© А.С. Малкин, В.В. Агафонов,
А.И. Ларин, О.Я. Лопушанская, 2014

УДК 622.013

А.С. Малкин, В.В. Агафонов, А.И. Ларин, О.Я. Лопушанская

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Рассмотрены основные направления использования технологического подземного пространства угольных шахт для захоронения различных отходов производства, основные программы решения основных проблем использования технологического подземного пространства, технологии размещения с применением различного вида транспортирования. Отмечено, что подготовка подземного пространства к размещению отходов производства сводится к нескольким вариантам возведения крепи, изолирующих оболочек, герметизации захоронений и т.д.

Ключевые слова: угольные шахты, оптимизация, технологическое подземное пространство, отходы производства.

Программы решения основных проблем использования ТПП иллюстрируют широкое многообразие возможных вариантов.

Действительно, можно ли отрицать, что ТПП представляется множеством вариантов, отличающихся глубиной расположения, вмещающими породами, обводненностью, формой сечения, длиной и общим объемом, видом крепления и долгожитием, наличием коммуникаций и связью с поверхностью, характером проявления горного давления, химическим взаимовлиянием и т.д.?

То же можно сказать и о вариантах материалов и отходов, подлежащих размещению в ТПП. Шахтная порода, извлекаемая попутно с полезным ископаемым, шахтная порода в терриконах, отвалах и «хвосты» обогащения, отходы строительных и домостроительных объединений, хозяйственно-бытовые отходы городов, зола ТЭЦ и шлак металлургических заводов, химически, биологически и радиационно вредных материалов и отходов в твердой и жидкой фазе представляют множество возможных материалов.

Подготовка подземного пространства к размещению отходов сводится к нескольким вариантам возведения крепи, изолирующих оболочек, герметизации захоронений и пр.

Что касается технологии размещения, то она также весьма многовариантна. От привычной технологии механической, самотечной, пневматической, гидравлической закладки породы в выработанное пространство, пакетирования бытовых отходов, контейнеризации вредных отходов и последующего их транспортирования, складирования и захоронения до множества вариантов технологий. Могут быть составлены многовариантные сочетания технологических связок вида материала и отходов с типом подземного пространства и видом технологии размещения. Предварительная оценка множества вариантов приводит к огромному множеству их, включающему до миллиона альтернатив. Проблема выбора наиболее целесообразного и экономического, а также экологически и физически безопасного варианта выглядит сложной не только ввиду многова-

риантности, но особенно ввиду многокритериальности самого состояния оптимальности. Это не только выгода и прибыль. В отдельных случаях психологический аспект будет иметь решающее значение.

Видимо, придется при оптимизации возможных вариантов прибегнуть к использованию методов принятия сложных решений.

На первый взгляд, решающий вес следует отводить экономическому эффекту от использования ТПП. В этом плане рыночная система взаимоотношений производителя отходов и владельца пространства облегчает установление взаимовыгодных расценок. Но в этом случае необходимость размещать попутные материалы и отходы в ТПП должна строго диктоваться законами и нормативами экологии, безопасности и землепользования. У производителя отходов и попутных неполезных материалов не должно быть иллюзий по поводу возможности «выгодно», беззатратно складировать их на поверхности, не говоря уже о вредных отходах. Серьезность проблемы размещения попутных материалов и отходов в ТПП подкрепляется многими факторами, которые нелегко измерить экономическими показателями: потеря плодородия почв, выпадение кислотной росы, дождя, загрязнения воздуха, снижение трудоспособности людей и т.д.

Установление комплекса подобных последствий вместе с количественными и стоимостными сделает задачу оценки и выбора убедительной и решаемой.

Учитывая современные требования к экологически опасным материалам, объектам, необходимо разработать комплексный подход к оценке имеющегося фонда горных выработок подземных угольных шахт. При этом должны быть выдвинуты особые требования к качеству анализа состояния выработок, которые сводятся к следующему:

• при определении общих эксплуатационных характеристик хранилища не должно быть допущений относительно тех участков массива горных пород, где проведение их невозможно описать с достаточной достоверностью без проведения непосредственных исследований гидрогеологических, сейсмических, тепловых факторов, проявления горного давления;

• участки, относительно которых необходимо сделать некоторые допущения по одному параметру должны быть достоверно охарактеризованы по оставшемуся комплексу параметров для более точного заключения об общих эксплуатационных характеристиках хранилища;

• в зависимости от степени опасности отходов, их агрегатного состояния, вырабатываются требования к комплексу параметров породного массива, вмещающего хранилища;

• упаковка отходов должна быть предусмотрена таким образом, чтобы компенсировать ту степень неопределенности, которая возникает из-за сложности оценки горно-геологических параметров внутри массива, на некоторой глубине от контуров выработок;

• все необходимые опытные работы должны проводиться в условиях, учитывающих полный комплекс влияющих параметров.

Основными доводами в пользу повторного использования пространства подземных горных выработок являются:

• большая глубина их заложения, что является фактором в пользу повторного использования имеющихся выработок шахт.

Средняя глубина отработки угольных пластов шахт в настоящее время составляет 700–1100 м. Глубина же

заложения специальных подземных хранилищ рассматривается на уровне 40–60 м от поверхности;

• готовая система транспортирования отходов к хранилищам;

• отлаженные системы вентиляции, водоотлива, контроля температурного режима воздуха.

Параметры выработок, требующие специальной предварительной их подготовки – это максимальное подавление гидрогазофильтрационных процессов в породном массиве, ликвидирующие опасность разноса отходов, использование надежных методов укрепления контуров выработок в геологические периоды времени.

Критерии оценки имеющегося фонда горных выработок формируются исходя из типа складируемых отходов и намерений их использования в будущем. Покажем на примере хранения наиболее опасных – радиоактивных отходов – в хранилищах США, как из требований к состоянию отходов в период хранения, вытекают требования к вмещающим хранилищам:

• упаковка отходов должна обеспечить их содержание в ней в течение 300 лет (исходя из периода полураспада долгоживущих элементов);

• после размещения отходов утечка каждого из имеющихся изотопов из инженерной системы не должна превышать 0,001% в год (или 1 м/год);

• перед размещением отходов гидрогеологический режим должен быть таким, чтобы время просачивания подземных вод в окружающую среду из хранилища на расстояние 10 км превышало 1000 лет;

• система технических барьеров должна быть спроектирована таким образом, чтобы в течение пятидесяти лет с момента захоронения отходов обеспечивалась возможность их обратного извлечения.

Учитывая, что на действующей шахте вопросы обеспечения поддержания необходимой температуры, управления горным давлением и другие решены и реализованы в практике ведения инженерных работ, на передний план выдвигается вопрос обеспечения надежной гидроизоляции хранилищ.

Для использования поземных выработок для захоронения, складирования промышленных отходов на геологические периоды времени наиболее важным является вопрос гидрогазоизоляции этих хранилищ, причем имеется ввиду как проникновение воды и газов в хранилище из породного массива, так и распространение загрязненных жидкостей и газов из хранилища в массив. Допустимый коэффициент фильтрации подземных вод во вмещающих породах – 10 см/с. Следовательно, допустима лишь поровая фильтрация подземных вод. Текучесть же газов в десятки раз превышает текучесть вод. Газоизоляция хранилищ – это крупный самостоятельный вопрос, который требует своих оригинальных решений. При этом, вопрос стоит в том, возможно ли в современных условиях искусственно обеспечить понижение гидрогазофильтрационных характеристик горных пород до требуемой величины.

В настоящее время имеется группа методов преобразования породных массивов. Инъекционными методами достигается существенное изменение механических и других свойств породных массивов. При создании хранилищ к свойствам вмещающих пород предъявляются существенно более высокие требования, нежели при ведении подземных горных работ. Здесь возникают вопросы использования сверхвысоких давлений или методов понижения вязкости инъектируемых составов, которые требуют глубоких специальных исследований. На основе же имеющегося инженерного опы-

та можно полагать, что путем многократного инъектирования тонкодисперсных цементов или полимерных составов по специальной технологии можно практически ликвидировать сеть открытых и закрытых трещин. Таким образом, основными критериями, определяющими возможность и целесообразность использования для хранения промышленных отходов участков шахтного поля или группы выработок и камер, остаются устойчивость их к статической и динамической формам проявления горного давления, реология, отсутствие гидро-газофильтрационных процессов взаимного массообмена во вмещающих хранилищах породы. Особым требованием сохраняется недопущение каких-либо смещений, деформаций, ведущих к развитию трещиноватости породного массива.

Основой принципов выделения приемлемых участков подземного пространства при захоронении, складировании и переработке отходов производства является безопасность функционирования хранилища на весь предусмотренный период его существования. Ранее рассмотрены критерии оценки фонда горных выработок при выборе мест заложения хранилищ. Следующим этапом является анализ геологической среды, подземного пространства с точки зрения обеспечения безопасности на большие, геологические периоды времени.

Основной задачей обеспечения безопасности хранилищ промышленных отходов является защита населения и окружающей природной среды от их токсичного или другого воздействия, за весь период существования отходов. Это может быть достигнуто инженерно- техническими средствами, правильным использованием горно-геологических характеристик вмещающего породного массива и организационно-техническими мероприятиями. Как показывает мировой опыт эксплуатации экологически опасных производств, главным в обеспечении безопасности является выбор и сооружение правильной конструкции хранилища отходов определенного вида и защита от потенциально возможных аварийных ситуаций.

Системы изоляции промышленных, особенно токсичных химических отходов относятся к объектам большой сложности, характеризующимися большим числом слагающих систему компонентов, большими по абсолютной величине объемами, достаточно большим числом величин фактических параметров поступающих отходов, большими величинами параметров физических воздействий отходов на инженерные конструкции и окружающую среду. К этому все же следует добавить некоторую неопределенность представлений о свойствах, строении вмещающих пород на некоторой глубине от контуров выработок, камер и при большом количестве открытых работ по созданию хранилищ, о качестве которых можно судить по косвенным данным.

Безопасность хранилищ промышленных отходов должна обеспечиваться реализацией следующих мер и принципов:

- созданием системы защиты, обеспечивающей нераспространение токсичных или других опасных веществ за пределы ограниченного, заранее определенного пространства, выделяемого в окружающей среде;
- высоким уровнем надежности данных о состоянии, свойствах, качестве вмещающих отходы горных породах, происходящих в них процессах;
- высоким уровнем прогноза воздействия отходов на инженерные барьерные конструкции, материалы и окружающие вмещающие породы;
- создание зон санитарных отчуждений;

• высоким качеством изготовления всех элементов системы изоляции отходов;

• тщательным документированием, паспортизацией фактического состояния всех элементов системы изоляции отходов;

• наличием научно- обоснованной нормативно-регламентирующей документации на все виды выполнения работ, качество материалов, изделий, сооружений, отвечающей принципам «культуры безопасности» и строгим выполнением всех необходимых требований;

• обоснованным выбором места для размещения хранилища промышленных отходов и технической конструкции системы;

• организацией системы оперативного мониторинга за состоянием природной среды и упреждающего прогноза развития ситуаций по одному развивающемуся направлению (на ограниченный период), например, выделению метана из вмещающих пород в пространство хранилища, или фильтрации агрессивных подземных вод через кровлю, стенки хранилища.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Малкин Анатолий Степанович – доктор технических наук, преподаватель,
Агафонов Валерий Владимирович – доктор технических наук, преподаватель,
Ларин Алексей Иванович – аспирант,
Лопушанская Ольга Ярославовна – аспирант,
МГИ НИТУ «МИСиС», *e*-mail: ud@msmu.ru.

UDC 622.013

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL DECISIONS AT USE OF TECHNOLOGICAL UNDERGROUND SPACE

Malkin A.S., Doctor of Technical Sciences, Lecturer,
Agafonov V.V., Doctor of Technical Sciences, Lecturer,
Larin A.L., Graduate Student,
Lopushanskaya O.Ya., Graduate Student,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
e-mail: ud@msmu.ru.

In work the basic directions of use of technological underground space of collieries for a burial place of various production wastes are considered, the basic program of solving the basic problems of use of technology of underground space, placement technology with application of various kinds of transportation. Noted that the preparation of underground space for accommodation of production wastes is reduced to several options erection krepi, insulating membranes, sealing graves, etc.

Key words: collieries, optimisation, technological underground space, production wastes.