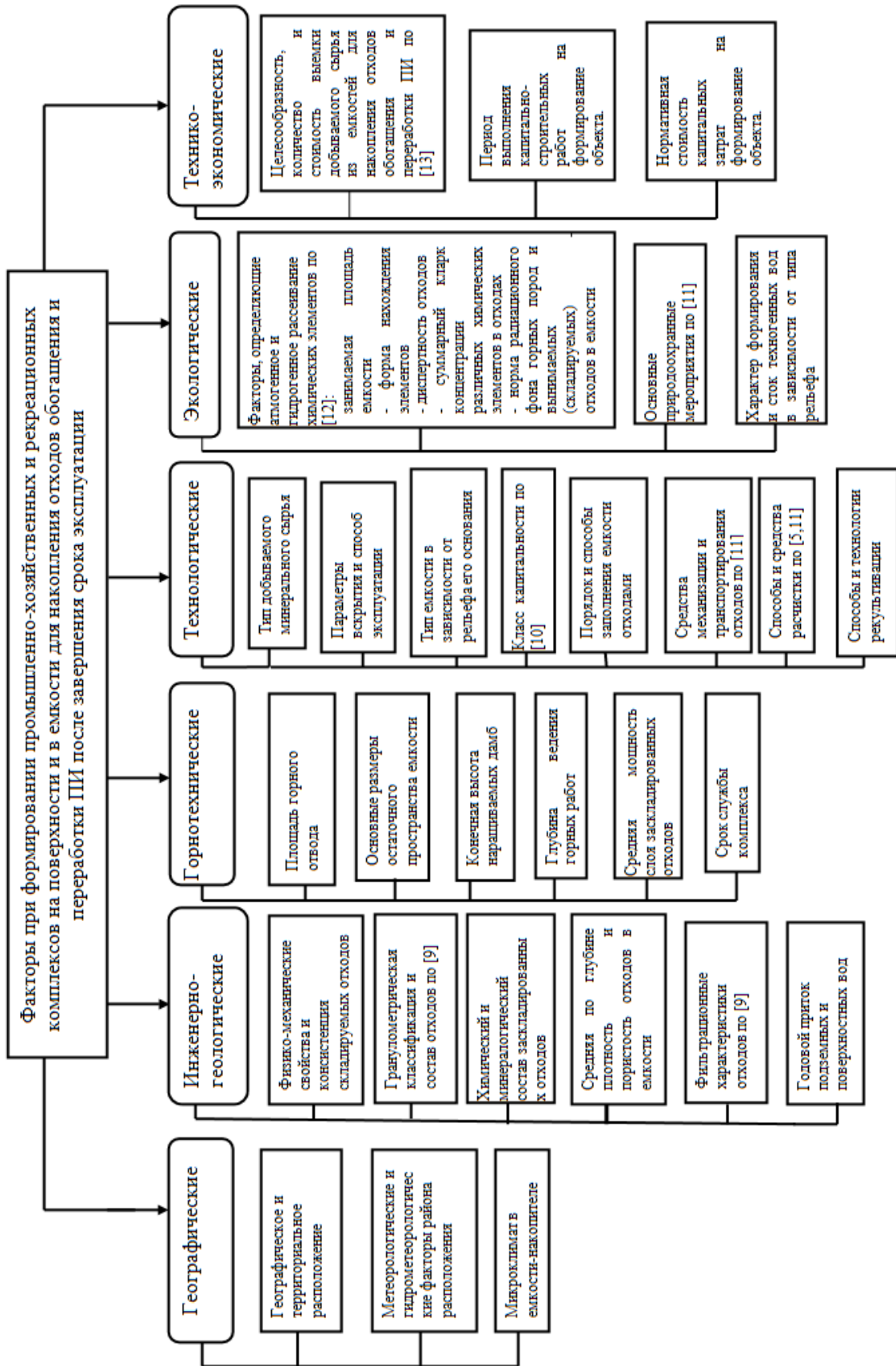


Рис. 3. Факторы, влияющие на выбор направления использования емкости / поверхности шламо- или хвостохранилища после завершения срока его эксплуатации



### Список литературы

1. Разработка теоретических основ функционирования техно-экосистемы «карьер – отвал – шламохранилище» при применении технологий и комплекса машин нового технического уровня: отчет о НИР (заключ.) [Текст]. ИГТМ НАН Украины; рук. Четверик М.С.; исп. Семенов А.П. [и др.]. – Днепропетровск, 2001. – 121 с.
2. Бубнова, Е.А. Формирование техногенных залежей полезных ископаемых в шламохранилищах с перспективой их разработки [Текст] / Е.А. Бубнова // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2014. - № 5. – С. 79-83.
3. Бубнова, Е.А. Методика управляемого формирования техногенной залежи в шламонакопителе [Текст] / Е.А. Бубнова // // *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.*- Днепропетровск:- 2014.- №117. - с. 19-27.
4. Патент на корисну модель 61522 Україна, МПК Е 21С41/26 Спосіб заповнення шламосховища з формуванням техногенного родовища [Текст] / М.С. Четверик, О.А. Бубнова, М.О. Синенко (UA).; заявл. 09.12.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. №14.
5. Четверик, М.С. Технологии и технологические схемы разработки действующих техногенных месторождений [Текст] / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, А.П. Семенов // *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.*- Днепропетровск:- 2009.- №82. - с. 122-130.
6. Бабий, Е.В. Технология предобогащения железных руд в глубоких карьерах [Текст] / Е.В. Бабий. – К.: Наукова думка, 2011. – 184 с.
7. Семенов А.П., Особенности проведения горных работ при доработке карьера для создания в его выработанном пространстве рекреационных и промышленных зон [Текст] [Текст] / А.П. Семенов, Е.А. Ворон, С.В. Пацера Матеріали міжнар. конф. «Форум гірняків – 2006.» Відкриті гірничі роботи. - Днепропетровськ, НГУ, 2006.- С. 219-229.
8. Ворон, Е.А. Совершенствование технологии рекультивации карьеров при их доработке [Текст] / *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.*- Днепропетровск:- 2009.- №81. - с. 45-51.
9. Формирование и разработка техногенных месторождений железных и марганцевых руд [Текст] / А.Г. Шапарь, А.Ю. Вилкул, Л.В. Якубенко [и др.]. - Днепропетровск: Монолит, 2012.– 140 с.
10. СНИП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования [Текст]: Действует от 1987-07-01. – м.: Госстрой СССР, 1987. – 30 с.
11. Рекомендации по проектированию и строительству шламонакопителей и хвостохранилищ металлургической промышленности [Текст] / ВНИИ ВОДГЕО.-М.: Стройиздат, 1986. - 128 с.
12. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду [Текст] / С.М. Мормиль, В.А. Сальников, Л.А. Амосов [и др.]. – Екатеринбург: НИА-Природа, ДПР по Уральскому региону. АООТ ВНИИ ЗАРУБЕЖНАЯ ГЕОЛОГИЯ Геологическое предприятие «Девон», 2002. - 206 с.
13. Гулямов, Б.С. Методологические подходы к определению экономической целесообразности освоения техногенного месторождения [Текст] / Б.С. Гулямов, Н.В. Горобец // *Екологія і природокористування* – Дніпропетровськ, 2003. - Вип. 5. С. 98-102.

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СКАЛЬНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО ДОБЫЧЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЩЕБЕНОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*А.В. Черняев, Национальный горный университет, Украина*

В статье проанализированы основные направления исследований ресурсосберегающих технологий открытой разработки нерудных месторождений скальных полезных ископаемых, предложена систематизация этих месторождений с выделением базовых (типовых) карьеров в зависимости от их пространственных размеров и мощности вскрышных пород, данные карьеры рекомендованы в качестве основных объектов исследования.

Украина занимает одно из ведущих мест в мире по запасам скального нерудного минерального сырья, которое пригодное для строительных материалов, в том числе и