

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ОТКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра охраны недр и рационального природопользования

**УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе**

А.Г.Милютин, А.К.Порцевский, И.С.Калинин

**Охрана недр и рациональное
недропользование при горных,
горно-разведочных и буровых работах**

**Зарегистрировано в Федеральном агентстве по образованию
(№ 5377 от 16.11.2005.)**

**Учебное пособие
для студентов специальностей:**

**080200 «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений
полезных ископаемых»**

**080700 «Технология и техника разведки месторождений
полезных ископаемых»**

Москва 2005 г.

Введение

В учебном пособии рассматривается система управления горным предприятием как геосистемы, относящейся к высшей категории сложности; принципы перехода от открытых систем производства к полуоткрытым и закрытым системам. Описываются техногенные процессы на объектах горного производства (при открытой, подземной добыче и при выщелачивании твёрдых полезных ископаемых), приводящие к загрязнению воздуха, воды, нарушению устойчивости недр и изменению ландшафта. Приводятся сведения о вариантах повторного использования пустот, образовавшихся при горных работах; особое внимание уделено захоронению отходов жизнедеятельности. Представляется экологическая оценка рудных месторождений и необходимых природоохранных мер, качественная и количественная оценка воздействия на окружающую среду. Приводится эколого-экономическая оценка освоения рудных месторождений в целом и методология выбора рациональной технологии добычи полезных ископаемых. Для анализа возможности переноса известных технологических и природоохранных мероприятий в новую геологическую среду представляются принципы оценки подобия месторождений и отдельных их участков. Рассматривается экономическая оценка вариантов технологии добычи полезных ископаемых и природоохранных мер - по показателям эффективности инвестиционных проектов и по сравнительному анализу приведённых затрат.

Специалисты, усвоившие сведения из данного учебного пособия, смогут работать не только на горнодобывающих и проектирующих предприятиях, но и в Росгорнадзоре, Росприроднадзоре, Росадмтехнадзоре, экологической полиции, а также в других государственных и негосударственных органах, производящих оценку воздействия горного производства на окружающую среду (ОВОС), осуществляющих горно-технологический аудит предприятия и определяющих направления совершенствования технологии добычи полезных ископаемых и размеры платежей, штрафов за вредные выбросы в окружающую среду.

Изучение этого предмета предусмотрено в Государственном Образовательном Стандарте высшего профессионального образования по направлению «Прикладная геология», дисциплина **«Рациональное недропользование и охрана окружающей среды»** является отражением другой дисциплины – **«Безопасность жизнедеятельности»**, одна из них описывает последствия для природной среды деятельности человека, а другая – воздействие условий труда и отдыха на состояние человека.

В условиях рыночной экономики основой успешной деятельности любого предприятия является обеспечение требуемого уровня рентабельности его хозяйственной деятельности, не менее важен уровень планирования технологическим процессом и **степень экологического воздействия на окружающую среду**. Использование информационных систем для проектирования и управления предприятием делает любую компанию более конкурентноспособной за счёт повышения её управляемости и адаптированности к изменениям рыночной

конъюнктуры (рис. 1.1).

Проектируемая система управления предприятием создаётся не на один день и должна обладать возможностью легко видоизменяться и адаптироваться к любым структурным изменениям компании и экономическим ситуациям. Горные предприятия с точки зрения изучения, проектирования и управления относятся, как геосистемы, к высшей категории сложности, обладающие комплексом существенных связей с внешним миром и внутри предприятия (рис. 1.2). Они представляют собой многофакторные природно-технологические объекты, разрастающиеся в пространстве в течение длительного времени (более 20 лет) и характеризующиеся большими объёмами различного вида информации, обработку которой необходимо поручать компьютеру.

Как известно, к неисчерпаемым ресурсам относятся: вода, воздух, недра Земли и космические ресурсы (солнечная радиация, энергия морских приливов и т.п.). Однако качество воды и воздуха существенно зависят от деятельности человека (антропогенный фактор), хотя и обладают большой способностью к самоочищению. К исчерпаемым ресурсам относятся: флора, фауна, почва, биологическое сырьё и полезные ископаемые. Поэтому создание научных основ контролинга предприятием и мониторинга¹ изменений в окружающей природной среде под действием горного производства - является актуальной научной задачей.

Горное производство, как и любое другое, должно обеспечивать предупреждение негативных **экологических последствий**², устранение и компенсацию этих последствий и снижение их опасности, отсюда, среди прочих, приоритетными научными направлениями являются:

- изучение технологий комплексного освоения и сохранения недр как факторов экологической опасности, анализ возможностей использования образованных пустот в новом качестве³;

- создание научных основ мониторинга изменений в окружающей природной среде под воздействием горного производства.

Наблюдения за реакцией природной среды составляет основу геофизического, геомеханического и биологического мониторинга. К геофизическому мониторингу относятся определение небиологической реакции среды (эрозия, климат и т.п.), к геомеханическому – оценка устойчивости горных выработок, напряжений, сдвижений пород и земной поверхности, к биологическому – определение реакции организмов (флоры, фауны) на антропогенное воздействие человека.

¹ **Контролинг** – инструмент управления предприятием для процесса принятия организационных решений: анализ, подготовка и контроль выполнения. **Мониторинг** – непрерывное комплексное наблюдение за объектам, измерение параметров и анализ их функционирования.

² **Зона техногенного влияния** – территория вокруг предприятия, подвергающаяся загрязнению: атмосферы, биосферы, воды, геологической среды (литосферы), почвы и земель, ландшафта.

³ См. раздел 3 настоящей работы.

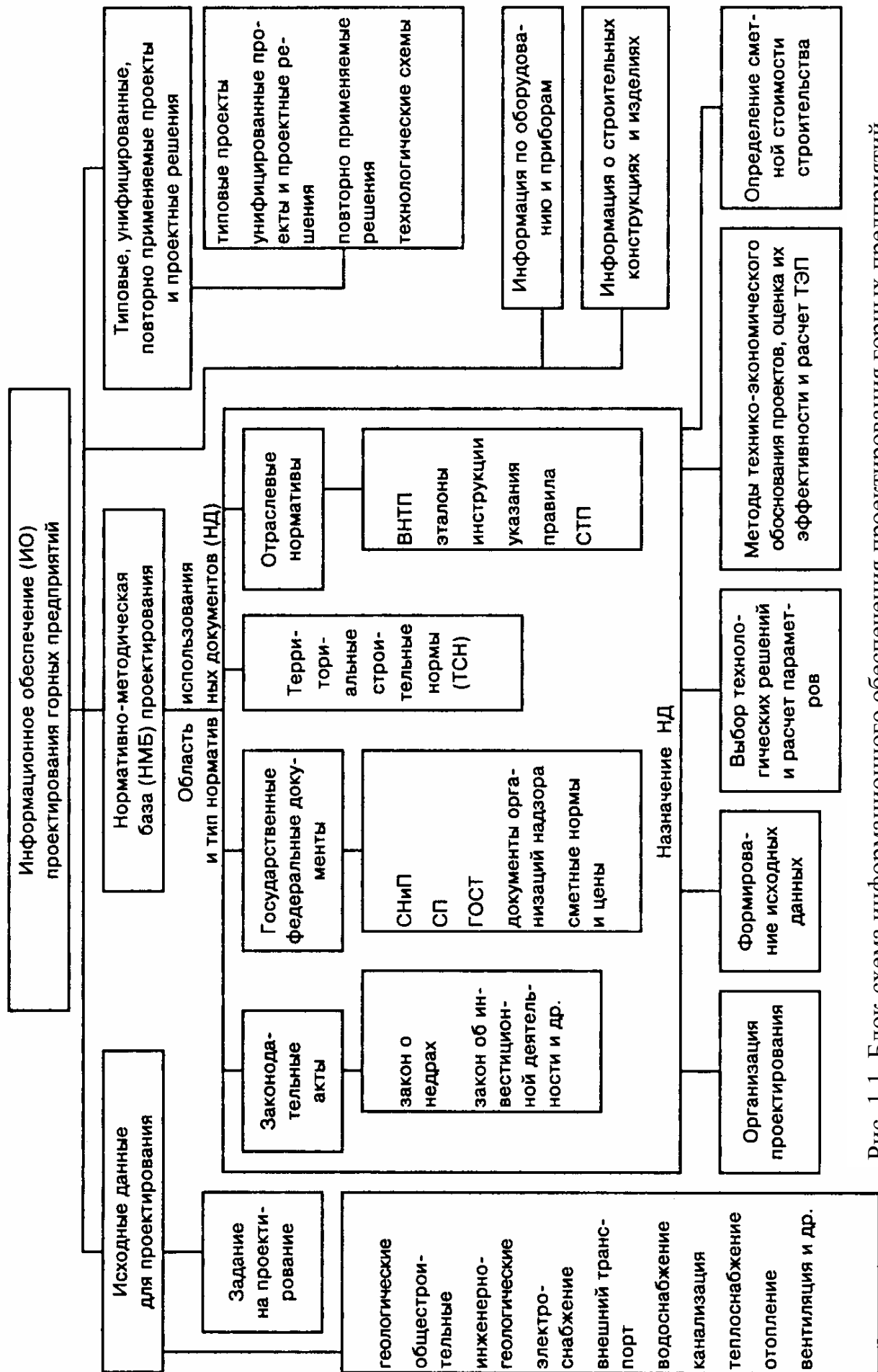


Рис. 1.1. Блок-схема информационного обеспечения проектирования горных предприятий

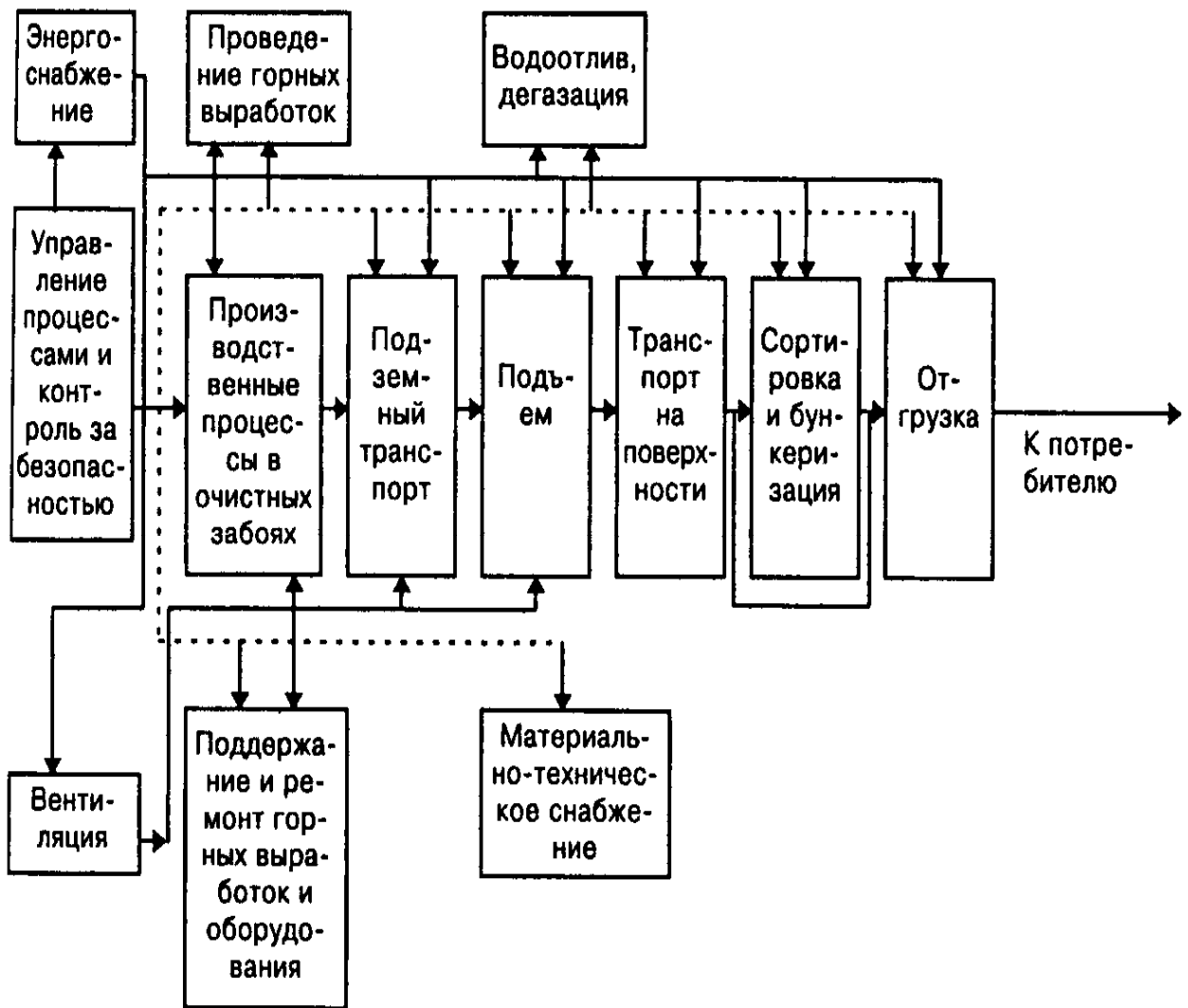


Рис.1.2. Схема технологической связи производственных процессов:

—————> непрерывные связи
> дискретные связи

Рациональное использование ресурсов недр невозможно без взаимоувязки и выбора различных технологических мероприятий. Обоснование же этих мероприятий необходимо производить на основании геолого-маркшейдерских данных, обработанных с использованием современных компьютерных технологий по эколого-экономическим моделям⁴.

Только при наличии своевременной и объективной информации о состоянии массива возможно производить динамический многомерный анализ существующего состояния освоения недр, моделирование и прогнозирование будущего развития горных работ, с учётом предупреждения негативных экологических последствий для окружающей среды. При этом эколого-экономическая

⁴ См. раздел 6 настоящей работы.

модель, кроме привычного технико-экономического сравнения⁵ вариантов технологии по приведённым затратам и по чистому дисконтированному доходу, должна включать оценку воздействия горного производства на окружающую среду⁶ и затраты на природоохранные меры, с учётом значимости и истощаемости ресурсов отдельных элементов среды, принципиального доказательства экологической допустимости горных работ на данном месторождении. До настоящего времени технологии подземной разработки месторождений практически не предусматривают дальнейшее использование преобразованных недр (по аналогии с разделом «**рекультивация земель**» в проекте открытой разработки месторождения, здесь должен быть раздел с названием, например, «**рекультивация недр**⁷»). Недра, после извлечения из них полезных ископаемых, нарушены горными выработками и пустотами, которые можно и нужно использовать в качестве **подземных сооружений**⁸ – завода, атомной электростанции, обогатительной фабрики, хранилища стратегических запасов, могильника бытовых, высокотоксичных, химических и радиоактивных отходов, ёмкости для выщелачивания металла из бедных и забалансовых руд и др. Тем самым решаются две задачи – **сохранения недр** в новом функциональном качестве и **ликвидация отвалов, хвостохранилищ** и других подобных объектов на земной поверхности. Всё это потребует дополнительных знаний о горном массиве, причём особое значение приобретает обоснование выбора технологии освоения недр и природоохранных мер, геомеханический, технологический и эколого-экономический прогноз последствий извлечения руды и дальнейшего использования пустот.

Законы новой экологии

Основные законы "новой" экологии, принятой в 60-ые годы в связи с экологической революцией (природоохранными мерами), сформулировал известный американский эколог Б.Коммонер:

1. Всё связано со всем.
2. Всё должно куда-то деваться.
3. Природа знает лучше.
4. Ничто не даётся даром.

Первый закон фиксирует большую сложность структурных и функциональных связей экологических систем любого ранга: локального, регионального и глобального.

Второй закон, фактически являющийся перефразировкой фундаментального физического закона сохранения материи, ставит задачу пределов загрязне-

⁵ См. раздел 9 настоящей работы.

⁶ См. раздел 5 настоящей работы.

⁷ **Рекультивация недр** – комплекс горнотехнических работ по восстановлению ценности недр путём использования образованных подземных пустот в качестве подземных сооружений – завода, атомной электростанции, обогатительной фабрики, хранилища стратегических запасов, могильника бытовых, высокотоксичных, химических и радиоактивных отходов, ёмкости для выщелачивания металла из бедных и забалансовых руд и др. Тем самым решаются две задачи – сохранения недр в новом функциональном качестве и ликвидация отвалов, хвостохранилищ и других экологически вредных объектов на земной поверхности.

⁸ См. раздел 3 настоящей работы.

ния биосферы (гомеостатических пределов загрязнения экосистемы⁹), т.е. проблему предельно-допустимых концентраций (**ПДК**) и предельно-допустимых воздействий (**ПДВ**).

Третий закон призывает к осторожности не только в использовании природных ресурсов, но и в осуществлении мероприятий по защите окружающей среды. Повышенный интерес к проблеме охраны окружающей природной среды и требования общественности принять немедленные запретительные меры - чреваты новой опасностью: невозможно остановить рост техногенной цивилизации и повернуть назад. В этой связи особую важность приобретает вопрос о создании и эксплуатации системы мониторинга окружающей среды, которая даёт необходимую справочную и прогнозную информацию для принятия разумных природоохранных решений.

Четвёртый закон - "Ничто не дается даром": биосфера представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно, и которая не может являться объектом всеобщего улучшения. Всё, что извлечено из неё человеческой деятельностью, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать - он может быть только отсрочен. В геологической отрасли примеров действия этого закона много. Проведена отработка месторождений полезного ископаемого - оставлены шахты и штольни. Через какой-то, возможно длительный промежуток времени (на месторождении Медвежье на Урале - через 12 лет) в результате изменения напряжённого состояния в массиве горных пород происходят катастрофические провалы земной поверхности с образованием искусственных балок глубиной десятки метров и протяженностью до нескольких километров. Добыча нефти и газа, откачка воды из земных недр, выемка полезных ископаемых приводит к изменению напряжённо-деформированного состояния горного массива, оживлению подвижек по разломам, возникновению новых разрывов. Проблема наведённой сейсмичности и горных ударов особенно актуальна на рудниках Горной Шории, Урала, Прибайкалья, Карелии, в зонах нефте- и газодобычи.

Стратегия защиты биосферы, которая разрабатывается на основе экологических законов, должна учитывать не только нынешние, но и долгосрочные интересы человечества. Поэтому, кроме рассмотренных выше законов, в основу стратегии защиты биосферы должны быть положены следующие положения:

1. Здоровье и благосостояние людей - основа всех принимаемых решений.
2. Природа не даётся нам в наследство от родителей, мы берём её в долг у наших детей.

⁹ **Гомеостаз** – способность экосистем противостоять влиянию внешней среды, сохраняя свою жизнеспособность (жизнеспособность экосистемы). **Гомеостазис** - состояние внутреннего динамического равновесия природной системы, поддерживаемое саморегулированием и постоянным возобновлением основных структур экосистемы. **Жизнеспособность экосистемы** – свойство экосистемы сохраняться или адаптироваться к изменяющимся условиям среды без деградации образующих её компонентов.

Фундаментальным принципом защиты биосферы является принцип нормального существования экосистем. Более 60 лет назад Олдо Леопольд (1941) выразил необходимость здравого и глубокого понимания этого принципа. Вмешательство в естественный ход вещей обычно связано с тремя ошибочными представлениями:

1) каждое из таких вмешательств рассматривается по отдельности, т.к. оно проводится специальным учреждением, а выполняющие его люди являются экспертами - каждый в своей узкой области, разные ведомства и специалисты часто высказывают исключающие друг друга суждения и их высокий профессионализм мешает охватить им проблему в целом (ведомственный подход);

2) принято считать, что любой созданный человеком механизм лучше природного, что в корне не верно, т.к. оправдывает любой вид человеческой деятельности по преобразованию природы;

3) мы считаем, что машины и общественные учреждения - сложные системы и что неумелое обращение с их отдельными частями может повлиять на целое, но мы ещё не знаем, что это относится также и к почве, воде, растительности и т.д.

1. Техногенные процессы на объектах горного производства

По мере роста промышленности возрастает потребность в добыче минерального сырья. Для добычи потребного количества чёрных и цветных металлов в 30 млрд. т необходимо извлечь из-под земли 150 млрд. т руды и переместить около 450 млрд. т пустой породы. А на долю предприятий топливно-энергетического комплекса России, при использовании нефти, газа, угля, горючих сланцев, торфа и урана, приходится 50% вредных выбросов в воздушный бассейн от суммарного их объёма, до 35% объёма сточных вод и около 30% твёрдых отходов.

Такие темпы роста и масштабы добычи поражают и пугают своими **последствиями для экологии** биосферы. Вместе с тем, как математически доказал лауреат Нобелевской премии Илья Пригожин¹⁰, у природы есть своя "свобода выбора", которая проявляется в точке бифуркации¹¹, и поэтому у сложных природных систем будущее столь же непредсказуемо, как и у систем исторических, общественных. А так как свобода выбора связана с творчеством, то можно сказать, что природа в состоянии творить.

Согласно Второму закону термодинамики, предоставленная самой себе замкнутая термодинамическая система (например, геологическая среда, нарушенная горными работами) будет стремиться от порядка и устойчивости к хаосу и разрушению, причём процесс этот необратим, направлен «по стреле времени», и система беспрестанно эволюционирует от порядка к хаосу, с ростом беспорядка (энтропии). Но для открытых нелинейных систем (изучаемых нау-

¹⁰ Илья Пригожин Философия неустойчивости. – Журнал «Вопросы философии», 1991, № 6, с. 46-57.

¹¹ **Точка бифуркации** - точка "раздвоения" траектории жизни системы, в которой нельзя точно спрогнозировать, какую именно траекторию она выберет в ближайшем будущем.

кой синергетикой) этот закон теряет свою силу, и локализованные, быстро развивающиеся новые структуры (**«острова устойчивости»**) как раз и существуют за счёт возрастающей хаотизации среды и развития в ней энтропии. Именно так из простого возникает сложное, что доказывает биологическая, социальная эволюция, а также эволюция минералов. Таким образом, естественное стремление системы к хаосу вовсе не ведёт к утрате гармонии, Пригожину И. удалось доказать, что хаос может быть конструктивен - он порождает новый порядок, и среда, распадаясь на дискретные структуры, самоорганизуется и останавливает разрушительное действие диффузионных процессов. При этом существует некая предопределенность, несущая с собой своеобразные правила запрета и ограничения на способы существования природных объектов.

Отсюда следует вывод: человек, зная механизмы самоорганизации геологической среды, нарушенной горными работами, может сознательно ввести в среду соответствующую флуктуацию¹², т.е. уколоть среду в нужных местах и тем самым направить её движение в нужную сторону. Но направить, опять же, не куда угодно, а в соответствии с потенциальными возможностями самой среды. Итак, свобода выбора у природных объектов есть, но сам выбор ограничен возможностями объекта, поскольку он не пассивен, а обладает собственной **«свободой процесса самосборки»**. И материя - вовсе не пассивная субстанция (по устаревшей механистической картине мира), ей свойственна спонтанная активность.

Снизить негативное воздействие человека на природу в горном деле может переход от открытых систем производства к закрытым системам.

Открытая система производства представляет собой карьер или рудник или шахту, с обогатительной фабрикой и гидрометаллургическим заводом. Все они загрязняют воздух, вызывая кислотные дожди, гибель флоры и фауны, лёгочные заболевания у людей, потребляют огромное количество дефицитной пресной воды (например, для производства 1 т стали требуется 295 м³ воды, меди – 5000, алюминия – 1500, резины – 2400, пластмассы – 3000, капрона – 5000 м³ воды на 1 тонну), складировать на больших площадях породу, твёрдые и жидкие хвосты обогащения.

Система отличается крайне низким выходом готовой продукции на единицу использованных минеральных ресурсов и огромными площадями изувеченной природы. Состояние технологий очистки не позволяет надеяться на самоочищение и разбавление отходов в водных и воздушных бассейнах. Выход – в переходе к полукрытым и закрытым системам производства.

Полукрытая система производства предусматривает избирательное использование отходов, организацию частичного оборота воды в замкнутом контуре, попутное извлечение некоторых ценных компонентов из минерального сырья.

Более полная очистка дорогими комплексами вредных выбросов в воздух и в воду возвращает отходы на повторное извлечение из них полезных веществ, а внедрению этих комплексов весьма способствуют жёсткие законы об установлении штрафов за выбросы (в США, например, за каждый килограмм выбро-

¹² **Флуктуация** - случайное отклонение от среднего значения.

шенной в атмосферу серы штраф составляет в различных штатах от 2 до 20 центов).

Закрытая система производства основана на: а) комплексной переработке минерального сырья во множество полезных продуктов, суммарный вес которых иногда выше веса изначального сырья за счёт использования реагентов и вспомогательных материалов; б) извлечении ценных компонентов из твёрдых, жидких и газообразных отходов и выбросов; в) утилизации пустых пород в удобрения и строительные материалы (кирпич, черепица, керамическая плитка, пигментные красители и т.д.); г) замене подземной и открытой добычи руды, её переработки на обогатительной фабрике - на прямую переработку сырья подземным и кучным выщелачиванием, в том числе используя биологическое, электрохимическое и сорбционное выщелачивание.

Итак, пути преодоления экологического кризиса и существенного **улучшения экологической обстановки** заключаются в следующем:

- отказ от использования производств с экологически вредными техногенными воздействиями на среду (выбросы газов, сбросы загрязнённой воды и растворов, накапливание отходов);
- переход на технологии и процессы, предусматривающие малоотходные технологии и нейтрализацию вредных технологических воздействий на самом производстве;
- создание центров по переработке, обезвреживанию уже накопленных отходов и их захоронению.

Качество природной среды и состояние природных ресурсов, в общем случае, оценивается по **следующим факторам**:

- атмосферный воздух, озоновый слой;
- поверхностные, подземные и морские воды;
- почвы и земельные ресурсы;
- использование полезных ископаемых и охрана недр;
- леса и растительный мир;
- животный мир и рыбные ресурсы;
- радиационная обстановка;
- климатические особенности, стихийные и природные явления;
- влияние загрязнения окружающей среды на состояние здоровья населения (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классы опасности химических элементов в природных средах¹³

Класс опасности	Характеристика элементов	Химические элементы		
		В почвах	В поверхностных водах	В атмосферном воздухе
1	Чрезвычайно опасные	As, Cd, Hg, Pb, Zn, F, Se	Hg, Be, Tl	Hg, Pb, Be, Se, Te, V, Cr, Co
2	Высоко опасные	Cr, Co, Ni, Cu, Mo, Sb, B	As, Cd, Pb, Se, Bi, Co, Sb, Te, Mo, W, B, F, Br, Al, Li, Ba, Sr	As, Cd, F, B, Mn, Ni, Cu
3	Умеренно опасные	V, Mn, W, Sr, Ba	V, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn	Zn, Mo, W, Ge, Sn

Из табл. 1.2 видно, что именно горнодобывающая промышленность оказывает на природу наиболее сильное воздействие.

Таблица 1.2

Сравнительная оценка воздействия на окружающую среду различных отраслей промышленности¹⁴

Отрасль	Воздушный бассейн	Водный бассейн		Земная поверхность		Флора, фауна	Недра
		Поверхностные воды	Подземные воды	Почвенный покров	Ландшафт		
Горнодобывающая	С _р	С	С	С	С	С _р	С
Химическая и нефтехимическая	С	С	С _р	С _р	Н	С _р	С
Металлургическая	С	С	Н	С _р	Н	С _р	О
Целлюлозно-бумажная	С _р	С	Н	Н	О	Н	О
Энергетическая	С	С	Н	Н	Н	Н	О
Строительство	Н	Н	Н	С _р	С _р	Н	Н
Транспорт	С _р	С _р	Н	Н	Н	Н	О
С – сильное воздействие; С _р – воздействие средней силы; Н – незначительное воздействие; О – отсутствие воздействия							

¹³ Недра России. Том 2. Экология геологической среды. Под ред. Н.В.Межеловского, А.А.Смылова. – С.-П. - М.: С.-П. горный институт, Межрегион. центр по геол. картографии, 2002, 662 с.

¹⁴ Ревазов М.А., Лобанов Н.Я., Маяров Ю.А., Персиц В.З. Экономика природопользования. – М.: Недра, 1992.

Горные работы - связанные с добычей полезных ископаемых, подземным строительством и эксплуатацией подземных сооружений - приводят к образованию и длительному существованию свободного подземного пространства, влияние которого на окружающую среду трудно переоценить. Загрязнение окружающей среды происходит на всех стадиях производственного цикла¹⁵: геологической разведки, добыче полезных ископаемых, переработке руд, ликвидации отходов технологического передела, эксплуатации подземных промышленных объектов. При этом загрязняющие продукты можно разделить по следующим группам (структура основных видов загрязнений приведена в табл. 1.3):

- 1) по выбросам горных предприятий (воздействующих на поверхность земли, леса, воды, атмосферу, недра, социальную среду);
- 2) по фазовому составу выбросов (жидкие, твёрдые, газообразные);
- 3) по физическим свойствам (механические, тепловые, радиационные, акустические и др.);
- 4) по степени воздействия (агрессивные и неагрессивные);
- 5) по свойствам суммации (способность к вступлению в химические реакции с элементами природной среды, в том числе с образованием новых загрязняющих веществ);
- 6) по свойствам накопления (или ненакопления) в природных средах.

Таблица 1.3

Структура основных загрязнений окружающей среды
в зоне действия горных предприятий (по Ревазову М.А.)

Стадии освоения месторождения	Элементы природной среды			
	Недра	Литосфера	Гидросфера	Атмосфера
Геологическая разведка	Незначительное нарушение структуры недр	Нарушение земель	Загрязнение поверхностных вод	Акустическое, механическое, незначительное химическое
Добыча полезных ископаемых	Нарушение структуры недр	Нарушение земель	Нарушение гидробаланса подземных, грунтовых и поверхностных вод	Акустическое, механическое, химическое
Обогащение	-	Отторжение земель	Механическое, химическое, тепло-	Шумовое, тепловое, механическое, хими-

¹⁵ **Жизненный цикл освоения месторождения** – период полного освоения минерального сырья, включает следующие этапы: 1) поиск и разведка запасов сырья; 2) строительство горного предприятия; 3) разработка месторождения; 4) обогащение руды; 5) складирование отходов; 6) ликвидация горнодобывающего предприятия; 7) восстановление нарушенных природных ресурсов (**рекультивация недр и земель**).

			вое	ческое
Металлургия	-	Отторже- ние земель	Механиче- ское, химиче- ское, тепло- вое	Шумовое, теп- ловое, механи- ческое, хими- ческое
Утилизация от- ходов	-	Отторже- ние земель	Механиче- ское, химиче- ское, тепло- вое	Шумовое, теп- ловое, механи- ческое, хими- ческое
Складирование отходов	-	Отторже- ние земель	Механиче- ское, химиче- ское	Механическое, химическое, тепловое
Транспортирова- ние сырья и от- ходов	-	Отторже- ние земель	-	Механическое, акустическое

Наиболее распространёнными **изменениями природной среды** являются:

- изменения ландшафта урбанизированных территорий, сельскохозяйственных и горнодобывающих районов, деформирование поверхности Земли в результате откачки вод, добычи жидких, газообразных и твёрдых полезных ископаемых, подработки территории подземными сооружениями;
- подъём уровня грунтовых вод и подтопление территорий при строительстве водохранилищ, орошении земель, при добыче, например, угля, при планировке территории с изменением естественных водоразделов и несущей способности грунтов;
- изменение гидродинамического режима, загрязнение подземных и поверхностных вод в результате водозабора, перераспределения стоков, сброса жидких отходов;
- активизация деформационных процессов (оползни, сёли), эрозии почвы, повышение сейсмичности территорий;
- изменение напряжённо-деформированного состояния и температурного поля массива горных пород.

В целом эти изменения могут привести к необратимым изменениям естественного геологического, гидрогеологического, геомеханического, теплового, геохимического, радиационного и биологического равновесия.

Если раньше охрана окружающей среды предполагала разработку и реализацию мероприятий только защитного характера, то теперь уровень развития производства требует расширения этого понятия с включением в него и планового управления природными ресурсами. Результаты воздействия горного производства на окружающую среду приведены в табл. 1.4.

Важнейшей стороной проблемы взаимодействия горного производства с окружающей средой в современных условиях является всё более усиливающаяся обратная связь, т.е. влияние условий окружающей среды на выбор решений при проектировании, строительстве горных предприятий и их эксплуатации (способ осушения месторождения, вид рекультивации, способ отбойки руды, размещение внешних отвалов и т.п.) – см. табл. 1.5.

Воздействие горного производства на окружающую среду

Элементы биосферы	Воздействие	Результаты воздействия
Водный бассейн: 1.Подземные воды	Осушение месторождений, сброс сточных и дренажных вод	Уменьшение запасов вод, нарушение гидрологического режима
2.Поверхностные воды	Осушение и перенос водоёмов и водостоков, сброс сточных и дренажных вод, водопотребление	Загрязнение водного бассейна сточными и дренажными водами
Воздушный бассейн	Выбросы в атмосферу пыли и газов	Загрязнение (запыление и газозавывание) атмосферы
Почва	Проведение горных работ, сооружение отвалов, хвостохранилищ, строительство зданий, сооружений, дорог	Деформации земной поверхности, нарушение почвенного покрова, сокращение площадей сельскохозяйственных угодий, загрязнение почвы, эрозия
Флора и фауна	Строительство зданий, сооружений, дорог, вырубка лесов, загрязнение почвы, воды, воздуха, шум	Ухудшение условий обитания, миграция и сокращение численности, видов живых организмов, снижение урожайности сельскохозяйственных угодий, продуктивности животноводства, рыбного и лесного хозяйства
Недра	Проведение горных работ, извлечение полезных ископаемых, вмещающих и вскрышных пород, осушение и затем обводнение месторождений, возгорание полезных ископаемых и пород, захоронение вредных веществ, сброс сточных вод	Изменение напряжённо-деформированного состояния массива, снижение качества полезных ископаемых, ценности месторождения, загрязнение недр, сдвигание и обрушение

Наиболее полное использование минеральных ресурсов означает следующее.

1. В сфере производства минерального сырья – это комплексное освоение сырьевых регионов, оптимизация плановых потерь при добыче и переработке, использование содержащихся в сырье основных полезных компонентов, утилизация вмещающих пород и отходов производства, пересмотр кондиций и во-

влечение в эксплуатацию забалансовой руды на основе новых технологических решений, например, методами физико-химической геотехнологии.

2. В сфере потребления минерального сырья – это снижение расхода и потерь сырья за счёт применения более совершенных технологий, использования вторичного сырья и отходов, замена минерального сырья искусственными материалами и т.д.

Таблица 1.5

Мероприятия по рациональному использованию
минеральных ресурсов и охране недр¹⁶

Группа мероприятий	Круг решаемых задач	Варианты направлений работ
Технологические	Предотвращение потерь, снижения качества сырья, интенсивности разрушения массива	Выбор оптимальных способов отработки месторождения (открытого, подземного и др.), схем вскрытия и систем разработки, щадящей отбойки, способов управления горным давлением, механизации горных работ, транспорта горной массы, вариантов закладки выработанного пространства, использования подземного пространства
	Повышение эффективности освоения недр, снижение негативного воздействия на окружающую среду	Совершенствование техники и технологии добычи и переработки руды, снижение выбросов вредных веществ, вторичное использование подземных пустот, оборотной воды, пород из отвалов, хвостохранилищ
Защитно-профилактические	Охрана некондиционных запасов в недрах, водоносных горизонтов, объектов на поверхности	Оставление целиков, применение закладки, упрочнение бортов карьеров, хвостохранилищ и откосов отвалов
	Снижение размеров депрессионных воронок, сохранение качества грунтовых вод	Устройство защитных завес вокруг карьера, зон обрушения, водопонижающих дренажных систем, организация водоснабжения в районах развития депрессионных воронок
	Предотвращение возникновения пожаров	Предотвращение поступления кислорода в самовозгораемую руду, заиливание магазина руды и зон обрушения

¹⁶ Мирзаев Г.Г., Иванов Б.А., Щербаков Н.М. Экология горного производства. – М.: Недра, 1991, 320 с.

Экологические	Обеспечение качества природной среды	Устройство зелёных санитарных зон вокруг предприятий, хвостохранилищ, рекультивация нарушенных земель, предотвращение водной и ветровой эрозии, оползней на отвалах и карьерах, очистка шахтных вод на полях орошения
Организационные	Организация комплексного использования недр и минеральных ресурсов	Планирование использования всего перечня добываемого сырья в регионе, его глубокой переработки, очистки отходов и вторичного их использования в закладке, на стройке. Повышение квалификации специалистов, мониторинг состояния природной среды

К известным мероприятиям по рациональному использованию минеральных ресурсов (см. табл.1.5) можно **добавить мероприятия** по геомеханическому обеспечению устойчивости горных выработок, снижению опорного горного давления, сдвижений пород, разгрузке вывало- и удароопасных участков массива, приведению неоднородных дифференцированных участков и зон массива в равноустойчивое состояние. К этим мероприятиям относятся и способы поддержания очистного пространства:

1) естественное поддержание рудными и породными целиками (предохранительные целики капитальных выработок, межэтажные, межкамерные и барьерные целики);

2) искусственное поддержание:

- крепью (распорная, костровая, рамная, станковая);
- магазинированием рудной массы;
- закладкой (сухая, гидравлическая, твердеющая);
- принудительным обрушением налегающих пород.

Структура горнодобывающих и перерабатывающих комплексов приведена на рис. 1.3, а негативные последствия угледобывающего производства приведены на рис. 1.4.

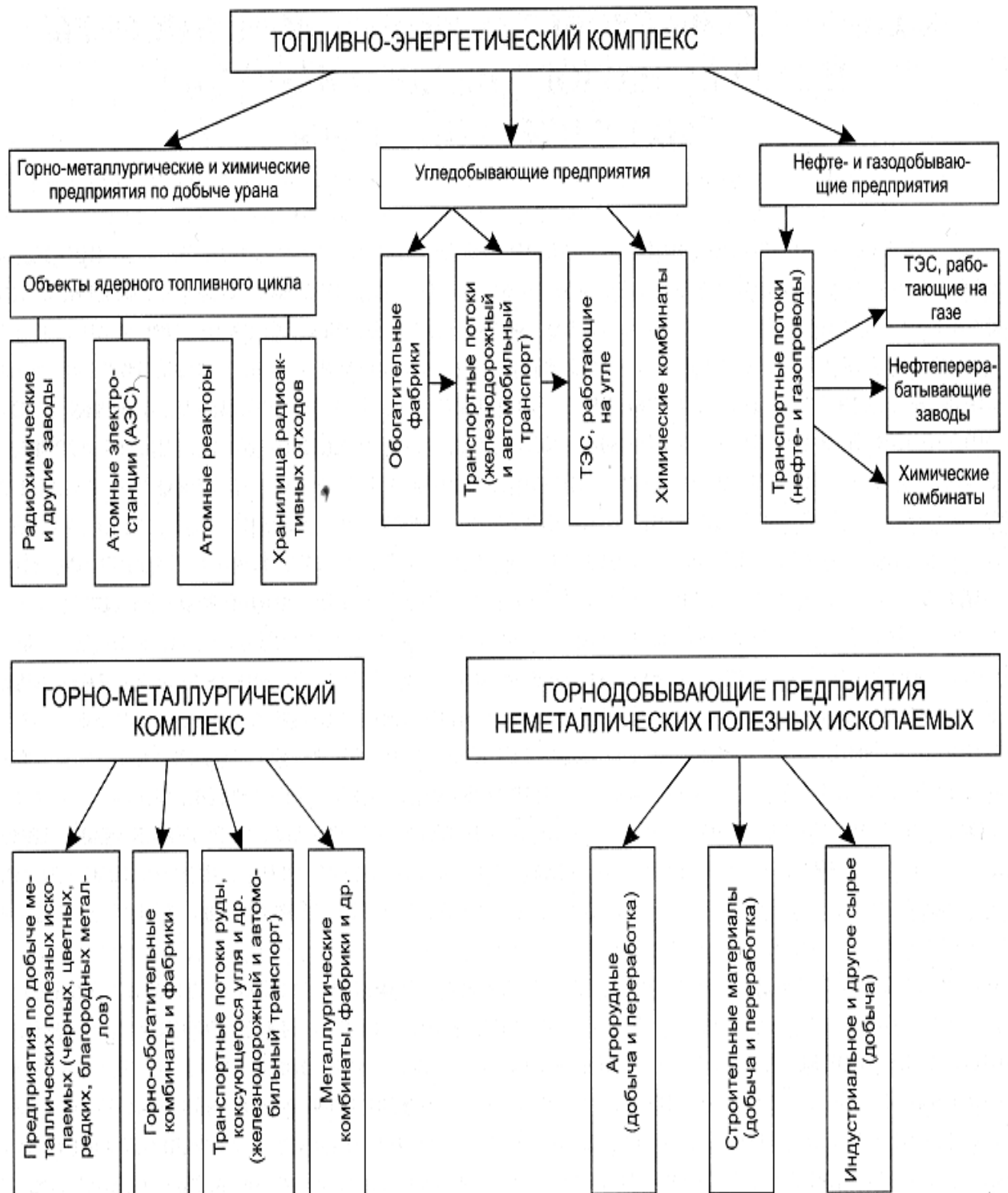


Рис. 1.3. Структура горнодобывающих и перерабатывающих комплексов

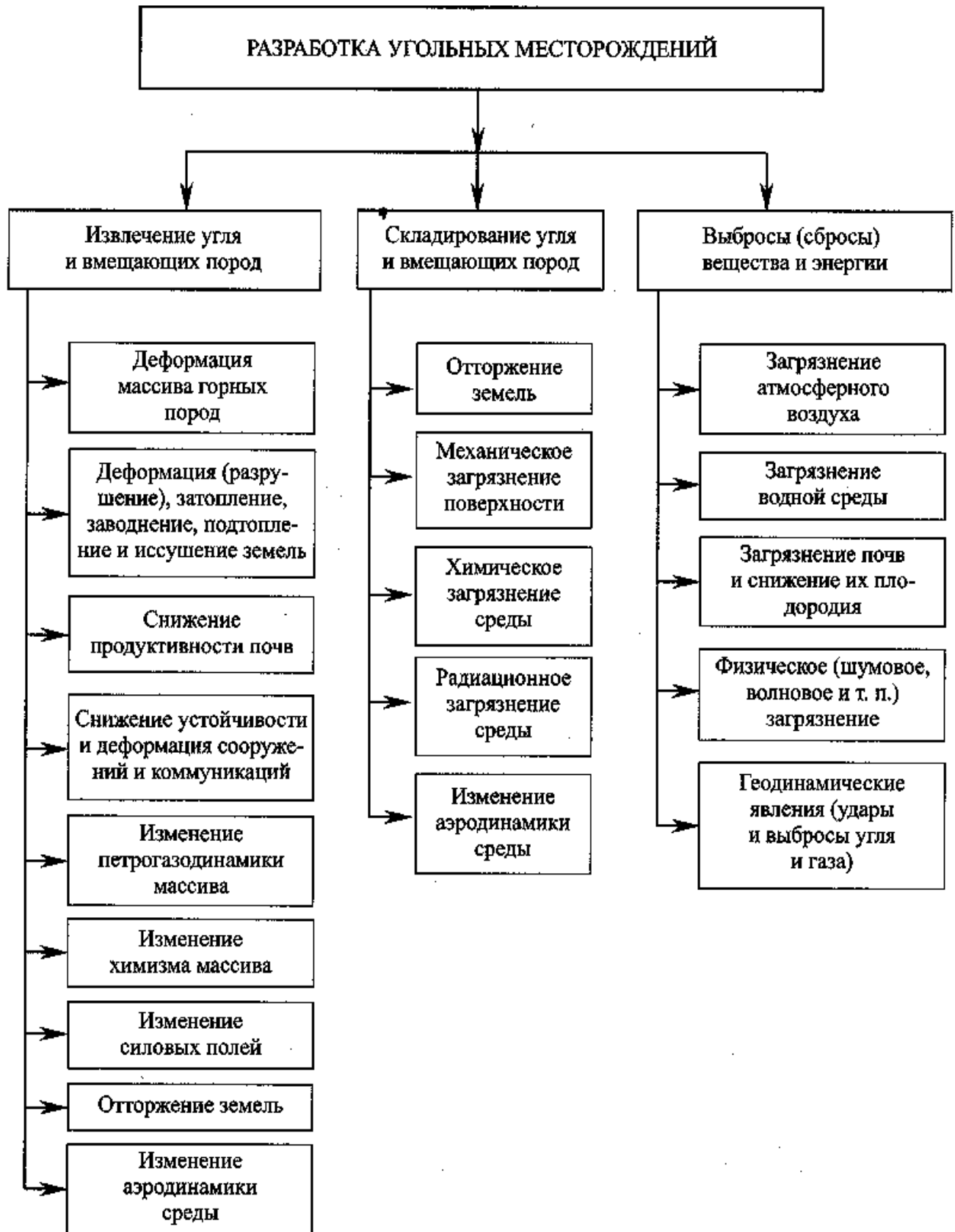


Рис. 1.4. Негативные последствия угледобывающего производства

1.1. Загрязнение воздуха

К антропогенным источникам загрязнения относятся: автомобильный, железнодорожный и воздушный транспорт, тепловые (40% выбросов) и энергетические установки, промышленные предприятия, города.

Газообразные выбросы образуют в атмосфере соединения углерода, серы и азота, которые затем частично растворяются в Мировом океане, где концентрация, например, углекислого газа в 60 раз выше, чем в воздухе, и поглощающая способность океана постепенно уменьшается. Повышение концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к бурному росту растительности, но, к сожалению, зелёный покров планеты постепенно сокращается и углекислота не расходуется, а накапливается, тепловой баланс планеты нарушается, льды тают.

Максимальное загрязнение воздуха происходит в забое горной выработки (на открытых работах – в рабочей зоне, пространстве высотой до 2 м над уровнем площадки) при бурении шпуров и скважин, проведении взрывных работ, вторичном дроблении, погрузке, грохочении и транспортировке горной массы.

Главными **ядовитыми примесями** рудничного воздуха являются:

Оксись углерода CO – газ без цвета, вкуса и запаха, образуется в шахтах при взрывных работах, рудничных пожарах, тлении горючих веществ, взрывах метана и угольной пыли, работе двигателей внутреннего сгорания. Вызывает кислородное голодание человека и быстрое отравление организма.

Сероводород H_2S – газ без цвета, со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц, весьма ядовит. Появляется в шахтах в результате гниения древесины, разложения шахтными водами серосодержащих пород (гипс, сернистый колчедан и др.), выделяется из пластов калийных и других солей, из водных минеральных источников, пересекаемых выработками, а также образуется при горении огнепроводного шнура.

Сернистый газ SO_2 – бесцветен, обладает кисловатым вкусом и сильно раздражающим запахом, напоминающим запах горения серы. Сернистый газ образуется при взрывных работах в серосодержащих породах, из сульфидных пород, угля, иногда засасывается с поверхности, если вблизи расположены ж/д депо, горящие отвалы пустых пород.

Двуокись азота NO_2 – газ без вкуса красно-бурого цвета с характерным чесночным запахом, чрезвычайно ядовит.

Выхлопные газы – состоят из многих компонентов, образуются при неполном сжигании топлива - окисления серы, разложения сложных эфиров смазочных масел и т.п.

Метан (CH_4) – газ без цвета, вкуса и запаха, сильно горюч и взрывоопасен (в сочетании с пылью). Максимальная метаноносность угольных пластов зависит от степени метаморфизма, величины природного давления метана и достигает 30-45 м³/т угля (на средних и больших глубинах в Кузнецком, Карагандинском и Донецком бассейне). По величине относительной газообильности оценивают категорию угольных и сланцевых шахт по газу (I категория - при

относительной метанообильности более 5 м³/т). В среднем 1 т добытого угля сопровождается выделением 13,5 м³ метана и 8,2 м³ углекислого газа.

При разработке некоторых месторождений в атмосферу могут выделяться газообразные радиоактивные вещества, основным из которых является радон, образованный при распаде радия.

Кроме того, загрязняет воздух рудничная пыль, наиболее опасны угольная, сланцевая и сульфидная пыль. Тонкодисперсная пыль, размером менее 0,1-0,06 мм, в сочетании с тремя горючими газами (метан, кислород и водород) весьма взрывоопасна. Нижний предел концентрации взвешенной пыли, при которой она взрывается, составляет для каменных углей 20-25 г/м³. Предельно допустимое содержание пыли в воздухе горных выработок и очистных забоев, в зависимости от содержания кремнезёма, составляет 2-10 мг/м³.

На открытых горных работах с автомобильным транспортом при слабом ветре возможно образование смога (туман или дым с копотью).

Экологизация атмосферного воздуха

Необходимость проведения мероприятий по экологизации воздушной среды при недропользовании вытекает из Федерального закона РФ № 96-ФЗ “Об охране атмосферного воздуха” от 04.05.99 г. и ГОСТов РФ по системе “Охрана природы. Атмосфера”.

Мероприятия по снижению вредного воздействия горного производства на атмосферный воздух разделяют на профилактические (косвенные) и оперативные (прямые).

Профилактические мероприятия разрабатываются с момента составления генеральных планов объектов недропользования, на которых определяется положение производственных и коммунальных сооружений относительно гидрографической сети, розы ветров и жилых объектов. Например, в угольных бассейнах вредное воздействие на экологию атмосферного воздуха оказывают горящие терриконы. Загрязняет атмосферу и ветровая эрозия карьеров, отвалов и хвостохранилищ.

Оперативные мероприятия по охране воздуха осуществляются при строительстве и эксплуатации объекта недропользования. В забоях горных выработок применяют пылеулавливание, а при значительном выделении рудничных газов осуществляют каптаж¹ с последующей утилизацией. При принудительной вентиляции производится отвод и очистка рудничного воздуха перед выбросом его в атмосферу. При разработке полезных ископаемых с коэффициентом крепости менее шести (по шкале М.М.Протоdjяконова) целесообразно отказаться от взрывной отбойки и использовать проходческие и очистные комбайны с механической отбойкой, на добыче кристаллосырья и облицовочного камня применяется невзрывное разрушение расширяющимися смесями.

Защита атмосферы от загрязнений предусматривает:

¹ **Каптаж** - улавливание метана в скважины, затем отсасывание его из дегазационных скважин в специальный газопровод и далее - на земную поверхность.

- пыле- и газоподавление;
- электрические, инерционные и фильтрационные методы очистки промышленных и вентиляционных выбросов;
- использование роторных фильтров в системах газопылеулавливания и реактора-диспергатора для очистки газов;
- применение термokatалитических технологий переработки осадков и адсорбционно-химическая очистка;
- использование блочных катализаторов сотовой структуры для обезвреживания токсичных компонентов в газовых выбросах;
- плазмохимические и электрофизические методы очистки отходящих газов.

Предотвращение метановыделения и воспламенения:

- разбавление метана свежим атмосферным воздухом за счёт общешахтной нагнетательной вентиляции и местной всасывающей, для создания разреженного давления в забое;
- изоляция выработанного пространства;
- контроль за состоянием и качеством проветривания;
- дегазация² пластов опережающим бурением скважин и шпуров, нагнетанием в пласт воды (до гидроразрыва), применяют при выделении метана более 3-4 м³/мин, например, с использованием вакуум-насосных и газоотсасывающих установок;
- дегазация выработанного пространства;
- запрет на открытый огонь в шахте, применение горного оборудования во взрыво- и искробезопасном исполнении;
- при взрывной отбойке использовать только предохранительные патронированные ВВ с электродетонаторами при интенсивном проветривании забоя.

Дегазация отрабатываемых угольных пластов

Наиболее часто применяемыми способами дегазации во всём мире являются: а) предварительная дегазация с искусственным повышением газоотдачи; б) дегазация выработанного пространства и в) шахтно-бесшахтная дегазация.

Предварительная дегазация планируемых к отработке пластов производится в условиях естественного залегания угля, ещё не испытывающего опор-

² **Дегазация** – процесс удаления рудничных газов (обычно, метана на угольных месторождениях) из пластов, из выработанного пространства, из зон тектонических нарушений, при проведении горных выработок; дегазация обязательно используется при газообильности участка более 3 м³/мин. **Способы дегазации** метанообильных шахт при проходке выработок и добычных работах: опережающее бурение дегазационных скважин, законтурное бурение огораживающих скважин, предварительная дегазация с искусственным повышением газоотдачи (за счёт подземного гидроразрыва, солянокислотной обработки, глубинного гидрорезания), передовая дегазация, дегазация подрабатываемых угольных пластов и выработанного пространства, шахтно-бесшахтный способ дегазации с земной поверхностью.

ного горного давления. По дегазируемому пласту *поперёк столба* из подготовительных выработок бурятся параллельные или пересекающиеся скважины, в которых собирается за счёт естественной диффузии метан, кроме того, создав в скважинах вакуум, можно повысить на 20-30% газоотдачу пластов (см. рис. 1.5 и 1.6.). Наиболее эффективны восстающие скважины и горизонтальные, наименее эффективны нисходящие скважины, пробуренные из подготовительных выработок (соотношение эффективности соответственно 1,3:1,2:1).

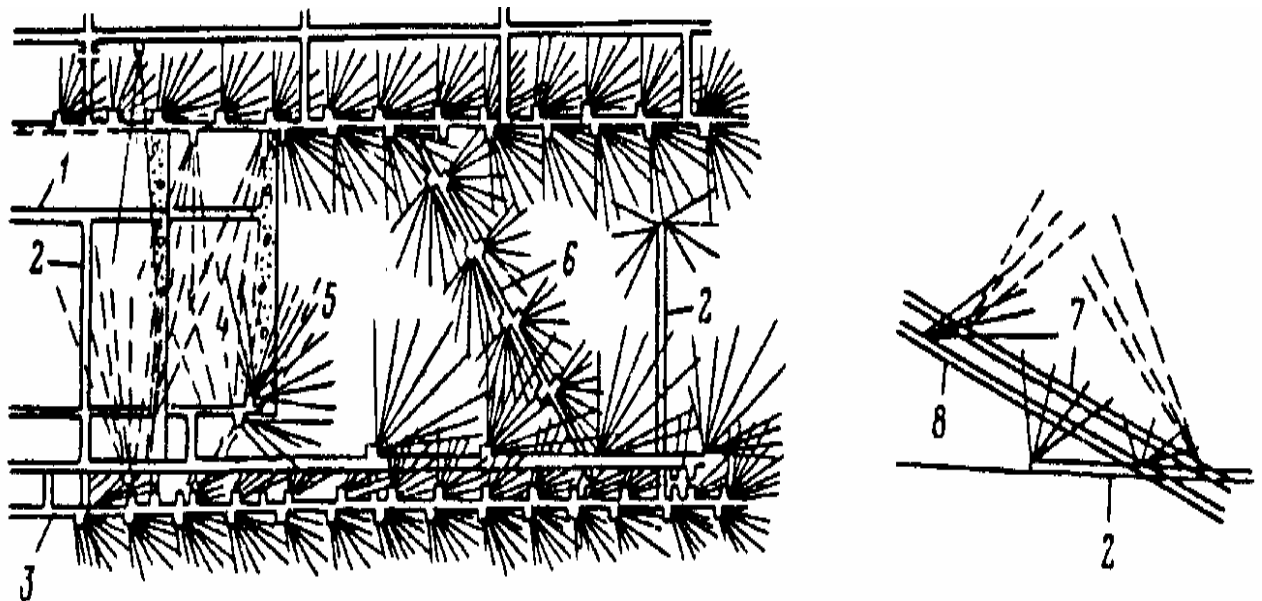


Рис. 1.5. Схема дегазации бортовыми скважинами при проведении пластовых выработок (Япония):

1 – штрек в почве нижнего пласта; 2 – квершлаг; 3 – откаточный штрек;
 4 – лава нижнего слоя; 5 – лава верхнего слоя; 6 – наклонная дегазационная выработка; 7 – главный пласт; 8 – нижний пласт

Оптимальные параметры предварительной дегазации:

- длина скважин 80-240 м (зависит от длины лавы);
- диаметр скважин 100, 120 или 150 мм;
- плотность сетки скважин 12-18 м/1000 т;
- расстояние между скважинами 10-25 м;
- длительность дегазации 12-24 месяцев.

Предварительная дегазация снижает метаноносность угля (на 3-5 м³/т угля или на 15-30%) и тем самым позволяет повысить производительность добычных комплексов.

Передовая дегазация осуществляется скважинами, пробуренными вдоль и поперёк столба из подготовительных выработок по пласту с опережением очистной выемки, при этом метаноносность угля снижается на 30-60%.

Оптимальные параметры передовой дегазации:

- длина скважин 80-200 м;
- диаметр скважин 100, 120 или 150 мм;
- расстояние между скважинами 10-15 м;
- длительность дегазации 20-60 суток.

Дегазация подрабатываемых угольных пластов подземными скважинами. На больших глубинах и при высокой метаноносности угля над основным пластом проходят опережающую горную выработку – коллектор, в которую собирается метан и под которой возникает зона разгрузки от горного давления (опережение не более чем на 45-60 м). Из этой выработки бурятся дегазационные скважины (длиной 100-140 м и диаметром 100 мм) по пластам-спутникам и тем снижается выделение метана в основном пласте, кроме того, в коллекторе собирается газ и из выработанного пространства.

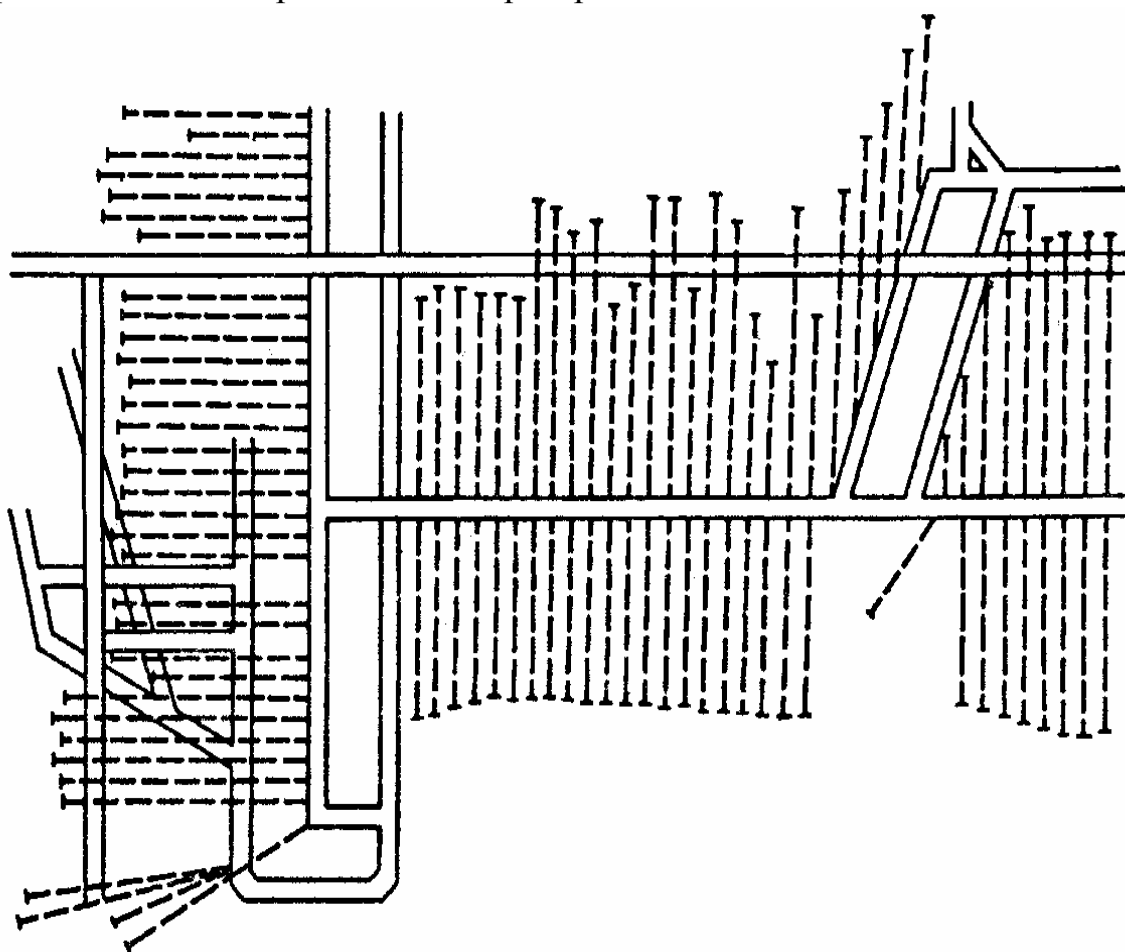


Рис. 1.6. Схема предварительной дегазации мощного пологого пласта – восстающими, горизонтальными и нисходящими скважинами (Караганда)

Дегазация выработанного пространства производится за счёт отсасывания метана из зон обрушения над мощными пластами угля, для этого из ниш в бортах подготовительных выработок бурятся скважины выше купола обрушения пород: из каждой ниши по 2-5 скважины, расстояние между нишами 40-50 м, длина скважин 50-60 м.

Шахтно-бесшахтный способ дегазации заключается в бурении с земной поверхности вертикальных скважин до уровня угольных пластов, где производится гидроразрыв, при этом суммарная мощность дегазируемых пластов должна быть не менее 3-4 м, глубина залегания пластов до 650 м, расстояние между скважинами 100-150 м, давление гидроразрыва 18-20 МПа, кроме того, дегазация подвергаются участки, где очистные работы начнутся не позже, чем через 2-4 года. В США этим способом извлекается 70-85% всего каптируемого метана.

Предотвращение взрыва угольной и сланцевой пыли:

- применение очистных комбайнов с резанием крупными стружками (будет меньше тонкодисперсных частиц), с увлажнением угля, сланцев;
- осаждение пыли водяными завесами;
- интенсивное проветривание;
- побелка обнажённых на длительное время участков массива угля и сланцев.

Для **пылеподавления** при различных производственных процессах применяются технические средства и технологические мероприятия (см. табл. 1.6):

- рациональные схемы вскрытия и системы разработки;
- снижение диаметра бурового инструмента;
- бурение шпуров с промывкой (расход воды на перфоратор от 5 до 10 л/мин);
- осаждение пыли водяной завесой (переносными оросителями с расходом 0,1-0,2 л/с);
- сокращение вторичного дробления;
- сухое пылеулавливание специальными пылеуловителями типа ВНИИ-1м-60, ДСН-3, УПЗ, ПВ-1 и другими;
- нагнетание воды в угольный пласт;
- вентиляция общешахтная и местная;
- индивидуальные средства защиты от пыли...

Таблица 1.6

Классификация способов борьбы с рудничной пылью³

Классификационный признак	Способ борьбы с пылью	Оборудование, параметры использования способа борьбы	Область применения
Исключение (или значительное уменьшение) образования пыли косвенным методом	Применение отбойных органов крупного скола	Шнековый исполнительный орган, длинный и короткий забой	При добыче угля
	Предварительное нагнетание в пласт воды или растворов (без гидро-разрыва)	Насосные установки, буровой станок, дозаторы. Добавки в воду: смачиватель ДБ (0,2-0,5%), глицерин (или катамин 0,2-1%) индустриальное масло (0,2-2%), жидкое стекло (0,1-0,9%) и др. Параметры: длина скважин до 25 м, диаметр 45-55 мм, расстояние между скважинами 10-30 м, удельный расход воды 10-40 л/т, давление 29 МПа, темп нагнетания – до 30 м/мин	При добыче угля и руды
Пылеподавление при её образовании	Применение высоконапорных форсунок	Конусная форсунка, фильтр, редуктор. Давление воды 5,8-9,7 МПа, расход воды 15-20 л/т, добавки смачивателя ДБ	Поверхность шахт и карьеров, угольные комбайны
	Пневмогидроподавление	Краны-тройники, рукава для подачи воды и сжатого воздуха. Давление воды и сжатого воздуха 0,48-0,58 МПа, расход соответственно 25 л/т и 0,4 м ³ /т	Очистные и проходческие комбайны. Уголь и породы I-VII групп запылённости
	Подавление пеной	Пена различного содержания, пеногенераторы. Расход 3% раствора пенообразователя 12-15 л/т при комбайновой выемке	

³ Машковцев И.Л., Балыхин Г.А. Аэрология и охрана труда на шахтах и в карьерах. – М.: изд. УДН, 1986, 312 с.

Улавливание распространившейся в воздухе пыли	Орошение	1. Туманообразователи. Расход воздуха не менее $50 \text{ м}^3/\text{с}$ 2. Водяные завесы – однорядные и многорядные ВЗ—1, ВЗ-2. Расход воды не менее $0,1 \text{ л/м}^3$ проходящего воздуха 3. Завеса с ионизацией воды электрическим зарядом $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ К*л/г}$, процент улавливания пыли размером $0,7-5,6 \text{ мкм}$ – 60%	Поверхность шахтного и карьерного поля, горные выработки, места перегрузки
	Сухое пылеулавливание	1. Шахтный пылесос, $130 \text{ м}^3/\text{мин}$, очистка на 96% 2. Аспираторный улавливатель: ткань, инерционная ультразвуковая или гидроакустическая камера	Пласты угля V-VII групп запылённости, породы, калийные шахты
Нейтрализация осевшей пыли	Связывание пыли полимерами, растворами	1. Водный раствор полимера К-4 2. Битумная эмульсия 3. Раствор хлористого кальция (20-35%) и смачиватель ДБ (1-2%)	Бока выработок, почва, борта карьеров, стволы
Нейтрализация условий воспламенения	Применение перегретого пара	Специальный взрывае́мый термостат. Температура перегретой воды $190-200^\circ\text{C}$. Расход воды при сечении выработки 8 м^2 30-40 кг, пара 9-12 м^3 . Полная нейтрализация площади $30-40 \text{ м}^2$	Для борьбы со взрывными газами в выработках
	Применение бикарбоната натрия	Порошок ПСБ-2 во взрывае́мых пакетах, расход 420 г/м^3	

Локализация взрывов пыли	Осланцевание выработок (или побелка)	Добавка в пыль инертных веществ (смесь известняка, доломита, ракушечника). Норма осланцевания – минимальное количество инертных, необходимое для нейтрализации взрывчатых свойств.	Для предотвращения взрывов осевшей пыли
	Установка сланцевых (или водяных) заслонов	Инертная пыль (или вода) заполняет сосуды, легко опрокидывающиеся при взрыве, или управляемые. Нормы инертной пыли в сланцевых заслонах 400 кг/м^2 сечения основной выработки и 200 кг/м^2 сечения других выработок. Расход воды в сланцевых заслонах - 120 л/м^2 . Основные сланцевые заслоны устанавливаются на расстоянии не менее 60 м и не более 300 м от забоев (водяные заслоны – соответственно на расстоянии 75-250 м от забоев).	Горные выработки

Экологическое значение процессов выветривания

В процессе образования коры выветривания возникают новые ценные минералы – латериты и бокситы (алюминий), каолин, гидрослюда, монтмориллонит, нонтронит (огнеупоры, керамика), а также гидраты оксидов никеля, кобальта, марганца и железа (чёрные металлы). На месторождениях КМА над бедными железными рудами (железистыми кварцитами) расположена кора выветривания, обогащённая гематитом.

В зонах окисления над медными сульфидными месторождениями в коре выветривания содержатся обогащённые медные руды, а также цветные камни малахит и азурит, но почвенные воды здесь содержат повышенное содержание серы и мышьяка.

Процессы выветривания рыхлят и преобразуют материал коренных скальных пород, что приводит к перемещению и гравитационному переносу обломков горных пород (см. табл. 1.7).

Таблица 1.7

Классификация гравитационных процессов

Категория	Группа	Тип
1. Гравитационный фактор		
Медленное течение (крип ⁴)	Почвенный крип, склоновый и потоковый крип	Оползание, оплывина, курумники, осыпи
Быстрое течение	Опозневая, селевая	Оползни, сели, лавины, лахары
Обваливание	Обвальная	Обвалы, оползни-обвалы, камнепады
2. Аквальный фактор⁵		
Собственно гравитационные	Провальная	Мгновенные провалы
	Обвальная	Обвалы, камнепады, вывалы, осыпи
	Криповая	Просадка, склоновые течения
Водно-гравитационные	Опозневая	Оползни
Гравитационно-водные	Оползне-потоковая	Оползневые потоки, оплывины, сели, лахары
Подводно-гравитационные	Оползне-потоковая	Подводные обвалы и оползни, мутьевые потоки

Гравитационные процессы прямо или косвенно причиняют вред биосфере и наносят большой ущерб хозяйственной деятельности человека и его здоро-

⁴ Крп (англ.) – ползти, скользить.

⁵ Гравитационный и аквальный фактор – т.е. процессы под действием силы тяжести, без участия и с участием воды.

вью. Неожиданность возникновения, например, обвалов и оползней, приводит к авариям и катастрофам. Только длительный геомеханический мониторинг за гравитационными процессами с учётом всех факторов, вызывающих выветривание, может предотвратить аварии. Оползневые склоны, например, карьеров, отвалов, хвостохранилищ, можно укреплять механически (см. далее табл. 5.2.2) и биологически – высаживая кустарники с мощной корневой системой. На оползнеопасных участках поверхностные воды отводят специальными дренажными канавками.

Чем выше скорость ветра, тем значительнее производимая ими работа. Ветер силой 3-4 балла (скорость 4,4-6,7 м/с) несёт пыль, 5-7 балльный (9,3-15,5 м/с) переносит песок, а 8-балльный (18,9 м/с) – гравий. Во время сильных бурь и ураганов, когда скорость ветра выше 20-30 м/с, с корнем вырываются деревья. В результате уничтожаются плодородные земли, выносятся, засыпается и засоляется почва (например, вблизи отвалов калийных месторождений), разрушаются хозяйственные постройки. Для защиты от ветра создаются лесозащитные полосы, уменьшающие силу ветра. В то же время, для усиления проветривания карьеров, отвалы следует располагать определённым образом относительно розы ветров⁶ (рис. 1.7).

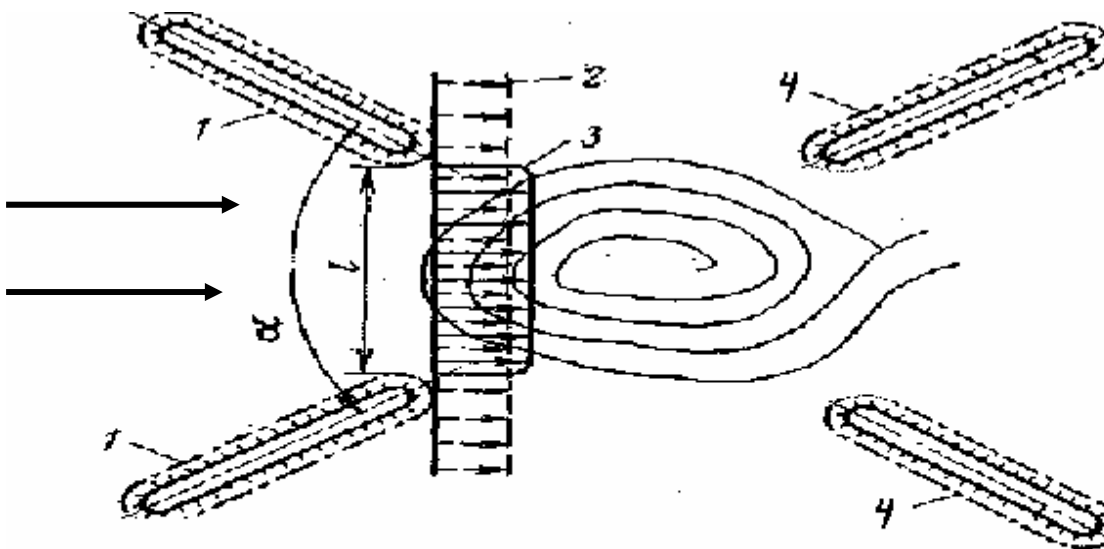


Рис. 1.7. Рекомендуемая схема расположения отвалов на карьерном поле: 1 - валы или здания, сооружения с наветренной стороны; 2 и 3 - эпиюры скорости ветрового потока над карьером; 4 - породные отвалы с подветренной стороны

⁶ **Роза ветров** - векторная диаграмма, характеризующая режим ветра в данном месте по многолетним наблюдениям. Длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях, пропорциональны повторяемости ветров этих направлений. Розу ветров учитывают при планировке населенных мест, отвалов, хвостохранилищ, их расположения относительно шахт и карьеров.

1.2. Загрязнение водного бассейна

Техногенное воздействие объектов недропользования на водный бассейн приводит к изменениям естественного режима поверхностных и подземных вод, проявляется их химическим загрязнением и механическим засорением.

Особенно велико загрязнение сточных вод минеральными солями на галогенных месторождениях; шахтных вод - механическими примесями на угольных месторождениях, сернокислотными соединениями, тяжёлыми металлами - на месторождениях сульфидных и других типов руд.

При строительстве и функционировании объектов недропользования, прежде всего, возникает необходимость осушения. Практически все месторождения осадочного типа при открытых горных работах приходится осушать ещё до начала вскрышных работ. При большой мощности пльвунов, значительном напоре воды в водоносном горизонте, при больших запасах подземных естественных водохранилищ - обязательно требуется предварительное осушение.

При разработке месторождений под водоёмами, реками или водоносными слоями пород проводят специфические мероприятия – предварительное осушение месторождения и сохранение (создание) водонепроницаемых потолочин – предохранительных целиков.

Сохранение водонепроницаемых потолочин обеспечивается щадящими способами добычи, не допускающими опасных деформаций и трещин в потолочине. Безопасная глубина разработки подсчитывается на основе «Указаний по определению оптимальных условий выемки угля под водными объектами» (ВНИМИ, 1975 г.):

$$H_6 = K_6 \Sigma m, \text{ м}$$

где K_6 – коэффициент безопасности, зависящий от состава и свойств пород, мощности глинистых наносов, угла падения залежи, значения и размеров водного объекта;

Σm – суммарная отрабатываемая мощность полезного ископаемого, м.

На месторождениях, где подземные безнапорные воды появляются лишь в трещинах и карстовых пустотах, обычно предварительный дренаж воды не применяется, такие месторождения разрабатываются с одновременным понижением уровня подземных вод.

Способы предварительного осушения бывают:

- а) поверхностные – бурение водопонижающих (откачивающих) и водопоглощающих скважин (для перепуска воды из верхних слоёв пород на нижние);
- б) подземные – проходка дренажных штреков, бурение опережающих скважин из проходческих забоев, сооружение резервуаров для воды;
- в) комбинированные – бурение скважин с поверхности и проходка дренажных подземных выработок.

Негативные экологические процессы, связанные с нарушением гидрогеологического режима объекта недропользования, максимально проявляются при открытых горных работах и подземной добыче неглубоких пластов угля. Так, масштабы депрессионных воронок достигают радиуса 20 км на железорудных

карьерах КМА. А сооружение отвалов и нарушение сплошности при выемке угля с полным обрушением - вызывают подтопление территорий, их заболачивание, химическое и бактериальное загрязнение верхних водоносных горизонтов. Кроме того, нередко происходит смешивание поверхностных загрязнённых сточных и промышленных вод с природными подземными водами, а также происходит снижение несущей способности грунтов и пород, их деформация.

**ТИПЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИРОДНЫХ ВОД
ПО КОМПЛЕКСУ ВЕДУЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**
(По А. Я. Гаеву [1989], С. Р. Крайнову, В. М. Швецу [1992], К. Е. Питьевой [1984],
Ф. И. Тютюновой [1987] и другим)

Тип загрязнения	Комплекс ведущих загрязняющих веществ	Основные источники загрязнения
I	NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , К, Cl, пестициды, болезнетворные бактерии	Неорганические и органические удобрения, стоки с животноводческих ферм, с птицефабрик и др.
II	Zn, Pb, Cu, Cd, Hg, As, Fe, K, P, F, Cl, различные соединения серы, азота, углерода, цианиды и др.	Сточные воды и выбросы в воздух в районах влияния объектов горнодобывающей, рудообогатительной, металлургической, химической, теплоэнергетической промышленности, в крупных городских агломерациях в местах захоронения отходов
III	Фенолы, амины, анилины, спирты, смолы, серо- и хлорорганические соединения	Сточные воды и выбросы в воздух в районах влияния объектов химической, целлюлозно-бумажной, лесохимической, легкой промышленности
IV	Нефть и нефтепродукты, ароматические углеводороды, нафтеновые кислоты, углеводородные газы, соединения серы	Сточные воды и выбросы в воздух в районах бурения нефтяных и газовых скважин, нефтеперерабатывающих заводов, нефтегазохранилищ
V	Радиоактивные вещества	Ядерные взрывы, сточные воды и выбросы в воздух в районах атомных электростанций и других объектов, использующих радиоактивные вещества
VI	Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+	Соленые и рассольные воды нижележащих горизонтов в районах интенсивной эксплуатации пресных подземных вод

Экологическое значение деятельности поверхностных и подземных вод

Поверхностные и сбрасываемые шахтные воды могут привести к образованию оврагов, размывать склоны, создавая в них рытвины и затем обрушения. Например, в бассейне реки Дон овраги растут со скоростью 1-1,5 м/год, а на равнинах Северного Кавказа – 2-3 м/год.

Поверхностные воды ежегодно выносят в Мировой океан около 22 млрд. т обломочного материала и около 3 млрд. т растворённых веществ. Ухудшение качества воды и гидрогеологического режима приводит к пагубным экологическим последствиям, например, к заболачиванию почв над отработанными

шахтными полями угольных месторождений Кузбасса, Подмосквовного угольного бассейна.

Но деятельность поверхностных вод приводит и к аккумулярованию ценных минералов, образованию россыпных месторождений золота, платины, касситерита, вольфрамита, магнетита, рутила, циркона, гранатов и алмазов. Анализом распространения россыпей можно отыскать коренные залежи, из которых размываются и выносятся характерные минералы. С осадконакоплением в поймах древних рек связаны залежи угля, например, Канско-Ачинского бассейна.

В геологии выделяют несколько типов вод, находящихся в горных породах (см. табл. 1.8).

Таблица 1.8

Типы вод		
Тип вод	Местоположение	Характеристика
Вода в виде пара	Заполняет поры и трещины	Находится в динамическом равновесии с атмосферными парами
Гигроскопическая вода	Прочносвязанная вода на поверхности минеральных зёрен и на стенках пор, трещин. Находится в тонкодисперсных породах типа суглинков и глин	Обволакивает мельчайшие частицы породы тонкой плёнкой и прочно удерживается силами молекулярного и электростатического притяжения
Плёночная вода	Образуется на поверхности частиц, уже имеющих адсорбированную воду – вторым слоем плёнки	Перетекает от участков с толстой плёнкой - к участкам с тонкой. Чем толще плёнка, тем слабее молекулярные связи
Капиллярная вода	Заполняет тонкие поры и трещины	Удерживается силами поверхностного натяжения
Гравитационная вода	Свободно перемещается по порам и трещинам	Двигается под действием силы тяжести и напора
Вода в твёрдом состоянии	Находится в порах и трещинах в виде льда	Возникает при сезонном промерзании водонасыщенных пород
Кристаллизационная вода	Входит в кристаллическую решётку минералов	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ -мирабилит; $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - бишофит; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - гипс

Воды, насыщенные углекислотой или NaCl (галит), растворяют карбонаты с образованием карстовых полостей намного быстрее, чем чистые пресные воды.

На болотах со временем формируются полезные ископаемые – сначала торф, затем бурый уголь, потом – каменный уголь.

В районах с многолетней мерзлотой что-либо строить или вести горные работы можно лишь с учётом оттаивания пород и образования обрушений, прова-

лов и других возможных последствий гравитационных процессов (см. выше табл. 1.7).

Осадочные месторождения, прежде всего морского происхождения, широко известны, например:

- месторождения гидроксидов железа;
- месторождения марганца (Никопольское и др.);
- месторождения сульфидной меди (Удоканское и др.);
- месторождения фосфоритов;
- месторождения каменных углей (Донбасс, Канско-Ачинское, Воркутинское и др.);
- месторождения нефти и газа (в Западной Сибири, на шельфах);
- месторождения минеральных солей (гипс, ангидрит, сильвин, карналлит и др.);
- месторождения песка, щебня, гальки, известняков и доломитов.

Защита гидросферы от загрязнений включает:

- механическую очистку сточных и шахтных вод;
- мембранную технологию разделения жидких и газовых примесей;
- использование коагулянтов и сорбентов для очистки вод;
- применение кавитационных технологий утилизации жидких отходов;
- очистка вод от тяжёлых металлов;
- утилизация жидких промышленных отходов.

Охрана водной среды на объектах горного производства

Охрана водной среды объектов недропользования осуществляется в соответствии с «Водным кодексом РФ» № 167-ФЗ от 16.11.95 г., ГОСТ РФ. В них предусматриваются мероприятия по сохранению и восстановлению ресурсного потенциала (запасов) и потребительского качества вод. Экологический мониторинг за регенерацией сточных вод ведут санитарно-промышленные лаборатории объектов недропользования, территориальные санэпидстанции и органы водного надзора.

Для сохранения запасов вод может осуществляться сбрасывание пресных вод из поверхностных водоёмов и водотоков, а также перекачка вод рабочей зоны объекта в подземные водоносные горизонты с помощью скважин. Кроме того, для снижения водопритоков в рабочую зону объекта недропользования, сохранения ресурсов и режима подземных вод в прилегающем к объекту районе используют противифльтрационные и барражные завесы¹ различных типов. Эффективно проведение тампонажа глиноцементным раствором водо-

¹ **Барраж** – подземная водонепроницаемая завеса, сооружаемая для защиты горных выработок от подземных вод. **Барражные системы** разработки (при физико-химическом геотехнологическом способе разработки) – предназначены для ограничения растекания продуктивного раствора за пределы рудной залежи – созданием вертикальных и горизонтальных барьеров путём бурения по периметру залежи цепочки однорядных специальных барражных скважин: а) в которые нагнетаются твердеющие растворы на основе цемента и гудрона (теперь почти не применяются); б) в которые закачивается под большим давлением вода, создавая горизонтальную или вертикальную гидрозавесу; в) из которых откачивается растёкшийся продуктивный раствор.

обильных тектонических зон, слабоустойчивых обводнённых пород, карстовых пустот.

Для восстановления нарушенных запасов и качества вод производят их очистку и возврат в поверхностную гидросеть и подземные водоносные горизонты. Очистке и осветлению подвергаются дренажные и сточные воды. Прежде всего, осуществляется механическая очистка вод от взвесей и дисперсных, коллоидных частиц и путём отстаивания в прудах отстойниках. При этом может проводиться процеживание и фильтрование вод.

Способы очистки и обеззараживания сточных вод

1. Механическая очистка используется для удаления нерастворимых взвешенных частиц, методы – отстаивание, процеживание, фильтрование;

2. Физико-химическая очистка основана на изменении физического состояния растворенных загрязнений, методы – коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, диализ, выпаривание, кристаллизация, электромагнитная сепарация.

3. Химическая очистка заключается в использовании реакции между веществами с кислотными свойствами и щелочными, для этого смешивают кислые и щелочные воды, реагенты и тем способствуют окислительным процессам, выпадению нерастворимых окислов в осадок.

4. Биохимическая очистка состоит в использовании для окисления микроорганизмов.

5. Термическая очистка включает выпаривание сточных вод и сжигание сухого остатка.

6. Обеззараживание производится хлорированием, озонированием, обработкой бактерицидными лампами и др.

Защита подземных вод имеет особое значение при извлечении полезного ископаемого методами скважинного, подземного и кучного **выщелачивания**, относящихся к физико-химической геотехнологии¹⁰.

Организация подготовки блока к последующему выщелачиванию включает проходку дренажных скважин под бывшим горизонтом выпуска и монтаж (рис. 1.8) электровакуумной установки [5.1.14]. Продуктивные растворы из дренажных скважин перепускаются в растворосборник, расположенный на небольшом удалении от рудного тела. На сложноструктурных месторождениях ореол растекания раствора обычно не превышает 5-8 м, т.к. проникновению раствора препятствуют взаимопересекающиеся трещины.

Первый вариант **подготовки днища** – создание гидроизоляционного слоя (на основе пластика или бетона), но потери раствора всё же достигают 15-

¹⁰ **Физико-химическая геотехнология** – третий способ добычи твёрдых полезных ископаемых (наряду с добычей открытыми и подземными горными работами), заключается в щадящей добыче полезных ископаемых непосредственно с земной поверхности или используя существующие подземные выработки. Полезное ископаемое извлекается в виде жидкости, расплава или газа, тем самым полезное ископаемое подвергается некоторому обогащению непосредственно в месте залегания.

40% за счёт растекания по бортам и по трещинам, минуя гидроизоляционный слой. Другой вариант подготовки днища предусматривает вместо оформления дорогостоящего гидроизоляционного слоя следующее: весь закачиваемый в блок раствор перепускается на нижний горизонт и откачивается из депрессионной воронки на уровне трещинных вод; улавливание таким способом продуктивного раствора, несмотря на высокое разубоживание его шахтными водами (до 40%), является более эффективным решением (рис. 1.9). Третий вариант подготовки днища блока и снижения потерь продуктивного раствора заключается в создании в днище блока пневмобарьера за счёт подачи сжатого воздуха (импульсов высокого давления) в скважины, пробуренные перпендикулярно направлению преобладающих трещин из дренажного штрека до границ предполагаемого ореола растекания раствора (рис. 1.10), аналогичным образом можно создать и гидрозавесу (заграждение-барраж).

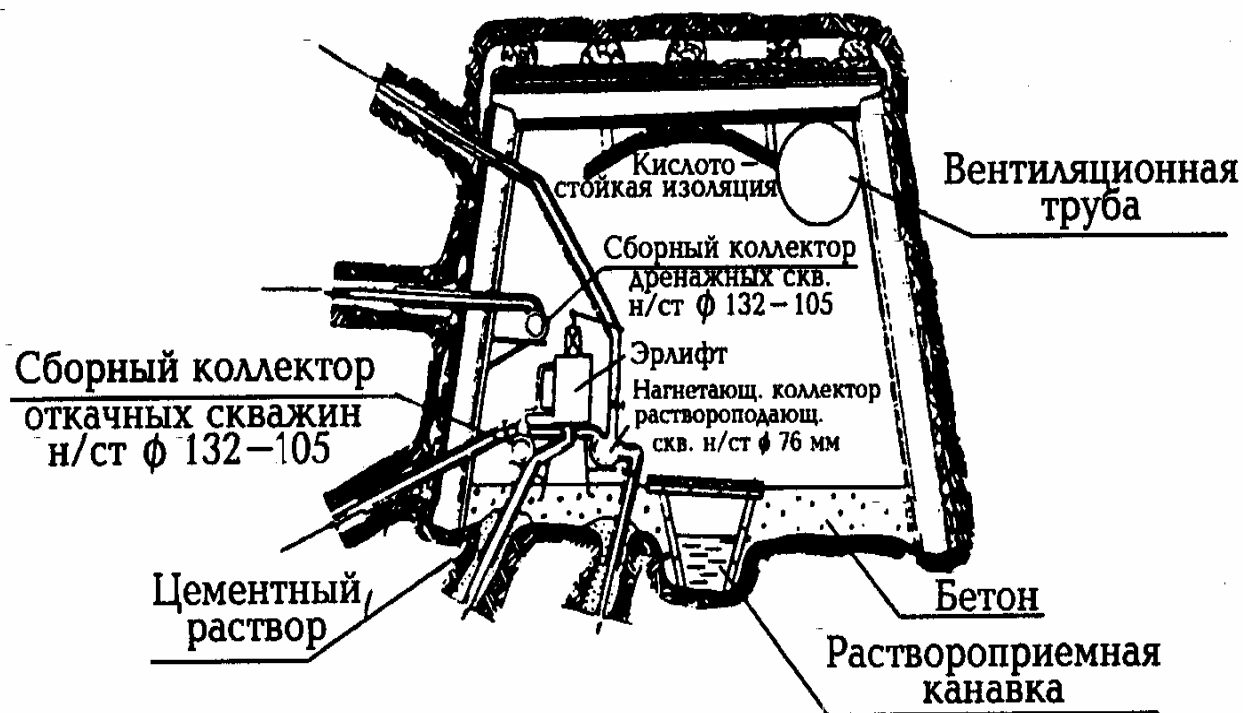


Рис. 1.8. Схема размещения технологического оборудования в горной выработке, нагнетательных и дренажных скважин при подземном выщелачивании руды (ПВ) с использованием электровакуумной установки

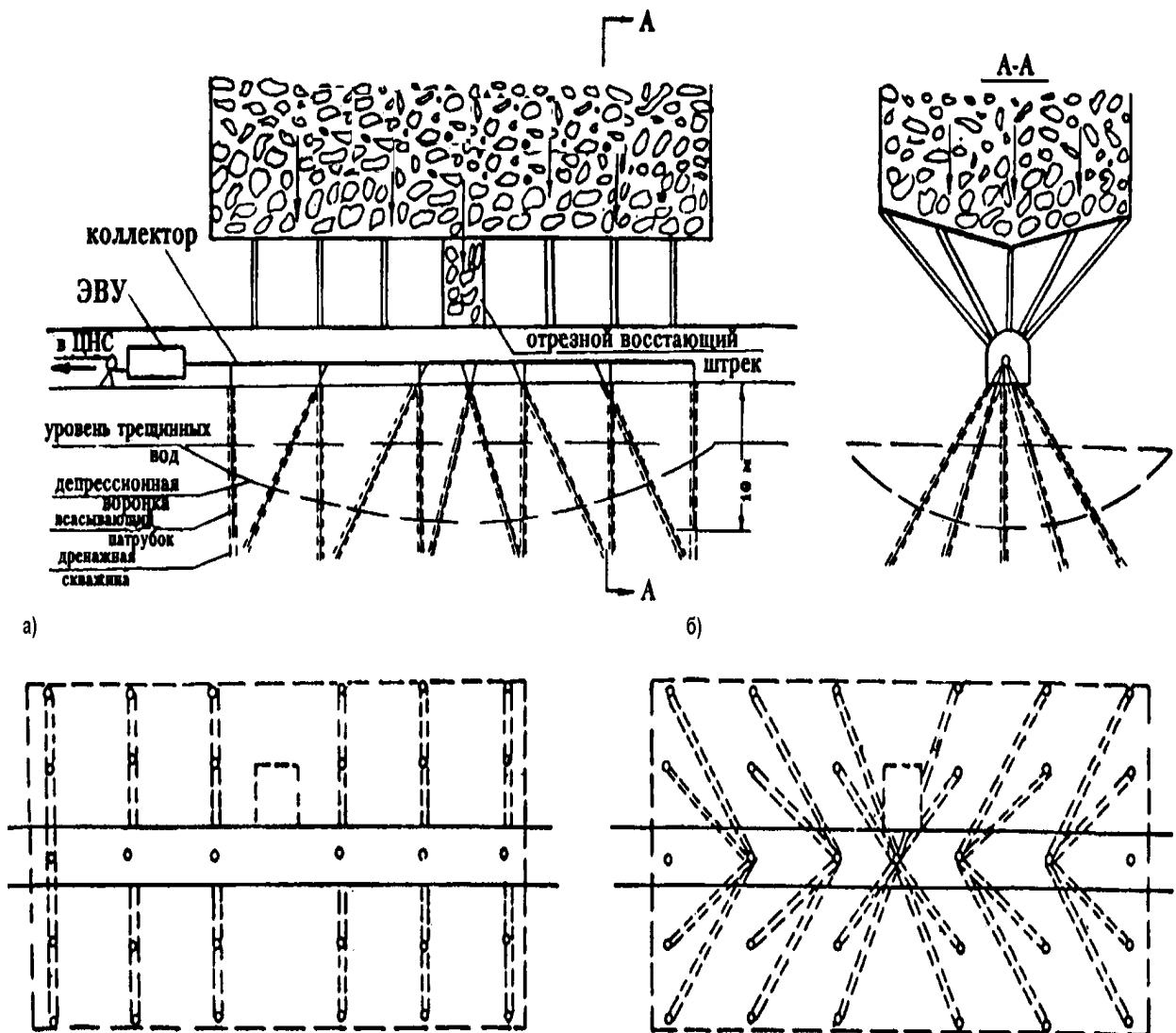


Рис. 1.9. Схема с двумя вариантами улавливания продуктивных растворов на уровне трещинных вод:

а – с линейным расположением дренажных скважин;

б – с площадным расположением кустов дренажных скважин

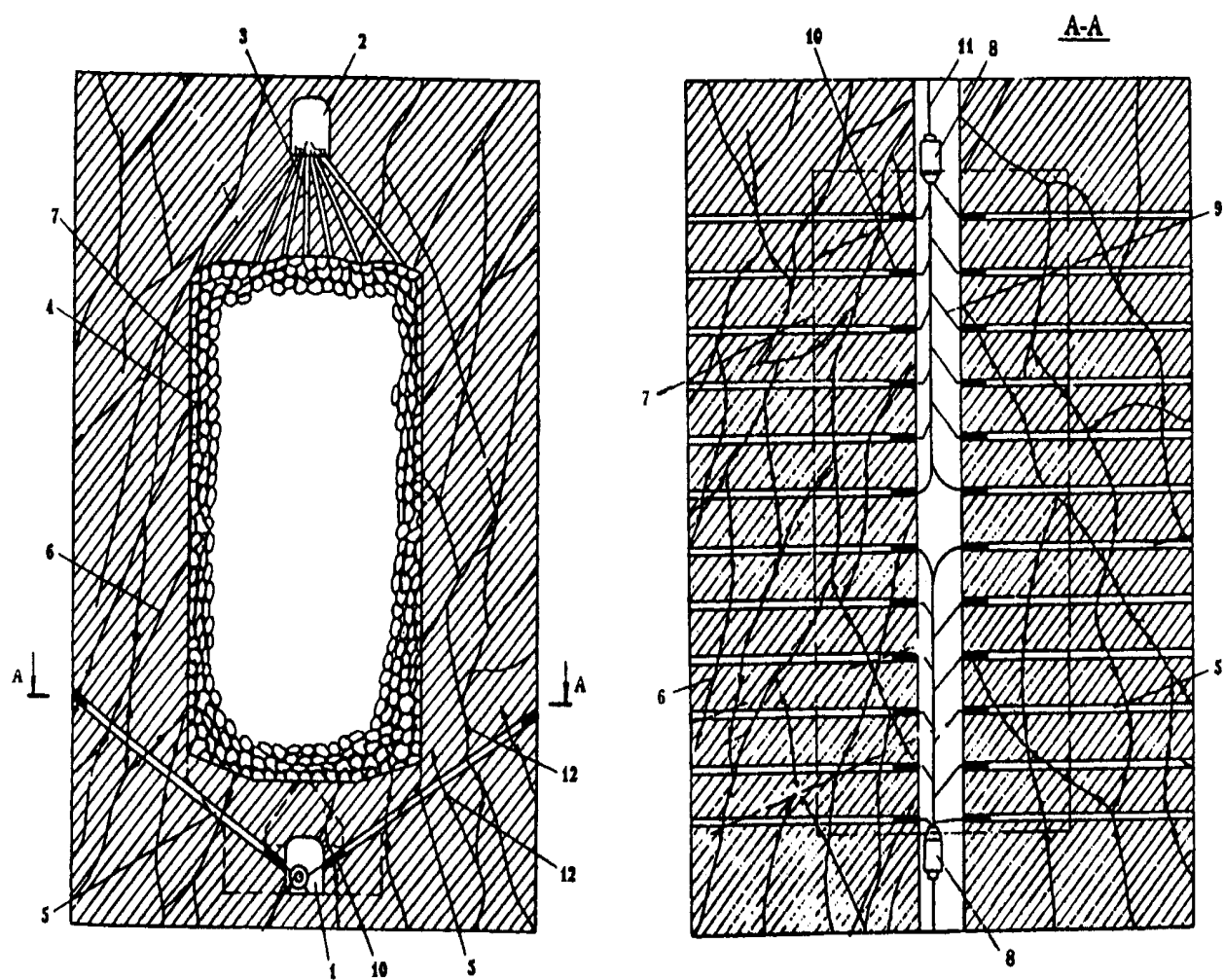


Рис. 1.10. Схема шахтного выщелачивания
с использованием пневмобарьера

1 – дренажный штрек; 2 – вентиляционный штрек; 3 – скважины подачи раствора; 4 – орошаемая замагазинированная руда; 5 – скважины пневмобарьера; 6 – трещины; 7 – контуры блока выщелачивания; 8 – пневмоимпульсные установки; 9 – пневмопривод; 10 – герметичный штуцер; 11 – общешахтная сеть сжатого воздуха; 12 – трещины

1.3. Воздействие горного производства на ландшафт

При добыче и переработке минеральных ресурсов изменяется природный ландшафт и приобретает техногенные черты¹ – объекты инфраструктуры, породные отвалы высотой до 40-100 м, карьеры площадью до 30 км² и глубиной до 350-500 м, хвостохранилища площадью в 2-5 км², нарушенные лесные и сельскохозяйственные угодья, загрязнённые территории и т.д. Из природных факторов негативное воздействие на техногенный ландшафт оказывают ветровые и водные эрозионные процессы.

Признаками деградации ландшафта являются: нарушенные почвы, ухудшение их плодородия, угнетённая растительность, осаждаемая пыль, наличие радионуклидов и других химически вредных веществ т.п.

Схема формирования техногенных массивов при добыче полезных ископаемых приведена на рис. 1.11, а классификация техногенных массивов – на рис. 1.12.

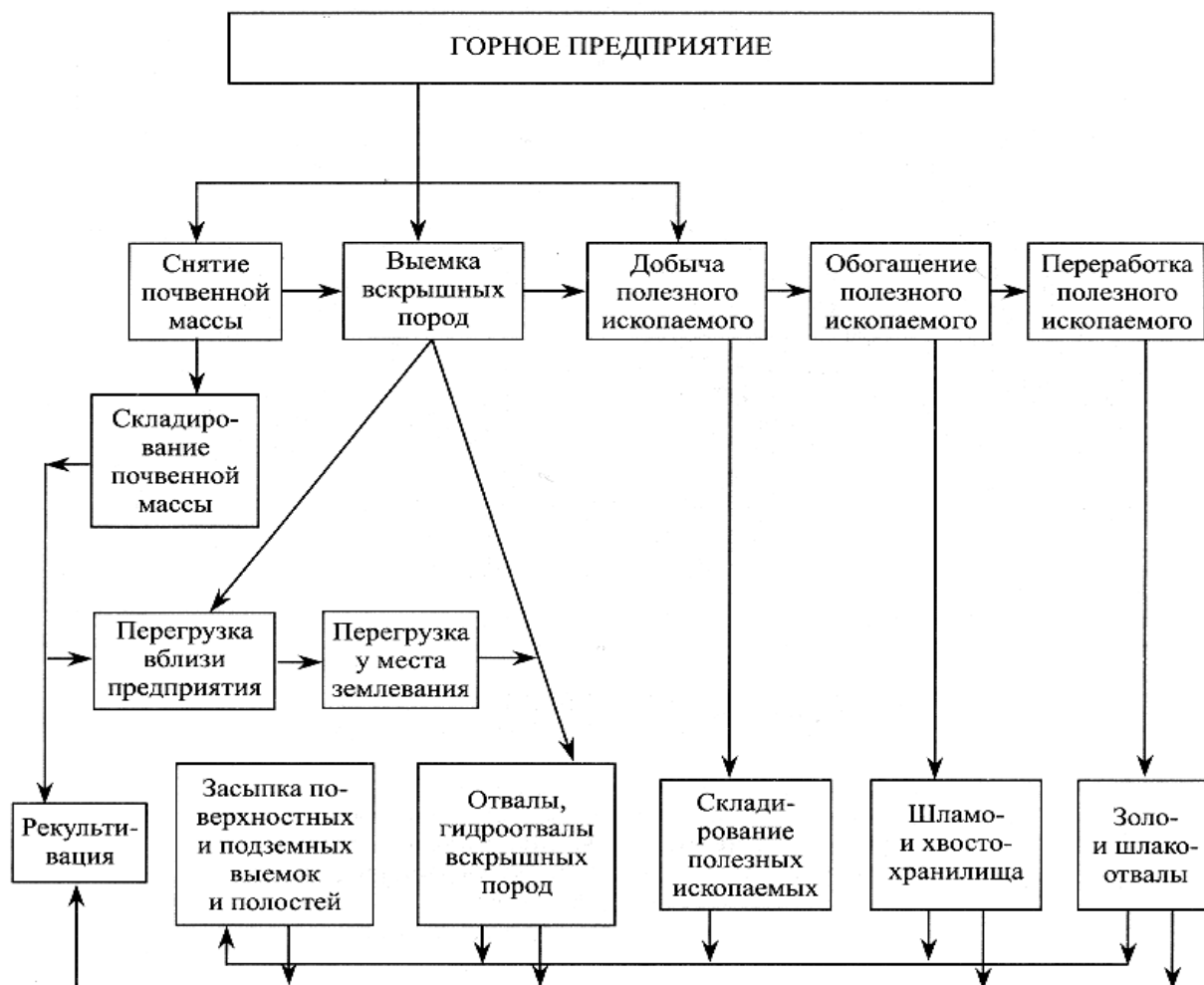


Рис. 1.11. Схема формирования техногенных массивов при добыче полезных ископаемых

¹ **Землеёмкость** – один из показателей, характеризующих степень вовлечения земель в хозяйственный оборот, использования земельных ресурсов, сельскохозяйственных угодий и пашни; **землеёмкость** – показатель обратный землеотдаче, отражает ёмкость земельных ресурсов в единице продукта; **землеотдача** – выход продукции, приходящейся на единицу площади сельскохозяйственных угодий.

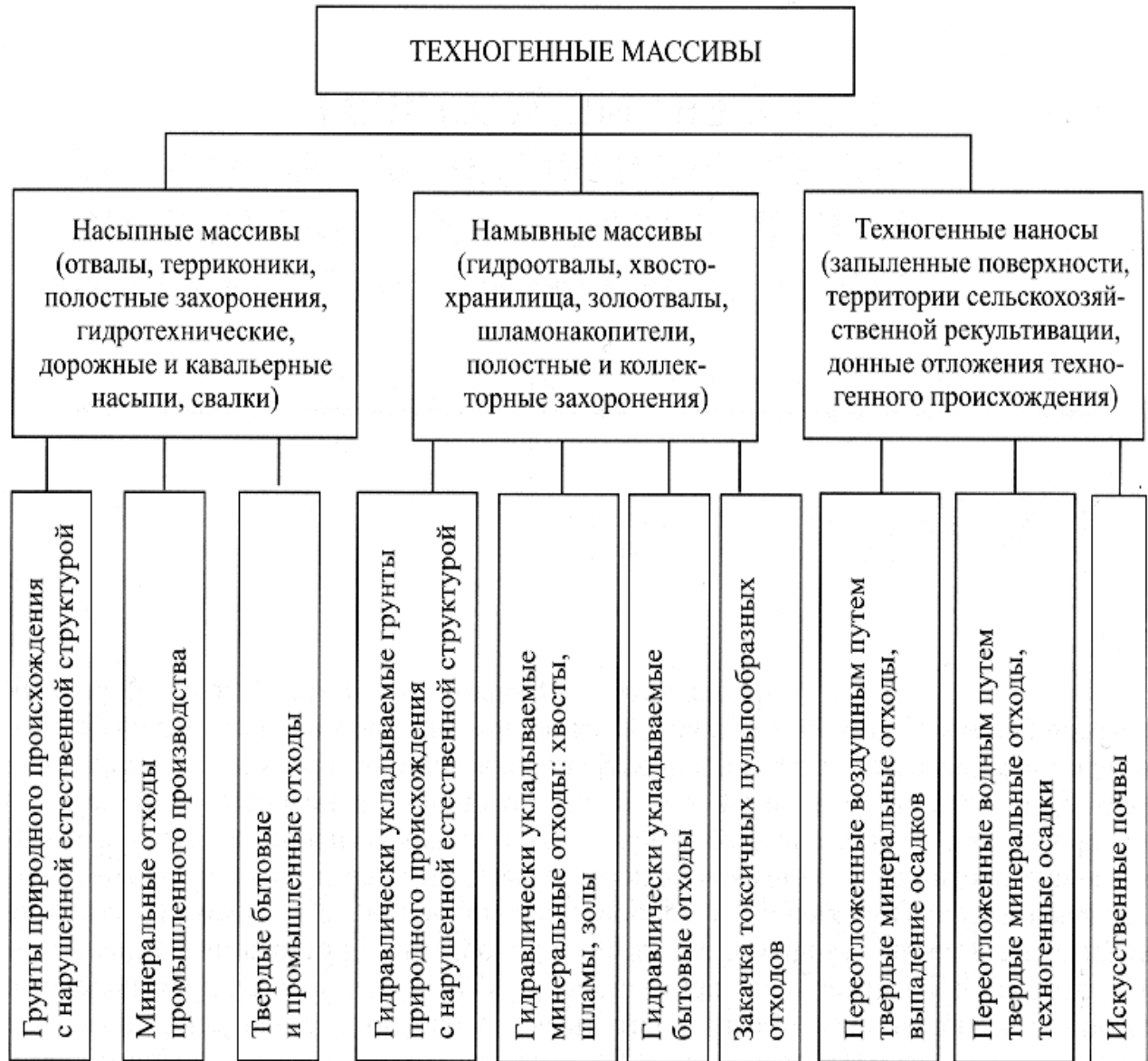


Рис. 1.12. Классификация техногенных массивов

Защита литосферы от загрязнений предусматривает более 45 направлений деятельности по обезвреживанию отходов производства, основные из них следующие:

- технологии и оборудование по утилизации и обезвреживанию опасных промышленных отходов;
- сжигание токсичных отходов;
- переработка отходов в шлаковом расплаве;
- электрошлаковая технология уничтожения и утилизации отходов;
- обеззараживание загрязнённых территорий.

Геоэкологическая реконструкция нарушенных земель

Сформировавшиеся на сегодня техногенные ландшафты крупных объектов недропользования настолько тесно пространственно связаны с урбанизированными территориями, что образуют единый коммунально-промышленный (антропогенный) ландшафт с элементами сельскохозяйственного производства, всё больше и больше угнетающий природный ландшафт.

Поэтому рекомендации по охране ландшафта обычно меньше всего направлены на сохранение или восстановление природного ландшафта. Они сводятся к рациональному соотношению и сосуществованию техногенного и культурно-бытового (антропогенного) ландшафтов – за счёт архитектурно-планировочных решений, на основе эколого-экономических моделей объектов горного производства (прежде всего карьеров и отвалов) и противоэрозионных мероприятий на этих объектах.

На таких моделях рассчитывают форму и размеры карьеров и отвалов (углы откосов, профиль бортов и оптимальные параметры уступов и террас); рассматривают различные варианты размещения технологических отходов, с учётом требований экологического дизайна техногенного ландшафта. Инженерно-экономические решения предусматривают увеличение ёмкости отвалов и хвостохранилищ, размещение вскрышных пород в выработанном пространстве, использование отходов в качестве закладочного материала при подземных работах, частичную рекреацию нарушенных земель.

Защита поверхности отвалов, шламо- и хвостохранилищ (рис. 1.13), автодорог и других сооружений от ветровой и водной эрозии может осуществляться техническими, физико-химическими и биологическими противоэрозионными методами. Технические методы наиболее трудоёмки и сводятся к защите поверхности (слоя) от эрозии.

Противоэрозионные мероприятия

Агротехнические методы. Обработка почв поперёк склона создаёт препятствия для водной эрозии почвы и способствует накоплению воды в пашне. На склонах крутизной более 2° поперечную пахоту целесообразно сочетать с обвалованием. Более глубокая вспашка также способствует задержанию влаги, а растения более глубоко пускают корни, создавая прочный защитный покров.

Лесомелиоративные методы борьбы с водной и ветровой эрозией. Лесные посадки на выположенных откосах и террасах размещают поперёк склона. На склонах до 15° и на террасах посадку производят в плужные борозды с отвалом пласта вниз по склону. На крутых склонах, где механизацию применять сложно, почву под посадку готовят в виде борозд, лент или площадок, вытянутых поперёк склона.

Гидротехнические сооружения. Агротехнические мероприятия применяются на склонах до 4° . Действие лесомелиоративных мероприятий начинает проявляться через 10-12 лет и более. Поэтому в горной практике применяют специальные сооружения:

- сооружения на водосборной площади – горизонтальные и наклонные валы-террасы, водозадерживающие валы. Водоотводящие и водонаправляющие валы и каналы и др.

- сооружения сброса поверхностного стока с более высоких отметок на более низкие;
- донные и русловые сооружения, запруды, плотины в оврагах;
- противоселевые сооружения на горных склонах и руслах.

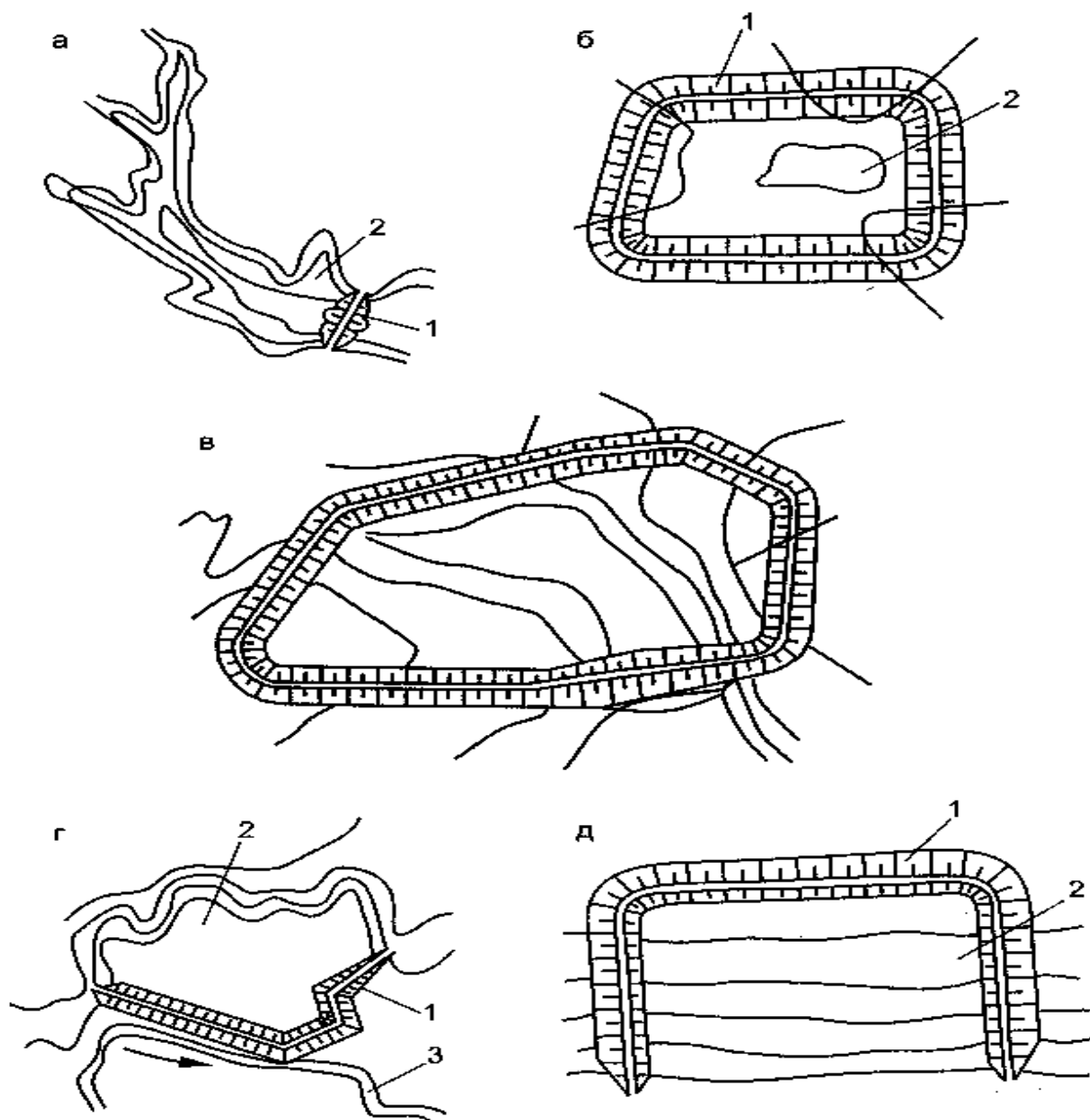


Рис. 1.13. Типы хвостохранилищ и гидроотвалов:
а – овражный; б – равнинный; в – овражно-равнинный;
г – пойменный; д – косогорный
1 – дамба; 2 – ложе хвостохранилища; 3 – река

Процессы реконструкции нарушенных земель классифицируются по типам выполняемых работ и технологическим признакам. Основные **направления рекультивации** нарушенных земель следующие:

- а) сельскохозяйственное – создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий (пашни, сенокосы, пастбища, сады, подсобные хозяйства и др.);
- б) лесохозяйственное – создание лесонасаждений общего и защитного назначения, лесопитомников;

в) рыбохозяйственное и рекреационное – создание на нарушенных землях парков, водоёмов с рыбой, зон отдыха, туризма и спорта;

г) природоохранное – биологическая или техническая консервация нарушенных земель, отвалов и хвостохранилищ;

д) строительное – приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства, размещения отходов, строительного мусора;

е) горнотехническая планировка: трансплантация почвы (снятие, хранение и повторное её использование); планировка поверхности отвалов, их уплотнение, выхолаживание или террасирование откосов и уступов карьеров; восстановление режима поверхностных и подземных вод.

Горнотехническая планировка подразделяется на первичную (грубую), осуществляемую синхронно с технологическими процессами формирования отвалов, и заключительную (чистовую), которая проводится спустя 1-2 года после усадки пород и стабилизации поверхностных отвалов.

Типы выполняемых работ: ландшафтно-восстановительные и эколого-охранные мероприятия для устранения и нейтрализации вредного воздействия объектов недропользования на почву воздушный и водный бассейны.

По **технологическим признакам** выделяются горнотехнические, рекультивационные и гидропрофилактические работы, направленные на противодействие пылевому загрязнению, сейсмическим и шумовым нарушениям.

Горнотехническая рекультивация карьеров может осуществляться по различным системам: бестранспортной, транспортной и транспортно-отвальной. При транспортной системе используют отвальные драглайны, при транспортно-отвальной - роторные экскаваторы, драглайны, консольные отвалообразователи, бульдозеры, погрузчики.

В зависимости от целевого назначения восстанавливаемых площадей установлены нормы допустимых углов их наклона (от 1,5 до 10^0) и минимальная ширина площадок (4-10 м), обеспечивающая возможность проведения механизированных лесопосадок.

При террасировании отвалов и их объектов формируются линейно вытянутые площади с разностью абсолютных отметок от 5 до 10 м и пологим поперечным наклоном в сторону сопредельной верхней террасы.

Горнотехническая планировка сменяется биологической рекультивацией, включающей комплекс мелиоративных и агротехнических мероприятий, в числе которых отвод поверхностных вод и защита рекультивируемых территорий от размыва, подтопления и заболачивания.

Завершается проект оценкой качества и эффективности рекультивации земель. В нём выделяются важнейшие **направления работ**:

- рациональное формирование горнопромышленных ландшафтов с минимальным их нарушением и рекультивацией сельхозугодий;
- создание агроландшафтов на карьерах;
- внедрение технологических процессов рекультивации.

2. Предотвращение нарушения недр

Подземная разработка недр не обходится без обрушений и явлений, аналогичных землетрясению. В средневековой Европе горняки считали, что обрушения насылают на них за грехи горный дух (нем. Berggeist). Современное горное производство невозможно без предварительных расчётов устойчивости обнажений горного массива выработками, без наблюдения за состоянием массива в процессе добычи, без исследования физических свойств вмещающих пород. Именно эти задачи и решают геология, геофизика, физика горных пород и геомеханика.

В ходе хозяйственной деятельности человека часто возникают оползни – при строительстве котлованов, при открытых горных работах. Причина – ошибки при проектировании и недостаточно полные знания о свойствах и состоянии пород, слагающих массив. При возникновении оползня происходит смещение некоторого объёма горных пород по поверхности скольжения, большую роль при этом играет вода, приводящая к ослаблению пород в массиве. Для борьбы с оползнями используют различные защитные мероприятия, включая регулярные маркшейдерские замеры смещений горных пород.

Ведение горных работ в недрах приводит к нарушению естественного равновесия внешних нагрузок и внутренних сил сопротивления пород, образующиеся пустоты вызывают сначала упругое, а затем и неупругое (вплоть до обрушения) деформирование налегающих пород в выработанное пространство. Деформирование выражается в подвижках и сдвигении горных пород до полного их затухания в массиве или же до образования мульды оседания на земной поверхности. Предотвращает деформации крепь, устанавливаемая с таким расчётом, чтобы она обеспечивала допустимый уровень смещений контура выработки и необходимый уровень силового отпора внешнему давлению.

В общем случае, на характер процесса обрушения и сдвигения оказывают влияние объёмы полостей, их взаиморасположение относительно земной поверхности и друг друга, градиент напряжений, прочностные и деформационные свойства пород, наличие геологических разломов, интенсивность трещиноватости и многое другое; от этих же факторов зависит продолжительность процесса сдвигения, т.е. период времени, когда охраняемое сооружение (поверхностное здание, капитальная горная выработка) испытывает заметные деформации. Начало деформирования объекта охраны и завершение этого процесса после окончания горных работ зависит, кроме всего прочего, от расстояния до полости и от псевдовязкости, ползучести массива.

1. На открытых горных работах

После окончания вскрышных и добычных работ ширину экскаваторных площадок уменьшают до ширины предохранительной бермы (ширина по ЕПБ¹ составляет не более трети высота уступа), кроме того, увеличивают углы откоса борта карьера – см. табл. 2.1, а стационарные и полустационарные сооружения на бортах карьеров должны располагаться, во избежании критических деформаций, от кромки бермы не ближе 0,4 ширины бермы и 0,6 высоты уступа.

Таблица 2.1

Угол откоса рабочего уступа и нерабочего борта карьера и отвала

Группа пород	Характеристика пород	Угол рабочего откоса, град.	Угол нерабочего откоса, град.
Крепкие скальные породы ($f > 8$)	Крепкие слаботрещиноватые	70-80	55-65
	Крепкие трещиноватые	60-70	45-50
Породы средней прочности ($1 < f < 8$), с глиной трения	Выветрелые	60-65	40-50
	Сильно трещиноватые	50-55	30-35
Глины	Плотные	50-60	40-50
Мягкие связные породы	Сильно выветрелые	45-50	35-40
Слабые несвязные породы	Сильно выветрелые, пески	40-50	20-25

Расчеты устойчивости уступов и бортов карьера основаны на определении баланса сдвигающих и удерживающих сил, действующих по наиболее вероятной поверхности скольжения.

При выборе способа вскрытия и системы разработки необходимо учитывать следующее.

1. Неудачно выбранное направление ведения горных работ и места заложения капитальных траншей - как в плане, так и по вертикали - может привести к развитию в массиве деформаций путём подрезки контактов слоёв и геологических разломов.

2. Степень интенсивности горных работ определяет устойчивость рабочих уступов. При коротком фронте работ и высокой скорости его подвигания в массиве не успевают развиваться деформационные и реологические процессы, что позволяет придавать рабочим уступам более крутые углы наклона.

3. Размещение отвалов в выработанном пространстве карьера у его бортов увеличивает сопротивление сдвигу пород борта и повышает его устойчивость.

4. Форма бортов в плане может быть вогнутой, выпуклой, прямолинейной и комбинированной (сочетающей криволинейные участки). Установлено,

¹ ЕПБ – Единые Правила Безопасности (на открытых, подземных, взрывных и т.д. работах).

что при прочих равных условиях откосы, имеющие в плане вогнутую форму, обладают бóльшим запасом устойчивости, чем любые другие.

5. Влияние БВР проявляется в создании в массиве зон пониженной прочности, сейсмическом эффекте, образовании неустойчивых участков. Для снижения вредного воздействия взрывов при оформлении уступов в конечное положение необходимо:

- изменять параметры БВР;
- применять короткозамедленное, мелкошпуровое и контурное взрывание;
- использовать заряды с инертным сердечником (“камуфлет”²);
- располагать ряды скважин под углом 60-90° к контуру борта;
- применять экранирующие врубы;
- использовать искусственное укрепление уступов – см. табл. 2.2.

Таблица 2.2

Классификация способов искусственного укрепления
уступов и бортов карьеров

Группа способов	Средства укрепления	Условия применения
1.Механическое укрепление	Железобетонные сваи	Массивы со слаборазвитой трещиноватостью с падением 20-50° в сторону выработанного пространства
	Штанги и гибкие тросовые тяжи	Крупноблочные маловыветрелые массивы с падением 40-60° в сторону выработанного пространства
	Защитные стенки	Сильнотрещиноватые легко выветривающиеся скальные и полускальные породы
	Железобетонные подпорные стенки и контрфорсы	Нарушенные массивы с переслаиванием пород и трещин
2.Упрочнение пород	Цементация, инъекции полимерными смолами	Трещиноватые скальные породы без глинки трещин
3.Изолирующие и защитные покрытия	Набрызгбетон по металлической сетке, смолизация, битумизация	Сильнотрещиноватые породы, склонные к интенсивному выветриванию и выщелачиванию
4.Комбинированное укрепление пород	Сочетание механического укрепления с упрочнением или изоляцией поверхностей пород	Сложные горно-геологические условия

² **Камуфлетное взрывание** – опережающее взрывание рассосредоточенных зарядов (например, с инертным сердечником) в скважинах и шпурах, с целью снижения горного давления на ударо- и вывалоопасных участках.

2. На подземных горных работах

Напряжённое состояние горных массивов обычно рассматривается как неблагоприятный фактор освоения недр, осложняющий ведение горных работ и вызывающий увеличение опасности нахождения рабочих под землёй. Но по мере изучения массивов пород, открываются возможности полезного использования энергии, высвобождающейся при деформировании массивов. Так, например, управление полем напряжений разгрузкой пород при эксплуатации угольных месторождений позволяет изменить состояние пластов, повысить их способность к отдаче метана. Тем самым, энергия напряжённых массивов реализуется (конечно, частично) в полезной форме, что даёт возможность обезопасить труд горняков.

Мероприятия по управлению напряжённо-деформированным состоянием горного массива:

- 1) горные работы необходимо проводить так, чтобы не было опасных концентраций напряжений в приконтурных частях массива, чтобы расстояние между выработками не приводило к наложению зон их влияния;
- 2) выработкам придают наиболее устойчивые формы поперечного сечения (сводчатые);
- 3) изменение НДС массива может быть достигнуто за счёт применения мощной распорной крепи, способной оказывать значительное сопротивление (противодавление) внешним нагрузкам;
- 4) использование способов проходки, обеспечивающих минимальное разрушение пород вокруг выработок, например, применение контурного взрывания или механического разрушения пород полным сечением (проходческими комбайнами);
- 5) искусственное упрочнение массива вокруг выработки за счёт нагнетания в шпуров под давлением вяжущего раствора, за счёт применения анкерной и штанговой крепи;
- 6) предотвращение окисления, выветривания, размораживания пород за счёт применения набрызгбетонной крепи;
- 7) поддержание очистного пространства (целиками, магазинированием, закладкой, крепью) или же, наоборот, управляемое обрушение кровли за пределами призабойного пространства выработок – например, взрыванием глубоких скважин или используя податливость целиков;
- 8) заблаговременное сооружение пространственных опорных конструкций.

Методы охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ

1. Профилактические, с целью предотвращения вредных последствий ведения горных работ, основой служит прогноз ожидаемых деформаций объектов охраны на земной поверхности и в недрах. В результате в проект освоения месторождения вносятся изменения - о переносе на генеральном плане зданий, сооружений, дорог, линий электропередач, мест заложения стволов, капитальных выработок.

2. Горнотехнические, направленные на уменьшение деформаций, включают щадящие методы ведения горных работ (контурное взрывание, закладка, рациональное расположение выработок, скорость и направление подвигания фронта очистных работ), оставление предохранительных целиков возле капитальных выработок.

3. Конструктивные, с целью приспособить здания и сооружения к перенесению деформаций с минимальными последствиями, по конструктивным схемам: а) жёсткая схема - усиление здания железобетонным поясом и другими конструкциями; б) податливая схема – придание зданию определённой гибкости (шарнирные вставки, связи, швы скольжения), чтобы в местах сочленения не возникли опасные напряжения; в) смешанная схема – применяют усиление отдельных блоков, секций и гибкое сочленение этих блоков в единое целое. В недрах при этом сооружаются пространственные несущие конструкции.

4. Комплексные. Предполагают сочетание перечисленных выше мер, обычно проводятся оперативно, по мере возникновения в подрабатываемых объектах горной охраны опасных и аварийных ситуаций, основаны на инструментальном контроле за деформациями и сдвигами массива горных пород (мониторинг).

Защита людей от горных ударов и внезапных выбросов

Главная мера защиты – это организация службы прогноза динамических проявлений горного давления и своевременное предупреждение людей о надвигающейся опасности, желательно в режиме мониторинга, с автоматической компьютерной обработкой результатов инструментальных измерений параметров массива геофизической и маркшейдерской аппаратурой.

Существующее деление землетрясений на тектонические и провальные вулканические, скорее всего, не соответствует действительности, так как природа их едина. Считалось, что Земля разогревается с помощью энергии распада радиоактивных элементов, но все эти элементы относятся к диамагнитной группе веществ, и, следовательно, в процессе формирования планеты все они оказались во внешнем поясе и отсутствуют на большой глубине. Если они там и имеются в небольшом количестве, то находятся в рассеянном состоянии и существенного влияния на разогрев, а тем более на превращение твёрдого вещества в жидкое (магма), оказать не могут. Малое количество радиоактивных элементов на больших глубинах подтверждается фактическими данными. Базальты в шесть раз менее радиоактивны, чем граниты, а, по предположению, тяжёлые ультраосновные породы в десятки раз менее радиоактивны, чем породы земной коры. Это предположение подтверждается также исследованиями метеоритов, у которых количество тяжёлых радиоактивных элементов быстро сокращается от каменных метеоритов к железокосмическим.

Колебания геомагнитного поля постоянно меняют намагниченность ферромагнитных включений, а их **магнитострикционный эффект** с ростом давления поднимает температуру окружающей среды до **точки Кюри**. В этом случае на местности сразу же пропадает магнитная аномалия из-за перехода сплава

в парамагнитное состояние и эта ферромагнитная глыба деформируется. При других условиях температура глыбы может упасть ниже точки Кюри, хотя бы на $0,1^{\circ}\text{K}$, и в результате резкое намагничивание в геомагнитном поле вызовет столь же резкое увеличение размеров глыбы. Ударная волна воспринимается окружающим массивом и выносится на поверхность Земли - такова возможная **природа землетрясений**.

Деформация земной поверхности в эпицентре землетрясения возникает за счёт объёмного расширения ферромагнитной глыбы при неглубоком залегании, когда температура её приближается к точке Кюри «снизу» (следствие **эффекта Гопкинсона**). Обычная температура таких включений находится ниже точки Кюри вследствие хорошей теплоотдачи окружающих пород. Если же нарушается температурное равновесие и температура приближается к точке Кюри, происходят толчки и само землетрясение.

Перед любым землетрясением, подземным толчком, горным ударом вдвое-втрое увеличивается выход газа и концентрация радона, метана в воде и сам водоприток в шахте. Это объясняется тем же эффектом Гопкинсона, когда ферромагнитное тело, с повышением напряжённости **ЭМГ поля** и температуры, резко увеличивает давление на окружающий массив, повышая выход газа и воды. Контролируя температуру массива, радон, метан, водоприток, амплитуду колебаний наведённых токов, можно давать прогноз удароопасности. В Томском политехническом институте уже создан прибор «Катюша», который регистрирует колебания наведённых токов (теллурических, за счёт пьезоэффекта горных пород) в массиве. Было установлено, что перед подземным толчком электрический потенциал в земной коре изменяется обратно пропорционально расстоянию между регистрирующей станцией и эпицентром, а амплитуда сейсмoelectросигнала обычно связана с магнитудой землетрясения логарифмической зависимостью.

Как известно³, тектоническая активность в Северном полушарии Земли в ноябре-декабре усиливается. Вот две вероятные причины. Во-первых, недра Земли северного полушария в это время значительно остывают (и приближаются «сверху» к точке Кюри) благодаря большой влажности верхнего слоя и низким температурам нижней атмосферы, во-вторых, Земля в декабре находится на самом близком расстоянии от Солнца, следовательно, приобретает наибольшую напряжённость и получает самое большое количество радиации за весь год (в этом отношении жителям южного полушария не так повезло как жителям северного полушария).

Большинство видов движений горных пород (землетрясения, горные удары и выбросы, обрушения, обвалы, оползни) происходят внезапно и за короткое время. Чаще всего этим явлениям предшествуют определённые **предвестники**, позволяющие судить о приближении и месте предстоящего события. Это могут быть аномальные изменения свойств горных пород (например, резко возрастает скорость бурения, падает электрическое сопротивление пород, меняется величина отношения скоростей продольных и поперечных акустических волн), резкое изменение скорости деформаций и знака (опускание может смениться поднятием), рост уровня акустической и электромагнитной эмиссии, понижается

³ Короновский Н.В., Ясаманов Н.А. Геология. – М.: изд. Центр «Академия», 2003, 448 с.

уровень воды в колодцах и скважинах, растёт содержание вредных газов в рудничной атмосфере, появляются слабые землетрясения (форшоки), животные проявляют необъяснимое беспокойство – но непосредственно перед горным ударом обычно приходит затишье активности этих предвестников. Методами геофизики и геомеханики по предвестникам можно в какой-то мере предсказывать техногенные динамические явления.

Косвенным признаком повышенных напряжений массива является увеличение скорости бурения шпуров и скважин в 2-3 раза, при взрывной отбойке коэффициент использования шпура (скважины) – К.И.Ш. обычно становится большим единицы, т.е. производительность забойщиков повышается в 1,5-2 раза. Степень опасности можно оценить и по видимым проявлениям горного давления в выработках.

Способы предупреждения горных ударов и выбросов газа

Для охраны объектов от вредного влияния подземных горных работ на горнодобывающих предприятиях в качестве основных приняты горные меры охраны. Они включают отработку рудных тел способами, при которых создаются условия неограниченно-длительного устойчивого состояния подработанной толщи пород и при которых выработанное пространство своевременно заполняется различными видами закладки.

Региональные меры: опережающая отработка защитных пластов (слоёв, залежей), предварительная дегазация массива скважинами из подготовительных выработок (при этом диаметр скважин большого значения не имеет), профилактическое увлажнение или рыхление пласта перед забоем, лавой.

Дегазация массива бывает: а) без разгрузки от горного давления – скважинами, например, с поверхности, опережающими вскрытие и подготовку пласта, дренажными выработками; б) с разгрузкой горного давления – скважинами из проходческих, подготовительных и очистных выработок в зону опорного давления (см. раздел 1.1).

Локальные меры: бурение опережающих разгружающе-дегазирующих скважин из проходческих и очистных выработок (чем больше диаметр скважин и их густота и длина, тем выше эффект), взрывное рыхление, применение разгрузочных щелей и опережающей крепи, нагнетание воды в пласт под давлением в режимах – гидроразрыхления, гидроотжима и гидроразрыва.

Планирование и ведение горных работ должно осуществляться на следующих принципах:

- нарезка месторождения на шахтные поля и их отработка производится без образования участков с большой концентрацией напряжений (без целиков, от центра к флангам или с фланга на фланг);
- исключение встречных и догоняющих фронтов очистных работ;
- ведение проходческих и очистных работ по направлению действия максимальных напряжений;
- уменьшение количества горных выработок впереди фронта очистных работ на удароопасных участках;
- максимально-возможное использование опережающей отработки защитных пластов;

- опережающая разгрузка скважинами или камуфлетными зарядами напряжённого массива, особенно при приближении к тектоническому разлому и при удалении от него;
- сокращение камерных систем разработки;
- управляемое обрушение пород или закладка выработанного пространства.

Горные выработки и поверхностные сооружения, относящиеся к объектам любой категории охраны, должны быть расположены за пределами зон опасных сдвижений, причём в предохранительных зонах объектов I категории охраны допускается отработка рудных тел только системами горизонтальных слоёв с твердеющей закладкой, а в предохранительных зонах объектов II и III категорий охраны допускается отработка руды также и камерными вариантами систем с последующим обязательным погашением пустот различными видами закладки. Камеры, расположенные вне зон охраны, достаточно надёжно изолировать глухими перемычками, рассчитанными на воздушный удар. Таким образом, в предохранительных зонах II и III категорий охраны и вне предохранительных зон допускается (по существующим правилам) выемка руды камерными системами разработки, но при условии расположения объектов охраны за пределами зон опасных сдвижений в кровле камер или, что более правильно, при условии соблюдения норм деформаций объектов.

Итак, для нарушенного очистными выработками горного массива необходимо, на основе прогноза сдвижений горных пород и их влияния на объекты горной охраны, выбрать устойчивые размеры полостей, объёмы изоляции⁴ и закладки, схемы погашения пустот закладочным материалом различного вида.

⁴ **Изоляция выработанного пространства** – сооружение защитных перемычек, изолирующих подземные пустоты, образовавшиеся при ведении добычных работ на руднике (шахте); перемычки предотвращают утечки свежего воздуха в выработанное пространство и выделение из него вредных газов, защищают действующие горные выработки от воздушного удара при массовом обрушении пород в пустотах.

5.3. Использование подземного пространства

Объём свободного подземного пространства всех шахт и рудников страны составляет приблизительно 1 млрд. м³ капитальных и подготовительных выработок. Технологическое подземное пространство включает в себя подготовительные, капитальные и очистные горные выработки, образовавшиеся при подземной разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых.

Без подземного строительства нельзя представить себе нашу сегодняшнюю жизнь. Виды практического использования подземных горных выработок для размещения объектов весьма разнообразны. Учёные и экономисты считают, что многие объекты можно и нужно размещать под землей, используя для этого естественные и специальные камеры. Считается, что число объектов, расположенных под землёй, удваивается каждые 10 лет. Большинство объектов промышленного и складского назначения на шахтах и рудниках размещаются в карбонатно-сульфатных (гипс, известняки, ангидрид) и галогенных (калийные и каменные соли) породах после полной или частичной выемки полезного ископаемого.

Но до сих пор в проектах подземной разработки месторождений не предусматривается дальнейшее использование искусственных пустот в качестве подземных сооружений – объектов промышленного, оборонного, сельскохозяйственного, культурологического, медицинского назначения, в качестве хранилищ и могильников. В проектах же открытой разработки месторождений такой раздел обязательно присутствует и называется – рекультивация земель (карьера). Активно развиваемое перспективное научное направление - освоение подземного пространства - понимается сегодня узкотрадиционно: лишь как использование природных и техногенных полостей. В более широком смысле сохранение недр подразумевает процесс управления состоянием недр, подготовку массива - с целью изменения функционального назначения пустот. Новая методология освоения месторождений (принятая Академией горных наук), включающая технологии не только разработки, но и последующего использования подземного пространства - требует дополнительных знаний о горном массиве, при этом особое значение приобретает обоснование выбора технологии освоения недр, геомеханический, технологический, социально- и эколого-экономический прогноз последствий извлечения полезных ископаемых и дальнейшего использования пустот.

В настоящее время во всём мире наблюдается повышенный интерес к использованию недр для размещения объектов, не связанных с добычей полезных ископаемых. Это обусловлено: экономией поверхности земли, заботой о защите окружающей среды, более высокой защищённостью подземных сооружений от внешних воздействий, более благоприятными условиями для хранения различных продуктов, низкой стоимостью технической эксплуатации объектов и т. п.

Какие бы наземные конструкции не возводились человеком, в том числе защитные, их прочность не может сравниться с прочностью, защитными свойствами скальных пород. В среднем предел прочности пород на растяжение в 1,5-2 раза, а на сжатие в 4-5 раз превышает аналогичные характеристики для бетона.

Размещение под землёй некоторых производств обеспечивает им не только

защиту, но и постоянство производственно-комфортабельных условий: температуры, влажности, запылённости, отсутствия внешних шумов и вибраций... Эти качества особенно важны для высокоточных производств, высоких технологий. Мировой опыт по подземным заводам свидетельствует, что здесь на 18-20% выше не только качество продукции, но и производительность труда.

Подземные объекты надежно защищены от прямого воздействия климатических факторов (температурных и влажностных условий наружного воздуха, солнечной радиации, осадков, ветров и т. п.). Теплоизоляционные свойства пород создают условия для размещения в подземных горных выработках складов продовольствия, вина, сейфов, архивов кино-фотоматериалов и документов, а также для точных производств (радиоэлектроника, прецизионное машиностроение и др.). В связи с полной изоляцией выработок от прямого воздействия климатических факторов, уменьшаются затраты на текущий ремонт и отопление. В то же время отсутствие естественного света и проветривания требует повышенного расхода электроэнергии.

Основными преимуществами подземного пространства являются его независимость от сезонных ритмов, защита от вредителей и возможность контроля окружающей среды.

Особое значение приобретает подземное строительство промышленных объектов для регионов с ценными сельскохозяйственными землями, лесными угодьями, а также в северных районах, где нежелательно наземное строительство. Такое освоение подземного пространства по сравнению с обычным строительством позволяет снизить капитальные вложения в 1,2-1,5 раза, а эксплуатационные затраты - в 1,5-1,8 раза.

Насколько широка перспектива использования недр только на рудниках и шахтах - можно оценить по нижеприведённой карте России основных месторождений негорючих полезных ископаемых и плотность сельского населения (чем гуще цвет, тем выше плотность). Известно, что в настоящее время 80% зерновых хранится там, где и производится. В этих условиях на них воздействуют дождь, избыточная влажность, тепло, холод, насекомые, плесень, бактерии, грибки, птицы, они подвержены прорастанию, прогорклости, перезреванию и проч. Поэтому, одним из наиболее перспективных направлений использования подземного пространства и является применение сухих и проветриваемых помещений под хранилища пищевых запасов, ведь известно, что огромная часть выращенного урожая ежегодно теряется из-за недостаточности объёмов зерно- и овощехранилищ.

Общие направления **освоения подземных пустот** на действующих и закрытых рудниках следующие¹:

а) в промышленных целях: заводы и лаборатории, энергетические установки, обогатительные фабрики, ёмкости-перколяторы...

¹ Порцевский А.К. Выбор рациональной технологии добычи руд. Геомеханическая оценка состояния недр. Использование подземного пространства. Геоэкология.- М.: изд. МГГУ, 2003 г., 767 с.

б) в сельскохозяйственных целях: хранилища пищевых запасов, силосные ямы, выращивание грибов (вешенка, шампиньоны)...

в) в оборонных целях: заводы, укрытия для людей и техники, пусковые ракетные установки, аэродромы...

г) хранилища и могильники:

- хранилища нефти, газа и других стратегических запасов, резервуары для забалансовой руды и хвостов обогащения;

- могильники бытовых, токсичных, химических и радиоактивных отходов;

д) в культурологических целях: подземные торговые и бизнес центры, гаражи, убежища, музеи, транспортные магистрали, инженерные коммуникации...

е) в медицинских целях: гала-спелео-терапия в солях, радоновые ванны...

Возможны два пути освоения подземного пространства - **приспособление и переустройство** выработок, высвобождающихся от горной и технологически деятельности (выработки отработанных рудников, шахт и подземные сооружений различного назначения, выведенные из эксплуатации – см. табл. 3.1 и 3.2 – по Корчаку А.В., 1998), и **строительство специальных** подземных объектов.

Выбор способа строительства (вид, конструкция, параметры крепей, гидроизоляция, системы кондиционирования воздуха и т. п.) определяется, в основном, назначением и требуемой степенью надёжности подземных сооружений, принятой технологией производства объекта, размещаемого в подземных горных выработках, и, конечно, свойствами массива вмещающих горных пород.

При этом возможные инженерные методы подготовки массива к повторному использованию недр заключаются в следующем:

1. Длительное или временное изменение физико-механических свойств породного массива:
 - а) замораживание;
 - б) кессон²;
 - в) водопонижение;
 - г) тампонирующее;
 - д) инъецирование.
2. Возведение временных или постоянных строительных конструкций:
 - а) шпунтовые сооружения;
 - б) опускные сооружения;
 - в) «стена в грунте», «опёртый свод», «опорное ядро»;
 - г) несущие пространственные конструкции типа «этажерка» и «шатёр».
3. Изменение НДС массива.
 - а) активная разгрузка с последующим упрочнением;

² **Кессонные работы** – работы, проводимые при повышенном давлении воздуха, применяются при проведении горных выработок (штреков и стволов) в водонасыщенных породах: в забое обводнённой горной выработки (камера-кессон), отгороженной герметичной перемычкой или системой шлюзов, создаётся избыточное атмосферное давление (в 1,5÷4 раза большее обычного атмосферного давления), отжимающее воду вглубь массива на 0,1-0,4 м. Расход воздуха на одного человека должен составлять не менее 25 м³/ч и время нахождения людей в кессоне – от 2,5 до 5 часов в зависимости от величины давления воздуха в рабочей камере.

- б) разгрузка скважинами, щелями, камуфлетным взрыванием;
- в) уплотнение пород взрывом;
- г) жёсткие и податливые естественные и искусственные целики;
- д) анкерное крепление;
- е) крепь регулируемого сопротивления (податливая);
- ж) инъекционная крепь.

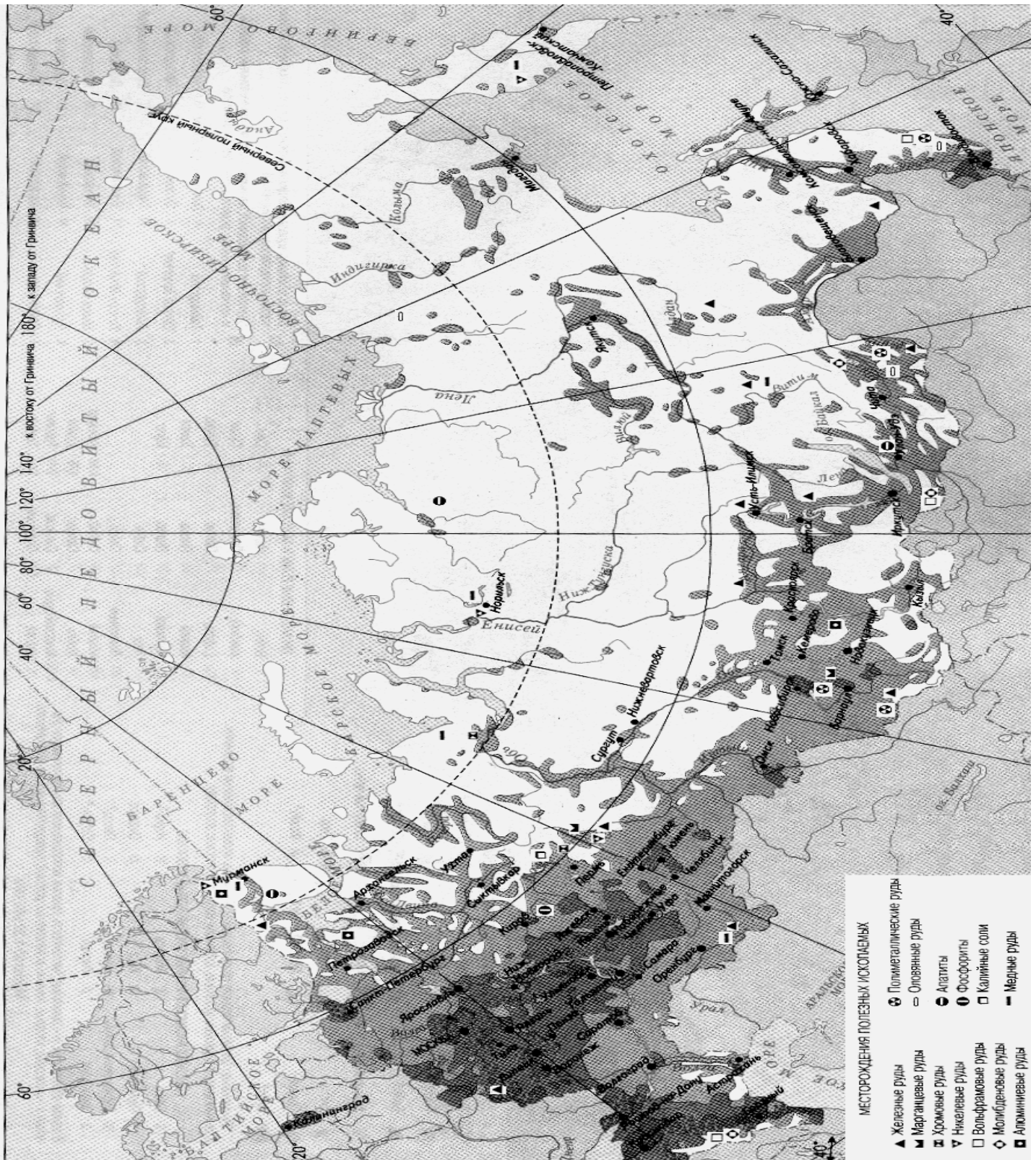


Таблица 3.1

Объекты, размещаемые или создаваемые на месте подземных выработок

Виды объектов	Виды выработок
Хранилища промышленных (нерадиоактивных) и бытовых отходов	Все подземные выработки
Производственные объекты общего назначения	Капитальные выработки, включая штольни, камеры околоствольных дворов
Предприятия по производству продуктов питания	То же
Сейсмические и другие исследовательские станции	То же
Склады промышленных изделий, пищевых продуктов, медикаментов, архивов и др.	Капитальные выработки известняковых и соляных шахт
Холодильники для хранения скоропортящихся продуктов	Выработки в многолетнемёрзлых породах
Хранилища отверждённых радиоактивных отходов низкой и средней активности	Выработки в многолетнемёрзлых породах
Лечебные заведения	Капитальные выработки соляных шахт
Склады горюче-смазочных материалов, газо- и нефтехранилища	Капитальные выработки, включая штольни, камеры околоствольных дворов
Склады стратегических запасов	То же
Резервуары воды, очистные сооружения	То же
Объекты специального назначения (ГЭС, тепловые и автономные ЭС и др.)	То же
Объекты гражданской обороны и военные	То же
Объекты культурного назначения	То же
Объекты аграрного назначения – цветоводство, овощеводство, грибы, рыба	То же
Размещение отвалов	Очистные и подготовительные выработки
Элементы АЭС, ГАЭС, хранилища нефти и газа, технологический подход к другим подземным объектам	Вертикальные стволы

Таблица 3.2

**ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК,
ОБРАЗОВАННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Способ разработки полезных ископаемых	Несущие элементы	Размеры выработок	Возможное применение
Выемка:			
открытым забоем	Пилоны	Большие	Захоронение отходов, нефтехранилища и т. п.
камерно-столбовым методом	»	Средние	Любое
закладкой	Закладка	Малые	Использование отходов в качестве закладки (в соответствии с физико-механическими и химическими свойствами закладываемого материала)
с магазинированием	Пилоны из отбитой породы (после обработки)	Средние и большие	Как при разработке открытым забоем
лавами	Отсутствуют или закладка	Большие одномерные	Захоронение отходов в пустотах выработанного пространства. При наличии закладки – как при выемке с закладкой
Выработка:			
восходящая	Пилоны из отбитой породы (после отработки)	Большие	Как при выемке с магазинированием
подготовительные	Шахтная крепь	Малые	Хранение товаров, углеводородов, питьевой воды
Обрушение:			
подэтажное	Отсутствуют	Большие	Невозможно
блочное	»	»	»
Растворение солей	»	»	Хранение углеводородов (нефти и газа), резервов сжатого воздуха, захоронение отходов
Шахтные стволы	Шахтная крепь	Малые	Хранение углеводородов

Как видно из классификации осваиваемых подземных пустот (табл. 3.3), главное значение в выборе варианта использования пустот имеет геомеханический аспект обоснования их устойчивости.

Классификация осваиваемых подземных пустот

1. По назначению	
а) промышленные: заводы и лаборатории, энергетические установки, обогатительные фабрики, ёмкости-перколяторы ¹¹ ...	
б) сельскохозяйственные: хранилища пищевых запасов, силосные ямы, выращивание грибов (вешенка, шампиньоны), разведение форели ...	
в) оборонные: заводы, укрытия для людей и техники, пусковые ракетные установки, аэродромы...	
г) хранилища и могильники:	
- хранилища нефти, газа и других стратегических запасов, резервуары для забалансовой руды и хвостов обогащения;	
- могильники бытовых, токсичных, химических и радиоактивных отходов;	
д) культурологические: подземные торговые и бизнес центры, гаражи, убежища, музеи, транспортные магистрали, инженерные коммуникации...	
е) медицинские: гала-спелео-терапия в солях, радоновые ванны...	
2. По продолжительности использования пустот	
а) долговременные, более 50 лет;	
б) средней продолжительности, 20-50 лет;	
в) малой продолжительности, менее 20 лет.	
3. По значимости (по аналогии с категориями охраны горных выработок и поверхностных сооружений)	
а) высшая категория охраны, не допускает никаких деформаций полости;	
б) средняя, допускает малые деформации стенок, кровли и почвы полости ;	
в) малая, допускает деформации.	
4. По местоположению	
а) в городских условиях, например, катакомбы;	
б) в сельской местности, например, естественные пещеры;	
в) на заброшенных шахтах и рудниках;	
г) на действующих шахтах и рудниках.	
5. По технологии поддержания устойчивости пустот	

¹¹ **Перколяция** – просачивание раствора через значительный слой раздробленной руды, используется при кучном выщелачивании и при обогащении, скорость просачивания от 2 до 8 см/час. Перколяторы – специальные чаны с подающим рабочий раствор и отводящим продуктивный раствор трубопроводом.

а) естественное поддержание; б) полости, постоянно заполненные материалом (хранилища, могильники, перколяторы); в) крепление кровли, стенок и почвы полости; г) управление несущей способностью горного массива: разгрузка напряжённых зон массива, инъектирование вяжущими растворами слабых зон, сооружение пространственно-ориентированных опорных конструкций, заполнение неиспользуемых пустот обрушением пород или искусственными материалами (сухая, гидравлическая или твердеющая закладка, породы из отвалов, хвосты...).
6. По масштабности, разветвлённости и глубине расположения а) малые пустоты с широкой разветвлённостью на небольшой глубине; б) средних и больших размеров пустоты, изолированные друг от друга, на средней глубине; в) средних и больших размеров пустоты, никак не связанные друг с другом, на большой глубине.

Проект по освоению подземного пространства должен обеспечивать экологическое состояние окружающей природной среды на уровне, регламентированном медицинскими нормами, а при их отсутствии - ограничениями по пользованию природными ресурсам. В этих целях исходные данные для проектирования должны содержать:

- детальную информацию о природных условиях территории и о геомеханическом состоянии геологической среды;
- оценку воздействия объекта на окружающую природную среду и условия жизни населения;
- прогноз изменений состояния природной и геологической среды и процессов, происходящих в зоне воздействия объекта;
- комплексную оценку влияния последствий этих изменений на условия жизни населения;
- анализ экологического риска намечаемых проектных решений, включая возможность аварийных ситуаций;
- комплекс природоохранных мероприятий по предотвращению негативного воздействия хозяйственной деятельности, а также сохранению, оздоровлению и улучшению окружающей природной и геологической среды;
- программу работ по организации мониторинга состояния окружающей среды в период строительства, эксплуатации объекта и в период снятия его с эксплуатации (консервации).

Всю перечисленную выше информацию необходимо получить на стадии обоснования инвестиций в строительство предприятия, проект должен пройти специальную экологическую экспертизу по всем компонентам природной среды: воздушной среде, поверхностным и подземным водам, почвам и грунтам, недрам, растительному покрову, животному миру, специальной среде. В результате

должна быть дана итоговая оценка экологического риска размещения намечаемого объекта на данной территории.

Для **оценки состояния и поддержания устойчивости геосистемы** (массив-полость) и подземных технологических горных сооружений может быть использована структурная схема Корчака А.В.:

1. Первичный контур

- исходная инженерно-геологическая информация;
- проектные решения;
- целевая функция;
- предварительный прогноз состояния;
- корректировка проектных решений;
- проектное управляющее воздействие.

2. Вторичный контур

- наблюдения за состоянием массива;
- прогноз состояния;
- оценка прогнозируемого состояния;
- оценка фактического состояния;
- корректирующее управляющее воздействие.

4. Захоронение отходов жизнедеятельности

Возможные направления утилизации отходов добычи приведены на рис. 4.1, а направления использования отходов обогащения угля – на рис. 4.2.

Избавление от отходов возможно следующим путём¹:

- совершенствования технологий с минимизацией получаемых объёмов отходов;
- переработки отходов с переводом их в нетоксичную форму;
- надёжного подземного захоронения отходов.

Виды отходов горнометаллургического цикла приведены в табл. 4.1. В табл. 4.2 и 4.3 приведены условия размещения высокотоксичных отходов.

В настоящее время известен ряд технологий для надёжной **изоляции и захоронения отходов**²:

- хранение отходов в специальных сооружениях наземного и слабоуглублённого типа;
- захоронение отходов в специальных подземных сооружениях;
- размещение отходов в глубоких океанических впадинах с застойными режимами перемещения вод;
- физическое и химическое преобразование отходов в нейтральные продукты;
- размещение отходов в мощных толщах материковых льдов;
- выброс особо опасных отходов с помощью ракет в космическое пространство.

¹ Шишиц И.Ю. Основы инженерной георадиозэкологии. – М.: изд. МГГУ, 1998, 716 с.

² **Депонирование отходов** – складирование отходов в определённых местах и по определённым правилам, различают упорядоченное и хаотичное складирование.

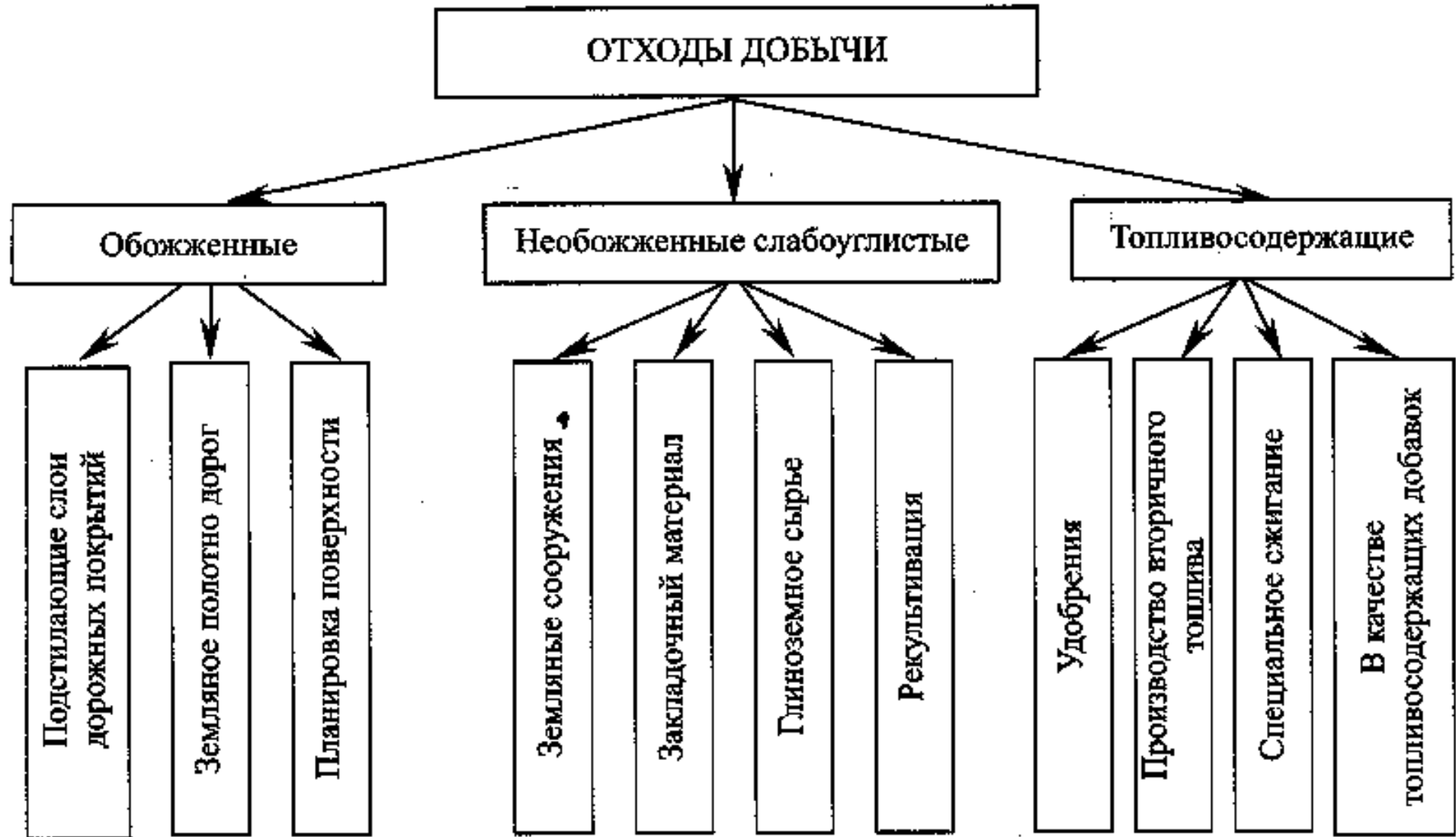


Рис. 4.1. Возможные направления утилизации отходов добычи

Таблица 4.1

Виды отходов горнометаллургического цикла

Фазовая характеристика отходов	Добыча			Обогащение		Металлургический передел	
	Открытая	Подземная	Гео-технологическая	Гравитационное, магнитное, электрическое	Флотационное	Гидро-металлургическое	Термо-металлургия
Твёрдые	Вскрышные породы	Пустые породы	-	Хвосты	Хвосты	Осадки	Хвосты
Жидкие	-	Шахтные воды	Раствор	Промывочная вода, шлам	Шлам, пульпа	Солевой раствор	Охлаждающая вода
Пылегазовые	Пыль	Метан, рудничный воздух	-	-	Отсос воздуха	Пар	Газы, пыль

Таблица 4.2

Характеристика скальных массивов, пригодных для размещения могильников высокоактивных отходов

Массив пород	Основные преимущества	Основные недостатки	Примечание
Базальты и граниты	1. Высокая плотность и прочность 2. Практически водонепроницаемы (в монолите) 3. Высокая химическая стойкость 4. Средняя теплопроводность	1. Структурные дефекты (разломы, трещины) способствуют свободной циркуляции воды 2. Низкие сорбционные свойства	Мощные и плотные монолитные массивы могут быть использованы для размещения любых могильников

Критерии оценки пригодных территорий для размещения могильников отходов в магматических породах

Уровень пригодности	Критерии оценки						
	Тектонические элементы	Морфология	Породы вмещающей толщи	Глубина залегания, м	Мощность толщи до поверхности, м	Гидрогеология	Сейсмичность по шкале MSK-64
Потенциально пригодные	Платформы, щиты, орогены	Батолиты, крупные лакколиты, штоки	Граниты, градиориты, сиениты	Более 1000	Более 1000	Зона замедленного и крайне замедленного водообмена	Менее 5
		Эффузивные покровы, интрузии, массивы метаморфизованных пород	Кварцевые порфиры, порфириты, базальты, туфы, андезиты, габбро, гнейсы, кварциты	Более 300	Более 500		
Ограниченно пригодные	Платформы, щиты, древние орогены	Интрузии, покровы, массивы метаморфизованных пород	Габбро, дуниты, базальты, кварциты, сланцы, гнейсы	Более 300	Более 1000	Зона замедленного водообмена	Менее 7
Практически непригодные	Молодые орогены	Дайки, жлы, штоки, покровы, массивы метаморфизованных пород	Габбро, дуниты, основные эффузивы, амфиболиты, гнейсы, сланцы	Более 1000	Менее 1000	Все гидрогеологические зоны	Более 7

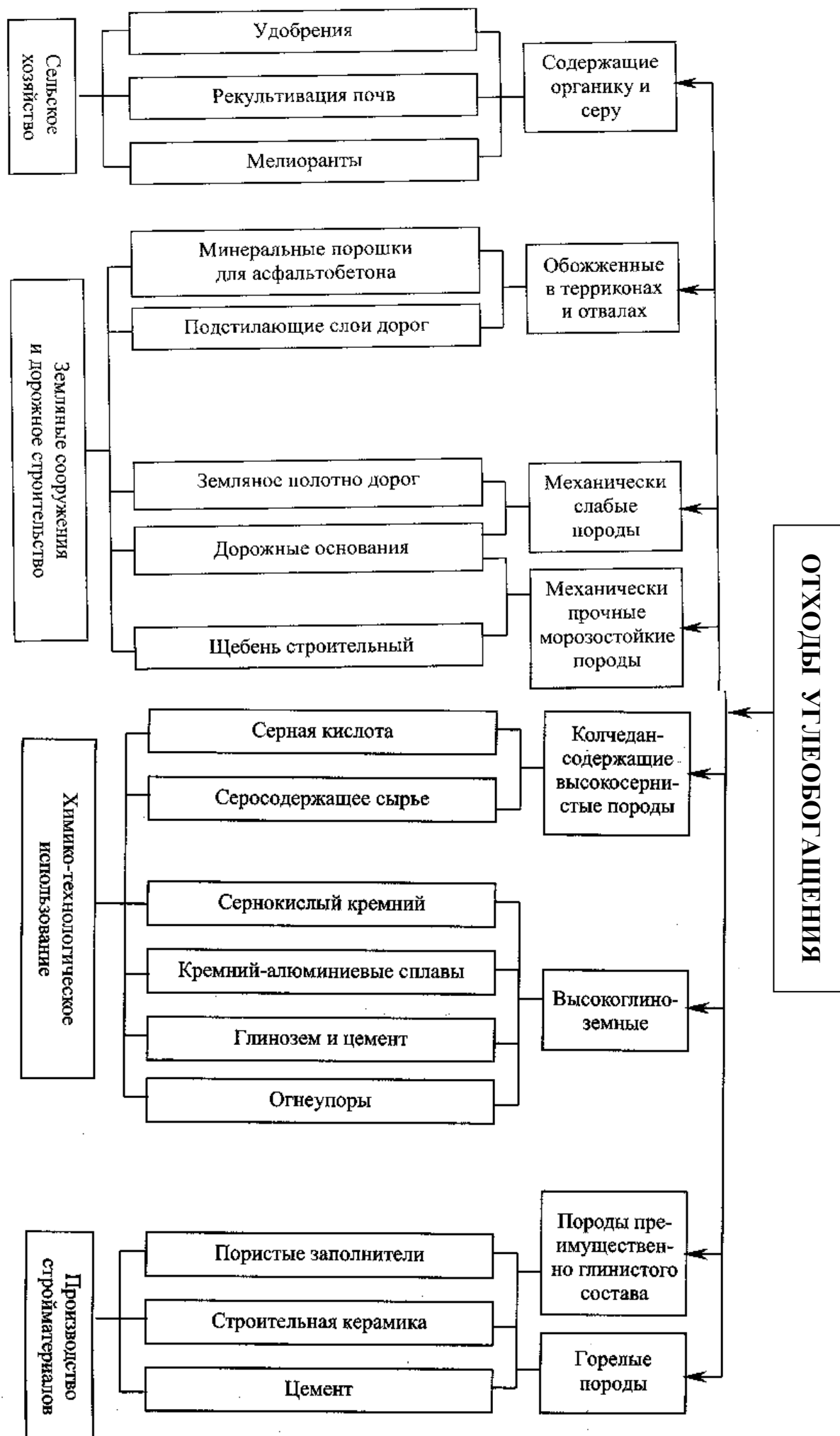


Рис. 4.2. Направления использования отходов обогащения угля

Изоляция отходов в геологических формациях является естественным природным процессом, ведь, например, залежи угля, нефти, газа, фосфоритов, известняков – и являются естественным захоронением и преобразованием отходов за миллионы лет.

Изолирующие свойства геологических формаций хорошо известны и поддерживаются многовековым существованием месторождений многих токсичных минералов и флюидов – свинцовых, ртутных, цинковых, оловянных, радиоактивных руд, серы, газов, нефти и т.д. Другим свойством геологических формаций является их способность к самозалечиванию существующих и вновь возникающих в их структуре дефектов, способность к сорбции химических элементов и их соединений на поверхности трещин, а также к метаморфизму под влиянием естественных процессов. В целом, хранилище и могильники не должны располагаться в тектонически нарушенных массивах с высокой проницаемостью пород и активным водообменом, кроме того, породы должны обладать высокой - прочностью, теплопроводностью, сорбционной способностью. В качестве примера захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях - в табл. 4.4 приведена характеристика гранитов и гнейсов и в табл. 4.5 – классификация основных типов подземных могильников и долговременных хранилищ радиоактивных отходов.

Таблица 4.4

Характеристика гранитов и гнейсов

Наименование	Значение
Физико-механические свойства	
Плотность	2,6-2,7 г/см ³
Прочность на сжатие	70-190 МПа
Прочность на растяжение	12-30 МПа
Модуль упругости	(7-10)*10 ⁵ кгс/см ²
Коэффициент Пуассона	0,2-0,25
Теплопроводность	2,9-4,3 Вт/(см*град)
Удельная теплоёмкость	0,2-0,8 кДж/(кг*град)
Коэффициент линейного температурного расширения	(0,6-0,9)*10 ⁻⁵ 1/град
Геологическая характеристика	
Скорость эрозии	3*10 ⁻⁵ м/год
Сейсмическая активность	Не более 6 по шкале MSK-64
Мощность толщи	До 10-15 км
Расстояние до ближайшей активной структуры	Более 20 км
Вероятность развития трещин в зоне размещения отходов	10 ⁻¹² м/год
Гидрогеологические характеристики	
Размещение могильника ниже зоны свободного водообмена	-
Расстояние до ближайшей точки разгрузки	Более 2 км
Гидравлический уклон	0,01

Удельная ёмкость массы:	
- для гнейсов	$1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}$
- для диоритов, габбро	$2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}$
Зона развитой трещиноватости:	
- максимальная глубина	200 м
- проницаемость	$10^{-4} - 10^{-5} \text{ м/с}$
- кинематическая пористость	$5 \cdot 10^{-3}$
Зона скрытой трещиноватости:	
- проницаемость	10^{-7} м/с
- кинематическая пористость	10^{-3}
Зона сильного трещинообразования:	
- проницаемость	10^{-4} м/с
- кинематическая пористость	10^{-3}
Вмещающие породы:	
- проницаемость	10^{-10} м/с
- кинематическая пористость	10^{-4}
- расстояние до ближайшей скрытой трещины	Более 10 м
Характеристика подземных вод	
Окислительно-восстановительный потенциал:	0,2 - 1
- pH	8,0
- HCO_3	240 мг/л
Коэффициент распределения	Ni-0.32; S ₂ -0.16; Zr-3.2; Tc-0.05; Cs-0.064; J-0; Ce-10; Nd-10; Eu-10; Ra-0.5; Th-2.4; U-1.2; Np-1.2; Pu-0.3; Am-32

Таблица 4.5

Классификация основных типов подземных могильников и долговременных хранилищ радиоактивных отходов

Тип сооружения	Отличительные характеристики ПМ, ДХ*	Типы горных пород	Назначение сооружения	Основные рекомендации
1. Подземные сооружения шахтного типа	Наличие шахтных стволов, транспортных, технологических и вентиляционных выработок	Скальные породы: граниты, гнейсы, порфириды, туфы, каменная соль	Централизованные ПМ и ДХ федерального или регионального назначения для захоронения ВАО, САО, ДТВС и ОТВС	Для долгоживущих ВАО, САО в твёрдом, фиксированном, упакованном виде с дополнительными искусственными барьерами в сухой геологической среде. Применение для короткоживущих САО, НАО нецелесообразно.
2. Специальные шахтные стволы, буровые скважины	Глубокие (до 1 км) шахтные стволы или скважины ($d \leq 1.5$ м), со специальным конструктивным оформлением, в том числе, с искусственным охлаждением		ПМ регионального назначения для захоронения ВАО и САО от деятельности радиохимических заводов	Для долгоживущих ВАО, САО в твёрдом, фиксированном, упакованном виде с дополнительными искусственными барьерами в сухой геологической среде, есть пространство для распространения тепла.

3. Штольни	Наличие выхода из выработки непосредственно на дневную поверхность, герметизация входов на участке размещения РАО	Скальные породы, в том числе, в условиях многолетне-мёрзлых пород Крайнего Севера	ПМ регионального назначения для захоронения твёрдых САО, НАО, неперерабатываемых ТРО	Для короткоживущих САО и НАО в твёрдом упакованном виде. Для долгоживущих САО и НАО в твёрдом фиксированном, упакованном виде.
4. Заглубленные траншеи, котлованы. засыпаются горной массой на стадии консервации могильника	Отсутствие конструктивного обустройства непосредственно на земной поверхности. Создаются в основном на базе взрывных технологий		ПМ регионального назначения для захоронения твёрдых САО, совместное захоронение ТРО и ЖРО с их отверждением в рабочем объёме могильника	
5. Буровые скважины	Скважины ($d \leq 1$ м) глубиной до 200-300 м со специальным конструктивным оформлением устья		ПМ регионального назначения для захоронения ДТВС, САО и НАО, совместное захоронение ТРО и ЖРО с их отверждением в рабочем объёме могильника	

6. Наземные или слабозаглубленные конструкции	Наличие конструктивного обустройства непосредственно на дневной поверхности. Для ПМ необходимы специальные элементы, конструкции и контейнеры с усиленными инженерными барьерами. Для ДХ необходимы соответствующие конструкции и оборудование для периодической замены хранимых РАО.	Различные типы глин, скальные породы	ДХ регионально-территориального назначения для длительного хранения переработанных ТРО и ЖРО, ОТВС	Для короткоживущих САО и НАО. Возможно в фиксированном и упакованном виде с дополнительными барьерами в сухих геологических средах.
--	--	---	---	--

*ПМ – подземный могильник, ДХ – долговременное хранилище; РАО, ВАО, САО, НАО – радиоактивные, высоко-, средне- и низкоактивные отходы; ОТВС и ДТВС – отработавшие и дефектные тепловыделяющие сборки, ТРО и ЖРО – твёрдые и жидкие радиоактивные отходы

5. Экологическая оценка рудных месторождений, природоохранные меры

Оценка экологических последствий освоения месторождения, согласно нормативно-правовым актам Российской Федерации, – неотъемлемая часть его геолого-экономической оценки. В составе проекта освоения месторождения есть раздел – оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и природоохранные мероприятия.

Экологические исследования не завершаются проектными работами, но продолжаются в процессе функционирования горнорудного предприятия – в виде объектного мониторинга, экологического контроля и природоохранных мероприятий; а после отработки месторождения - в виде санаций территории.

Источники экологического воздействия на окружающую среду:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Геологоразведочный комплекс. | 5. Открытая и подземная добыча |
| 2. Скважинная гидродобыча. | твёрдых полезных ископаемых. |
| 3. Гидромеханизированная добыча. | 6. Подземное и кучное выщелачивание (ПВ и КВ). |
| 4. Обоганительный комплекс. | |

Виды экологического воздействия:

1. Газо-аэрозольное и пылевое воздействие
2. Гидродинамическое воздействие (водоотлив и водозабор, профильтрованные потери хвостохранилищ и т.п.).
3. Гидрохимическое воздействие (загрязнение промышленными стоками поверхностных и подземных вод).
4. Механическое воздействие (нарушение целостности и физических свойств почвы и горного массива в целом, сооружение отвалов).
5. Радиационное воздействие.
6. Химическое воздействие (загрязнение земной поверхности рудами и пустыми породами, твёрдыми хвостами и т.п.).
7. Шумовое и сейсмическое воздействие.
8. Тепловое воздействие.
9. Отчуждение и изъятие земель.
10. Изъятие ресурсов недр (добычные работы, водозабор).
11. Нарушение природного ландшафта.

Экологический ущерб

Ущерб – следствие такой высокой степени воздействия, что создаёт ограничение функционированию локальных природных и антропогенных (технологических, социально-бытовых, культурно-бытовых) объектов окружающей среды. Критерий ущерба – значение степени воздействия в баллах. Существуют нормативы охранных зон природных объектов и качественная оценка опасности воздействия по времени релаксации (табл. 5.1). Объекты вероятного ущерба оценивают с учётом их исходного фонового экологического состояния - суммарный показатель экологического состояния (ПЭК) максимально может иметь пять баллов. Границы природных объектов вероятного ущерба выделяют на

карте, негативные факторы соотносят с известными **экологическими критериями** (табл. 5.2).

Таблица 5.1

Качественная оценка опасности воздействия (по времени релаксации)

Оценка опасности воздействия	Индекс	Типичная среда, процесс	Время релаксации
Очень слабое	1	Атмосфера (термодинамические переменные, газовый	Дни
Слабое	2	Гидрологические процессы на уровне грунтового и поверхностного потоков	Десятки дней
Среднее	3	Восстановление гидрогеологического бас-	Месяцы, годы
Сильное	4	Восстановление растительного покрова	Десятки лет
Очень сильное	5	Восстановление почвенного покрова	Сотни лет

Таблица 5.2

Оценки критерия экологического состояния территории

Качественные признаки состояния природной среды	Уровень (категория)	Потери качества, балл
Отсутствие признаков: угнетение естественных и антропогенных биоценозов, нарушение комфортности жизнеобеспеченности человека, нарушение природных сфер и их функционального равновесия	Условно нулевой	1
Заметное угнетение биоценозов, природная среда в целом удовлетворительна для существования человека, признаки нарушений отдельных природных сфер обратимого характера	низкий	2
Природные биоценозы сильно угнетены, производство пищевой продукции неэффективно из-за низкого качества и низкого плодородия почв, признаки ухудшения здоровья населения из-за неблагоприятных условий окружающей среды, природная среда не справляется с деградационными нагрузками	средний	3

Невозможность длительного существования искусственных насаждений, противопоказанность использования земель для производства продовольственной продукции, существенная деградация населения по состоянию здоровья, необратимые изменения природных сфер, исключающие самовосстановление природной среды	высокий	4
Биопродуктивность земель нулевая, прямой контакт с природной средой опасен для здоровья и существования человека, природные сферы необратимо нарушены и не могут выполнять своих природных функций	катастрофический	5

Структура природных ресурсов Земли и уровень их возобновляемости - приведена на рис. 5.1.

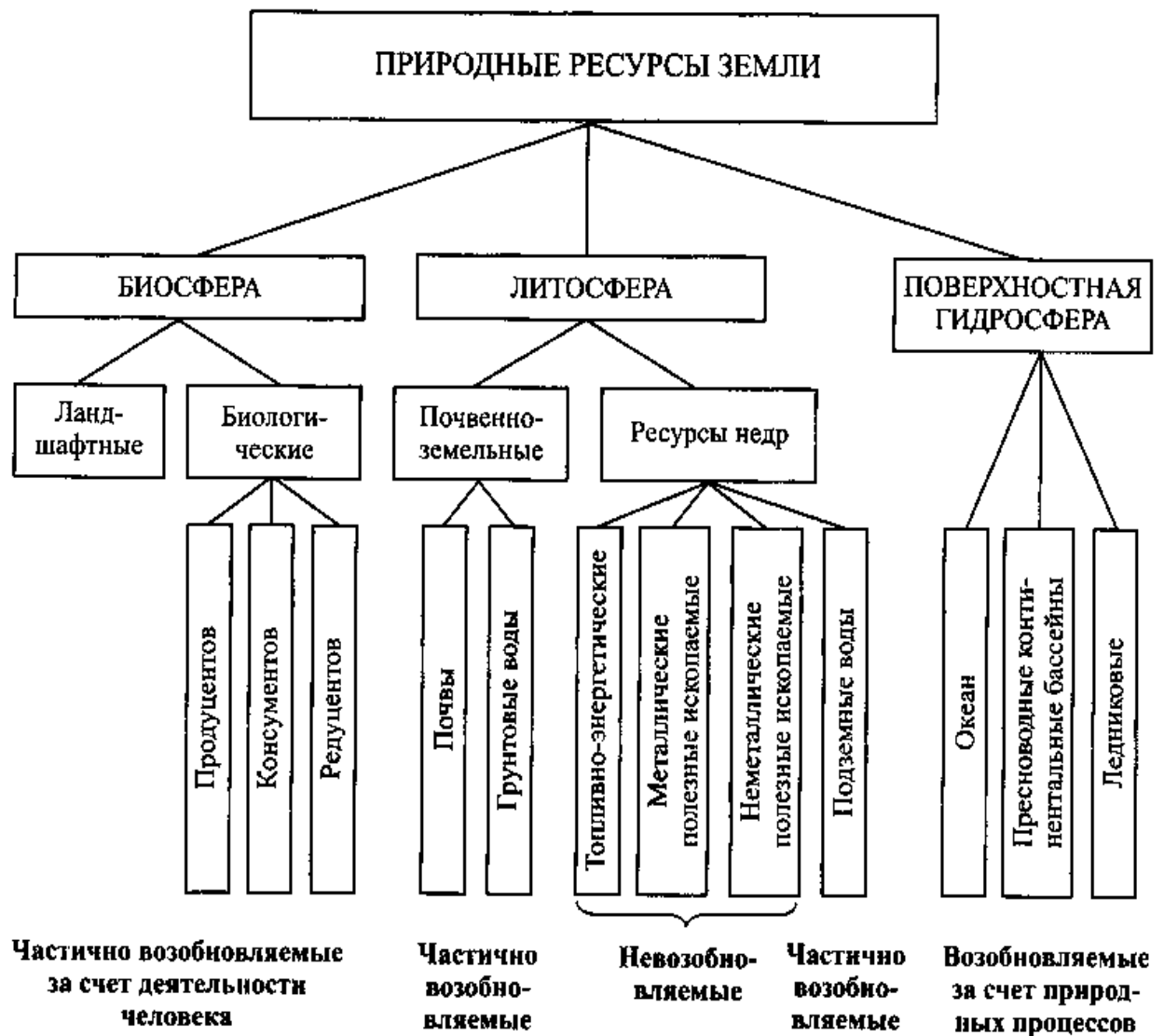


Рис. 5.1. Структура природных ресурсов Земли и уровень их возобновляемости

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ-ТОКСИКАНТОВ
[Алексеевко, 2000]

Элемент	Кларк по А. П. Виноградову, % по массе	Наиболее распространенные минеральные формы	ПДК для		
			воздуха, мг/м ³	воды, мг/л	почвы, мг/кг
Al	8,05	Боксит – смесь оксидов и гидрооксидов	–	0,5	–
Be	0,00038	Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ Берtrandит $\text{Be}_4[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2$ Хризоберилл BeAl_2O_4 Гельвин $(\text{Mn},\text{Fe})_8[\text{BeSiO}_4]_6\text{S}_2$	–	0,0002	–
Bi	$9 \cdot 10^{-7}$	Самородный висмут Bi Висмутин Bi_2S_3	–	0,1	–
V	0,009	Ванадинит $\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$ Карнотит $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Патронит VS_4 Ванадийсодержащий титаномagnetит	0,02	0,1	–
W	$1,3 \cdot 10^{-4}$	Вольфрамит $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$ Шеелит CaWO_4	–	0,05	–
Cd	$1,3 \cdot 10^{-6}$	Кадмийсодержащий сфалерит Гринокит CdS	0,001	0,001	–
Co	0,0018	Шмальтин CoAs_{3-2} Саффлорит CoAs_2 Кобальтин $(\text{Co},\text{Fe})\text{AsS}$ Кобальтсодержащий пирит	0,01	1,0	5,0
Li	0,0032	Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ Амблигонит $\text{LiAl}[\text{PO}_4](\text{F},\text{OH})$ Петалит $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$ Лепидолит $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	–	0,003	–
Mn	0,1	Пирролюзит MnO_2 Манганит MnOOH Псиломелан $\text{BaMn}^{2+}\text{Mn}_9^{4+}\text{O}_{20} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Браунит Mn_2O_3 Родохрозит $\text{Mn}[\text{CO}_3]$	0,01	10	1500
Cu	0,0047	Халькопирит CuFeS_2 Халькозин Cu_2S Борнит Cu_5FeS_4 Малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ Азурит $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$	0,002	1	–
As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	Арсенопирит FeAsS Реальгар AsS Аурипигмент As_2S_3 Скородит $\text{Fe}[\text{AsO}_4] \text{H}_2\text{O}$	0,003	0,03	2,0
Ni	0,0058	Никелин NiAs Хлоантит NiAs_{3-2} Пентландит $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ Гарниерит $(\text{Ni}, \text{Mg})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,001	0,1	–
Hg	$8,3 \cdot 10^{-6}$	Киноварь HgS Шватцит $(\text{Cu},\text{Hg})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	0,0003	0,0005	2,1

Элемент	Кларк по А. П. Виноградову, % по массе	Наиболее распространенные минеральные формы	ПДК для		
			воздуха, мг/м ³	воды, мг/л	почвы, мг/кг
Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$	Галенит PbS	0,0003	0,03	20,0
		Бурнонит PbCuSbS ₃			
		Буланжерит Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	0,0003	0,03	20,0
		Джемсонит Pb ₄ FeSb ₆ S ₁₄			
		Церуссит Pb[CO ₃]			
Se	$5 \cdot 10^{-6}$	Селенсодержащий пирит Селенсодержащий галенит	0,000 05	0,001	–
Sb	$5 \cdot 10^{-5}$	Антимонит Sb ₂ S ₃ Бертьерит FeSb ₂ S ₄ Оксиды и гидрооксиды сурьмы	–	0,05	–
Ta	$2,5 \cdot 10^{-4}$	Танталит (Fe,Mn)(Ta,Nb) ₂ O ₆ Лопарит (Na,Ce,Ca)(Nb,Ti)O ₃ Пироклор (Na,Ca) ₂ (Nb,Ta,Ti) ₂ O ₆ ·(OH,F)	–	0,0001	–
Cr	0,0083	Хромшпинелиды (Fe,Mg)(Fe,Al,Cr) ₂ O ₄	0,0015	0,5	0,05
Zn	0,0083	Сфалерит ZnS Смитсонит Zn[CO ₃] Каламин Zn ₄ [Si ₂ O ₇][OH] ₂ ·H ₂ O	0,05	1,0	–

ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРЫ

1. Природоохранные меры в проекте геологоразведочных работ (подробно – на рис. 5.2)

Буровые работы

Ликвидационный тампонаж скважин: предусматривается или усиленный цементаж скважин под давлением или тампонаж мягкими заполнителями.

Рекультивация оставляемых рабочих площадок: уборка, засыпка зумпфов, заделка устья скважин, снятие и захоронение загрязненного слоя почв, выравнивание поверхности.

Горные работы

Природоохранные меры горно-разведочных производств аналогичны таковым горнодобывающих производств, но существенно меньше по объему работ и затратам (см. ниже горные способы добычи).

Строительство, техслужбы, быт

- обоснованный выбор площадок под строительство;
- захоронение бытовых отходов в процессе эксплуатации и при ликвидации;
- складирование, вывод использованного оборудования;

- передача базового поселка при прекращении работ для дальнейшего использования или его демонтаж с вывозом, реализацией или складированием оборудования.

2. Природоохранные меры в разделах ТЭО кондиций и подсчёта запасов

В начале проекта приводится принципиальное доказательство экологической допустимости освоения месторождения с применением того или другого способа добычи и обогащения («суждение о нулевом варианте»).

Производится выбор технологии добычи, связанной с меньшими экологическими последствиями (например, применение скважинного выщелачивания вместо горного, способа подземной добычи вместо открытой). Или выбор альтернативного объекта, освоение которого сопряжено с меньшим эколого-экономическим ущербом.

3. Горнопроходческие работы (подробно – на рис. 5.3)

Меры по предупреждению и ограничению ущерба:

- выбор щадящей технологии горных работ (например, применение подземного способа вместо открытого; в этом случае ценность руды, мощность наносов, глубина распространения и площадь горного отвала служат основными факторами для выбора технологии добычи);
- рациональное размещение наземных антропогенных объектов (за пределами вероятных ореолов ущерба);
- снятие и складирование плодородного почвенного горизонта до начала проходческих работ;
- применение щадящих схем буровзрывных работ (например, производство взрывов в карьерах в часы максимальной ветровой активности);
- закладка выработанного подземного пространства твердеющими смесями с использованием пород отвалов;
- применение орошения для подавления пылевыведяющих источников;
- доводка вентиляционных выбросов шахт до норм ПДК путем устройства специальных фильтров.

Реабилитационные и компенсационные меры:

- утилизация горных выработок в хозяйственных или рекреационных целях;
- рекультивация почв, загрязненных токсичными веществами;
- засыпка карьерных выработок породами отвалов, размещение отвалов в пределах карьеров (внутренние отвалы), на урановых месторождениях при засыпке карьеров создание глинистых горизонтов для экранирования эманации радона;
- присыпка пород из отвалов 3 м плодородной почвы;
- для ограничения воздействия шума следует выполнять технические и организационные мероприятия в соответствии с ГОСТом 12.1.003-83 "Шум, общие требования безопасности", в частности, - создание поглощающих сооружений и посадка деревьев;
- компенсация отчужденных сельскохозяйственных земель в физическом или денежном выражении.

4. Подземная и открытая добыча полезных ископаемых

При буровых работах с земной поверхности

Ликвидационный тампонаж скважин: усиленное цементирование стенок скважин под давлением или тампонаж мягкими заполнителями. Рекультивация оставляемых рабочих площадок: уборка, засыпка зумпфов, заделка устья скважин, снятие и захоронение загрязненного слоя почв, выравнивание поверхности.

При строительстве поверхностного комплекса

Обоснование выбора площадок под строительство, захоронения бытовых отходов в процессе эксплуатации и при ликвидации, складирование, вывод использованного оборудования, демонтаж или передача поверхностного комплекса для дальнейшего его использования.

При подсчёте кондиций и запасов месторождения

В начале проекта на отработку месторождения приводится принципиальное доказательство экологической допустимости освоения месторождения с применением того или другого способа добычи и обогащения («суждение о нулевом варианте»). Производится выбор технологии добычи, связанной с меньшими экологическими последствиями или выбор альтернативного объекта, освоение которого сопряжено с меньшим эколого-экономическим ущербом.

При горнопроходческих и добычных работах

Выбор щадящей технологии горных работ, снятие и складирование плодородного почвенного горизонта до начала проходческих работ, применение щадящих схем буровзрывных работ с пылеподавлением и контурным взрыванием, закладка выработанного подземного пространства твердеющими смесями с использованием пород отвалов и хвостов, поддержание очистного и выработанного пространства в устойчивом состоянии путём крепления, инъецирования пород, сооружения опорных пространственно-ориентированных конструкций и разгрузки зон концентрации напряжений; очистка исходящей струи до норм ПДК специальными фильтрами в воздухоотводящем канале, утилизация горных выработок в хозяйственных или рекреационных целях, рекультивация почв, компенсация отчужденных сельскохозяйственных земель в физическом или денежном выражении.

При работах на породных отвалах

Выбор альтернативной технологии, характеризующейся меньшими объёмами отвалов (например, физико-химической геотехнологии), оптимальной площадки для размещения отвалов с учётом планирования рельефа (в оврагах), перенос отвалов в зоны обрушения с созданием глинистых горизонтов для экранирования эманиции радона на урановых месторождениях, присыпка пород отвалов 3 м плодородной почвы, строительство сооружений для отвода и обезвреживания подотвальных вод токсичных отходов; утилизация отвалов: доизвлечение полезного ископаемого методами кучного выщелачивания, включение пород отвалов в закладочную или строительную смесь с учётом минерального состава, радиоактивности и химической активности пород, что позволит определить наилучший путь их утилизации, раздельное складирование отходов по

видам потенциальных техногенных месторождений; биологическая рекультивация: галькование или пескование, известкование, гипсование и др.; захоронение твердых токсичных отходов в специально оборудованных хранилищах с дальнейшим использованием их в техногенных целях; дезактивация почв, загрязненных радионуклидами, до уровней, превышающих фоновые в небольшое количество раз, согласно концепции "разумно достижимых нижних уровней", рекультивация нарушенных земель с восстановлением сельскохозяйственной, рекреационной их ценности.

При работах по водоотливу

Оценивается вероятность непосредственного ущерба от водозабора подземных вод и обосновывается возможность перехода на альтернативные источники водоснабжения от резервного водозабора; строительство новых и реконструкция существующих водозаборных сооружений; ограничить дренаж только эксплуатируемым горизонтом при полной твердеющей закладке подземного пространства на отработанных горизонтах и этажах; отвод водотоков или устройство непроницаемых завес, усиленный тампонаж скважин, инъецирование пород; повышение качества дренажных вод путём осветления (осаждение механической взвеси), внесения сорбентов, аэрирования проточной воды в каскадах.

5. Отвальное хозяйство (подробно – на рис. 5.4)

Меры по компенсации ущерба связаны с вложением средств для возмещения потерь в натуральном выражении или в виде денежной компенсации.

Меры по предупреждению ущерба:

- выбор конкурирующего объекта или альтернативной технологии, характеризующихся меньшими объёмами отвалов;
- построение простейших сооружений для отвода подотвальных вод, а также построение станций по обезвреживанию подотвальных вод у подошв токсичных отходов;
- отказ от строительства и выращивания с/х продукции в области ущерба воздействия отвалов;
- размещение отвалов в выработанном пространстве карьеров, чтобы сократить отвод земель под хозяйство карьера;
- размещение отвалов с учётом планирования рельефа (в оврагах).

Меры по ограничению ущерба:

- утилизация отвалов: доизвлечение полезного ископаемого из отвалов балансовых руд методами КВ, ШВ или с использованием микробиологических методов, использование руд попутных компонентов, находящихся во вмещающих породах или породах вскрыши (например, железных руд на месторождениях марганца, флюоритовых руд на полиметаллических месторождениях и пр.), использование пород отвалов в качестве закладочного строительного материала и т.п.; при выборе направления утилизации отвалов следует учитывать минеральный состав, радиоактивность и химическую активность слагающих пород, что позволит определить наилучший путь их утилизации;

- использование: в качестве материала для засыпки карьера или закладки подземных горных выработок, для строительства водоотвальных сооружений и дорог в районе рудника;
- раздельное складирование отходов по видам потенциальных техногенных месторождений;
- учёт стоимости земель, что стимулирует уменьшение удельной землеёмкости.

Меры по ликвидации ущерба:

- планировании местности путём перемещения нейтральных отвалов с последующей рекультивацией и использованием в сельскохозяйственных или рекреационных целях;
- рекультивация не только горизонтальных поверхностей, но и откосов отвалов с целью противоэрозионных мероприятий;
- консервация токсичных отходов с последующей присыпкой их 3 м плодородной земли и использованием рекультивированных площадей в сельскохозяйственных или рекреационных целях;
- биологическая рекультивация: галькование или пескование, известкование, гипсование и др.;
- захоронение твердых токсичных отходов в специально оборудованных хранилищах с дальнейшим использованием их в техногенных целях;
- дезактивация почв, загрязненных радионуклидами, до уровней, превышающих фоновые в небольшое количество раз, согласно концепции "разумно достижимых нижних уровней";
- рекультивация нарушенных земель с восстановлением сельскохозяйственной, рекреационной их ценности, например, глубинная (до 1 м) вспашка.

6. Водоотлив

Вероятность непосредственного ущерба от водозабора подземных вод требует анализа водохозяйственной обстановки района и обоснование возможности перехода на иные источники водоснабжения.

Оперативная компенсация ущерба заключается в малой или кардинальной реконструкции существующих водозаборных сооружений. Например, если понижение уровня меньше высоты столба воды в скважинах, достаточно заглубление водоподъемников, если понижение уровня соизмеримо с высотой столба в скважинах и заглубление водоподъемников не решает проблему, то рекомендуют проходку новых скважин, колодцев или подключение к резервному водозабору.

При влиянии водоотлива на горизонты, смежные с объектами ущерба, рекомендуют ограничить дренаж только эксплуатируемым горизонтом, для чего необходимо сохранить водоупор. Этому служат рекомендации о полной закладке отработанного пространства, а также рекомендации о надежных способах ликвидационного тампонажа скважин.

Таким образом, в соответствии с типовыми ситуациями могут быть предложены следующие природоохранные меры:

1. При вероятности непосредственного необратимого ущерба уникальным объектам - отказ от эксплуатации.

2. При вероятности непосредственного (во времени) ущерба социально-бытовым объектам - предварительная компенсация ущерба в физическом выражении.

3. При вероятностях близких и отдаленных ущербных последствий - оперативная компенсация в сроки, устанавливаемые по данным мониторинга (по факту).

4. При вероятности близких и непосредственных ущербных последствий в смежных водоносных горизонтах - меры по максимальному сохранению водоупора.

5. При вероятности ущерба речному стоку:

- отвод водотоков или устройство непроницаемых русел для уменьшения водопритока в горные выработки и уменьшения ущерба;
- для уменьшения водопритока в выработки - усиленный тампонаж скважин, пробуренных с поймы;
- при недопустимом ущербе речному стоку - возврат дренажных вод в водотоки с их предварительной подготовкой.

6. При вероятности недопустимого ущерба родниковому стоку - возврат дренажных вод в водоносный горизонт с их предварительной подготовкой.

7. При существенных прогнозных величинах водопритоков должны быть предусмотрены меры по организации мониторинга.

Последствия гидрохимических воздействий водоотлива:

- качество исходных, подземных и дренажных вод удовлетворяет нормам ГОСТа, ПДК, НРБ; дренажные воды пригодны для многоцелевого использования, в частности, к отводу в гидрографическую сеть практически без подготовки, однако, в соответствии с регламентирующим документом ГКЗ РФ, для этого случая необходимо оценить эксплуатационные запасы этих вод;
- качество исходных подземных вод не удовлетворяет нормам ГОСТа, ПДК, НРБ по тем или иным компонентам; дренажные воды должны накапливаться и сохраняться в инженерно-подготовленных природных или искусственных емкостях или в соответствующих условиях должен применяться возврат дренажных вод в водоносный горизонт, а также захоронение в смежные водоносные горизонты, выбор вариантов рекомендаций должен быть обеспечен прогнозными расчетами;
- приобретенное качество дренажных вод не удовлетворяет нормам ГОСТа, ПДК, НРБ, хотя качество исходных вод этим нормам удовлетворяет; дренажные воды рекомендуют использовать в технических целях, сбрасывать после подготовки в речную сеть, возвращать в водоносный горизонт или захоранивать в смежные водоносные горизонты.

Таким образом, возможны следующие типовые рекомендации по отводу дренажных вод:

- при удовлетворительном качестве дренажных вод – утилизация;
- при неудовлетворительном качестве дренажных вод и удовлетворительном – подземных - применение мер по улучшению качества, что позволяет произво-

диль либо их утилизацию для ограниченных целей, либо возврат в водоносные горизонты, природные водотоки, либо подземное захоронение;

- при противопоказаниях на утилизацию производят их организационный сбор и накопление в емкостях на поверхности либо закачивание в глубине горизонты вод и рассолов;
- для повышения качества дренажных вод применяют осветление (осаждение механической взвеси), для снижения уровня концентраций нормируемых компонентов – предварительное разбавление дренажных вод в водоемах водами близких водотоков или извлечение полезных компонентов на специальных технологических установках, а также аэрирование в каскадах и пр.

7. Кучное выщелачивание КВ (подробно – на рис. 5.5):

- обустройство рабочих площадок антифильтрационным слоем для предупреждения утечек рабочего раствора;
- промывку и нейтрализацию остаточных куч;
- удаление промытых и нейтрализованных остаточных куч в отвалы;
- рекультивацию промплощадок;
- землевание подготовленных остаточных куч;
- сбор остаточных рабочих растворов в специальные емкости, их нейтрализацию и утилизацию.

8. Подземное скважинное выщелачивание ПВ (подробно – на рис. 5.6)

Возможны следующие три случая:

1.Отработка месторождений методом ПВ допустима с оставлением объёма остаточных растворов в недрах без ограничений.

2.Отработка месторождений методом ПВ с оставлением объёмов остаточных рабочих растворов в недрах с реализацией мер по предупреждению и ограничению негативных экологических последствий¹³.

Если отработка месторождений методом ПВ с оставлением объёмов остаточных рабочих растворов ПВ в недрах допустима, то предусматриваются следующие меры по предупреждению и ограничению ущерба:

- выбор щадящей технологии при наличии альтернативы (например, содовой схемы вместо сернокислотной);
- ограничение производительности предприятия по расходу продуктивных растворов и объёму остаточных растворов в недрах;
- утилизация остаточных рабочих растворов в технологическом цикле для закисления новых блоков полигона ПВ;
- эвакуация и компенсация мелких потенциальных объектов ущерба.

3.Отработка месторождений методом ПВ с сохранением остаточных рабочих растворов в недрах недопустима:

- отказ от эксплуатации при наличии альтернативного объекта, который выбирается из фонда известных месторождений;

¹³ Согласно данным В.А.Грабовникова, оставление остаточных рабочих растворов в недрах может иметь меньшие негативные последствия, чем предполагается в настоящее время.

- ликвидация последствий путём переработки остаточных рабочих растворов и рекультивации водоносного горизонта. Критерием завершённости переработки является восстановление исходного качества подземных вод.

На земной поверхности предусматривается удаление с рабочих площадок списанного оборудования и поверхностных образований, загрязнённых кислотами, с последующей присыпкой земной поверхности 3 м плодородной почвы. Выщелачивание ведётся с использованием пневмо- и гидробарьеров, барражными системами.

9. Скважинная гидродобыча СГД (подробно – на рис. 5.7)

Подземная часть способа, меры:

- заполнение ствола скважин и выработанного пространства закладочным материалом, для чего используют главным образом хвосты обогащения, возможно с примесью цемента;
- тампонаж (затрубное цементирование) водоносных горизонтов, расположенных выше добычного блока пород, для предупреждения загрязнения водоносных горизонтов и размыва стенок скважины, вмещающих обсадную колонну;
- тампонаж глиной обсадной колонны вокруг устья скважины на глубину до 2 м для предупреждения её осыпания.

Наземная часть способа, меры:

- снятие с полигона почвенно-растительного слоя и складирование его в бурты;
- организация замкнутых оборотных систем производственного водоснабжения с осветлением вод в сгустителях и хвостохранилищах с целью предотвращения загрязнения почв и поверхностных водотоков;
- ликвидация провалов земной поверхности пульпой хвостохранилища с проходкой водоотводных канав;
- заполнение провалов земной поверхности обезвоженными хвостами с применением автосамосвалов и бульдозеров;
- землевание земной поверхности полигона с использованием собранного в бурты почвенно-растительного слоя;
- проведение контрольного мониторинга за изменением рельефа земной поверхности.

10. Гидромеханизированные способы добычи (на россыпях):

- применение альтернативных вариантов и способов, связанных с меньшим ущербом;
- очистка промстоков от токсикантов до уровня, не превышающего ПДК, в прудах-отстойниках с использованием флокулянтов для освобождения от тонких глинистых частиц, доведение качества воды до санитарно-гигиенических норм;
- применение оборотного водоснабжения;

- применение разных вариантов рекультивации в соответствии с природными условиями, в частности, предусматривают облесение отвалов и такое размещение внешних отвалов, которое будет полезно для планирования местности и т.д.;
- использование отстойников как озёр в различных целях;
- компенсационные меры в физическом или денежном выражении по согласованию с местными организациями (в частности, строительство рыбозаводов);
- проведение мониторинга поверхностных водотоков и водоёмов, являющихся вместилищем промстоков;
- применение схем внутреннего размещения отвалов;
- утилизация отвалов в целях дорожного строительства;
- разработка вариантов дальнейшего использования территории после завершения эксплуатации месторождения, включая передачу объектов соцкультбыта последующим пользователям.

При разработке рекомендаций следует учитывать не только ущербные, но и положительные последствия, возникающие при разработке россыпей (местные улучшения ландшафта, получение материалов для дорожного строительства и пр.)

11. Обогащительная фабрика (подробно – на рис. 5.8):

- подготовка сточных вод, особенно токсичных при флотации, как перед их сбросом в природные системы, так и при использовании в качестве оборотных - освобождение от механических примесей и токсичных реагентов, для чего предусматривают строительство специальных очистных сооружений;
- применение стандартных схем очистки дымов, вентиляционных выбросов, выбросов агломерационных газов, что обеспечивает близкую к 100% очистку от механических частиц, и приближающуюся к 50% очистку от токсичных газов;
- применение защитных экранов и приспособлений при работе с радиометрической аппаратурой;
- снижение пылеобразования источников пыления путем применения стандартных схем (см. табл. 5.1.6);
- увеличение доли водооборота;
- замена шумящих операций, создание поглощающих звук сооружений;
- мониторинг загрязнения токсичными компонентами приземной атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод.

Повышение доли оборотного водоснабжения, очистка сточных и оборотных вод, особенно токсичных при флотации: освобождение от механических примесей и токсичных реагентов; применение схем очистки дымов, вентиляционных выбросов, выбросов агломерационных газов (существующие фильтры позволяют обеспечить близкую к 100% очистку от механических частиц и почти 50% очистку от токсичных газов), применение защитных экранов и приспособлений при работе с радиометрической аппаратурой, водяное пылепо-

давление, создание шумозащитных ограждений, глубокая переработка сырья и снижение объёмов хвостов обогащения.

12. Хвостохранилище (подробно – на рис. 5.9)

Природоохранные меры направлены на минимизацию ущерба от фильтрационных потерь и пыления:

- выбор места хвостохранилища: следует стремиться к расположению хвостохранилища в долинах рек и ручьев, не имеющих рыбохозяйственного и хозяйственно-питьевого или рекреационного значения, гипсометрически ниже обогачительных фабрик и других потенциальных объектов ущерба; отсутствие горизонтов подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в ложе хвостохранилищ;
- уменьшение фильтрационных потерь на основе инженерных решений: максимальной гидроизоляции, устройстве дренажей для сбора фильтрационных вод и их последующего возвращения в прудок хвостохранилища;
- увеличение доли оборотной воды;
- сокращение срока эксплуатации хвостохранилища;
- организация мониторинга подземных вод;
- сокращения пыления действующих и отработанных хвостохранилищ путём смачивания хвостов, рекультивации на основе связывания материала хвостов химическими соединениями, землевания хвостохранилищ, их самозаращения или лесопосадок.

ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду) разработки любого месторождения ставит своей целью обеспечение экологически безопасной добычи руды. Основными задачами ОВОС являются:

- оценка современного состояния окружающей природной среды в районе добычи;
- оценка и прогноз отрицательного техногенного воздействия добычи на компоненты природной среды (литосферу, атмосферу, гидросферу, недра и др.);
- оценка правильности выбора технических и технологических решений разработки и рекультивации поверхности месторождения с точки зрения охраны окружающей природной среды;
- разработка комплекса природоохранных мероприятий по предотвращению и минимизации негативного воздействия на природную среду, а также ресурсосбережения и сохранения генофонда.

Основными принципами и критериями при разработке и оценке экологического обоснования производственной деятельности является:

1. Итерация (рассмотрение во взаимосвязи) при проектировании горнодобывающей деятельности правовых, технических, технологических, экологических, экономических, социальных и других аспектов.

2. Альтернативность проектных решений (как на этапе добычи, так и на этапах горнотехнической рекультивации), позволяющая оценить и выбрать оптимальные варианты ведения горного производства с учётом требования охраны окружающей среды и ресурсосбережения.

3. Рассмотрение проектируемого объекта, как сложной природно-технической системы, оказывающей техногенное воздействие – на фондообразующую, ресурсообразующую функции ландшафтов и на состояние генофонда.

4. Комплексный анализ и оценка в проектных решениях рациональных природных особенностей территории намечаемого освоения с учётом:

- современного состояния окружающей природной среды и её компонентов, их устойчивости к намечаемому воздействию;
- прогноза развития неблагоприятных природных процессов и явлений;
- перспектив социально-экономического развития территории;
- состояния здоровья населения;
- исторических, культурных и других интересов населения в зоне воздействия проектируемой добычи.

В результате ОВОС, проведенной на данной стадии проектных работ, определяются и рекомендуются те проектные решения, реализация которых:

- наилучшим образом обеспечивает предотвращение и минимизацию техногенного воздействия на период добычи и последующей рекультивации;
- не представляет угрозы для здоровья персонала предприятия, населения и условий его жизнедеятельности при прямом, косвенном и кумулятивных видах техногенного воздействия с учётом отдаленных последствий;
- обеспечивает развитие социально-экономических потребностей территории.

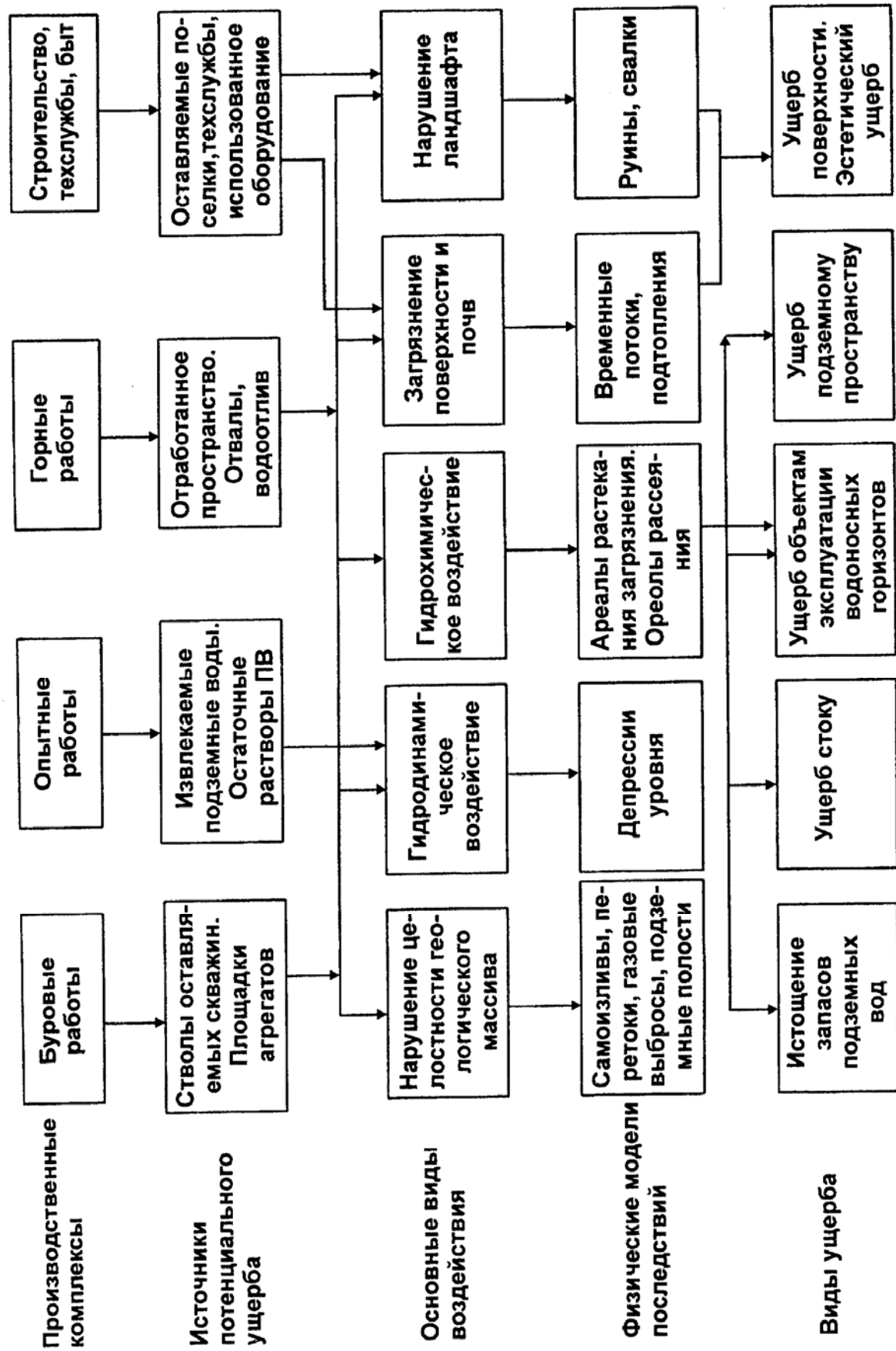


Рис. 1 Типовая схема ОВОС геологического комплекса

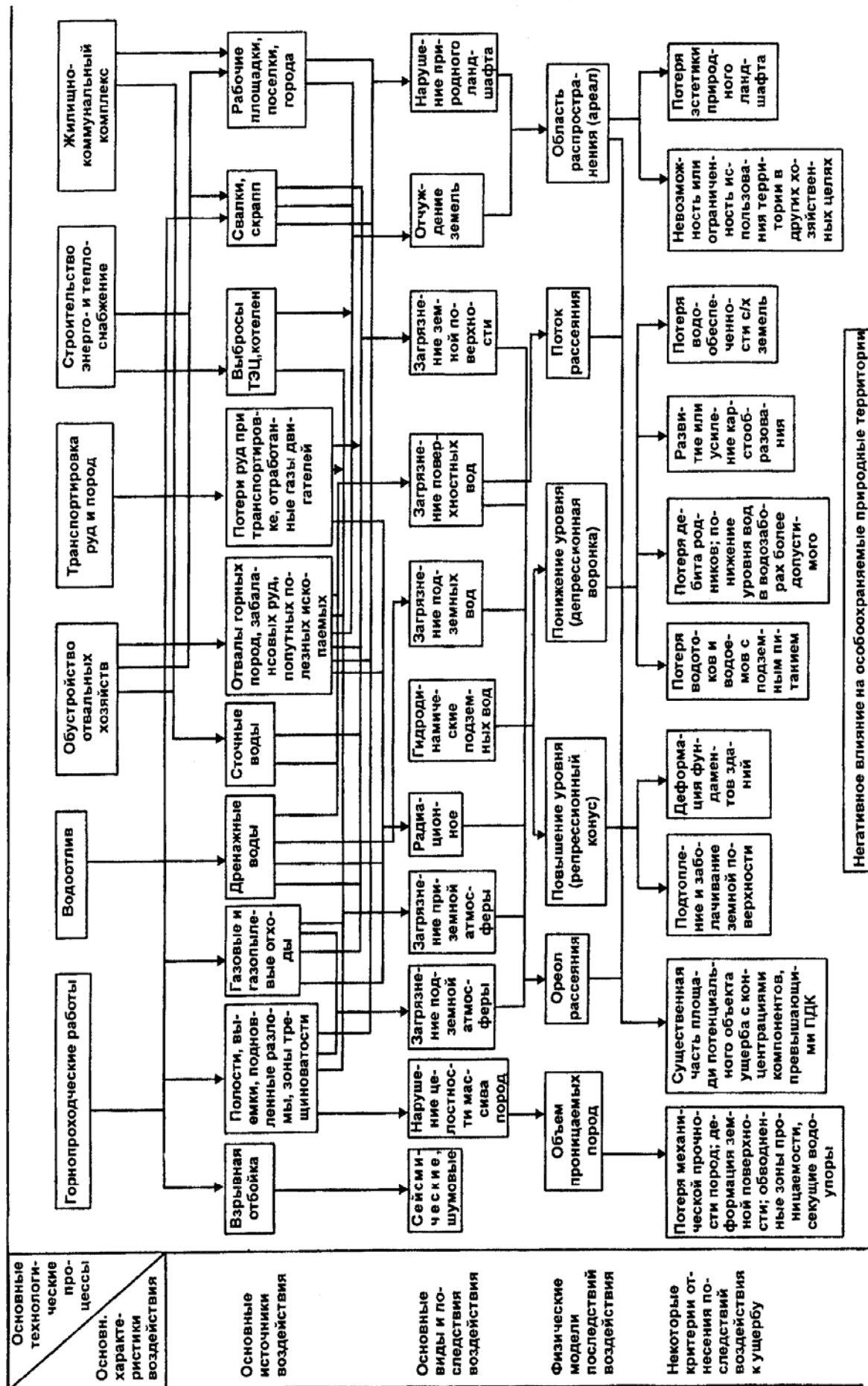


Рис 2 Типовая схема ОВОС горного способа добычи

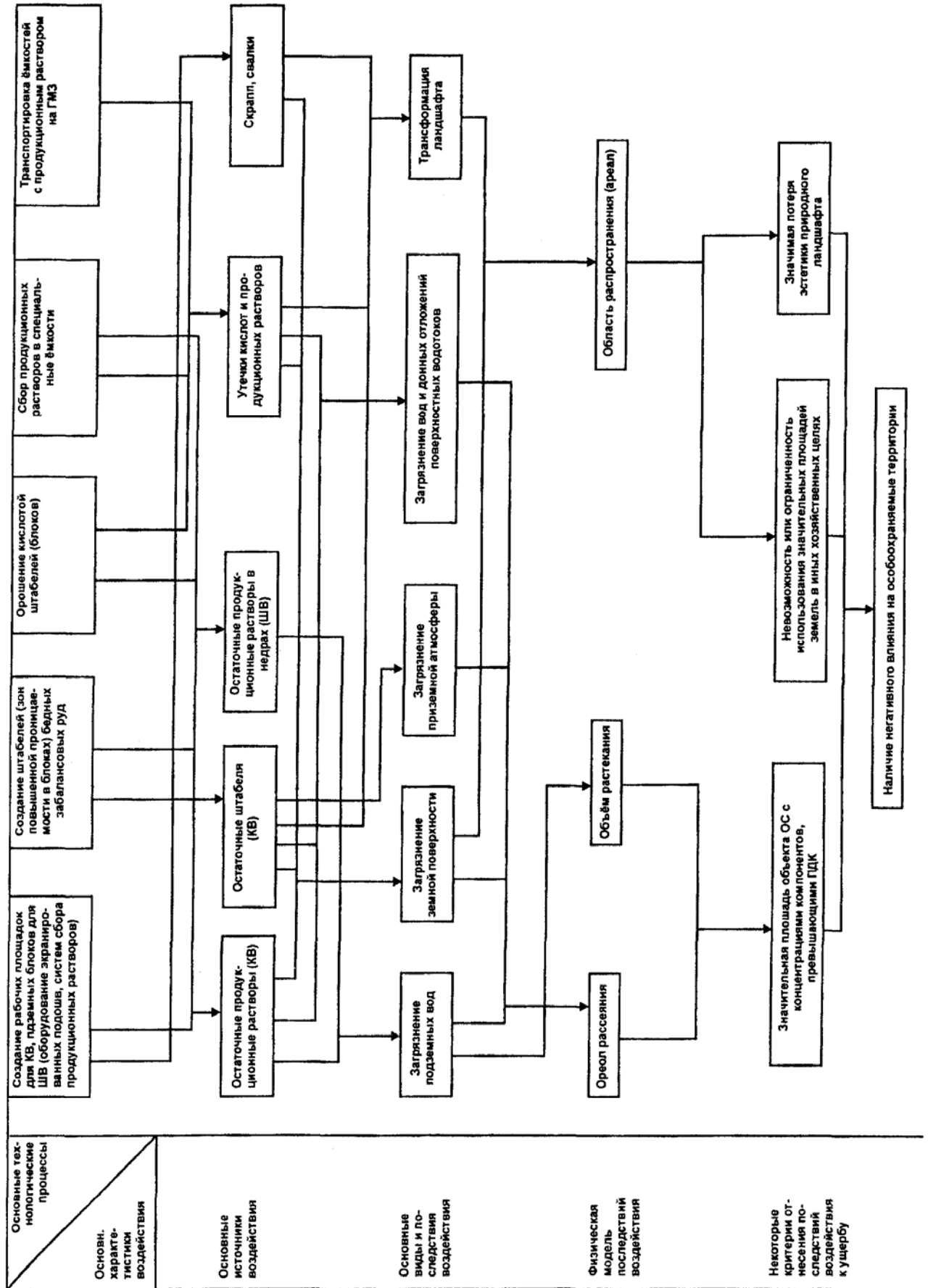


Рис 3 Схема ОВОС при доработке горнорудных производств способами открытого выщелачивания КВ

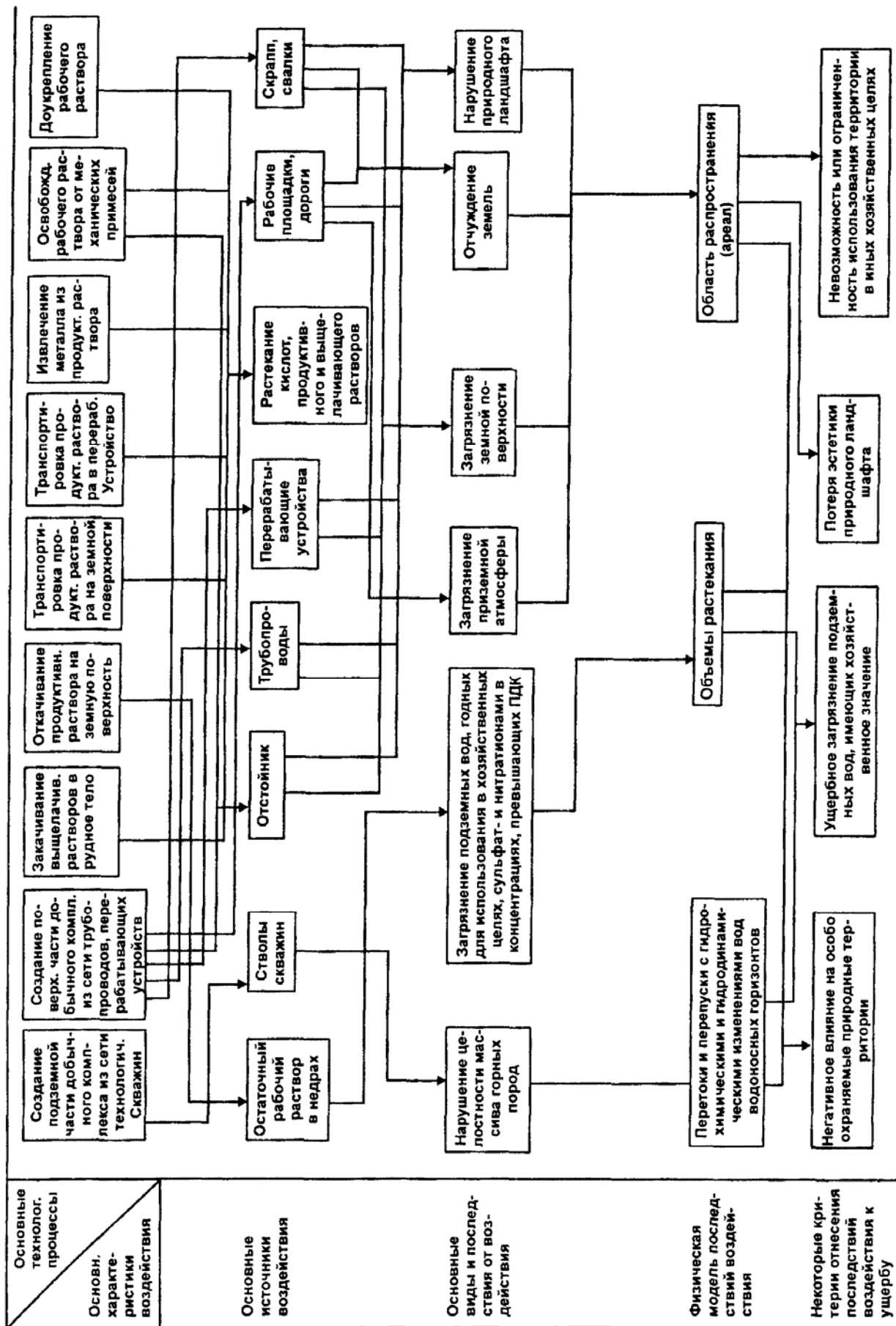


Рис 4 Схема ОВОС способа скважинного выщелачивания (ПВ)

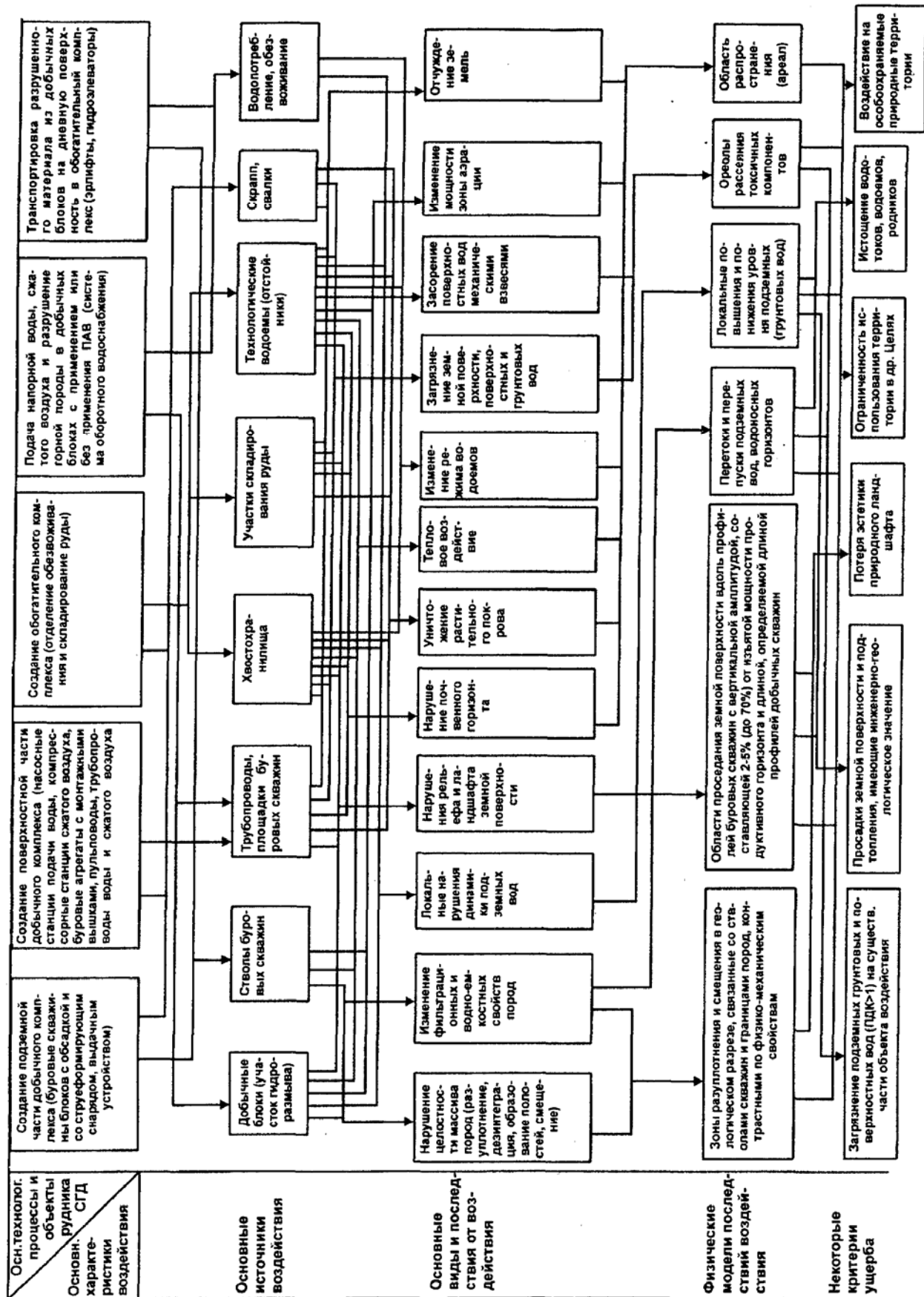


Рис 5 Схема ОВОС метода СТД.

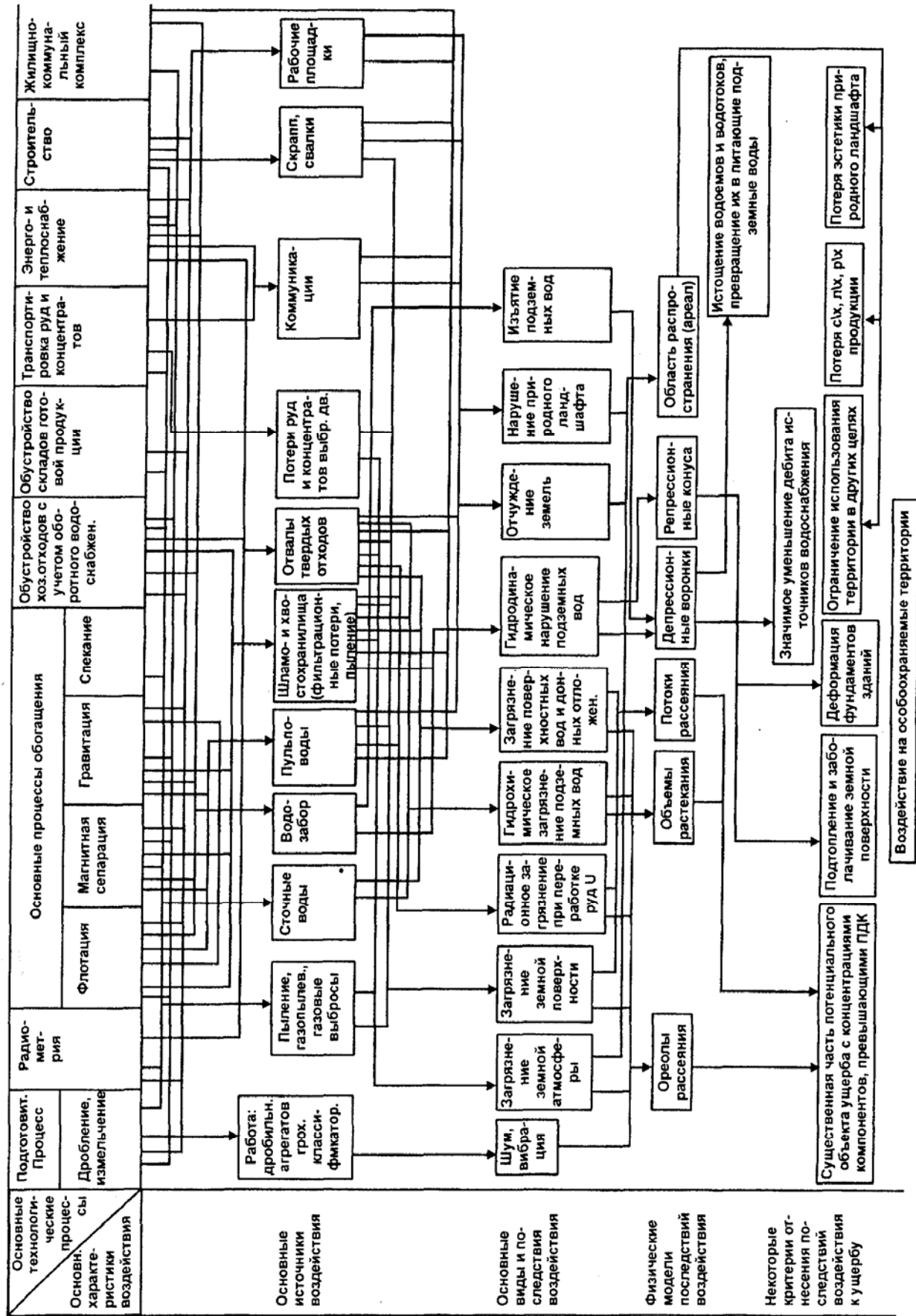


Рис. 6 Типовая схема ОВОС комплекса обогащения

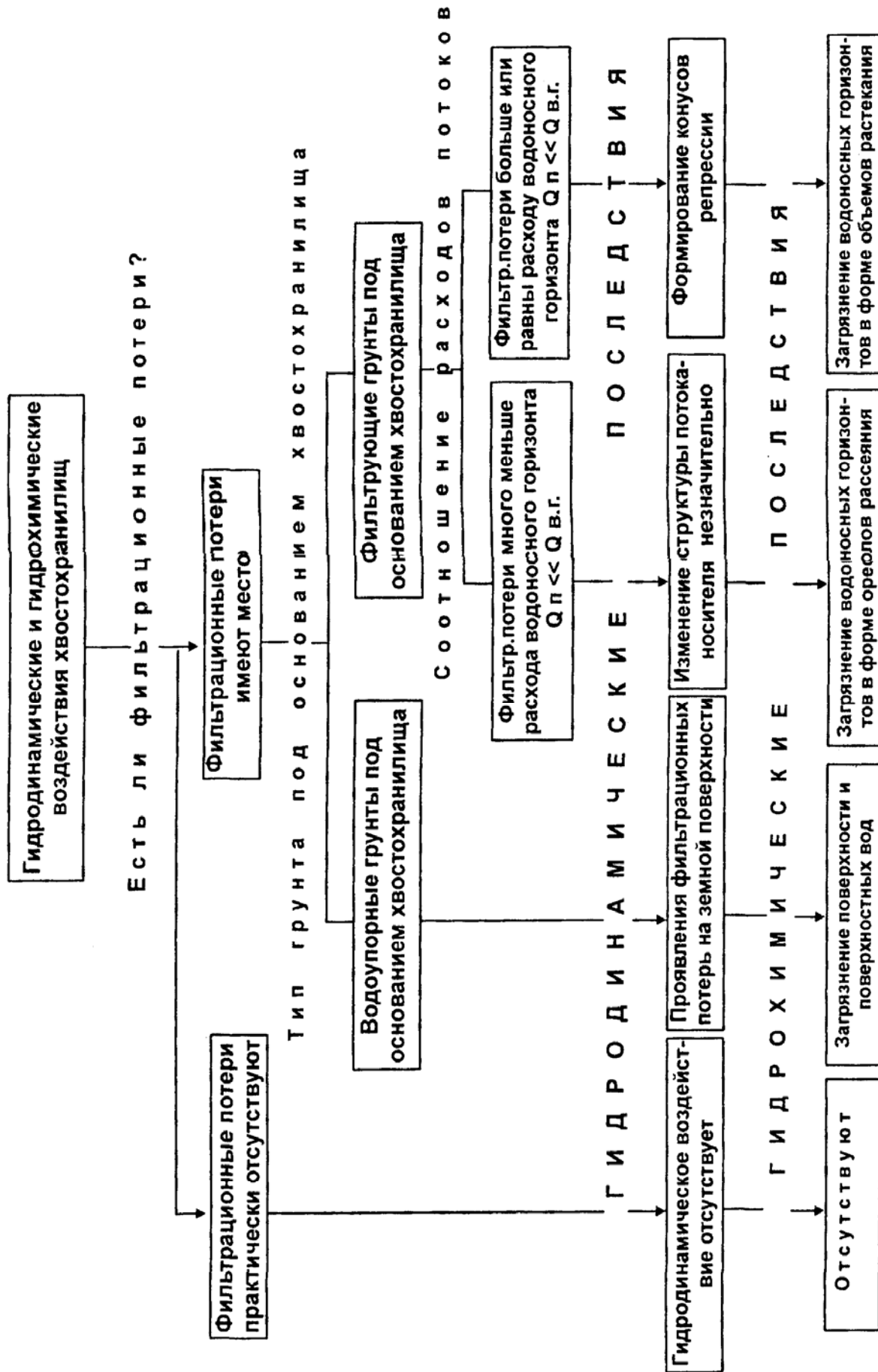


Рис. 7 Схема воздействия хвостохранилищ ГМЗ на природную среду.

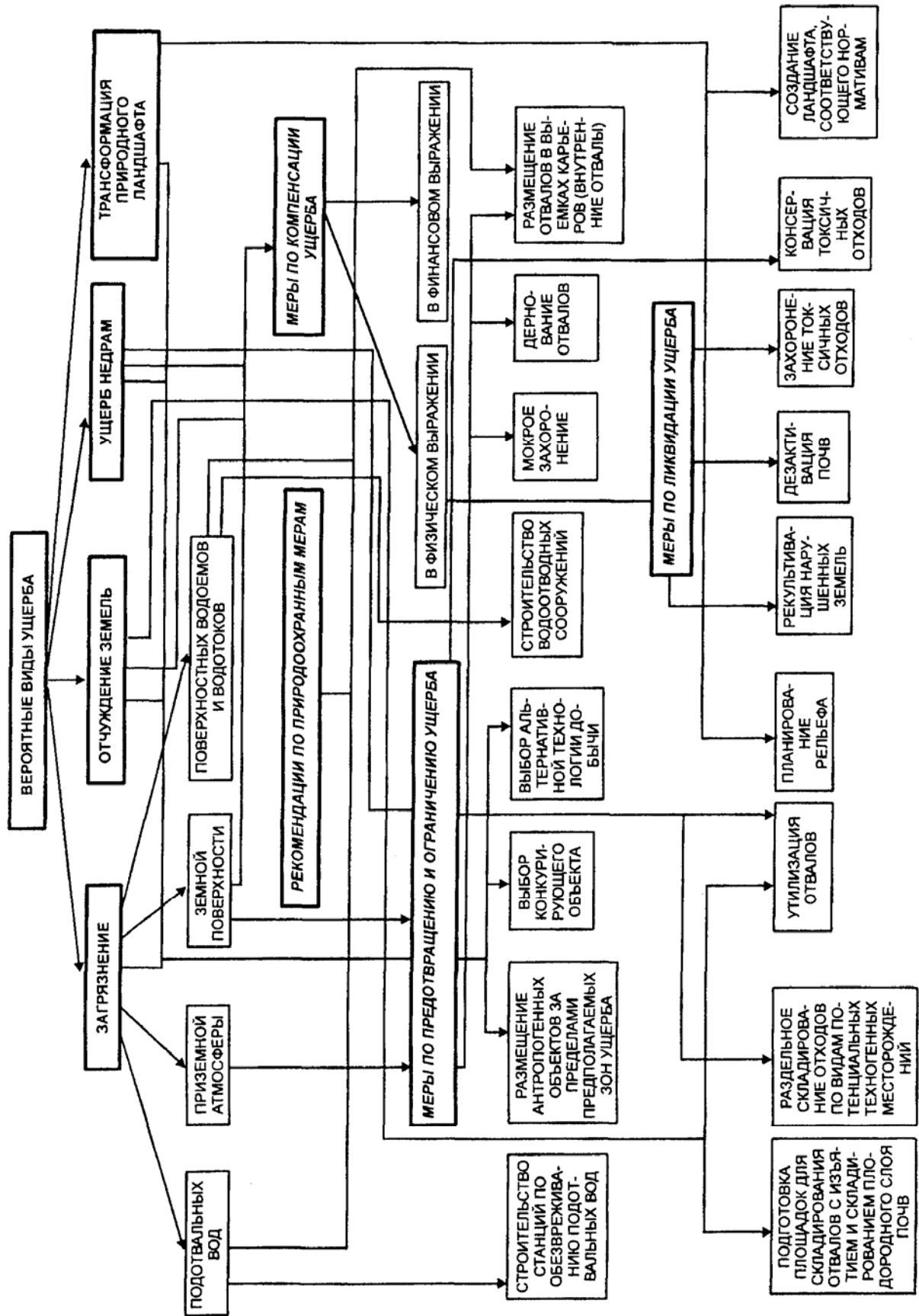


Рис. 8 Схема отработки рекомендаций по минимизации экологических последствий отвалных хозяйств

6. Эколого-экономическая оценка освоения рудных месторождений, методология выбора технологии добычи

Методология выбора технологии добычи полезных ископаемых, элементы которой можно использовать для принятия решений по любому техногенному преобразованию недр (добыча руды, угля, подземное строительство, сооружение хранилищ, могильников...), заключается в следующем:

1) системный анализ последствий добычи руды на различных иерархических уровнях:

- региональном – определение свойств и особенностей поведения горного массива в масштабе района размещения рудника или карьера по всему промышленно-территориальному комплексу, с учётом геодинамики, неотектоники района, крупных тектонических швов и разломов;

- рудничном – определение свойств горного массива в масштабе промплощадки рудника или карьера, с учётом свойств отдельных пород, расположения стволов и горизонтов, вскрытия и порядка отработки залежей, системы подготовительных выработок, сдвижений массива и нарушения поверхности, зон разгрузки и концентрации палеонапряжений;

- забойном – определение особенностей пород в масштабе очистных блоков и проходческих забоев, с учётом параметров систем разработки, подготовки, нарезки блоков, последовательности очистной выемки и погашения пустот, проявлений горного давления и прочее.

2) Выбор экономически оптимальных основообразующих технических решений:

- способа разработки;
- способа вскрытия;
- систем разработки;
- методов управления горным давлением;

3) Анализ существующего технологического процесса:

- определение годовой производительности рудника, блоков;
- определение рациональной нагрузки на забой, блок;
- расчет движения пустот;
- оценка размеров выработок, целиков, устойчивости закладки;
- расчёт показателей выпуска для систем с обрушением.

4) Обоснование предложений по комплексному совершенствованию работы горнодобывающего предприятия, повышению качества горных работ.

Такого рода работа сходна с финансовым аудитом¹ деятельности коммерческой

¹ **Аудит** – независимая проверка отчетности предприятия (финансовый аудит - бухгалтерской, платёжно-расчётной документации, налоговых деклараций и т.п.), с целью установления достоверности, степени точности отчётности и соответствия совершенных финансовых и хозяйственных операций нормативным актам.

Аудит экологический - процесс систематической документированной проверки и оценки объективным путём установленных законодательством экологических показателей, включает оценку воздействия на окружающую среду (**ОВОС**).

Аудит горно-технологический – оценка обоснованности ранее принятых на горнодобывающем предприятии решений по технологии ведения горных работ, включает анализ выбора способа разработки, вскрытия, систем разработки, методов управления горным давлением, производительности по забою, блоку, предприятию, устойчивости горных выработок, целиков, закладки, сдвижения пород и т.п.

фирмы и может быть названа **горно-технологическим аудитом**. Методологические принципы организации выбора оптимальных технологий освоения сложноструктурных месторождений с последующим использованием подземного пространства базируются на поэтапном **геомеханическом анализе** последствий извлечения руды и последующего использования подземного пространства (величин горного давления, сдвижений и деформаций объектов горной охраны, зон концентрации напряжений и разгрузки, обрушений пород, продолжительности устойчивого состояния полостей), а также на **эколого-экономическом анализе** эффективности предлагаемых технологических и природоохранных мер.

Эколого-экономическая модель, кроме привычного технико-экономического сравнения вариантов технологии по приведённым затратам или по чистому дисконтированному доходу (см. ниже), включает оценку воздействия горного производства на окружающую среду и затраты на природоохранные меры, с учётом значимости и истощаемости ресурсов отдельных элементов среды, принципиального доказательства экологической допустимости горных работ на данном месторождении («суждение о **нулевом варианте**» – см. ниже природоохранные меры при подсчёте кондиций и запасов).

При этом в основе выбора технологического решения на руднике, шахте должен лежать **комплекс** геомеханического обеспечения безаварийной и производительной очистной выемки, включающий:

- прогноз геомеханических последствий ведения очистных работ в блоке, выбор рациональных размеров, мест заложения, последовательности и продолжительности ведения горных работ на основе построения изолиний полей напряжений, деформаций, сдвижений и подсчёта коэффициента статической устойчивости выработок;

- оценку несущей способности, удароопасности рудных целиков (межкаскадных и внутривблоковых) и искусственных;

- выбор достаточного объёма погашения пустот закладкой различного вида, обоснование возможности изоляции полостей и использования разнопрочной закладки;

- разработку мероприятий по предотвращению и локализации обрушений в блоках, включающих сооружение несущих конструкций защитной потолочины, подпорных стенок и объёмной несущей решетки.

При предпроектных работах необходимо решить две эколого-экономические задачи: а) оценить удорожание типовых геологоразведочных, добычных работ, вызванное необходимостью информационного обеспечения прогнозной оценки экологического и эколого-экономического ущерба освоения месторождения; б) оценить эколого-экономический ущерб освоения рудного месторождения.

Оценка удорожания стоимости типовых геологоразведочных работ

В экологическом разделе проекта необходимо предусмотреть затраты не только на реализацию природоохранных мер самих горных работ, но и на экологические исследования для получения информационного обеспечения и оценки прогнозных эколого-экономических последствий освоения рудных месторождений с учётом наличия

информации о состоянии месторождения; объема дополнительных камеральных и натурных исследований для обоснования потенциальных источников, видов, индикаторов воздействия, объектов ущерба, т.е. для определения предполагаемых характеристик воздействия на окружающую среду и их последствий в физическом выражении.

Объем таких исследований зависит от ряда факторов:

- наличия информации о состоянии окружающей среды на месторождении,
- видов и объемов дополнительных камеральных и натурных исследований для обоснования потенциальных источников, видов, индикаторов воздействия, объектов ущерба, т.е. для определения предполагаемых характеристик воздействия на ОС и их последствий в физическом выражении,
- дополнительных камеральных работ для прогнозной оценки потенциального эколого-экономического ущерба.

Удорожание типовых геологоразведочных работ в силу вышесказанного определяют не в виде установленного процента к стоимости типовых геологоразведочных работ, а обосновывают конкретно, по калькуляции.

Оценка вероятного эколого-экономического ущерба освоения месторождения

Прогнозную оценку эколого-экономического ущерба производят в соответствии с указаниями Государственного Комитета по Запасам (ГКЗ) после определения экологических последствий освоения месторождения в физическом выражении и отклонения от нулевого варианта.

Вероятный эколого-экономический ущерб освоения рудного месторождения представляет денежную сумму, включающую затраты на природоохранные меры, плату за отходы и ущерб объектам ОС. В общем случае оценивают потенциальный, предотвращаемый и остаточный ущербы.

Потенциальный ущерб - это теоретический ущерб в предположении отсутствия природоохранных мер.

Предотвращаемый ущерб - недопущенный или существенно уменьшенный в процессе производства потенциальный ущерб - благодаря применению превентивных или ограничивающих природоохранных мер.

Остаточный ущерб - реальный непредотвращенный ущерб, оставшийся после завершения производства, ликвидация которого связана с применением реабилитационных природоохранных мер.

По возможности, оценку эколого-экономического ущерба необходимо определять в физическом выражении, при нецелесообразности применения количественных методов ущерб оценивают качественно, по аналогии, с привлечением соображений, учитывающих местные условия. Количественные методы оценки величины предотвращаемого ущерба от загрязнения основаны на величинах сокращаемых природоохранными мерами выбросах в атмосферу и воду, а также на учёте уменьшения площади загрязненных и нарушенных земель.

Виды, объёмы и стоимости геологоразведочных работ по проведению эколого-экономической оценки освоения рудного месторождения предусматривают в проекте геологоразведочных работ.

Эколого-экономическую оценку освоения месторождения приводят в самостоятельных разделах ТЭО кондиций и отчетах по подсчёту запасов.

Укрупненная оценка потенциального ущерба включает платы за отходы и за ущерб природным и антропогенным ресурсам на основе нормативов и коэффициентов индексации платы, установленных Минэкономике РФ. Прогнозная оценка предотвращаемого и остаточного ущербов может производиться по аналогии, позволяющей обосновать конкретные затраты на природоохранные меры, связанные со строительством и обслуживанием природоохранных объектов, усовершенствованием технологии работ, рекультивацией территории и недр. Исходные данные для таких оценок можно найти в материалах проектных и научно-исследовательских институтов, документах рудников, горно-обогатительных (**ГОК**²), горно-металлургических (**ГМК**) и горно-химических комбинатов (**ГХК**), природоохранных организаций, в опубликованной литературе. На каждом предприятии необходимо составить **экологический паспорт**, в который вносятся данные по использованию ресурсов, готовой продукции и по оценке воздействия предприятия на окружающую среду.

Укрупненная оценка потенциального ущерба

Эта оценка включает платы за отходы и за ущерб природным и антропогенным ресурсам.

К нормативам платы применяют коэффициенты индексации платы, они устанавливаются Минэкономике РФ.

Плата за отходы - направлена на компенсацию воздействия выбросов, сбросов, размещения твёрдых отходов загрязняющих веществ в ОС и их минимизацию до нормативов путём изменения технологии, строительства природоохранных объектов и другими способами.

При определении платежей опираются на базовые нормативы платы за выбросы, сбросы и размещение твердых отходов, платёж определяется как произведение удельного эколого-экономического ущерба в пределах допустимого норматива (лимита) на показатель опасности данного вещества и на коэффициент индексации цен.

Из-за отсутствия действующих нормативов предельно допустимых объёмов размещения отходов - плата за их размещение взимается в пределах установленных лимитов. Базовые нормативы платы за размещение твердых отходов определяются умножением удельных затрат за размещение 1 т отходов IV класса токсичности на показатели, учитывающие классы токсичности отходов, и на коэффициенты индексации платы.

При сверхлимитных отходах устанавливаются **штрафы** (до десятикратного размера тарифа к нормативам платы за выбросы, сбросы, размещение твердых отходов).

Годовая плата за выбросы и сбросы данного вещества определяется как произведение его базового норматива на годовую массу выброса или сброса, на коэффициенты индексации цен, экологической ситуации и экономической значимости.

Годовые массы выбросов, сбросов, размещения твёрдых отходов прогнозируют

² **ГОК** – горно-обогатительный комбинат, состоит из карьера, рудника (шахты) и обогатительной фабрики без металлургического передела. **ГМК** – горно-металлургический комбинат, состоит из карьера, рудника (шахты) и обогатительной фабрики с металлургическим переделом. **ГХК** – горно-химический комбинат, состоит из карьера, рудника (шахты) и обогатительной фабрики с химической переработкой руды в концентрат.

на основе аналогии и по расчёту (например, для сбросов - по предполагаемому объёму забираемой воды и содержания токсичных компонентов в ней).

А. Расчеты платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников.

1. Выбросы не превышают установленные природопользователю предельно допустимые нормативы.

$$\begin{aligned} P_{\text{н атм}} &= \sum C_{\text{н атм}} M_{\text{атм}} \\ C_{\text{н атм}} &= H_{\text{атм}} K_{\text{э атм}} \end{aligned}$$

где i - вид загрязняющего вещества ($i=1, 2, 3 \dots n$);

$P_{\text{н атм}}$ - платы за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов (руб.);

$C_{\text{атм}}$ - ставка платы за выброс 1 т i -ого загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов (руб.),

$M_{\text{атм}}$ - фактический выброс i -ого загрязняющего вещества (т),

$M_{\text{атм}}$ - предельно допустимый выброс i -ого загрязняющего вещества (т),

$H_{\text{атм}}$ - базовый норматив платы за выброс 1 т i -ого загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов (руб.);

$K_{\text{э атм}}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе.

2. Выбросы в пределах установленных лимитов.

$$P_{\text{л атм}} = \sum C_{\text{л атм}} (M_{\text{атм}} - M_{\text{н атм}})$$

где $P_{\text{л атм}}$ - плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (руб.);

$C_{\text{л, атм}}$ - ставка платы за выброс 1 т i -ого загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (руб.),

$M_{\text{атм}}$ - выброс i -ого загрязняющего вещества в пределах установленного лимита,

$M_{\text{н атм}}$ - базовый норматив платы за выброс 1 т i -ого загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (руб.).

3. Сверхлимитные выбросы

$$P_{\text{сл атм}} = 5 \sum C_{\text{л атм}} (M_{\text{атм}} - M_{\text{л атм}})$$

где $P_{\text{сл атм}}$ - плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ (руб.).

Общая плата за загрязнение атмосферного воздуха:

$$P_{\text{атм}} = P_{\text{н атм}} + P_{\text{л атм}} + P_{\text{сл атм}}$$

Б. Так же рассчитываются платы за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты.

Общая плата за загрязнение вод:

$$P_{\text{вод}} = P_{\text{н вод}} + P_{\text{л вод}} + P_{\text{сл вод}}$$

В. Так же рассчитываются платы за размещение в литосфере твердых отходов.

Общая плата за загрязнение литосферы:

$$П_{\text{лит}} = П_{\text{л лит}} + П_{\text{сл лит}}$$

Г. Плата за **совокупный ущерб** природным ресурсам гидро-, литосферы и приземной атмосферы определяется с учётом как природных, так и антропогенных объектов:

а) земельные ресурсы

- загрязнение участков химическими элементами;
- несанкционированные свалки;
- нарушение земель (котлованы и т.п.);
- потеря сельскохозяйственной продукции (годовой ущерб умножается на период восстановления плодородности земель);
- потеря лесохозяйственной продукции;
- нарушение запасов минерально-сырьевых ресурсов;

б) приземная атмосфера;

в) водные объекты

- истощение запасов подземных вод;
- ущерб рыбному хозяйству.

Прогнозная оценка предотвращаемого и остаточного ущербов

Такие оценки производят **по аналогии**¹⁴. Они позволяют обосновать ориентировочные величины предотвращаемого и остаточного ущербов и соотнести их с затратами на природоохранные меры, связанные со строительством и обслуживанием природоохранных объектов, с усовершенствованием технологии работ, рекультивацией (санацией, реабилитацией) территории.

Исходные данные для таких оценок ищут в материалах проектных и научно-исследовательских институтов, документах рудников, ГОКов, горно-металлургических (ГМК) и горно-химических комбинатов, природоохранных организаций, в опубликованной литературе.

Количественные методы оценки величины предотвращаемого ущерба от загрязнения основаны на величинах сокращаемых природоохранными мерами выбросах в атмосферу и воду, а также на учёте уменьшения площади загрязнённых и нарушенных земель.

¹⁴ См. качественную и количественную оценку подобия горных массивов в разделе 7 настоящей работы.

7. Особенности эксплуатации сложноструктурных месторождений, оценка подобия массивов

Сложноструктурные месторождения являются наиболее сложными в эксплуатации, и в то же время многочисленными - составляют 70-80% запасов цветных, благородных, редких, радиоактивных и рассеянных металлов магматогенно-метасоматической генетической группы, включая гидротермальные. Причём некоторые химические элементы (ртуть, медь, свинец, цинк, молибден, кобальт, уран, мышьяк, сурьма) имеют исключительно гидротермальный генезис, а другие добываются на гидротермальных месторождениях совместно с примесями (вольфрам, олово, висмут, золото, серебро, ниобий, тантал, селен, стронций, кадмий, рений, галлий, германий, барий, титан, ванадий, теллур, платина, палладий). Вместе с тем, некоторые из этих химических элементов обладают высокой геотоксичностью:

- а) супертоксичные - **Hg, Cd, Tl, Be, U, Rn**, радионуклиды **Sr** и др.;
- б) высокотоксичные - **Pb, Se, Te, As, Sb, B, F, Th, V, Co, Ni, Ru**;
- в) опасные - **Cu, Zn, S, Bi, Ag, Ba, Mo, Os, Pt, Yn, Ge, Sr, W, Al, Li, Mn** и др.;
- г) общетоксичные - **Ti, Na, K, Ta, Rb, Ca, Si, Nb**.

Сложноструктурные гидротермальные месторождения отличаются вулканическим происхождением, сложной структурой, резкими перепадами устойчивости массива, чередованием зон разгрузки и избыточного горного давления, расчленением массива тектоническими разломами, а также мощной толщей коры выветривания в кальдере. Сложные горно-геологические условия требуют предварительной оценки (не позже, чем на стадии эксплуатационной разведки) степени нарушения массива, выбора наиболее эффективной системы разработки и её оптимальных параметров; или, наоборот, изменения физико-механических характеристик массива с целью применения в разных блоках унифицированной рациональной системы разработки; а также разработки мероприятий по поддержанию очистного пространства, погашению пустот, локализации сдвижений, снижению опорного горного давления, учёта последствий извлечения руды, сохранения и дальнейшего использования подземных пустот в качестве подземных сооружений – объектов промышленного, оборонного, сельскохозяйственного, культурологического, медицинского назначения, в качестве хранилищ и могильников.

Обладая теоретическими знаниями о мероприятиях по минимизации вредного воздействия горного производства на окружающую среду важно уметь использовать эти знания при практическом внедрении мер охраны среды на конкретном месторождении или его участке. Для оценки же правомерности переноса известных горнотехнологических решений в новую геологическую среду можно использовать принципы подобия, известные в моделировании. А именно:

- 1) Граничные и начальные геологические характеристики массивов должны совпадать (в первую очередь генезис месторождений).
- 2) Количественное подобие физико-механических характеристик массивов пород, т.е. **$R_{сж}$, R_n , R_p , E , μ , $t_{релакс}$, $\Phi_{внутр_трения}$** .
- 3) Одноименные безразмерные параметры должны быть равны.

4) Качественное соответствие характера деформирования и разрушения.

Для качественной и количественной оценки подобия массивов можно использовать общий **показатель сложности** геолого-морфологического строения и горно-технологических условий добычи руды в эксплуатационном блоке. Этот показатель зависит от характеристики породного массива с учётом типа рудоносного вулканического сооружения (по Ф.И.Вольфсону), уровня дислокационного метаморфизма (по Г.Ф.Яковлеву), от структурного типа месторождения, от характера контактов рудных и безрудных участков, от характера распределения металла в руде, характера проявления НДС горного массива и, следовательно, от характера горно-технологических условий добычи руды в эксплуатационном блоке) – см. нижеприведённые рисунки.

Итак, показатель сложности геолого-морфологического строения и горно-технологических условий добычи руды в эксплуатационном блоке можно определить по формуле:

$$\Omega = \frac{\sum \Omega_i}{n}$$

где Ω_i - показатель сложности геолого-морфологического строения и горно-технологических признаков i -ого геологического разреза по данному эксплуатационному блоку;

n — число геологических разрезов по эксплуатационному блоку.

Показатель сложности геолого-морфологического строения и горно-технологических признаков зависит от структурного типа месторождения, от характера контактов рудных и безрудных участков, от характера распределения металла в руде, характера проявления НДС горного массива и, следовательно, от характера горно-технологических условий добычи руды в эксплуатационном блоке (в относительных единицах):

$$\Omega_i = 1 / \xi_1 \xi_2 \xi_3 \xi_4 \xi_5$$

где ξ_1 – показатель сложности структурного типа эндогенных рудных месторождений, учитывающий геологами:

- структуру рудного поля, осложнённую разрывными нарушениями;
- тип рудного месторождения;
- тип рудоносного вулканического сооружения;

Характеристика сложноструктурных месторождений

I. Типы рудных месторождений

Собственно магматические месторождения	Пегматитовые месторождения	Карбонатитовые месторождения	Грейзеновые месторождения	Скарновые месторождения	Гидротермальные месторождения
--	----------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------------

II. Структуры эндогенных рудных полей и месторождений

Рудные поля, приуроченные к складкам, осложнённым разрывными нарушениями	Рудные поля, приуроченные к зонам контактов интрузивных массивов, осложнённых разрывными нарушениями	Рудные поля, приуроченные к расчленённым интрузивным массивам	Рудные поля, приуроченные к многофазным интрузивным массивам кольцевого строения (центрального типа)	Рудные поля, приуроченные к вулканическим сооружениям (купола, депрессии, кальдеры и др.)	Рудные поля, приуроченные к полям развития трубок, возникших в результате прорыва газов	Рудные поля сложного строения, обусловленного сочетанием нескольких структурных типов
--	--	---	--	---	---	---

III. Рудоносные вулканические сооружения

Крупные овальные или изометрические (в плане) вулканические купола сложенные породами покровной фации, прорванные вулканическими жерлами и субвулканическими телами	Вулканические мульдры и депрессии (без кальдер оседания), характеризующихся пологим падением слоёв вулканогенно-осадочных пород, прорванных субвулканическими телами	Кальдеры, отпочковываясь проседанием всего вулканического сооружения по кольцевым разломам	Линейные вулканические сооружения, с характерными перемещениями вулканических покровов вдоль продольных разломов и поперечных нарушений	Поля развития субвулканических интрузивов и корневых частей вулканических аппаратов, с типичными прерывистыми цепочками даек вдоль крупных разрывных нарушений и в местах пересечения разломов конструкций	Поля трубок взрывов, связанных с вулканическими выбросами и сложенные брекчиями
---	--	--	---	--	---

Факторы, определяющие сложность горно-геологических условий

I. По типу сложных условий



Факторы, определяющие горно-геологические условия сложноструктурных месторождений

I. По геолого-морфологическим типам

Месторождения с гнездовым характером оруденения

Жильные и линзообразные рудные тела неправильной формы

Штокверки с неравномерным прожилковкрапленным оруденением

Пластообразные рудные тела переменной мощности с разными углами падения

II. По характеру распределения металла в руде

Наличие нескольких сортов монометаллических руд

Полиметаллические руды с изменяющимся содержанием отдельных компонентов

Наличие участков окисленных, смешанных и сульфидных руд

Наличие сложных криволинейных контактов между рудными и безрудными участками

Наличие чётких контактов между рудными и безрудными участками

Закономерное изменение содержания металлов в определённом направлении

III. По характеру проявлений НДС массива

Резкие перепады зон нагружения и разгрузки, разделённые трещинами тектонического происхождения

Плавные изменения степени устойчивости участков горного массива от зоны к зоне

Потенциально удароопасные зоны

Потенциально вывалоопасные зоны, зоны обрушения

IV. По характеру горно-технологических условий добычи

Валовая добыча камерными системами разработки

Селективная добыча камерными системами разработки

Селективная добыча слоевыми системами разработки

Селективная добыча камерными и слоевыми системами разработки с твердеющей закладкой

Заблаговременное приведение горного массива в равновесное состояние сооружением опорных пространственных конструкций

ξ_2 – показатель контактов рудных и безрудных участков:

$$\xi_2 = \frac{L_i \omega_i}{S_i}$$

L_i - суммарная длина контактов рудных тел с вмещающими породами в пределах рассматриваемого i -того геологического разреза, измеряется курвиметром на разрезе, м;

ω_i - мощность слоя пустых пород, попадающих в руду, или мощность слоя руды, попадающей в породу при валовой их выемке, м;

S_i - площадь i -ого геологического разреза в пределах эксплуатационного блока, m^2 ;

ξ_3 – показатель распределения металла в руде, определяемый двумя способами - на основании подсчёта:

а) или общего коэффициента вариации содержания и мощности слоя металла в руде (известного в геологии)

$$\xi_3 = \sqrt{k_c^2 + k_m^2},$$

где k_c и k_m – соответственно коэффициенты вариации содержания металла и вариации мощности рудного пропластка в керне;

б) или комплексного показателя расширенного качества полезного ископаемого (по Г.Г.Ломоносову):

$$\xi_3 = \frac{\sum (Q_i^{\text{пол}} \alpha_i) - \sum (Q_i^{\text{вредн}} \beta_i)}{Z_k}$$

$Q_i^{\text{пол}}$ и $Q_i^{\text{вредн}}$ - количественные значения каждого полезного и вредного качества (например, содержания в отн. един.);

Z_k - ценность конечной продукции;

α_i и β_i - значимость, степень влияния рассматриваемого качества на себестоимость добычи и обогащение полезного и вредного качества;

ξ_4 – показатель проявления НДС горного массива, учитывающий (в относительных единицах):

- коэффициент структурного ослабления прочности пород на одноосное сжатие (k_o), отн. ед.;
- показатель удароопасности (Π_y), %;
- коэффициент концентрации напряжений (k_k), отн. ед.:

$$\xi_4 = k_o (1 - 0,01 \Pi_y) k_k$$

ξ_5 – показатель горно-технологических условий добычи руды, учитывающий (в относительных единицах):

- способ разработки (подземный, открытый, геотехнологический, комбинированный);
- способа вскрытия (стволами, штольнями, траншеями, комбинированно);
- систему разработки;
- вариант управления горным давлением (целики, крепление, разгрузка, закладка, обрушение, сооружение пространственных опорных конструкций);
- способ проветривания очистных и проходческих выработок (включая пылеподавление, дегазацию);
- способы борьбы с водопритокком;
- меры по управлению качеством, стабильностью рудной массы.

Понятно, что чем выше величина показателя сложности (Ω), тем более тяжёлые условия залегания месторождения и тем выше будут расходы на геологоразведку, на управление состоянием горного массива, больше будут величины потерь и разубоживания при добыче, т.е. возрастает экономический, экологический ущерб и падает прибыль предприятия.

В условиях конкретного месторождения эксплуатационные блоки каждого типа можно классифицировать по степени сложности, используя для этого полученные значения показателя сложности геолого-морфологического строения и горно-технологических признаков Ω .

Для каждого блока, на основании аналитических прогнозов и опытно-промышленных испытаний, можно выбрать наиболее рациональную технологию ведения валовых или селективных добычных работ, системы разработки, оптимальные параметры буровзрывных работ, выпуска и доставки, поддержания подземного пространства, закладки выработанного пространства, мероприятий по охране окружающей среды, вариантов последующего использования подземных пустот и т.п. Показатель сложности может быть также использован и для нормирования минимального разубоживания руды $R_{\text{норм}}$, соответствующего применяемой технологии отработки конкретного эксплуатационного блока (чем выше Ω , тем выше и $R_{\text{норм}}$).

8. Экономика недропользования

Инвестиционное проектирование

В международной практике план развития предприятия представляется в виде **бизнес-плана**, если же проект связан с привлечением инвестиций, то он носит название “**инвестиционного проекта**”. Обычно любой новый проект предприятия в той или иной мере связан с привлечением новых инвестиций.

Проекты бывают **тактические и стратегические**. К стратегическим относятся проекты, предусматривающие изменение формы собственности (создание акционерного общества и т.п.), или кардинальное изменение характера производства (выпуск новой продукции, переход к полностью автоматизированному производству и т.п.). Тактические проекты связаны с изменением объёмов выпускаемой продукции, повышением качества продукции, модернизацией оборудования.

Общая процедура упорядочения инвестиционной деятельности предприятия по отношению к конкретному проекту формализуется в виде так называемого **проектного цикла**, который имеет следующие **этапы**.

1. Формулировка проекта. На данном этапе руководство предприятия анализирует текущее состояние предприятия и определяет наиболее приоритетные направления его дальнейшего развития. Результат данного анализа оформляется в виде некоторой бизнес-идеи, которая направлена на решение наиболее важных для предприятия задач. Уже на этом этапе необходимо иметь более или менее убедительную аргументацию в отношении выполнимости этой идеи. На данном этапе может появиться несколько идей дальнейшего развития предприятия. Если все они представляются в одинаковой степени полезными и осуществимыми, то далее производится параллельная разработка нескольких инвестиционных проектов с тем, чтобы решение о наиболее приемлемых из них сделать на завершающей стадии разработки.

2. Разработка проекта. После того, как бизнес идея проекта прошла свою первую проверку, необходимо развивать её до того момента, когда можно будет принять твёрдое решение. Это решение может быть как положительным, так и отрицательным. На этом этапе требуется постепенное уточнение и совершенствование плана проекта во всех его измерениях - коммерческом, техническом, финансовом, экономическом, институциональном и т.д. От степени достоверности исходной информации и умения правильно использовать эти данные зависит успех реализации проекта.

3. Экспертиза проекта. Если финансирование проекта проводится с помощью стратегического инвестора, то инвестор сам проведёт эту экспертизу, например с помощью какой-либо авторитетной консалтинговой фирмы, предпочитая потратить некоторую сумму на этом этапе, нежели потерять большую часть своих денег в процессе выполнения проекта. Если предприятие планирует осуществление инвестиционного проекта преимущественно за счёт собственных средств, то экспертиза проекта также весьма желательна для проверки правильности основных положений проекта.

4. Осуществление проекта. Стадия осуществления охватывает реальное развитие бизнес-идеи до того момента, когда проект полностью входит в эксплуатацию. Сюда включается отслеживание и анализ всех видов деятельности по мере их выполнения и контроль со стороны надзирающих органов, инвестора.

5. Оценка результатов. Оценка результатов производится как по завершению проекта в целом, так и в процессе его выполнения. Основная цель этого вида деятельности заключается в получении реальной обратной связи между заложенными в проект идеями и степенью их фактического выполнения, позволяя использовать полученный опыт при разработке других проектов.

Виды инвестиционных проектов

1. Замена устаревшего оборудования, как естественный процесс продолжения существующего бизнеса в неизменных масштабах. Обычно подобного рода проекты не требуют очень длительных и многосложных процедур обоснования и принятия решений. Необходимо лишь обосновать преимущества одного из нескольких типов подобного оборудования.

2. Замена оборудования с целью снижения текущих производственных затрат. Целью подобных проектов является использование более совершенного оборудования взамен работающего, но сравнительно менее эффективного оборудования, которое в последнее время подверглось моральному старению. Этот тип проектов предполагает очень детальный анализ выгодности каждого отдельного проекта, т.к. более совершенное в техническом смысле оборудование может оказаться слишком дорогим.

3. Увеличение выпуска продукции и/или расширение рынка услуг. Наиболее детально необходимо анализировать коммерческую выполнимость проекта с обоснованием расширения рыночной ниши, а также финансовую эффективность проекта, выясняя, приведет ли увеличение объема реализации к соответствующему росту прибыли.

4. Расширение предприятия с целью выпуска новых продуктов. Этот тип проектов является результатом новых стратегических решений и может затрагивать изменение сущности бизнеса. Все стадии анализа в одинаковой степени важны для проектов данного типа и ошибка, сделанная в ходе проектов данного типа, может очень дорого стоить для предприятия.

5. **Проекты, имеющие экологическую нагрузку.** В ходе инвестиционного проектирования экологический анализ является необходимым элементом. Проекты, имеющие экологическую нагрузку, по своей природе всегда связаны с загрязнением окружающей среды. Поэтому необходимо решить и обосновать - какому из вариантов проекта следовать: 1) использовать более совершенное и дорогостоящее оборудование, увеличивая капитальные издержки на очистные сооружения, или 2) приобрести менее дорогое оборудование и увеличить текущие издержки на штрафы. Под **экологическим оптимумом** понимается такой уровень экологических нарушений A_0 , при котором достигается минимум суммарных экологических издержек $F_{\min}$, этот минимум получается в случае, когда прирост природоохранных затрат при ма-

лом увеличении экологических нарушений становится равным снижению экономического ущерба от них (рис. 8.1).

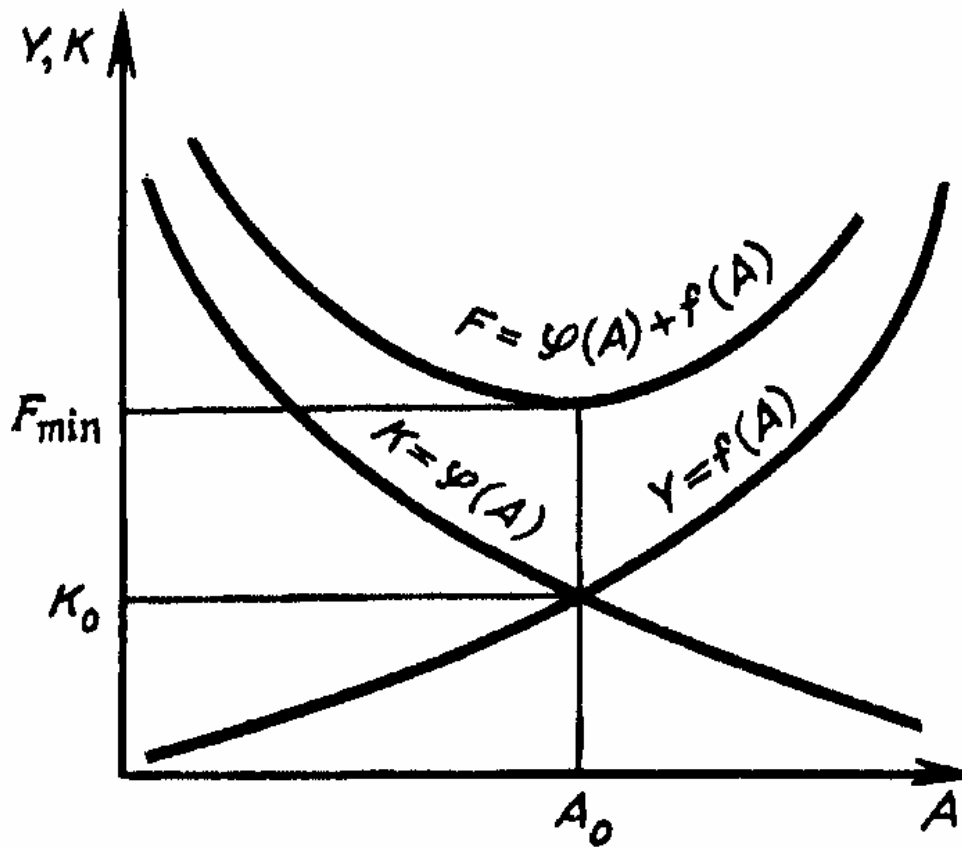


Рис. 8.1. Зависимость допустимого вредного воздействия на окружающую среду (A) от затрат на предотвращение загрязнения (K)

Y – ущерб от загрязнения окружающей среды

Предварительная стадия разработки и анализа проекта

После формулировки бизнес-идеи будущего инвестиционного проекта естественным образом возникает вопрос, способно ли предприятие реализовать эту идею в принципе.

Необходимо установить конкурентоспособность предприятия в рамках отрасли, к которой оно принадлежит, необходимо выяснить сравнительное с другими предприятиями положение данного предприятия на рынке товаров или услуг. Если менеджеры предприятия не позаботятся об этом анализе, то стратегический инвестор **сделает это сам** и его выводы могут быть не столь благоприятными.

Общая последовательность разработки и анализа проекта

Анализ любых проектов обычно следует некоторой общей схеме, которая включает специальные разделы, оценивающие коммерческую, техническую, финансовую, экономическую и институциональную выполнимость проекта (см. рис. 8.2). Проект должен заканчиваться анализом риска.

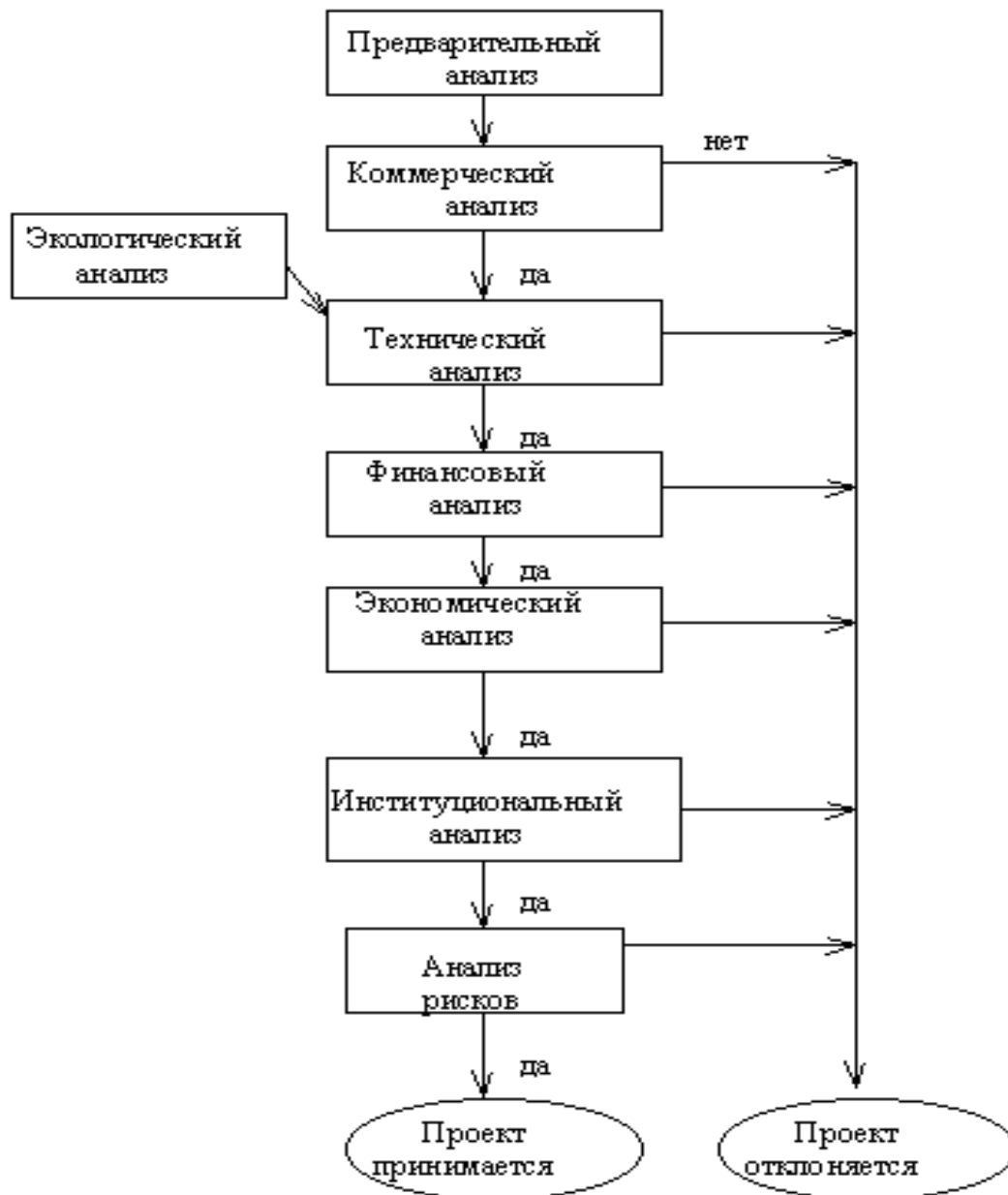


Рис. 8.2. Общая последовательность анализа проекта

Анализ коммерческой выполнимости проекта

По статистике последних лет степень разорения фирм в странах третьего мира около 80%. Основная причина банкротств - недостаточный маркетинг. Суть коммерческого анализа заключается в ответе на два простых вопроса:

1. Сможем ли мы продать продукт, являющийся результатом реализации проекта?
2. Сможем ли мы получить от этого достаточный объем прибыли, оправдывающий инвестиционный проект?

Так как проекты осуществляются при уже существующих рынках, в проекте должна быть приведена их характеристика. Маркетинговый анализ должен также включать анализ потребителей и конкурентов. Анализ потребителей должен определить потребительские запросы, потенциальные сег-

менты рынка и характер процесса покупки. **Маркетинговый анализ** включает в себя и прогнозирование спроса. На основе результатов маркетингового анализа разрабатывается **маркетинговый план**. В нём должны быть определены стратегии разработки продукта, ценообразования, продвижения товара на рынок и сбыта. Маркетинговый план должен также учитывать наличие других продуктов в ассортиментном наборе фирмы, а также организационные, финансовые, производственные и снабженческие аспекты её деятельности. В рамках маркетингового плана желательно спрогнозировать реакцию конкурентов и её последующее влияние на возможность выполнения маркетингового плана.

Технический анализ

Задачей технического анализа инвестиционного проекта является:

1. Определение технологий, наиболее подходящих с точки зрения целей проекта.
2. Анализ местных условий, в том числе доступности и стоимости сырья, энергии, рабочей силы.
3. Проверка наличия потенциальных возможностей планирования и осуществления проекта.

Технический анализ обычно производится группой собственных экспертов предприятия с возможным привлечением узких специалистов. Стандартная процедура технического анализа начинается с анализа собственных существующих технологий. При этом необходимо руководствоваться следующими критериями: 1) технология должна себя хорошо зарекомендовать ранее, то есть быть стандартной; 2) технология не должна быть ориентирована на импортное дорогое оборудование и сырьё.

Если оказывается невозможным использовать собственную технологию, то проводится анализ возможности привлечения зарубежной технологии и оборудования по одной из возможных схем:

- совместное предприятие с иностранной фирмой - частичное инвестирование и полное обеспечение всеми технологиями;
- покупка оборудования, которое реализует технологическое новшество (know-how);
- покупка принципиально нового оборудования, постройка завода, наладка технологического процесса;
- предыдущее плюс обучение персонала до тех пор, пока предприятие не произведет необходимый готовый продукт;
- покупка лицензий на производство;
- техническая помощь со стороны зарубежного технолога.

Правило выбора технологии предусматривает комплексный анализ некоторых альтернативных технологий и выбор наилучшего варианта.

Ключевые факторы выбора среди альтернативных технологий сводятся к следующему анализу.

1. Прежнее использование выбранных технологий в сходных масштабах (масштабы могут быть слишком велики для конкретного рынка).
2. Доступность сырья (сколько потенциальных поставщиков, какие их

производственные мощности, качество сырья, каково количество других потребителей сырья, стоимость сырья, метод и стоимость доставки, риск в отношении окружающей среды).

3. Коммунальные услуги и коммуникации.

4. Нужно быть уверенным, что организация, которая продает технологию, имеет на неё патент или лицензию.

5. По крайней мере, начальное сопровождение производства продавцом технологии.

6. Приспособленность технологии к местным условиям (температура, влажность и т.п.).

7. Загрузочный фактор, время для выхода оборудования на устойчивое состояние с паспортной производительностью.

8. Безопасность и экология.

9. Капитальные и производственные затраты.

В табл. 8.1 приведен пример такого альтернативного выбора, в котором каждый фактор оценивается по десятибалльной шкале.

Таблица 8.1

Пример выбора лучшего технического решения

Ключевые факторы	Вес критерия	Альтернативы			
		A	B	C	D
Прежнее использование	3	6	3	2	0
Доступность сырья	5	3	4	6	9
Коммунальные услуги и коммуникация	2	5	3	2	6
Наличие патента или лицензии	1	0	0	10	10
Приспособленность технологии к местным условиям	2	7	5	4	7
Загрузочный фактор	3	7	4	6	8
Безопасность и экология	4	10	8	5	3
Капитальные и производственные затраты	5	5	4	8	6
Величина взвешенного критерия		143	109	136	147

Расчёт обобщенного критерия производится по формуле:

$$G = w_1 G_1 + w_2 G_2 + \dots + w_n G_n$$

где w_i - вес частного критерия, G_k - величина частного критерия.

Наилучшим принимается технический проект, который имеет наибольшее значение критерия. В частности, в рассмотренном примере технические альтернативы **A** и **D** почти одинаковые, но можно отдать предпочтение **D**.

Финансовый анализ

Общая схема финансового раздела инвестиционного проекта следует простой последовательности.

1. Анализ финансового состояния предприятия в течение трех-пяти предыдущих лет работы предприятия (ликвидность, кредитоспособность, прибыльность предприятия и эффективность его менеджмента).

2. Прогноз прибылей и денежных потоков в процессе реализации инвестиционного проекта:

- определение инвестиционных потребностей предприятия по проекту;
- установление источников финансирования;
- прогноз прибылей и денежных потоков за счёт реализации проекта;
- оценка показателей эффективности проекта.

Финансовый анализ должен предусматривать принцип дисконтирования¹: “доллар сейчас стоит больше, чем доллар, полученный через год”, и учитывать инфляцию.

Экономический анализ

Основной вопрос финансового анализа: может ли проект увеличить богатство владельцев предприятия (акционеров) и государства? Экономический анализ проводится для крупных инвестиционных проектов, которые разрабатываются по заказу правительства и призваны решить какую-либо национально значимую задачу. Если предприятие разрабатывает инвестиционный проект по своей собственной инициативе, то экономический анализ проекта можно не производить.

Измерение экономической эффективности производится с учетом стоимости возможной закупки ресурсов и готовой продукции, внутренних цен (которые отличаются от мировых), и многого другого, что является отличительной особенностью страны и не совпадает с мировыми правилами и расценками (например, условия работы с валютами других стран).

Институциональный анализ

Институциональный анализ оценивает возможность успешного выполнения инвестиционного проекта с учётом организационной, правовой, политической и административной обстановки, т.е. необходимо оценить совокупность внутренних и внешних факторов, сопровождающих инвестиционный

¹ **Дисконтирование** - процедура приведения к базисному моменту времени (обычно к началу строительства) затрат, результатов и эффектов, возникающих в будущем, за счёт умножения этих затрат, результатов и эффектов на коэффициент дисконтирования.

проект.

Оценка внутренних факторов обычно производится по следующей схеме.

1. Анализ возможностей производственного менеджмента:
 - опыт и квалификация менеджеров предприятия;
 - их мотивация в рамках проекта (например, в виде доли от прибыли);
 - совместимость менеджеров с целями проекта и основными этическими и культурными ценностями проекта.
2. Анализ трудовых ресурсов, они должны соответствовать уровню используемых в проекте технологий, особенно в случае использования принципиально новой для предприятия технологии, возможно необходимо либо обучать рабочих, либо нанимать новых.
3. Анализ организационной структуры: как происходит на предприятии процесс принятия решений и как осуществляется распределение ответственности за их выполнение. Принятая на предприятии организационная структура не должна тормозить развитие проекта.

Анализ риска

Суть анализа риска состоит в следующем. Вне зависимости от качества допущений, будущее всегда несёт в себе элемент неопределенности. Большая часть данных, необходимых, например, для финансового анализа (элементы затрат, цены, объём продаж продукции и т. п.) являются неопределёнными. В будущем возможны изменения прогноза как в худшую сторону (снижение прибыли), так и в лучшую. Анализ риска предлагает учёт всех изменений, как в сторону ухудшения, так и в сторону улучшения, с учётом стоимости сырья и комплектующих, капитальных затрат, обслуживания, продаж, цены и так далее.

В процессе анализа риска ограничиваются анализом трёх схем и сценариев:

1. Выбирают параметры инвестиционного проекта в наибольшей степени неопределённые.
2. Производят анализ эффективности проекта для предельных значений каждого параметра.
3. В инвестиционном проекте представляют три сценария:
 - базовый,
 - наиболее пессимистичный,
 - наиболее оптимистичный (необязательно).

Стратегический инвестор обычно делает вывод на основе наиболее пессимистичного сценария.

Окончательно инвестиционный проект оформляется в виде бизнес-плана. В этом бизнес-плане, как правило, отражаются все перечисленные выше вопросы, но нет строгих стандартов бизнес-планирования, которым надлежит следовать “во всех случаях жизни”. Бизнес-план инвестиционного проекта, в первую очередь, должен удовлетворить требованиям того субъекта инвестиционной деятельности, от решения которого зависит дальнейшая судьба проекта.

Технико-экономическое сравнение вариантов технологии добычи полезных ископаемых

Выбор оптимальной системы разработки - это самый ответственный шаг при проектировании будущей добычи руды. От системы разработки зависят все экономические показатели работы карьера, рудника (затраты по системе достигают 60% всех общерудничных затрат), безопасность труда горнорабочих, применение определенного горного оборудования, природоохранные меры. Остановимся подробнее на технико-экономическом сравнении вариантов технологии отработки месторождения, ведь именно по максимальной прибыли предприятия можно определить наиболее экономичный вариант технического или технологического решения.

В международной практике план развития предприятия представляется в виде бизнес-плана и базируется на **экономико-математическом моделировании**. Обычно любой новый проект предприятия в той или иной мере связан с привлечением новых инвестиций. Общая процедура упорядочения инвестиционной деятельности предприятия по отношению к конкретному проекту формализуется в виде проектного цикла. По мере появления новых массивов данных о горном массиве в проект вносятся изменения – в этом заключается динамическое моделирование.

Сущность метода экономико-математического моделирования и оптимизации параметров шахты раскрывается следующей последовательностью действий:

- анализ горно-геологических и горнотехнических условий шахтного (карьерного) поля;
- конструирование вариантов технологических схем шахты (карьера);
- установление номенклатуры качественных и количественных переменных параметров шахты (карьера), ведения горных работ, установление диапазона изменения независимых количественных параметров;
- построение технологического графа (блок-схемы) вариантов и установление при этом совместимости проектных решений с учётом обоснованных ограничений;
- формирование системы ограничений применения тех или иных решений, качественных или количественных параметров;
- обоснование критерия оптимальности и установление номенклатуры затрат, связанных с реализацией вариантов;
- составление развёрнутого выражения целевой функции в зависимости от горно-геологических характеристик, параметров шахты (карьера) и стоимостных величин;
- разработка алгоритма расчета модели, определение количественных параметров шахты (карьера);
- анализ наиболее экономичных вариантов и рекомендация оптимальных параметров для разработки технического проекта.

Экономические расчёты, в общем виде, заключаются в следующем:

- определение инвестиционных затрат на строительство предприятия и размера производственных фондов на момент сдачи предприятия в эксплуатацию;
- расчёт эксплуатационных затрат на 1 т добытой рудной массы;
- определение удельных инвестиционных затрат на 1 т добытой рудной массы;
- расчёт себестоимости продукции, прибыли, уровня рентабельности производства;

- расчёт по обоснованию технико-экономических показателей работы предприятия;
- определение экономической эффективности технических решений специальной части проекта;
- сравнение технико-экономических показателей (результатов, полученных при проектировании, с реальными проектами новых предприятий, с существующим рудником, по которому ведётся проектирование, с лучшими предприятиями отрасли и т.п.).

Расчёт основных производственных процессов добычных работ (эксплуатационных затрат) выполняется отдельно и включает:

- определение объёмов работ по основным процессам и штата рабочих для выполнения работ;
- определение месячного фонда заработной платы и начислений на заработную плату;
- установление месячной потребности: а) во вспомогательных материалах, б) в топливе, в) в электроэнергии;
- расчёт амортизационных отчислений²¹;
- учёт прочих расходов;
- сводные затраты на производство горно-капитальных и добычных работ и определение себестоимости 1 т.

Если проектируемый рудник (шахта, карьер) входит в состав горно-обогатительного или горно-металлургического комбината, то кроме общерудничной себестоимости добычи 1 т горной массы необходимо определять также себестоимость 1 т концентрата.

Тематическое содержание и порядок разработки экономических вопросов могут быть представлены следующим алгоритмом действия (рис. 8.3).

Последовательность выбора системы разработки

Каждую систему можно применять только в определенных горно-геологических условиях, на выбор системы разработки наиболее существенное влияние оказывают - мощность рудного тела, угол падения, устойчивость руды и вмещающих пород - это постоянные факторы; и другие факторы, переменные, к ним относятся - размеры рудного тела по простиранию и падению, морфология тела, ценность руды, характер распределения в ней металла, глубина разработки, склонность руды к слёживанию, окислению и возгоранию, гидрогеологические условия, необходимость сохранения земной поверхности. Учет этих факторов позволяет уточнить и конкретизировать выбор системы разработки, добавить некие детали, элементы в технологию добычи.

В общем виде задача выбора оптимального варианта вскрытия и подготовки шахтного (карьерного) поля решается на основе технико-экономического сравнения конкурентоспособных вариантов с учётом горно-геологических условий (угла паде-

²¹ **Амортизация** - процесс постепенного переноса стоимости средств производства на производимый продукт. Годовые **амортизационные отчисления**, включаемые в себестоимость продукции, служат источником накопления денежных средств на специальном банковском счету, деньги могут расходоваться только на замену устаревших объектов основного фонда предприятия на новые: старого оборудования – на новое, отслуживших капитальных выработок – на проходку новых (стволов, штолен, квершлагов, штреков, окоlostвольных дворов).

ния, мощности, устойчивости и т.п.), затрат на капитальное строительство и эксплуатацию вскрывающих выработок...

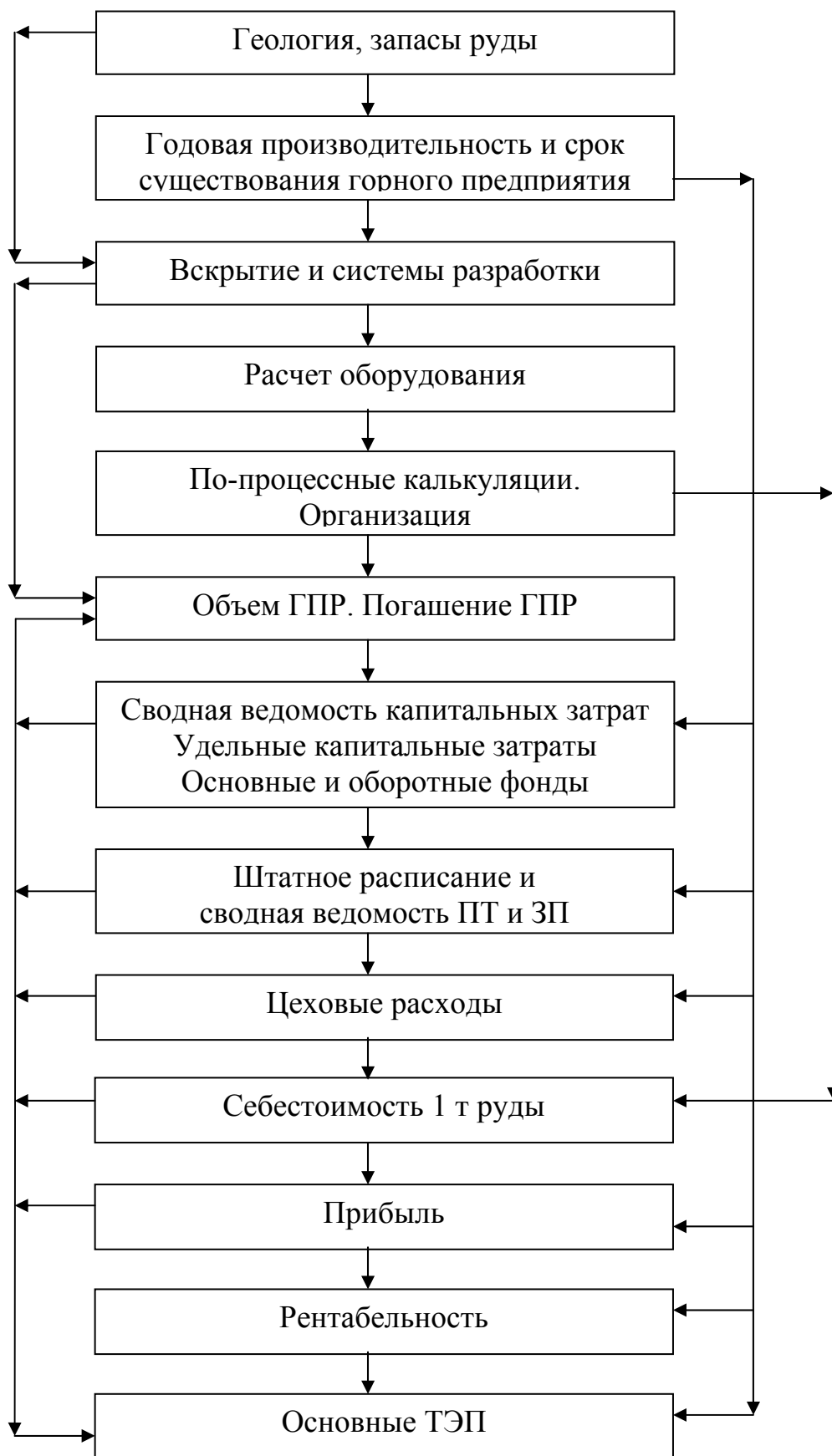


Рис. 8.3. Алгоритм выполнения экономической части проекта

В качестве критерия выбора рекомендуется использовать средние за расчетный период удельные приведенные затраты (дисконтированные затраты) по вариантам.

Для выполнения простейших практических расчетов в случае, когда годовые объёмы добычи и себестоимость руды стабильны в период эксплуатации, а срок строительства мал, капитальные вложения на поддержание эксплуатации рудника (карьера) близки по величине отчислениям на реновацию, тогда можно использовать формулу:

$$Z_y = C + E_n * K, \text{ руб / т}$$

где C - себестоимость добычи, руб/т ;

$E_n=0.15$ - нормативный коэффициент эффективности (рентабельность), соответствующий нормативному сроку окупаемости капитальных затрат ($0,15^{-1} = 6,7$ лет);

K - суммарные дисконтированные удельные капитальные вложения на строительство рудника (карьера), руб/т.

Последовательность выбора оптимального варианта вскрытия

Сначала осуществляется конструирование вариантов вскрытия месторождения из отдельных элементов, отвечающих данным горно-геологическим условиям, исключая при этом элементы, несовместимые между собой. Затем производится выбор наилучшего варианта вскрытия и подготовки на основе анализа расчетов затрат и эффектов. Если в результате анализа выявлен не один, а несколько равноценных вариантов, то выбор наилучшего из них следует производить по другим показателям (экологичность, надежность, безопасность, меньшие потери...).

Последовательность выбора следующая:

1) сконструировать и выбрать технически возможные и целесообразные для данных горно-геологических условий варианты вскрытия;

2) для каждого варианта определить количественные и качественные параметры:

- размеры основных частей шахтного, карьерного поля (горизонта, выемочного блока, этажа...);

- технические характеристики процессов и объектов (сечение, длину, вид крепи, вид транспорта в капитальных выработках, тип подъемных установок, тип вентилятора главного проветривания...);

3) выполнить эскизы выбранных вариантов, с выделением выработок, проведение которых финансируется за счёт инвестиций на строительство;

4) для каждого варианта определить объёмы работ по периодам их выполнения, а также объёмы работ по учитываемым расходам;

5) на основании рассчитанных объёмов работ для каждого варианта по стоимостным параметрам определить поквартальные инвестиционные, эксплуатационные затраты и прибыль при вводе рудника (карьера) в эксплуатацию;

6) подсчитать, с учётом дисконтирования, за весь срок существования рудника (карьера) чистый дисконтированный доход (**ЧДД** или **NPV**) по вариантам и выбрать экономически наивыгоднейший вариант.

Сравнение вариантов при выборе схемы вскрытия на руднике, шахте

В общем виде задача выбора оптимального варианта вскрытия месторождения решается на основе технико-экономического сравнения конкурентоспособных вариантов с учётом горно-геологических условий (угла падения, мощности, устойчивости

руды, пород и т.п.), затрат на капитальное строительство и эксплуатацию вскрывающих выработок...

Затраты на **капитальное строительство** включают расходы на:

- 1) проведение вскрывающих выработок (стволов, штолен, квершлагов, околоствольных дворов, капитальных рудоспусков и капитальных восстающих).
- 2) оборудование поверхности шахты (копры, эстакады, бункеры, подъездные пути...);
- 3) установку горного и электромеханического оборудования.

Затраты на проведение выработок подсчитываются по имеющейся калькуляции себестоимости проходки 1 м³ выработки.

Эксплуатационные расходы подсчитываются на следующие виды работ:

- 1) ремонт и поддержание выработок;
- 2) откатка руды по квершлагам, штольням;
- 3) подъём руды по стволам;
- 4) водоотлив и вентиляцию;
- 5) наземный транспорт руды от рудника до обогатительной фабрики.

При определении инвестиционных вложений необходимо учитывать не только первоначальные инвестиционные вложения на строительство рудника (или нового очистного горизонта) для достижения проектной мощности, но также и инвестиционные вложения будущих лет, т.е. дополнительные вложения, осуществляемые в процессе эксплуатации рудника для поддержания его проектной мощности на определенном уровне (затраты на углубку стволов, на удлинение трасс внутришахтного транспорта ...)

Сравниваемые варианты могут отличаться не только по величине инвестиционных затрат и не только по времени их вложения, но и по срокам ввода рудника в эксплуатацию (когда можно начинать отдавать долги из полученных сумм от реализации продукции). В этом случае и инвестиционные вложения и притоки денег должны быть приведены (дисконтированы) к затратам и притокам настоящего времени, обычно они приводятся к началу строительства, тогда ещё все затраты и все притоки денег будут затратами и притоками будущих лет.

Дисконтирование - процедура приведения к базисному (обычно к началу строительства) моменту времени затрат, результатов и эффектов, возникающих в будущем, за счет умножения затрат, результатов и эффектов на коэффициент дисконтирования, равный

$$\beta_t = 1 / (1+E)^t ,$$

где **t** - номер шага расчёта, годы (или кварталы) после начала строительства;

E - норма дисконта, принимается равной приемлемому для инвестора уровню дохода на его капитал, например, 10% . т.е. **E**=0.1 .

Шаг расчета в проектах принимается равным кварталу, т.е. трем месяцам (с такой периодичностью фирма обязана составлять финансовый отчет).

Если же норма дисконта **E** сама меняется во времени и на **t**-м шаге расчёта равна **E_t** , то коэффициенты дисконтирования равны:

$$\beta_0 = 1 \quad \text{и} \quad \beta_t = 1 / (1+E_t)^t .$$

Процедура дисконтирования численно отражает падающую со временем сравнительную значимость для нас затрат и эффектов, возникающих в отдалённом будущем (т.е. деньги сегодня для фирмы важнее, чем такое же количество денег потом).

Расчёт себестоимости продукции и рентабельности горного предприятия

Экономические расчёты по отдельным процессам производятся на основе принятой организации труда, выбранного оборудования, передовых методов производства и рациональной структуры управления рудничным (карьерным) хозяйством.

Эксплуатационные затраты на создание товарной продукции горного предприятия состоят из затрат на горно-капитальные работы и добычные работы, переработку полезного ископаемого (обогащение), а также включают различные налоги и платежи.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_d + \mathcal{E}_b + \mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_{np} + H, \quad ,$$

где $\mathcal{E}_d$ - производственные расходы непосредственно на добычу полезного ископаемого, по каждому из производственных процессов (табл. 8.2);

Таблица 8.2

Сводная калькуляция себестоимости добычи 1 т горной массы

№	Наименование процессов (видов работ)	Затраты на 1 т добытой горной массы, руб.
1.	Погашение горно-подготовительных работ	
2.	Очистные работы	
3.	Закладочные работы	
4.	Откатка	
5.	Подъём	
6.	Водоотлив	
7.	Вентиляция	
8.	Освещение и водоснабжение	
9.	Цеховые расходы	
	Итого цеховая себестоимость	
	Общерудничные расходы, 10-15% (до 20%) цеховой себестоимости	
	Итого общерудничная себестоимость	

$\mathcal{E}_b$ - производственные расходы на горно-капитальные работы (табл. 8.3);

Таблица 8.3

Сводная ведомость инвестиционных затрат

№	Наименование затрат	Сумма, тыс.руб.	Удельный вес, %
1.	Предварительные затраты, 4-6%		
2.	Горно-капитальные работы		
3.	Здания и сооружения		
4.	Оборудование и монтаж		
5.	Прочие затраты, 8-10%		
	Итого производственных затрат		

$\mathcal{E}_0$ - производственные расходы на обогащение;

$\mathcal{E}_{\text{пр}}$ – расходы на природоохранные меры;

$\mathcal{H}$ – налоги и платежи, включаемые в себестоимость полезного ископаемого и определяемые федеральным и местным законодательством, например:

- предельные уровни регулярных платежей за право на добычу полезных ископаемых на территории РФ;
- нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд;
- средние размеры ставок земельного налога;
- ставки отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы;
- плата за древесину, отпускаемую на корню, включает плату на землю и установлена в зависимости от породы и от лесотаксового разряда (1-7 разряд);
- плата за воду...

Расчёты по каждому из эксплуатационных процессов сводятся в таблицу, где отражаются занятые в технологическом процессе рабочие по профессиям, служащие, машины и оборудование (табл. 8.4).

Таблица 8.4

Калькуляция себестоимости по каждому из эксплуатационных процессов

№	Наименование статей расходов	Разряд	Единица измерения	Количество единиц на единицу счёта	Стоимость единицы, руб.	Сумма, руб.
I	I. Заработная плата					
1.						
2.						
	Итого по тарифу Доплата за ночное время Премия Итого с ночными и премией Итого с районным коэффициентом (и северными надбавками) Дополнительная зарплата Итого с дополнительной заработной платой Отчисления на социальные нужды					
II	ИТОГО заработной платы с отчислениями					
1.	II. Материалы					
2.						
	ИТОГО материалов (с учетом транспортных расходов)					
III	III. Энергия					
1.	Электроэнергия по двухста-					

	вочному тарифу (по установленной и по реактивной мощности)					
2.						
3.						
IV	ИТОГО IV. Амортизация (зданий, сооружений и оборудования)					
	ИТОГО прямых затрат на единицу расчета					

Оценка эффективности инвестиций

Все работы по оценке эффективности любых инвестиционных проектов в настоящее время осуществляют по показателям эффективности инвестиционных проектов (**NPV, PI, IRR, $t_{ок}$**).

1. Чистый дисконтированный доход инвестиционного проекта (**ЧДД** - синоним интегральному эффекту **NPV**):

$$\text{ЧДД} = \text{NPV} = \sum (R_t - Z_t) * \beta_t ,$$

где R_t – результаты (денежные притоки), получаемые на t -м шаге расчётов, руб.;
 Z_t - затраты, осуществляемые на том же шаге, руб.

Чем выше ЧДД, тем выше эффективность проекта, при отрицательном ЧДД проект признают убыточным.

Под затратами Z_t понимают как инвестиционные вложения K_t , осуществляемые в этом году, квартале, так и текущие, эксплуатационные издержки I_t данного периода. А под текущими издержками I_t подразумевают себестоимость выпуска готовой продукции C_t за вычетом амортизационных отчислений A_t (амортизационные отчисления служат источником накопления денежных средств на специальном банковском счету, не облагаемом никакими налогами, который может расходоваться только на замену устаревших объектов основного фонда предприятия на новые, норма амортизации на горном предприятии рассчитывается обычно в виде потонной ставки - фиксированных отчислений с тонны добытой рудной массы):

$$I_t = C_t - A_t \quad \text{и} \quad Z_t = K_t + I_t , \quad \text{руб.}$$

Общерудничная себестоимость C_t включает в себя все затраты, связанные с выпуском и реализацией продукции предприятия.

Рентабельность продукции по отношению к общерудничной себестоимости рассчитывается по формуле:

$$r = \Pi_t / C_t ,$$

где Π_t - прибыль предприятия, определяемая как разница $(R_t - C_t)$, руб.

В горнорудной промышленности рентабельность $r_0 = 15\%$ считается хорошей рентабельностью (с учётом, например, 30% налога на прибыль рентабельность составит $r = 18-20\%$).

Результаты R_t , получаемые в t -м году осуществления проекта, рассчитывают в виде годовой выручки, получаемой в этом году от реализации продукции Q_t по ожи-

даемым ценам Π_t , кроме того в состав выручки, получаемой от реализации проекта, может входить также выручка $\Phi_{в.т}$ от рыночной реализации высвобождаемых технических устройств, зданий, сооружений и т.п.:

$$R_t = \Pi_t * Q_t + \Phi_{в.т} \text{ , руб.}$$

Зная результаты R_t и планируемую рентабельность продукции (r), например, в 15%, можно ориентировочно получить общерудничную себестоимость C_t (если в данном проекте нет возможности составить сводную калькуляцию цеховых расходов):

$$C_t = R_t / (r + 1) = (\Pi_t * Q_t + \Phi_{в.т}) / (r + 1) \text{ , руб.}$$

Тогда, окончательно чистый дисконтированный доход определяем по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} = NPV &= [(\Pi_t * Q_t + \Phi_{в.т}) - (K_t + C_t - A_t)] * \beta_t = \\ &= [r * (\Pi_t * Q_t + \Phi_{в.т}) / (r + 1) + A_t - K_t] * \beta_t \text{ , руб.} \end{aligned}$$

Расчеты ЧДД удобнее всего осуществлять в табличной форме (см. табл. 9.5).

Если результаты расчётов по чистому дисконтированному доходу по вариантам отличаются друг от друга менее, чем на 10 %, то экономическое сравнение вариантов необходимо продолжать, учитывая эксплуатационные затраты, индекс доходности (PI) и срок окупаемости инвестиций ($t_{ок}$).

Таблица 9.5

№ квар- тала t (месяцы)	Инвестицион- ные затраты K_t , тыс. руб.	Притоки от выручки $\Pi * Q_t$, тыс.руб.	Амортизацион- ные притоки A_t , тыс.руб.	Коэффици- ент дис- контиро- вания β_t	ЧДД, тыс. руб.
1 вариант					
Всего:					
2 вариант					
Всего:					

Аналогичным образом, оценкой эффективности инвестиций по чистому дисконтированному доходу можно производить технико-экономическое сравнение любых вариантов технологии добычи и вариантов природоохранных мер.

2. Индекс доходности (ИД, синоним - индекс прибыльности PI) - отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционного капитала:

$$PI = ИД = \frac{1}{K_t} * \sum (R_t - Z_t) * \frac{1}{(1 + E_t)^t} \text{ , руб.}$$

где K_t – инвестиционный капитал, руб.;

Z_t - полные затраты по общерудничной себестоимости на t -м шаге расчетов, руб.

Проект считается эффективным в случае, если ИД больше единицы.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД, синоним - внутренняя норма прибыли IRR) - та норма дисконта E , при которой величина приведенных эффектов равна приведенным инвестиционным вложениям, т.е. та норму, при которой осуществление

проекта приносит возврат осуществленных инвестиций точно к концу расчётного периода. Если эта норма выше процентной ставки кредита, то кредит выгодно брать.

4. Срок окупаемости ($t_{ок}$) представляет собой длительность периода, в течение которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с осуществлением проекта, покрываются суммарным денежным эффектом, приносимым проектом, т.е. когда сумма чистых доходов будет равна сумме инвестиций:

$$t_{ок} = \frac{\ln \left[1 - \frac{E_t}{r} * (1 - (1 + r)^{-t}) \right]}{\ln(1 + E_t)}, \quad \text{г о д ы}$$

Внутренняя ставка доходности r (рентабельность предприятия), должна быть больше величины E_t , иначе инвестиции убыточны.

9. Охрана окружающей среды при бурении нефтегазоносных скважин

Отличительная особенность буровых работ состоит в том, что они производятся непосредственно на природе и распространяются на огромные площади, охватывающие не только сушу, но и болота, различные водоемы, акватории морей и океанов. В процессе бурения скважин вскрываются пласты подземных пресных и минерализованных вод, газов и нефти.

При отсутствии надлежащего контроля, буровые работы могут вызвать серьезные нарушения экологического равновесия, привести к загрязнению природной среды сточными водами, буровым раствором, химическими реагентами, остатками горюче-смазочных материалов, нарушить изоляцию между пластовыми флюидами в недрах и режим подземных источников водоснабжения.

Загрязнение природной среды происходит на всех этапах освоения месторождения нефти и газа – от бурения скважин до введения её в эксплуатацию, а также в период разработки месторождения. Характерной особенностью является высокая интенсивность и кратковременность формирования значительных техногенных нагрузок, которые нередко превышают пороговые нагрузки. Открытое фонтанирование нефти или газа из скважин оказывает серьезное загрязнение и может привести к региональной экологической катастрофе.

Источники загрязнения окружающей среды при бурении скважин

Сооружение скважин характеризуется рядом специфических особенностей, которые определяют характер и объёмы техногенных нарушений и загрязнения объектов окружающей среды. В процессе бурения скважин со средой взаимодействуют две инженерные системы: буровая установка и буровая скважина.

Буровая установка воздействует на все природные объекты, и её действие ограничивается сроками выполнения буровых работ. При этом интенсивность воздействия зависит от типа применяемой буровой установки (стационарной, передвижной, самоходной или плавучей), ее габаритов, способа и глубины бурения и других факторов.

Буровая скважина также воздействует на все компоненты среды, главным образом, - на геологическую. Период ее влияния не ограничивается сроками проведения буровых работ, но продолжается в течение всего времени использования скважины. Степень влияния зависит от назначения скважины, ее глубины и диаметра, конструкции, особенностей геологического разреза и гидрогеологических условий.

При буровых работах все источники загрязнения могут быть подразделены на четыре группы:

- эксплуатационные – возникают в результате образования сточных вод от мытья оборудования, полов, очистки желобов от шлама, слива воды из систем охлаждения и т.д.;
- технологические – сток бурового раствора с поднимаемых бурильных труб и сброс воды, после их обмыва, появление излишка бурового раствора в результате его наработки при бурении и сброс этого излишка, излив раствора из скважины при выполнении спускоподъемных операций;
- аварийные – выброс пластового флюида из скважины во время нефтегазопрооявлений, открытого фонтанирования, потери технических жидкостей при прорывах трубопроводов или вследствие поломки запорной арматуры;
- погодные – вынос с буровой технических жидкостей, горючесмазочных материалов при атмосферных осадках, снос с буровой площадки загрязняющих веществ талыми водами.

Основными источниками загрязнений атмосферы являются: выхлопы дизелей буровой установки, дегазаторы бурового раствора, ёмкости для хранения порошкообразных материалов, шламовые амбары с содержащимися отходами, испарения с открытых поверхностей загрязнителей (хромо-содержащие соединения, серо- и азотосодержащие вещества, а также соединения, содержащие в своем составе фенол).

Источниками геомеханических нарушений земельных участков являются следующие технологические процессы:

- снятие и складирование плодородного слоя земли при подготовке территорий буровой;
- устройство насыпной площади под буровую, в особенности при кустовом строительстве скважин;
- устройство земляных котлованов (шламовых амбаров) для сбора и хранения производственно-технологических отходов бурения;
- сооружение технологических площадок под оборудование буровой, для прокладки технологических коммуникаций, необходимых для бурения скважины;
- засыпка шламовых амбаров при их ликвидации;
- техническая рекультивация территорий буровой.

Главными технолого-производственными отходами являются буровые сточные воды (БСВ), отработанный буровой раствор (ОБР) и буровой шлам (БШ). По условиям образования БСВ можно разделить на три категории: производственные, хозяйственно-бытовые и атмосферные.

Производственные сточные воды формируются в процессе выполнения различных технологических операций работы механизмов, оборудования и устройств. К ним относятся: насосная группа, дизельный блок, рабочая площадка, блок очистки буровых растворов, узел приготовления и утяжеления растворов, блок химических реагентов, блок ёмкостей с запасным буровым раствором.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в результате действия пунктов питания, объектов культурно-бытового и санитарно-гигиенического назначения.

Атмосферные сточные воды зависят от природно-климатических условий, а также от длительности процесса строительства скважины.

Основными источниками загрязнений для всех объектов природной среды являются:

- промывочная жидкость и химические реагенты, используемые для регулирования ее свойств;
- буровой шлам, выносимый потоком промывочной жидкости, а также частицы породы, выбрасываемые из скважины во время открытого фонтанирования;
- пластовые жидкости вместе с потоком промывочной жидкости изливаются во время газонефтепроявлений при освоении и испытании;
- нефть и нефтепродукты;
- некоторые виды буровых жидкостей;
- остатки тампонажных растворов.

Мероприятия по охране и рациональному использованию природных ресурсов

При бурении скважины необходимо проводить следующий комплекс мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов:

- внедрение кустового способа бурения скважин с целью сокращения занятия сельскохозяйственных земель;
- сохранение плодородного слоя почвы, рекультивация временно отведённых земель после окончания бурения;
- очистка и повторное использование буровых растворов;
- изоляция поглощающих и пресноводных горизонтов для исключения их загрязнений;
- применение нетоксичных реагентов для приготовления промывочных жидкостей;
- цементирование скважин до устья для исключения загрязнения пресноводных горизонтов;

- ликвидация буровых отходов и горюче-смазочных материалов без нанесения ущерба природе;
- осуществление инструктажа водителей всех транспортных средств и спецтехники о маршрутах проезда к объектам и о недопустимости заезда на сельскохозяйственные угодья.

На защиту и восстановление земельных участков, предоставленных геологоразведочным организациям во временное пользование, должны быть составлены и утверждены проекты и сметы, предусматривающие следующие мероприятия:

- подготовительные (до процесса бурения);
- по охране (в процессе бурения);
- по восстановлению земельных участков.

Подготовительными мероприятиями предусматривается:

- установление мест складирования растительного и почвенного слоя или грунтов, подлежащих выемке;
- удаление плодородного слоя почвы в местах загрязнения нефтепродуктами и другими жидкостями, химическими реагентами, глиной, цементом и прочими веществами, ухудшающими состояние почвы и его складирования.

Охранные мероприятия в процессе бурения скважины заключаются в следующем. При наличии подземных грунтовых вод водоносные горизонты обязательно должны перекрываться обсадными трубами в целях предохранения вод от загрязнения и заражения. Попутные воды очищаются на фильтровальной установке от взвешенных частиц и примесей нефти, в зависимости от концентраций растворенных в ней солей и других примесей, а при допустимых концентрациях этих вод - сбрасываются в открытые источники или по рельефу; а при повышенных - разбавляются в пределах норм и сбрасываются. Самоизливающиеся скважины должны быть оборудованы регулирующими устройствами. Слив использованного промывочного раствора и химических реагентов в открытые водные бассейны и непосредственно на почву запрещается.

Мероприятия **по восстановлению** земельных участков следующие. По окончании бурения скважины должна быть проведена горнотехническая и биологическая рекультивация.

Горнотехническая рекультивация включает в себя подготовку освобождающейся от буровых работ территории для дальнейшего землепользования, а именно:

- сырая нефть вывозится для дальнейшего использования или сжигания;
- остатки дизельного топлива и моторного масла сжигаются;
- отработанный глинистый раствор вывозится для дальнейшего использования на других скважинах и регенерируется (восстанавливается);

- оборудование и железобетонное покрытие демонтируются и вывозятся;
- перекрытия амбаров для сброса шлама и нефти засыпаются слоем грунта не менее 0,6 м.;
- земельные отводы, нарушенные производственной деятельностью, покрываются почвенным слоем и дёрном;
- откосы в горных местностях укрепляются битумными эмульсиями, силикатными слоями и засыпаются привозным грунтом слоем не менее 0,1 м.

Биологическая рекультивация предполагает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель, их озеленение и возвращению в сельскохозяйственное и лесное пользования.

Проектирование и проведение работ по рекультивации осуществляется в соответствии с инструкциями или техническими условиями, согласованными с местными сельско-, лесо-, и водохозяйственными органами.

Вместе с тем решающее влияние на выбор схемы может оказать принятая технология бурения. Показательным в этом плане могут служить районы Западной Сибири, в которых наиболее оптимальным является комбинированный вариант применения технологических схем обработки ОБР. Так, технология кустового строительства скважин в этом регионе предусматривает бурение под кондуктор на глинистом буровом растворе, а затем под эксплуатационную колонну – на технической воде. Вследствие этого после окончания бурения в первом интервале буровой раствор, находящийся в циркуляции, подлежит сбросу в амбар. В этом случае наиболее целесообразно производить обработку ОБР отверждающими или загущающими составами непосредственно во время его сброса. Причем при таком подходе удастся максимально задействовать как буровое, так и цементировочное оборудование и технику, поскольку сброс ОБР осуществляется сразу после цементирования кондуктора и цементировочная техника уже выполнила свою основную задачу, но находится на буровой, т.е. в это время совмещаются операции по цементированию скважин и обработке ОБР.

Непременным условием успешности реализации безамбарного бурения в условиях отрицательных температур является принудительный обогрев основных узлов используемых технологических схем посредством прокладки в них системы паропроводов. При невозможности в зимнее время осуществить открытый сброс очищенных сточных вод на рельеф местности или же через дренажные фильтрующие площадки - в таких местах должно быть предусмотрено другое направление утилизации, например, откачка в нефтепромысловый коллектор на пункт сбора и подготовки нефти, закачка в поглощающие скважины либо организованный вывоз или откачка в места согласованного сброса. Кроме того, площадка для твердения, сооружаемая непосредственно на территории буровой, в обязательном порядке должна быть обвалована минеральным грунтом, причем высота обваловки должна превышать слой отвержденной массы не менее чем на 0,5 м.

Одним из эффективных окислителей для обезвреживания отдельных химических реагентов при бурении на нефть, адсорбированных на буровом шламе, является перекись водорода. С ростом концентрации перекиси от 5 до 25% происходит разложение до 60-65% органики. Оптимальная концентрация перекиси 15-20%. Процесс окисления – не более 2 ч. Поскольку растворы перекиси водорода разлагают не более 65% органики в буровом шламе, то рекомендуется в раствор добавлять небольшое количество перманганата калия, способствующего более глубокому окислению. Совместное действие двух окислителей при концентрации перекиси водорода 10-15% и добавках 0,05-0,20% перманганата калия позволяет довести эффективность обезвреживания шлама до 95-98%.

При строительстве скважин территория участка буровой должна быть спланирована с уклоном 8-10% от центра к периферии; участки под технологическое оборудование должны быть гидроизолированы; для сбора и транспортировки стоков к накопителям - необходима установка железобетонных или металлических лотков.

В случае попадания участка строительства скважины в зону возможного затопления паводковыми водами необходимо предусмотреть обваловку территории.

Строительство сооружений систем накопления производственных отходов бурения (земляные амбары, металлические и сборные железобетонные емкости, металлические контейнеры) обосновывается с учетом гидрогеологических условий, фильтрующей способности грунта, класса токсичности отходов и состава сырья. Объемы шламовых амбаров, во избежание их переполнения, должны соответствовать объему буровых отходов, включающих выбуренные породы, вынесенную из скважины часть бурового раствора и буровые сточные воды. Размер амбаров на плане, их профиль и глубина залегания определяются на площадке строительства категорией грунта, глубиной залегания грунтовых вод и др. При этом необходимо учесть, что отметка дна амбара должна быть на 1-1,5 м выше уровня грунтовых вод, а глубина захоронения твердых отходов – не менее 1 м.

Для накопления, обезвреживания и захоронения малотоксичных отходов надсолевого комплекса сооружается двухсекционный шламовый амбар с накопительной и отстойной емкостями, соединенными системой труб или лотков. Дно и стенки амбара оборудуются противофильтрационными экранами (плёнкой) с фильтрационными характеристиками, соответствующими классу токсичности захороняемых отходов.

Таблица 6.11

Состав природоохранных мероприятий

Номер ПОМ	Природоохранные мероприятия
1	Применение рецептур буровых растворов, исключаящих загрязнение подземных вод при циркуляции бурового раствора в необсаженной части ствола скважины
2	Выбор режима промывки скважины и технологических параметров буровых растворов (реология, плотность и водоотдача), обеспечивающих предотвращение поглощения промывочной жидкости и ее фильтрата, выброс раствора или пластового флюида
3	Строгое соблюдение технологических регламентов на промывку и буровые растворы в течение всего цикла бурения, а также на крепление скважин
4	Выбор конструкции скважины, обеспечивающей изоляцию потенциально опасных горизонтов от загрязнения
5	Применение технологии цементирования, обеспечивающей подъем цементного кольца до проектных отметок и исключаящей межпластовые перетоки в зонах активного водообмена после цементирования
6	Применение заколонных пакеров для предотвращения возможных

	межпластовых перетоков в скважине, в том числе на месторождениях с близким расположением водоносных и нефтегазовых горизонтов
7	Применение обсадных труб с высокогерметичными резьбовыми соединениями, исключающими попадание через них в водоносные горизонты циркулирующего в скважине агента
8	Использование центраторов и специальной оснастки обсадных колонн при креплении скважин для повышения качества цементирования
9	Использование для цементирования коррозионно-стойких цемента, обеспечивающих долговечность крепи скважины
10	Организационные меры по предотвращению выбросов бурового раствора и пластового флюида при бурении
11	Оборудование устья скважины специальной запорной арматурой
12	Использование обратных клапанов типа КОБ-ЗШ для исключения выбросов через бурильные трубы
13	Гидроизоляция дна и стенок шламовых амбаров при строительстве скважин на хорошо дренированных землях
14	Сооружение накопительных котлованов по объемам, соответствующим объемам образующихся отходов
15	Применение инженерной системы коммуникаций для сбора отходов бурения
16	Организация рациональной раздельной системы сбора и хранения отходов бурения
17	Применение конструкции накопительных котлованов, исключающих их переполнение отходами бурения и нарушения обваловок
18	Исключение попадания отходов бурения на территорию буровой от точек их образования
19	Организационные мероприятия, направленные на снижение загрязняющих свойств отходов бурения
20	Использование для обработки буровых растворов нетоксичных активно биodeградируемых химреагентов
21	Исключение из рецептур буровых растворов хромсодержащих и

	других токсичных химреагентов
22	Исключение применения нефти для обработки буровых растворов и замена ее безвредными смазочными добавками
23	Организационные мероприятия, направленные на сокращение объемов образования отходов бурения
24	Применение рецептур буровых растворов, обеспечивающих снижение объемов их наработки
25	Применение многоступенчатой системы очистки буровых растворов, обеспечивающей снижение объемов их наработки
26	Максимально возможное повторное использование наработанных растворов в технологическом цикле бурения
27	Организация рациональной системы водопотребления и водоотведения буровой
28	Максимальное вовлечение в оборотное водоснабжение буровых сточных вод (БСВ) для технологических нужд бурения
29	Применение обтираторов бурильных труб при спускоподъемных операциях
30	Организация учета объемов образования и накопления отходов бурения по их видам
31	Организационные мероприятия по очистке БСВ с целью их утилизации
32	Использование БСВ в оборотном водоснабжении буровой для технических нужд бурения
33	Безопасный сброс БСВ в объекты природной среды
34	Использование БСВ для приготовления буровых растворов
35	Использование БСВ для приготовления тампонажных растворов
36	Использование БСВ для ирригации земель
37	Организация работ по утилизации и обезвреживанию оборотного бурового раствора (ОБР) и шлама
38	Перевозка буровых растворов на другие скважины с целью повторного

	их использования
39	Обезвреживание ОБР и шлама отверждающими добавками для последующего безопасного захоронения в шламовых амбарах на территории буровой
40	Вывоз отходов бурения в специальные шламохранилища для захоронения
41	Использование ОБР и шлама в производстве керамзита
42	Использование ОБР и шлама в производстве строительного кирпича
43	Обработка ОБР и шлама удобрениями и биогенными составами с целью последующего использования обезвреженной массы в качестве мелиоранта при рекультивации территории буровой
44	Сбор пролитой и плавающей в амбарах нефти и ее утилизация
45	Повторное использование нефти для обработки буровых растворов
46	Откачка в нефтепромысловый коллектор на пункт подготовки и сбора нефти
47	Засыпка и планировка шламовых амбаров после окончания строительства скважин
48	Горнотехническая рекультивация шламовых амбаров на территории буровой
49	Биологическая рекультивация мест захоронения отходов бурения и территории буровой
50	Ликвидация последствий загрязнения объектов природной среды
51	Закачка жидких отходов бурения в поглощающие скважины (подземное захоронение)
52	Применение контейнеров для сбора и вывоза отходов бурения
53	Применение инвентарных емкостей для сбора и хранения отходов бурения
54	Строгое соблюдение правил ведения буровых работ в соответствии с технологическим регламентом и действующими нормативно-техническими документами

Одним из важных мероприятий по охране окружающей среды является **ликвидация и консервация скважин**.

В случае невозможности продолжения бурения по геологическим, техническим (аварийные ситуации) или другим причинам осуществляется ликвидация скважин. При этом необходимость и глубина установки мостов определяется из расчёта перекрытия нефтегазонасыщенных пластов, зон водонапорных комплексов или зон, содержащих токсичные компоненты. Цемент для установки цементных мостов и ведения ремонтно-изоляционных работ должен обладать коррозионной устойчивостью к агрессивным средам. Жидкость, которой заполняется ствол скважины, обрабатывается ингибитором коррозии и нейтрализатором сероводорода.

Высота цементного моста для ликвидируемых скважин, законченных или прекращённых строительством и вскрывших высоконапорные газонефтеводоносные или содержащие более 6% сероводорода горизонты, должны быть выше кровли верхнего горизонта на 100 метров.

При ликвидации скважин, обсаженных эксплуатационной колонной, продуктивный пласт перекрывается цементным мостом по всей мощности плюс 100 метров выше «кровли» пласта. В случае, когда по техническим причинам не удаётся изолировать друг от друга вскрытые горизонты, цементный мост устанавливается на максимально достижимой глубине, последовательно изолируя все вышележащие проницаемые пласты, не перекрытые обсадной колонной.

Цементный мост при изоляции зоны нарушения колонны (смятия, потёртости, обрыва и т.д.) должен располагаться на 100 метров выше и на 50 метров ниже места нарушения.

После проведения изоляционно-ликвидационных работ через месяц, затем 6 месяцев и далее с периодичностью не реже одного раза в год осуществляется проверка состояния устья скважины, фиксируется отсутствие давления в затрубном и межколонном пространстве, осуществляется контроль воздуха.

Ликвидационное тампонирующее скважин производится для:

- предотвращения загрязнения водоносных горизонтов раствором продуктивного пласта, если продуктивный горизонт обладает большим напором;
- устранения циркуляции подземных вод по стволу скважины при извлечении обсадных труб;
- разобщения и изоляции водоносных пластов с разным химическим составом.

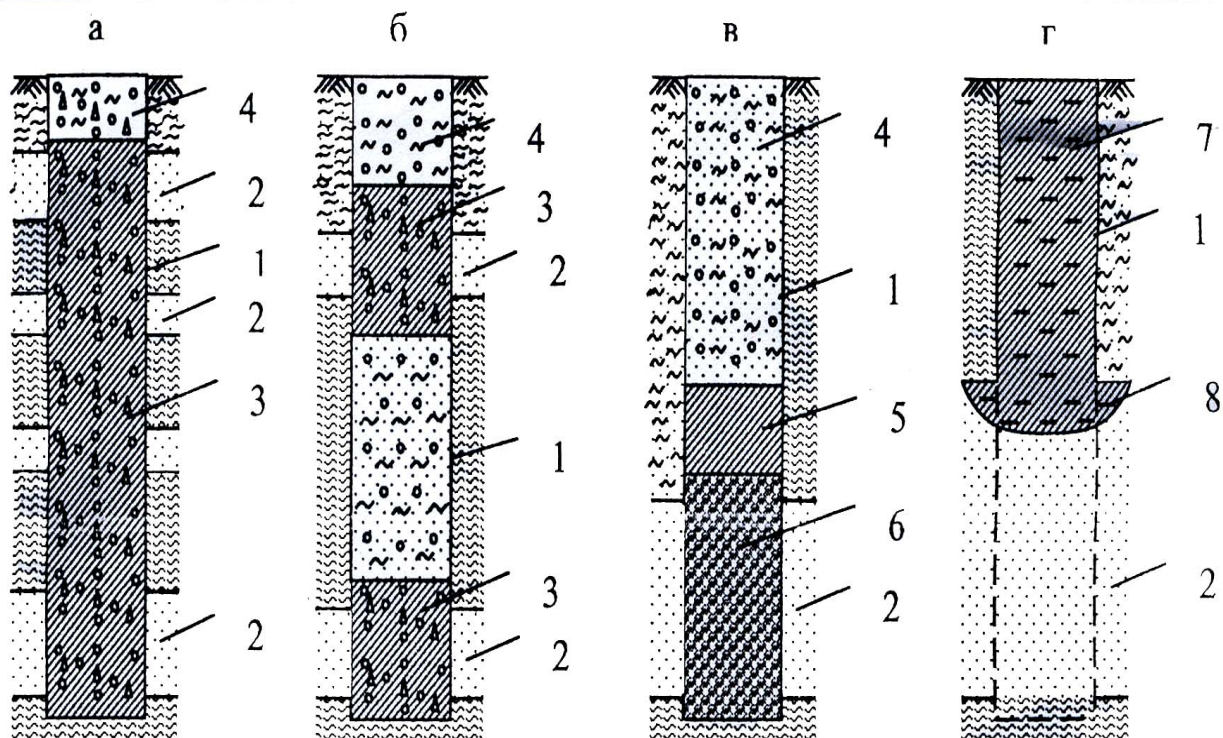


Рис. 6.16. Схемы ликвидационного тампонирования технологических скважин:

А – полное тампонирование, б – частичное тампонирование, в – засыпка зоны продуктивного пласта доломитовой крошкой или гравием, г – с обрушением ствола скважины в зоне продуктивного горизонта: 1 – ствол скважины, 2 – водоносные горизонты, 3 – цементный раствор, 4 – сыпучий материал, 5 – мост из глины или цемента, 6 – доломитовая крошка или гравий, 7 – глинистый раствор или тампонажная смесь, 8 – воронка обрушения

Особое внимание уделяется ликвидационному тампонированию скважин, вскрывших водоносные горизонты. Так, если в скважине небольшой глубины присутствует горизонт с малым водоприток, то такая скважина может тампонироваться глиной на всю глубину. Из глины, содержащей до 6% песка,

изготавливаются шарики, которые после просушки забрасываются в скважину через устье после 1-1,5м укладки по стволу.

Скважины с большим водопритоком и самоизливающиеся с напором до 1,5 м ликвидируются по следующей схеме:

- в пределах водоносного горизонта ствол заполняется промытым песком или гравием;

- в подошве и кровле геологического объекта устанавливаются цементные мосты с гидроизолирующей глиняной перемычкой из шариков в пределах мощности водоупоров;

- до устья скважина заполняется густым отработанным глинистым раствором с вводом наполнителей: шлама, песка, местных глин и т.п.;

- если ликвидируемая скважина находится вблизи водозаборных скважин, то эта скважина и тампонажные материалы необходимо подвергать обработке раствором хлорной извести с содержанием активного хлора 75-100 мг на 1 л воды.

Техническая рекультивация включает в себя подготовку освобождающейся от буровых работ территории для дальнейшего землепользования:

- сырая нефть вывозится для дальнейшего применения или сжигания;

- остатки дизельного топлива и моторного масла сжигаются;

- отработанный глинистый раствор вывозится для дальнейшего использования на других скважинах и регенерируется;

- оборудование и железобетонное покрытие демонтируются и вывозятся;

- перекрытия амбаров для сброса шлама и нефти засыпаются слоем грунта не менее 0,6м;

- земельные отводы, нарушенные производственной деятельностью, покрываются почвенным слоем и дерном;

- откосы в горных местностях укрепляются битумными эмульсиями, силикатными слоями и засыпаются привозным грунтом слоем не менее 0,1 м.

При производственном загрязнении земель (выбросами, сбросами), при нарушении технологий, загрязнении земель при авариях, залповых выбросах и сбросах, при захламлении (загрязнении) земель несанкционированными свалками определяется ущерб от загрязнения на основе данных обследований земель, лабораторных анализов и данных об объёме (массе) отходов и степени их опасности. Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объёма работ по их очистке.

Основные термины геоэкологии

Абиогенез – возникновение живой матери из неживой (одна из гипотез происхождения жизни), экспериментально доказан абиогенный синтез белковооодобных и др. организмов в условиях, воспроизводящих условия первобытной Земли.

Анаэробный организм – живой организм, развивающийся в среде, где отсутствует свободный кислород (придонные участки морей, земная кора).

Антропогенная (техногенная) нагрузка – воздействие человеческой деятельности на окружающую среду.

Аудит – см. раздел 6.

Аудит системы экологического менеджмента, согласно ISO 14000¹, - процесс систематической документированной проверки и оценки объективным путём установленных показателей, предпринимаемый с целью установления соответствия характеристик EMS специально установленным организацией критериям такой оценки. Результаты аудита EMS должны быть доведены до менеджеров.

Гомеостаз – см. введение.

Дегазация – см. раздел 1.1.

Деградация среды – ухудшение состояния или разрушение окружающей природной среды, приводит к деградациии живых организмов.

Демпинг – сброс и захоронение отходов в морях и океанах, составляет около 10% всех загрязняющих веществ, поступающих в Мировой океан.

Денудация – совокупность процессов разрушения и сноса с возвышенностей (водой, ветром, льдом и т.п.) продуктов выветривания горных пород, с последующим их накоплением в складках рельефа.

Депонирование отходов – см. раздел 4.

Диапазон толерантности (выносливости) – минимальные и максимальные переносимые живым организмом значения определённого экологического фактора.

Дисконтирование – см. раздел 8.

Ёмкость территории (хозяйственная) – возможность расширения хозяйственной деятельности на данной территории, за счёт интенсификации и комплексного использования освоенных и потенциальных ресурсов; оценка ёмкости должна включать экологическую нагрузку на окружающую среду (**ОВОС**).

Загрязнение естественное (природное) – загрязнение атмосферы, биосферы, воды, геологической среды (литосферы), почвы и земель, ландшафта – в результате природных процессов: извержение вулканов, землетрясения, естественной радиоактивности и т.п.

Загрязнение электромагнитное – нарушение природных электромагнитных свойств среды (под воздействием линий электропередач, передатчиков в эфир звука, изображения и других электромагнитных волн, природных магнитных бурь), может привести к геофизическим аномалиям и негативным изменениям внутри живых организмов.

Законы экологии – см. раздел 1.

Землеотдача – см. раздел 1.2.

Зона техногенного влияния – см. раздел 1.

Жизненный цикл освоения месторождения – см. раздел 1.1.

Жизнеспособность экосистемы – см. раздел 1.

Изоляция выработанного пространства – см. раздел 2.

Кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых (государственный) - официальная регистрация состояния природных ресурсов страны, включает горнотехнические, геологические и гидрогеологические сведения по каждому месторождению.

¹ **Международные стандарты серии ISO 14000** - стандарты, устанавливающие требования к системам экологического менеджмента с тем, чтобы дать организациям инструмент для разработки политики и определения задач сокращения воздействия на окружающую среду.

Стандарт ISO - базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем, определяющий процесс информационного взаимодействия двух или более систем, в виде совокупности информационных взаимодействий уровней подсистем.

Кадастр отходов (государственный) - официальная регистрация классифицированных отходов, объектов их размещения, технологий использования и обезвреживания отходов.

Каптаж – см. раздел 1.1.

Контролинг – см. раздел 1.

Мониторинг – см. раздел 1.

Основные экономические проблемы - универсальные проблемы, присущие любому обществу: 1) что производить; 2) как производить; 3) кто должен производить; 4) для кого производить. С точки зрения решения четырех основных экономических проблем все общественные формирования (сообщества) можно разделить на четыре типа:

а) сообщества, решающие проблемы на основе инстинкта;

б) на основе традиций;

в) на основе команд;

г) на основе рынка.

Перколяция – см. раздел 3.

Принципы системы экологического менеджмента:

1) обязательства и политика - организация должна определить свою экологическую политику и обеспечить выполнение обязательств при своём функционировании;

2) планирование - организация должна разработать план или программу достижения целей и выполнения задач экологической политики;

3) реализация - для эффективной реализации экологической программы организация должна определить и изыскать возможности и механизмы, необходимые для достижения целей и выполнения задач экологической политики;

4) оценка и измерение - организация должна обеспечить необходимые оценку, мониторинг и измерение экологических показателей своей деятельности;

5) проверка и улучшение - организация должна проверять и постоянно улучшать свою систему экологического менеджмента.

Рекультивация недр – см. раздел 1.

Рекуперация – процесс извлечения ценных веществ или энергии из отходов технологического процесса и возвращения их в этот же технологический процесс, является основой безотходного производства (см. *закрытую систему производства*).

Роза ветров – см. раздел 1.1.

Самовосстановление природных систем - процесс возрождения экосистемы без участия человека, самостоятельный возврат системы к состоянию динамического равновесия, из которого она была выведена природными или антропогенными факторами.

Санация территории – система мероприятий по предотвращению экологической катастрофы на определённой территории, банкротства предприятий, меры по экологическому и финансовому оздоровлению - при поддержке государства и крупных финансовых структур.

Синергизм – такой силы суммарное взаимодействие неблагоприятных факторов, превосходящее силу воздействия каждого фактора в отдельности (например, суммарное воздействие токсичных веществ, температуры, ветра и влажности воздуха).

Система производства – открытая, полукрытая и закрытая.

Открытая система производства представляет собой карьер или рудник или шахту, с обогатительной фабрикой и гидрометаллургическим заводом, загрязняющие окружающую среду.

Полукрытая система предусматривает избирательное использование отходов, организацию частичного оборота воды в замкнутом контуре, попутное извлечение некоторых ценных компонентов из минерального сырья.

Закрытая система производства основана на: а) комплексной переработке минерального сырья во множество полезных продуктов, суммарный вес которых иногда выше веса изначального сырья за счёт использования реагентов и вспомогательных материалов; б) извлечении ценных компонентов из твёрдых, жидких и газообразных отходов и выбросов; в) утилизации пустых пород в удобрения и строительные материалы (кирпич, черепица, керамическая плитка, пигментные красители и т.д.); г) замене подземной и открытой добычи руды, её переработки на обогатительной фабрике - на прямую переработку сырья подземным и кучным выщелачиванием, в том числе используя биологическое, электрохимическое и сорбционное выщелачивание.

Система разработки – организация взаимоувязанных технологических процессов в добычном блоке, в панели, на карьере. Системы подземной разработки классифицированы М.И.Агошковым, В.Р.Именитовым и др. Системы открытой разработки классифицированы Н.В.Мельниковым, В.В.Ржевским, Ю.И.Анистратовым и др.

Система экологического менеджмента (EMS), согласно ISO 14000, - часть общей системы менеджмента, которая включает организационную структуру, планирование, распределение ответственности, практическую деятельность, процедуры (приёмы), процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, достижения целей экологической политики, её пересмотра и корректировки.

Способы разработки (добычи) твёрдых полезных ископаемых – подземный, открытый, геотехнологический и комбинированный.

Подземный способ разработки – извлечение рудной массы (или нерудного сырья) из недр Земли, используя вертикальные (стволы, шурфы, восстающие, рудоспуски и др.) и горизонтальные (штольни, квершлагги, штреки, орты и др.) горные выработки, при этом полностью отсутствуют **вскрышные работы**, т.е. руда извлекается селективно от пород.

Открытый способ разработки – добыча твёрдых полезных ископаемых в рудном карьере (на угольном разрезе) непосредственно с земной поверхности, различают добычные и вскрышные работы. **Вскрышными работами** по пустым породам и забалансовой руде обнажается полезное ископаемое (балансовые запасы месторождения), породы складываются либо за пределами карьера – во внешние отвалы, либо внутри карьера, на отработанные участки с извлечённой рудой – во внутренние отвалы. **Добычными работами** по полезному ископаемому извлекаются балансовые запасы месторождения. Глубина карьера определяется экономической целесообразностью – по граничному коэффициенту вскрыши.

Геотехнологический (физико-химическая геотехнология) способ добычи твёрдых полезных ископаемых - заключается в щадящей добычи полезных ископаемых непосредственно с земной поверхности или используя существующие подземные выработки. Полезное ископаемое извлекается в виде жидкости, расплава или газа, тем самым полезное ископаемое подвергается некоторому обогащению непосредственно в месте залегания. **Методы:** а) выщелачивание, подземное и кучное (ПВ и КВ) - меди, золота, урана, марганца, свинца, цинка, никеля, титана, фосфоритов; б) подземное растворение солей; в) подземная газификация углей, серы, битума, горючих сланцев, мышьяка, ртути; г) скважинная гидродобыча фосфоритов, строительных песков, золота, титана, алмазов, кассетерита, фосфоритов, бокситов; д) добыча из подземных и шахтных вод йода, бора, урана, стронция; е) извлечение тепла Земли из природных парогидротерм (гейзеров) и из «сухих» горных пород.

Стадия затухания экологической катастрофы – период времени от локализации чрезвычайной ситуации, ограничения источника загрязнения до полной ликвидации её прямых и косвенных последствий, может составлять годы.

Уязвимость экосистем - неспособность экосистем противостоять вредным внешним воздействиям.

Физико-химическая геотехнология – см. раздел 1.2.

Экологические показатели деятельности организации, согласно ISO 14000, - измеряемые результаты функционирования системы экологического менеджмента, относящиеся к вопросам контроля воздействия на окружающую среду в соответствии с целями и задачами организации, установленными её экологической политикой.

Экологический аудит, согласно ISO 14000, - систематический документированный процесс проверки, заключающийся в получении объективным путём и оценке свидетельств аудирования. Экологический аудит направлен на установление соответствия экологически значимых видов деятельности, событий, условий, систем менеджмента или информации по этим вопросам критериям аудирования. Результаты экологического аудита доводятся до сведения клиента.

Экологический паспорт промышленного предприятия - нормативно-технический документ, включающий совокупность данных по использованию ресурсов, готовой продукции и по воздействию предприятия на окружающую среду; он используется в целях государственного экологического контроля.

Оглавление

Введение.....	2
1. Техногенные процессы на объектах горного производства.....	8
1.1. Загрязнение воздуха	19
1.2. Загрязнение водного бассейна	31
1.3. Воздействие горного производства на ландшафт	39
2. Предотвращение нарушения недр	44
3. Использование подземного пространства	52
4. Захоронение отходов жизнедеятельности	61
5. Экологическая оценка рудных месторождений, природоохранные меры....	71
6. Эколого-экономическая оценка освоения рудных месторождений, методоло- гия выбора технологии добычи	94
7. Особенности эксплуатации сложноструктурных месторождений, оценка по- добы массивов	100
8. Экономика недропользования	107
Инвестиционное проектирование.....	107
Технико-экономическое сравнение вариантов технологии добычи полезных ископаемых.....	115
Оценка эффективности инвестиций.....	122
9. Охрана окружающей среды при бурении нефтегазоносных скважин.....	124
Основные термины	129
Список литературы	133

Раздел 1. Тесты

1. Что относится к экологическим факторам?
 - а) абиотические факторы;
 - б) биотические факторы;
 - в) антропогенные факторы;
 - г) лимитирующие факторы.
2. Назовите самую крупную экосистему:
 - а) экосистема континентов;
 - б) экосистема Мирового океана;
 - в) биосфера.
3. Чем представлена живая часть экосистемы?
 - а) биогеоценозом;
 - б) биоценозом.
4. Продуценты – это:
 - а) производители органического вещества;
 - б) потребители живого вещества;
 - в) разрушители органических остатков.
5. В каких слоях атмосферы обитают живые организмы?
 - а) тропосфере;
 - б) стратосфере;
 - в) литосфере;
 - г) термосфере.
6. Что является непреложной истиной в экологии?
 - человек – хозяин природы;
 - главенство рыночной экономики;
 - гармония производства и потребления;
 - стремление к социальной справедливости;
 - гармония взаимодействия человека и природы.
7. Расставьте по порядку (в последовательности повышения их опасности) техногенные отрасли, предприятия которых могут вызвать глобальные загрязнения природной среды:
 - атомная промышленность;
 - химическая промышленность;
 - цветная металлургия;
 - черная металлургия;
 - нефтедобывающие и перерабатывающие отрасли.
8. Что главное в докладах Римского клуба?
 - идея о господствующем положении человека в природе;
 - рекомендации по оптимизации глобальных экологических противоречий;
 - доминирование в обществе интересов мирового рынка.
9. Приведите соответствующие определения следующим подходам к решению вопросов природопользования:

Наименование подходов:

 - натуралистический;
 - потребительский;
 - концепция алармизма;
 - конструктивистский;
 - мальтузианский.

Определение подходов:

 - превосходство человека (общества) над природой;
 - невмешательство в природу или «назад к природе»;
 - экологический пессимизм (тревожное ожидание);

- ограничение пределов роста народонаселения планеты;
 - глобальное управление природной средой.
10. Что является противовесом глобальному экологическому рационализму природопользования?
- экологическая охрана природы;
 - экологический иррационализм;
 - экологическая достаточность.
11. Что является основой принципа экологического рационализма?
- экологическая целесообразность;
 - производственная необходимость;
 - корпоративные или социальные интересы;
 - потенциал экологической достаточности.
12. Что является общим экологическим принципом охраны природы?
- сохранение природных ландшафтов, их биоценоза;
 - минимизация совокупных потерь косной и живой природы;
 - восстановление чистоты водного и воздушного бассейнов;
 - научно-обоснованное землепользование.
13. Какие природные объекты обладают экологической потребительной стоимостью?
- водный и воздушный бассейны, природные ландшафты;
 - земельные и лесные угодья, запасы подземных вод;
 - запасы полезных ископаемых.
14. Как оценивается эффективность экологической охраны окружающей среды?
- как системный показатель прибыли, полученный от сохранения чистоты продуктивности природной среды, являющейся индикатором здоровья людей и продолжительность их жизни;
 - как системный показатель прибыли, полученный от сохранения и рационального использования природных ресурсов и естественных условий;
 - как показатель эколого–социально–экономической прибыли, понимаемый как конечный результат природоохранных мероприятий.
15. Какую роль в управлении и экономическом регулировании экологической охраны природы и окружающей среды играют кадастры и реестры природных ресурсов?
- введение стимулирующих льготных налогов, цен на экологически чистую продукцию;
 - дифференцирование взимания платы за пользование природными ресурсами с учетом ренты;
 - установление нормативных налоговых и других видов платежей, штрафных санкций за загрязнение окружающей среды.
16. Расставьте по порядку (по степени снижения их вредного воздействия на окружающую среду) виды транспорта:
- ракетно-космический;
 - водный;
 - авиационный;
 - железнодорожный;
 - автомобильный;
 - трубопроводный.
17. Расставьте по порядку (в последовательности увеличения экологической нагрузки на окружающую среду) объекты топливно-энергетического комплекса:
- ТЭС, сжигающие уголь и горючие сланцы;
 - геотермальные электростанции;
 - ТЭС, сжигающие нефтепродукты;
 - ТЭС, сжигающие газ;
 - АЭС, при их безаварийной работе.

18. Найдите соответствие экозащитному оборудованию, по видам:

пылеулавливающее	адсорбционные установки, адсорбенты, десорбенты
газоулавливающее	артезианские скважины, насосные станции, очистные сооружения
водного хозяйства	циклоны, скрубберы, фильтры с продувкой

19. Найдите соответствие понятиям:

природоохранное право, как синониму экологического права	право граждан нынешнего и будущих поколений на экологически чистую для здоровья окружающую среду, социальные, правовые, духовные и культурные гарантии
экологическое право, как гражданское право	совокупность законов и постановлений государства относящихся к охране природных ресурсов и среды жизни
экологическое право, как ветви юридического права	ветвь общероссийского права, регулирующая общественно – экологические и правовые отношения в сфере взаимодействия общества и природы

20. Кто несет юридическую ответственность за экологические правонарушения?

- штатные сотрудники природоохранных организаций;
- должностные (юридические) и физические лица, причастные к экологическим правонарушениям;
- члены общественных природоохранных организаций.

21. Какая статья уголовного кодекса в сфере экологии предусматривает лишение свободы сроком от 12 до 20 лет?

- загрязнение вод (ст. 250);
- загрязнение атмосферы (ст. 251);
- экоцид (ст. 358);
- нарушение правил охраны и использования недр (ст. 255).

22. Что рассматривалось в 1992 г в «Повестке дня» конференции ООН в Рио-де-Жанейро?

- Декларация РИО об окружающей среде и развитии;
- Заявление о принципах отношения к лесам;
- Киотский протокол об ограничении выбросов в атмосферу парниковых газов.

23. Что является альтернативой неконтролируемым свалкам ТБО?

- несанкционированные свалки ТБО;
- полигоны ТБО;
- санкционированные свалки ТБО;
- технологические отвалы.

Радел 2. Тесты

1. Геохимические аномалии – это поля с:

- а) повышенными содержаниями элементов;
- б) пониженным содержанием элементов;
- в) фоновыми содержаниями элементов.

2. Что влияет на образование природных геохимических аномалий?

- а) солнечное излучение;
- б) состав горных пород;
- в) структура;
- г) геохимические процессы.

3. Где наблюдаются природные геохимические аномалии?

- а) у промышленного объекта;

- б) в районе месторождений;
 - в) вблизи обогатительной фабрики.
4. Что является основным химическим показателем геохимической аномалии?
- а) ПДК;
 - б) коэффициент концентрации элемента;
 - в) фоновый показатель.
5. На что влияет токсичность рудных месторождений?
- а) на способы разработки месторождения;
 - б) на здоровье людей;
 - в) на изменение уровня подземных вод.
6. Какие из этих соединений входят в состав пыли, выбрасываемой в атмосферу?
- а) PbO , ZnO , SeO_2 , As_2O_3
 - б) SO_2 , CH_4 , CO_2 , CO
 - в) SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O .
7. К каким последствиям приводят выбросы в атмосферу?
- а) потеря прозрачности воздуха;
 - б) нарушение температуры режима;
 - в) ожогу кожи;
 - г) изменению кровеносной системы.
8. Каким геологическим процессам подвергаются отвалы техногенных пород?
- а) выветривания;
 - б) испарению;
 - в) водной и ветровой эрозии.
9. Какие геохимические изменения природы вод происходят в результате разработки сульфидных месторождений?
- а) накопление тяжёлых металлов;
 - б) условия миграции химических элементов;
 - в) рассеяние тяжёлых металлов.
10. К каким изменениям приводит разработка месторождений нефти на шельфе?
- а) нарушается температурный режим;
 - б) изменяется электропроводность;
 - в) понижается мутность воды;
 - г) происходит заиливание дна.

Раздел 3. Тесты

1. Какие природные объекты являются экологически напряженными?
- пассивные окраины континентов;
 - внутриплатформенные территории;
 - активные окраины континентов;
 - зоны столкновения континентов;
 - рифтовые зоны континентов.
2. Что является субстратом геологической среды?
- атмосфера;
 - литосфера;
 - гидросфера;
 - ядро Земли и её мантия.
3. В каких ландшафтах происходит саморегулирование природных процессов?
- горнопромышленных;
 - естественных;
 - антропогенных.
4. Какими показателями оценивается степень устойчивости геологической среды?
- изменением климата;
 - геодинамическим потенциалом;

- геохимическим загрязнением.
5. Чем отличаются базисные законы экологии об концептуальных положений геоэкологии?
- приоритетом субъективного толкования над объективным;
 - более строгим ограниченным толкованием;
 - меньшей конкретностью.
6. Какое главное условие проведения геологоразведочных работ?
- соблюдение стадийности;
 - детальность исследований;
 - соблюдение природоохранных мер.
7. Укажите масштаб геоэкологического изучения территории РФ: обзорного, мелко-, средне- и крупномасштабного:
- 1:50000 (1:25000);
 - 1:1000000 (1:500000);
 - 1:2500000;
 - 1:200000 (1:100000).
8. Что является конечным результатом геоэкологических исследований при разведочных работах?
- внедрение экологически безопасных разведочных методов и технологий их проведения;
 - разработка и внедрение рекультивационных технологий;
 - обоснование геоэкологической безопасности вовлечения месторождения в эксплуатацию.
9. Какой самый опасный радиационный токсикант на объектах связанных с поисками, разведкой и добычей урана?
- урансодержащие минералы;
 - необогащённая урановая руда;
 - радон.

Раздел 4. Тесты

1. Что из перечисленного относится к исчерпаемым и что к неисчерпаемым ресурсам Земли?
- а) вода, воздух, недра Земли и космические ресурсы (солнечная радиация, энергия морских приливов и т.п.);
 - б) флора, фауна, почва, биологическое сырьё и полезные ископаемые.
2. Какое понятие относится к контролингу предприятием и какое - к мониторингу изменений в окружающей природной среде?
- а) инструмент управления предприятием для процесса принятия организационных решений: анализ, подготовка и контроль выполнения;
 - б) непрерывное комплексное наблюдение за объектам, измерение параметров и анализ их функционирования.
3. Какой из перечисленных пунктов относится к открытой, полукоткрытой и закрытой системе горного производства?
- а) предусматривается избирательное использование отходов, организацию частично оборота воды в замкнутом контуре, попутное извлечение некоторых ценных компонентов из минерального сырья;
 - б) карьер (рудник или шахта), с обогатительной фабрикой и гидрометаллургическим заводом;
 - в) комплексная переработка минерального сырья, извлечение ценных компонентов из отходов, утилизация пустых пород в удобрения и строительные материалы, выщелачивание твёрдых полезных ископаемых.
4. Какие мероприятия относятся к технологической, экологической, защитно-профилактической, организационной группе?

- а) обеспечение качества природной среды;
 - б) предотвращение потерь, снижения качества сырья, интенсивности разрушения массива;
 - в) охрана некондиционных запасов в недрах, водоносных горизонтов, объектов на поверхности, предотвращение возникновения пожаров;
 - г) обеспечение комплексного использования недр и минеральных ресурсов.
5. Что не относится к мерам по предотвращению загрязнения воздуха?
- а) разбавление метана свежим атмосферным воздухом за счёт общешахтной нагнетательной вентиляции и местной всасывающей;
 - б) изоляция выработанного пространства;
 - в) средства индивидуальной защиты шахтёра («самоспасатель»);
 - в) контроль за состоянием и качеством проветривания;
 - г) опережающая дегазация пластов;
 - д) дегазация выработанного пространства;
 - е) применение горного оборудования во взрывобезопасном исполнении.
6. Что не относится к способам борьбы с рудничной пылью?
- а) применение очистных и проходческих комбайнов с крупным срезом стружки;
 - б) предварительное нагнетание в пласт воды;
 - в) применение взрывной отбойки патронированными ВВ;
 - г) орошение забоя;
 - д) сухое пылеулавливание;
 - е) связывание пыли полимерами;
 - ж) применение средств индивидуальной защиты (респиратор).
7. Что не относится к защите гидросферы от загрязнений?
- а) механическая очистка сточных и шахтных вод;
 - б) бурение шпуров и скважин с промывкой;
 - в) использование коагулянтов и сорбентов;
 - г) хлорирование;
 - е) утилизация жидких промышленных отходов;
 - ж) создание пневмобарьера.
8. Что не относится к защите литосферы?
- а) технологии по утилизации и обезвреживанию промышленных отходов;
 - б) сжигание токсичных отходов;
 - в) ликвидация воронок обрушения;
 - г) переработка отходов в шлаковом расплаве;
 - д) рекультивация карьера и промплощадки рудника (шахты);
 - е) обеззараживание загрязнённых территорий;
 - ж) противоэрозионные мероприятия.
9. Какие мероприятия не относятся к изоляции и захоронению отходов?
- а) хранение отходов в специальных наземных, слабоуглубленных и подземных сооружениях;
 - б) размещение отходов в глубоких океанических впадинах с застойными режимами перемещения вод;
 - в) закладка выработанного пространства;
 - г) размещение отходов в мощных толщах материковых льдов;
 - д) преобразование отходов в нейтральное вещество;
 - е) сжигание, переработка отходов.
10. Что не относится к экологическому воздействию?
- а) вентиляция шахт и карьеров;
 - б) водоотлив и водозабор;
 - в) осушение месторождений;
 - г) сооружение отвалов, хвостохранилищ;

- д) шум, сейсмика взрывов;
- ж) отчуждение и изъятие земель;
- з) оформление земельного и горного отвода;
- и) добычные работы.

Раздел 5. Вопросы для самопроверки

1. Какие применяются геотехнологические методы для добычи твёрдых полезных ископаемых с помощью скважин?
2. Каковы источники загрязнения окружающей среды при бурении скважин?
3. Какие бывают виды нарушений природной среды при приведении буровых работ?
4. Назовите производственно-технологические буровые отходы.
 1. Что такое обратное водоснабжение?
 2. В чём особенность техногенеза при бурении морских скважин?
 3. Какие существуют методы ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов?
 4. Какие бывают нарушения природной среды при бурении геотехнологических скважин?
 5. С помощью, каких методов осуществляется очистка буровых сточных вод?
 6. Назовите технологические схемы очистки буровых сточных вод.
 7. Какие существуют методы и технологические схемы очистки буровых сточных вод на акваториях?
 8. Перечислите методы обезвреживания и утилизации отработанных буровых растворов и бурового шлама.
 9. Какие применяются технологические схемы обезвреживания отработанных буровых растворов и шлама?
 10. Назовите методы обезвреживания шлама при морском бурении скважин.
 11. Перечислите мероприятия по охране воздуха при бурении скважин.
 12. Назовите мероприятия по охране водных ресурсов при бурении скважин.
 13. Какие мероприятия применяют по защите окружающей среды при морском бурении скважин?
 14. Перечислите состав основных природоохранных мероприятий для разных этапов строительства скважин.
 15. Какие мероприятия осуществляют при ликвидации и консервации скважин?
 16. Назовите мероприятия по рекультивации земель и подземных вод.

Раздел 5. Тесты

1. Какие техногенные загрязнения окружающей среды могут вызвать «региональную экологическую катастрофу»:
 - сброс буровых сточных вод;
 - слив бурового раствора;
 - фонтанирование нефти.
2. Наибольший объём среди отходов бурения составляют:
 - буровые сточные воды;
 - хозяйственно-бытовые отходы;
 - буровой шлам.
3. Основой стратегии создания экологически безопасной технологии бурения является:
 - безопасный сброс буровых сточных вод в объекты природной среды;
 - утилизация отходов бурения;
 - применение обратного водоснабжения.
4. В каких зонах морей самоочищение нефти происходит быстрее:
 - в холодных водах;
 - в тёплых водах;
 - в арктических водах.
5. Что не является конструктивной частью бонового заграждения:
 - плавучая часть;

- нефтесборщики;
 - экранирующая и балластная части.
6. Наиболее надёжными методами ликвидации нефтяного загрязнения в морях являются:
- биологические методы;
 - механические;
 - химические.
7. При бурении и эксплуатации геотехнологических скважин наибольшее загрязнение оказывает:
- подземное растворение солей;
 - подземное выщелачивание металлов;
 - подземная выплавка серы.
8. Какие наиболее дисперсные загрязнители содержатся в буровых сточных водах:
- взвеси в виде тонкодисперсных суспензий и эмульсий;
 - растворимые минеральные соли;
 - коллоидные и высокомолекулярные соединения.
9. К механическим методам очистки буровых сточных вод не относятся:
- центрифугирование;
 - адсорбция;
 - отстаивание.
10. Для обезвреживания и утилизации отработанного бурового раствора и шлама не применяется следующий метод:
- отверждение;
 - электрокоагуляция;
 - физико-химическая нейтрализация.

Раздел 6. Тесты

1. Когда должны разрабатываться профилактические мероприятия по минимизации вредного воздействия объектов недропользования на окружающую среду?
 1. – в процессе строительства и эксплуатации объекта
 2. – при проектировании объекта
 3. – после завершения эксплуатации объекта
2. Что контролирует, учитывает и прогнозирует горно-геологический мониторинг на объектах недропользования?
 1. – климатические изменения
 2. – загрязнение воздушного и водного бассейнов
 3. – изменение ландшафта
 4. – движение разведанных запасов полезных ископаемых, их погашение, потери и разубоживание.
3. Назовите один из приоритетных принципов геоэкологической экспертизы.
 1. – производственная необходимость
 2. – экономическая целесообразность
 3. – соблюдение технологических норм проектирования и экологии недропользования
 4. – корпоративные интересы недропользователей
4. Укажите супертоксичную геохимическую группу элементов
 1. – Cu, Zn, S, Bi, Ag
 2. – Ti, Na, K, Ta, Rb, Ca, Si, Nb
 3. – Hg, Cd, Tl, Be, U, Rn, радионуклиды Sr и др.
 4. – Pb, Se, Te, As, Sb
5. Какая взаимозависимость (корреляции) между величинами потерь и разубоживания?
 1. – прямая
 2. – обратная
 3. – неопределенная

6. Какими показателями выражается регламентация санитарно – защитных зон предприятий при добыче полезных ископаемых?
1. – расстояние, m
 2. – площадь, m^2
 3. – объем, m^3
7. Укажите группу минерального сырья с наибольшим размером платежа на ее добычу.
1. – горно-химическое сырье
 2. – радиоактивное сырье
 3. – нефть, природный газ
 4. – черные металлы
 5. – цветные и редкие металлы
8. Укажите загрязняющее вещество за сброс, которого в поверхностные и подземные воды плата наиболее высокая
1. – нефть и нефтепродукты
 2. – ртуть
 3. – железо

Раздел 7. Тесты

11. Как соотносятся экология и экономика по затратным статьям:
- прямая корреляционная связь;
 - обратная корреляционная связь;
 - отсутствие связи (взаимозависимости).
12. Куда поступает плата за пользование недрами?
- на производственные нужды предприятия – недропользователя;
 - в бюджет административных управленческих структур;
 - на статью соцкультбыта населения.
13. Какое структурное подразделение выдает лицензию на право недропользования, на выбросы, сбросы и размещение твердых отходов?
- Министерство сельского хозяйства РФ;
 - Росгортехнадзор;
 - Министерство природных ресурсов РФ;
 - Министерство образования и науки РФ.
14. С каким понятием связано случайное вредное воздействие на окружающую среду объектами недропользования?
- «парникового эффекта»;
 - технического риска;
 - роялти.
15. Какие причины конфликтов между бизнесом и охраной окружающей среды?
- стремление бизнеса к получению максимальной прибыли;
 - несовершенство экономических механизмов и законодательства в экологической сфере;
 - штрафные санкции.
16. Для чего создается система экологических отходов?
- плата за экологически безопасное недропользование;
 - платежи за право пользования недрами в пределах установленных лимитов («роялти»);
 - финансирование природоохранных и социально-оздоровительных мероприятий.