

- М. М. Коппель // Мелиорация и водное хозяйство. – К., 1978. – Вып. 43. – С. 56–63.
- Евграшкина Г. П. Определение гидрохимических параметров на примере Каменской оросительной системы / Г. П. Евграшкина, Т. И. Шмалий // Гидрохимические исследования поверхностных и подземных вод. – Д., 1995. – С. 17–24.
- Евграшкина Г. П. Прогноз развития процессов вторичного засоления почвогрунтов в регионах горнодобывающей промышленности / Г. П. Евграшкина, Н. П. Шерстюк // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Геологія, географія. – 2008. – Вип. 11, № 312. – С. 32–38.

Прийнято до редколегії 17.12.09

550(8+85):551.247:(553.25/29):(622.023:03)

Л. П. Босевская

Дніпропетровський науково-дослідницький інститут соляної промисловості (УкрНИИСоль)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОЛЯНЫХ МАССИВОВ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ КАК СРЕДЫ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

У теперішній час соляні масиви розглядаються не лише як об'єкти видобутку корисної мінеральної речовини – кам'яної солі, а й також як сприятливе геологічне середовище для розміщення підземних об'єктів різноцільового призначення. До теперішнього часу не існує загальноприйнятої синергетичної системи інженерно-геологічної оцінки соляних масивів. Запропоновані основні принципи системного підходу до вирішення питань збереження рівноважної системи при створенні в кам'яній солі техногенних порожнин різного призначення.

Ключові слова: соляні масиви, системний підхід, інженерно-геологічна оцінка.

В настоящее время соляные массивы рассматриваются не только как объект добычи подземных ископаемых – каменной соли, а также как благоприятная геологическая среда для размещения подземных объектов разнопланового назначения. До настоящего времени не существует общепринятой синергетической системы инженерно-геологической оценки соляных массивов. Предложены основные принципы системного подхода к решению вопросов сохранения равновесной системы при образовании в каменной соли техногенных прожилков различного назначения.

Ключевые слова: соляные массивы, системный подход, инженерно-геологическая оценка.

At present time rock salt bodies are considered to be not only an object for mining operations (rock salt) but also a favorable geological environment for allocating different under-ground objects. Yet to this day there is no generally accepted synergetic system of engineering-geological estimation of rock salt bodies. In the paper given they propose underlying principles of system approach to solving issues of keeping equilibrium system under creating man-caused cavities of different purposes in rock salt bodies.

Key words: Hydrochloric files, the system approach, engineering-geological estimation

Постановка вопроса и задачи исследований. В приповерхностной части земной коры находится значительное количество соляных залежей различной морфологии. Только на Украине мощные соленосные отложения имеют место в Днепровско-Донецкой впадине, в пределах Предкарпатского краевого и Карпатского внутреннего прогибов. Учитывая, что каменная соль обладает рядом специфических свойств (высокой пластичностью, высокой прочностью, непроницаемостью, антисептичностью, инертностью к углеводородам и т. п.), в настоящее время

прорабатывается вопрос об использовании соляных массивов не только в эксплуатационных целях для добычи солей, но и как уникальной упруго-вязкой геологической среды для размещения подземных объектов различного назначения. Возможность использования выработок в каменной соли для создания складов и хранилищ исследовалась еще во второй половине прошлого столетия. И уже тогда в работах УкрНИИСоля отмечалась высокая технико-экономическая эффективность данного направления [1]. Позже, работами многих исследователей было установлено, что каменная соль, обладая специфическими свойствами [2], является достаточно надежной геологической средой для строительства подземных резервуаров, предназначенных для хранения различных веществ (нефти, нефтепродуктов, газов, удаления опасных отходов, так как обладает хорошими барьерными¹ свойствами и высокой технологичностью. В мировой практике газовой промышленности успешно функционируют многочисленные газовые резервуары в солях. Использоваться могут как специально пройденные для определенных целей резервуары, так и старые эксплуатационные выработки подземной добычи солей, если они обладают длительной устойчивостью [3; 4].

С какой бы целью ни использовался соляной массив, речь всегда идет о создании в нем искусственных полостей. Опыт эксплуатации соляных месторождений показывает, насколько эта среда сложна в разработке. Об этом свидетельствуют многочисленные проблемы на соляных рудниках мира: в мировой практике известно около 100 случаев гибели соляных и калийных шахт². Примером преждевременной ликвидации выработок в соли достаточно много. Это затопленные каменносоляные шахты Артемовского, Солотвинского (Украина), Илецкого (Россия) месторождений каменной соли, а также калийные рудники в г. Калуш (Калуш-Голыньское месторождение, Украина), Леопольдсгалль, Гедельсбург, Финенбург и Фриденсхалль (Германия). Причем, некоторые из шахт были затоплены в результате катастрофических прорывов воды в выработанное пространство [5–8].

Каждый из этих случаев гибели шахт сопровождается обычно разрушением массива, образованием карстовых провалов, затоплением и потерей для народного хозяйства большого количества земель на длительное время. Так, в настоящее время вследствие стремительного затопления наиболее молодой шахты, отработывавшей Солотвинское месторождение каменной соли (Украинское Закарпатье), происходит повсеместное разрушение горного массива над соляным телом с образованием огромных провалов, в придонной части которых обнажаются горные выработки ранее существовавшей шахты (рис. 1).

Создавшуюся на месторождении ситуацию специалисты отрасли и МЧС признали техногенной экологической катастрофой. Основной причиной такой ситуации стало отсутствие предварительной оценки барьерных свойств массива и комплексного многостороннего подхода к проблеме.

Учитывая перспективные возможности разностороннего использования соляных формаций, в том числе и выработок отработанных шахтных полей, возникает необходимость в инженерно-геологической оценке соляных массивов. Несмотря на большое количество исследований в данном направлении, до настоящего времени проблемы охраны соляной толщи при техногенном вмешательстве и сопутствующей

¹ Термин «барьерные свойства геологической среды» введен относительно недавно и трактуется в работах Д.П.Хрущева.

² В данной работе проводится анализ массивов каменной соли, но, учитывая близость некоторых физико-механических свойств, основные подходы применимы и к массивам калийно-магниевых солей.

Геологические проблемы остаются нерешенными. Кроме того, выполненные в течение последних лет в развитых странах Европы и в США широкомасштабные исследования свойств солей, определяющих их инженерно-геологические характеристики (механические и фильтрационные), позволили получить представительные данные о свойствах соли в естественном залегании. Эти данные подтверждены исследованиями института геозкологии Российской АН, института геологии НАН Украины, а также подтверждаются исследованиями, проведенными в 1980–2008 гг. УкрНИИ при решении прикладных задач эксплуатации соляных толщ [9;10].



Рис. 1. Развивающийся провал над шахтой, разрабатывавшей центральную часть Солотвинского соляного купола до 1975 г.

Согласно новым данным, каменная соль не представляет собой сплошной изотропный непроницаемый для жидкостей и газов упруго-пластичный материал, способный к самозалечиванию под действием внешнего давления, как считалось ранее. В соответствии с современными представлениями, соляной массив в естественном залегании это сложная геодинамическая система с выраженными пластическими свойствами, с неоднородными элементами различных физико-механических свойств, в том числе прочностными, реологическими, фильтрационными и др.

В вышеизложенном³ аспекте становится весьма актуальным вопрос о необходимости синергетического подхода к обеспечению долговременного технически и экологически безопасного функционирования инженерных объектов в соляном массиве.

Цель работы. Разработка основных принципов инженерно-геологической оценки соляных массивов для их целевого использования, которые формулируются на основе системной аналитической проработки накопленных данных по использованию соляных толщ как для эксплуатации соляных ресурсов, так и в целях подземного строительства (на примерах ряда объектов Украины, России, Армении, Германии и др. стран).

Изложение основного материала. С методологической точки зрения искусственно сооружаемая подземная ёмкость представляет собой техногенно-

³Синергетический подход включает системную оценку объекта как развивающейся динамической комплексной системы с учетом взаимодействия многоуровневых элементов её структуры и межсистемных взаимодействий

геологическую систему (ТГС), в которой выделяется 2 элемента: вмещающая толща (в нашем случае – соляной массив) и собственно подземная полость (с соответствующим техногенным заполнением). Сооружение любых типов подземных полостей в соляных толщах, прежде всего, подчиняется основному требованию – **обеспечению долговременной устойчивости всей системы**. Выполнение этого требования обеспечивается двумя основными факторами – геомеханическим, определяющим собственную устойчивость сооружения, и гидрогеологическим, определяющим степень защищенности системы от воздействия агрессивных вод.

При многих привлекательных свойствах соляных толщ как среды для создания инженерных полостей необходимо учитывать достаточно проблемное свойство соляных пород – их высокую растворимость. При появлении в подземных полостях даже незначительных количеств агрессивных подземных вод, имеющих гидравлическую связь с водоносными горизонтами, начинается развитие техногенного карста, что приводит к формированию карстовых полостей. Развитие карста, с одной стороны, создает угрозу разгерметизации и затопления объекта, с другой стороны, непосредственно влияет на устойчивость ТГС. Поэтому сохранение устойчивости ТГС конкретного объекта возможно только при условии поддержания некоего равновесного состояния всей системы на длительное время, определяемое сроком службы объекта. К примеру, сроки долговременного захоронения опасных токсичных и радиоактивных отходов определяются в сотни и тысячи лет [11]. В каждом конкретном случае для оценки пригодности соляного массива, прежде всего, решается вопрос о типе и назначении подземного объекта, которые и определяют сроки их службы. Для строительства таких объектов, как хранилища газа и нефтепродуктов, немаловажным при оценке массива является исследование его барьерных свойств (проницаемости) и их изменений во времени и в пространстве при определённых высоких техногенных давлениях.

Таким образом, основное условие долговременного существования подземных полостей в солях – максимальное сохранение на длительное время (в условиях перераспределения напряжений в горном массиве) природной равновесной системы «соляной массив – напряжения в соляном массиве и массиве покрывающих пород – вода», при которой месторождение существовало до техногенного вмешательства. Вышеназванные факторы (геомеханический и гидрогеологический) и определяют выполнение основного условия.

Геомеханический фактор определяет сохранение устойчивости во времени опорных целиков, поддерживающих систему, а также деформации массива, которые при определённых условиях могут нарушить сплошность соляного массива и покрывающих пород, отделяющих соляной массив от водоносных горизонтов. Основная составляющая группы геомеханических факторов – физико-механические свойства каменной соли, обуславливающие прочностные и реологические свойства каменно-соляного массива.

Гидрогеологический фактор определяет условия возможной фильтрации агрессивной воды в инженерную полость через соляной массив и создание условий для развития техногенного карста. Выполнение основного условия не допускает нарушения вследствие дренажа вод подземной полостью природных равновесных гидрогеологических условий, при которых соляной массив существовал до техногенного вмешательства. Основная составляющая группы гидрогеологических факторов – водопроницаемость соляного массива и вмещающей толщи осадочных пород.

Геомеханические и гидрогеологические составляющие процессов, протекающих в соляном массиве, взаимосвязаны и взаимообусловлены. При аномальном на-

в равновесной системе роль каждого из факторов может изменяться: любой из факторов или подфакторов может оказаться определяющим, при этом значение остальных может стать ничтожно малым. Следовательно, традиционное деление факторов на существенные, менее существенные и несущественные в данном случае неприменимо.

Исходя из вышеизложенного, инженерно-геологическая оценка соляного массива подразумевает комплексную многостороннюю оценку возможности сохранения массивом природной равновесной системы при создании и эксплуатации техногенных полостей, или, иными словами, прогнозную оценку главных составляющих, обуславливающих взаимодействие основных факторов во времени и пространстве (рис. 2).

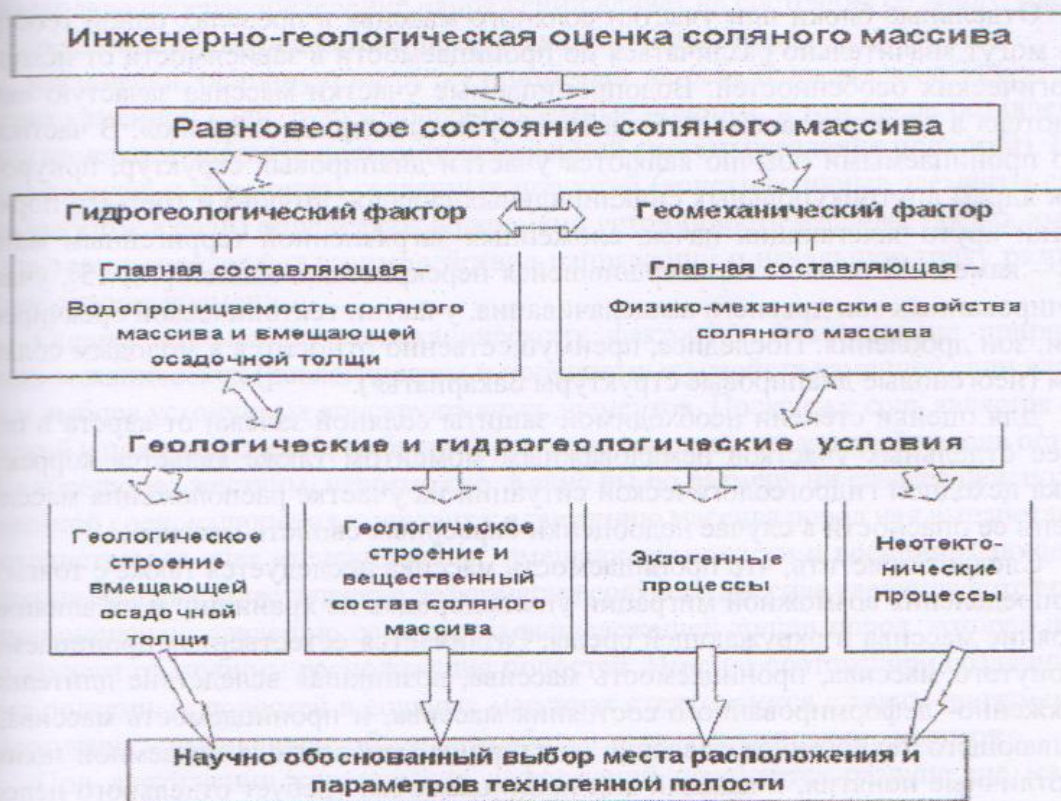


Рис. 2. Составляющие инженерно-геологической оценки соляного массива

Гидрогеологический фактор. В природных условиях соляные залежи сохраняются лишь в тех местах, где они, в значительной степени, гидроизолированы водонепроницаемыми участками геологической среды. Такой средой в отдельных случаях может быть и сам соляной массив [12]. При контакте массива с водоносными горизонтами соляной массив «срезается» до уровня местного базиса дренажа процессами природного площадного выщелачивания, после чего в условиях обводненного контакта приобретает некое равновесное состояние. При создании подземных полостей равновесное состояние массива с обводненным контактом будет обусловлено только в случае полного отсутствия фильтрации воды через массив.

Ранее считалось, что соляной массив является региональным водупором, обладая достаточно высокими барьерными свойствами. Но сложность задачи заключается в том, что непроницаемыми свойствами обладают только те участки соляного массива, которые отвечают следующим условиям:

- отсутствуют слои соляных (несоленых) пород, обладающих повышенными показателями пустотности и проницаемости;
- массив не нарушен процессами древнего и современного выветривания;
- массив не нарушен природной или техногенной трещиноватостью [13].

Проницаемость каменной соли обуславливается совокупностью геолого-гидрогеологических особенностей массива: первичными и современными литолого-структурными характеристиками массива (наличием, составом и морфологией включений), наличием природной скрытой (залеченной) трещиноватости, а также геологическими процессами, которые прошел массив в своем развитии. Все эти факторы предопределяют наличие и распределение внутри массива участков непроницаемой и проницаемой (потенциально проницаемой) соли.

Отдельные блоки или участки соляного массива в пределах одной геоструктуры могут значительно различаться по проницаемости в зависимости от исходных геологических особенностей. Водопроницаемые участки массива зачастую «вклиниваются» в соляную залежь на большие глубины «карманообразно». В частности, легко проницаемыми обычно являются участки диапировых структур, приуроченные к ядрам внутрикупольных синклиналиных складок второго и третьего порядка, участки круто залегающих пачек, сложенных загрязненной терригенным материалом – каменной солью с незавершившейся перекристаллизацией [14; 15], участки брекчированных зон древнего выщелачивания, участки тектонической брекчированности, зон дробления. Последнее, преимущественно относится к молодым соляным телам (неогеновые диапировые структуры Закарпатья).

Для оценки степени необходимой защиты соляной залежи от карста в целом или ее отдельных участков немаловажным моментом также является корректная оценка исходной гидрогеологической ситуации на участке расположения массива и степени ее опасности в случае недооценки барьерных свойств массива.

Следует отметить, что проницаемость массива исследуется также с точки зрения определения возможной миграции углеводородов из хранилищ и их влияния на состояние массива и окружающей среды. Различается естественная проницаемость нетронутого массива, проницаемость массива, возникшая вследствие длительного напряженно-деформированного состояния массива, и проницаемость массива, испытывающего техногенное давление со стороны наполнителя подземной полости. Это отличные понятия, и каждый вид проницаемости требует отдельного целевого исследования. Весьма низкая проницаемость каменной соли при определенных нагрузках и (или) термодинамических условиях может возрасти без возникновения видимых признаков разрушения структуры и потери сплошности. Этой проблеме посвящен ряд специальных работ [16].

Вскрытие подземной полостью проницаемых (или потенциально проницаемых) участков соляного массива при наличии агрессивного водоносного горизонта на контакте с соляным телом представляет серьезную угрозу для подземных и наземных объектов, так как создает условия для формирования базиса дренажа этих вод. Последнее обычно сопровождается формированием гидрогеологической депрессии и развитием прогрессирующего карста. В случае возникновения в соляном массиве обширной, интенсивно развивающейся карстовой зоны предотвратить затопление полости и остановить попутное развитие техногенного карста можно только одним способом – ликвидацией глубинного базиса дренажа путем затопления полостей и восстановления естественной гидрогеологической обстановки [5; 6; 12]. В ином – случае создается угроза разрушения всего массива надсолевых пород, что весьма опасно не только для наземных объектов, но и для экологического состояния территории.

Происходящие в массиве изменения по гидрогеологическому фактору значительно влияют на составляющие геомеханического фактора и определяют их действие.

Геомеханический фактор. Создание полостей в массиве приводит к переходу массива от природного равновесного напряженного состояния к напряженно-деформационному состоянию в зоне расположения объектов. Совокупность основных составляющих, характеризующих напряженно-деформационное состояние массива и его изменчивость во времени, и определяют сохранение массивом равновесного состояния (длительную устойчивость массива, содержащего полости). Главной составляющей при этом являются природные физико-механические и реологические свойства каменной соли. Именно эти характеристики соляного массива и определяют, насколько перераспределение напряжений влияет на состояние соляного массива и его способность удерживать вышележащую толщу пород.

Физически, основную нагрузку принимает на себя ближняя зона ТГС – часть массива каменной соли, окружающая подземные полости, в том числе оставленные между камерами опорные целики (для камерной системы создания полостей). Параметры целиков и параметры созданных полостей (конструктивные элементы системы выработки в соли) определяют во времени устойчивость массива, так как именно эти критерии определяют взаимодействие напряжений и начальную точку разрушения массива во времени.

Оценка массива по геомеханическому фактору – исследование природных физико-механических (реологических и прочностных) свойств каменной соли для расчета и выбора устойчивых конструктивных элементов. Поскольку соль является пластической и ползучей средой, выбрать параметры полости, при которой массив оставался бы абсолютно жестким, невозможно. Какие бы по размеру ни создавались полости в каменной соли, наличие их приводит к сдвигению массива пород над выработанным пространством за счет «течения» соли, вмещающей полости и воспринимающей напряжения массива. Пластические деформации соляного массива увеличиваются прямо пропорционально давлению со стороны вышележащей толщи пород, которая напрямую зависит от глубины расположения полостей. Именно поэтому при создании глубоких подземных полостей в соляных массивах сталкиваются с таким понятием, как конвергенция – уменьшение объема выработки за счет «схождения» целиков.

При достижении критических деформаций начинается разрушение массива за счет потери связи между отдельными зернами и кристаллами соли. Критические деформации соляного массива могут также вызвать нарушение сплошности водонепроницаемой толщи, предохраняющей объект от проникновения агрессивных вод, что особо опасно.

Степень и характер деформаций массива зависят от механических показателей конкретной толщи и конкретных ее участков. По данным многолетних многочисленных испытаний образцов каменной соли, выполненных независимо друг от друга институтом УкрНИИсоль и Горным институтом УрОРАН, механические показатели состояния соляного массива обусловлены его внутренним строением (составом, характером и распределением терригенных включений, структурно-текстурными особенностями, наличием зон дробления, влиянием зон тектонических разломов) и приуроченностью залежи к региональной геоструктуре, – одним словом, полностью зависит от геолого-гидрогеологических особенностей массива в целом и участка его расположения (см. рис. 2) [17].

Так, среднезернистая каменная соль обычно при прочих равных условиях на 15 ÷ 25 % прочнее соли крупнозернистой и на 25 ÷ 40 % прочнее весьма крупнозер-

нистой (размер кристаллов 5–10 мм) и гигантозернистой, размер отдельных зерен кристаллов которой превышает 10 мм. Прочность соли (несущая способность целиков) значительно снижается при наличии в качестве терригенных примесей в солях глин, – на 20 ÷ 30 % и более. В случае наличия включений ангидритовых гнезд или линз, наоборот, прочность соли повышается на 25 ÷ 30 %. Заниженные прочностные характеристики присущи участкам массива, сложенным перекристаллизованной солью, легко определяемой по вторичным структурам и текстурам. Установлено, что пониженными характеристиками прочности отличаются и участки массива, сопряженные с перекристаллизованными участками. В этом аспекте наиболее проблемными с точки зрения устойчивости являются крутопадающие слои слабосвязанных (рыхлых) солей (пачка каменной соли в северо-восточной части Солотвинской структуры) и гигантокристаллическая каменная соль (соль глубоких пластовых залежей Тыретского месторождения, Иркутская область Российской Федерации).

Вариации прочностных характеристик соли очень широкие. Среднекристаллическая (среднезернистая) плотносцементированная каменная соль различных месторождений (так называемая общераспространенная каменная соль) имеет основной показатель прочности – предел прочности на одноосное сжатие – от 30 до 43 МПа. К примеру, тот же показатель для крупнозернистой соли Тыретского месторождения – 23,2 МПа, а для загрязненных глиной слоев Солотвинского месторождения – 17,7 МПа. Большой вариацией прочностных свойств обладает межпластовая каменная соль, заключенная между прослоями калийных солей Верхнекамского месторождения (месторождения сложного строения): предел прочности на одноосное сжатие изменяется от 9,2 МПа до 48,5 МПа. Такие же закономерности распределения и зависимости от макро- и микроструктурных особенностей наблюдаются и для других прочностных характеристик – показателей прочности на изгиб и растяжение.

Значительно различаются механические показатели прочности для месторождений, относящихся к различным геоструктурам. На инженерно-геологические характеристики соляной толщи также оказывает влияние разрывная тектоника вмещающей толщи (для диапировых структур) или подстилающей толщи. В районе зон тектонического нарушения устойчиво снижается прочность каменной соли [17].

Главной эксплуатационной задачей при создании и использовании полостей в соли является сохранение длительного состояния пластических безопасных деформаций массива без нарушения его сплошности и сплошности покрывающих пород и при минимальных структурных изменениях в самом массиве, испытывающем деформации. Посредством правильного выбора параметров техногенных полостей возможно управлять происходящими в массиве процессами в зависимости от их целевого назначения и необходимого срока службы. Правильный расчетный выбор параметров в зависимости от первичного состояния массива гарантирует длительную устойчивость ТГС по геомеханическому критерию.

Так, соляные шахты, геометрические параметры которых в XVIII–XIX вв. были выбраны правильно, существуют (или существовали) в устойчивом состоянии более 100 лет, имея выработки с размерами 15 ÷ 20 м × 800 ÷ 900 м и высотой 15–110 м (шахты №7 и №8 на Солотвинском месторождении, шахта №1 им. К. Либкнехта – на Артемовском месторождении, шахта Величка – в Польше, шахта №1 – в Илецком месторождении и др.). В то же время многие соляные и калийные рудники были самоуничтожены (затоплены) в результате разрушения конструктивных элементов системы разработки ввиду некорректного установления вышеуказанных параметров. В случае появления зон (каналов) водопроводимости в соляном массиве обусловленных нарушением его сплошности при появлении разрывных дислокаций

либо развитию зон трещиноватости, при условии установления гидравлической связи с водоносным горизонтом вступает в силу гидрогеологический фактор, который приводит к дополнительным разрушениям вследствие развития глубинного карста. Интенсивность развития этого процесса определяется интенсивностью дренирования движущейся воды (рассолов). Причиной возникновения гидравлической связи между зонами водопроницаемости соляного массива и водоносными горизонтами является нарушение защищенности соляного массива (нарушение естественных защитных рассольных зон на контакте с соляным массивом или защитной глинистой «шапкой», др.) [13].

В настоящее время уже существуют отработанные методики определения оптимальных параметров полостей, позволяющие управлять состоянием массива и рассчитывать сроки службы полостей [18; 19]. Данные методики основаны на принципе расчета по допустимым напряжениям с использованием установленных прочностных, деформационных и реологических характеристик для конкретного соляного массива. Корректность таких расчетов подтверждена на практике как для относительно простых условий Артемовского и Илецкого месторождений каменной соли, так и для некоторых участков сложных структур (складчато-блоковых, солянокупольных, др.). В результате специальных исследований установлены реологические параметры и их эмпирические зависимости от коэффициента запаса прочности, а также выведено уравнение состояния каменной соли, позволяющее определять расчетные сроки службы конструктивных элементов системы разработки [18; 19; 20]. Институт УкрНИИСоля (г. Артёмовск) имеет многолетний опыт контроля и управления деформационными процессами в соляных массивах. Наиболее приемлемыми для площадей с высокой плотностью населения являются выработки с параметрами, при которых несущие целики имеют коэффициент запаса прочности более 4, что соответствует сроку службы по геомеханическому критерию более 1000 лет. Этот коэффициент используется в настоящее время для расчета параметров эксплуатационных выработок новых шахтных полей Артемовского месторождения.

Для точной геомеханической оценки создаваемых полостей с учетом их целевого назначения, прежде всего, необходимо корректное определение начальных физико-механических свойств и их вариаций в пределах одного массива (для каждой выделенной структурной единицы), а последние, как было показано, полностью предопределены литологическими особенностями массива (минеральным составом, структурой, текстурой). До настоящего времени структурные геологические особенности месторождений при их оценке практически не учитывались.

Таким образом, оценка устойчивости полостей в соляных массивах должна проводиться на основе комплексных исследований, включающих детальное изучение не только общего геологического строения и современных геотектонических процессов, но также внутренней структуры соляной толщи. При этом обязательным условием проведения механических испытаний для грамотного расчета прочностных характеристик массива является выделение в галогенной толще пачек соли с различными литологическими характеристиками на основе данных детальной и эксплуатационной разведки.

Эффективным методом выбора и оценки участка геологической среды для создания подземных объектов есть построение цифровых структурно-литологических моделей. Это направление, в настоящее время, интенсивно развивается и является весьма перспективным [21]. Использование таких моделей позволяет выделить участки массива, изначально непригодные для разработки (по физико-механическим и др. свойствам), и участки массива, благоприятные для строительства в соответ-

ствии с параметрами, установленными по техническим требованиям, предъявляемым к данному типу сооружений.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Основным принципом выбора геологической среды для размещения подземных объектов заключается в соответствии ее геологических условий техническим требованиям, предъявляемым к данному типу объекта.

По отношению к соляным массивам как строительной среде при выборе участков, удовлетворяющих требованиям долговременной устойчивости объектов, следует учитывать основные факторы, определяющие эти требования. В наиболее общем случае выделяется две группы этих факторов:

- геомеханические, определяющие собственную устойчивость ТГС подземного сооружения;
- гидрогеологические, которые при определенных условиях могут воздействовать на устойчивость ТГС.

Для оценки действия этих факторов на объект и вмещающую геологическую среду необходима разработка комплексной модели, в которой будут отражены два элемента наивысшего порядка:

- соляной массив,
- вмещающая осадочная толща.

Функциональная роль первого заключается в обеспечении устойчивости и изолирующих свойств собственно сооружения (полости, выработки). Нарушение устойчивости влечет за собой дефект целостности ТГС, изолирующих свойств – к возникновению зон (каналов) проникновения вод в соляной массив (и/или выход хранимого продукта в геологическую среду).

Методология и методика моделирования гидрогеологических условий осадочной толщи, способных воздействовать на соляной массив, достаточно хорошо разработана. В этой части работы важным моментом является оценка защищенности соляного массива.

Наиболее эффективным методом оценки соляного массива как инженерной среды является разработка его структурно-литологической модели оптимальной цифровой объемной формы. На основе разработанной указанной модели может осуществляться выбор соляного массива (его участка), благоприятного для размещения подземной полости любого назначения и оценка возможности её безопасной эксплуатации [21; 22].

Уже первые этапы развития предлагаемых принципов показали высокий уровень результативности. Использование описанных принципов позволило достаточно точно спрогнозировать развитие современных деформационных процессов в соляном массиве Солотвинской солянокупольной структуры (фондовые материалы УкрНИИСоли).

Библиографические ссылки

1. Николашина З. И. Исследование эффективности использования соляных горных выработок для размещения непромышленных объектов / З. И. Николашина, Н. А. Корниенко, В. Г. Мирошниченко // Материалы Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов соляной промышленности «Повышение эффективности процессов добычи и переработки соли», 24–26 сентября 1986 г., г. Артёмовск. – М., 1986. – С. 26–27.
2. Иванов А. А. Минеральные соли в недрах земли / А. А. Иванов. – М., 1973. – 81 с.
3. Хрущев Д. П. Барьерные свойства геологической среды / Д. П. Хрущев, Р. Я. Беленко, В. Н. Бублясь и др. // Сучасні проблеми літології і мінералогії осадових басейнів України та суміжних територій: [зб. наук. пр.] / Інститут геології НАН України; [ред. П. Ф. Гужик]. – К., 2008. – С. 278–284.

4. Чабанович Л. Б. Научно-технические основы сооружения и эксплуатации подземных хранилищ в каменной соли / Л. Б. Чабанович, Д. П. Хрущев. – К., 2008. – 304 с.
5. Лиманов Е. Л. Причины затопления соляных рудников / Е. Л. Лиманов, М. И. Елизаров, А. Мусанов // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1971. – № 3. – С. 159–160.
6. Никитин А. А. К вопросу о погашении отработанных горных выработок соляных рудников (на примере Илецкого месторождения каменной соли) / А. А. Никитин, Л. П. Босевская // Материалы Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов соляной промышленности «Повышение эффективности процессов добычи и переработки соли», 24–26 сентября 1986 г., г. Артёмовск. – М., 1986. – С. 18–19.
7. Антипова А. А. Особенности развития соляного карста Илецкого месторождения каменной соли. / А. А. Антипова // Проблемы соленакопления. – Новосибирск, 1977. – Т. II. – С. 79–83.
8. Нестеров М. П. Краткая информация об условиях и опыте затопления калийных и каменосоляных рудников в ГДР / М. П. Нестеров. – Кф ВНИИГа. – Калуш, 1978. – 20 с.
9. Литологические критерии оценки участков и перспективы строительства подземных сооружений различного целевого назначения в соляных толщах // Институт геол. наук АН УССР. – К., 1989. – № 3. – 46 с.
10. Епишин В. К. Геологическая среда и инженерные сооружения – сложные природно-технические системы. Теоретические основы инженерной геологии. Социально экономические аспекты / В. К. Епишин, В. Т. Трофимов. – М., 1985. – С. 32–45.
11. Видалення радіоактивних і токсичних відходів // Тези науково-технічної наради видалення радіоактивних відходів. – К., 1995. – 108 с.
12. Короткевич Г. В. Соляной карст / Г. В. Короткевич. – Л., 1970. – 256 с.
13. Методологічні та практичні аспекти визначення захищеності соляних товщ / Д. П. Хрущов, Л. П. Босевська, ін. // Екологічна безпека: проблеми та шляхи вирішення : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Алушта, 7–11 вересня 2009 р.) [зб. наукових статей у двох томах] / УкрНДІЕП. – Х., 2009. – Т. I. – С. 99–104.
14. Привалова Л. А. Петрографическая характеристика каменной соли Илецкого месторождения / Л. А. Привалова // Труды ВНИИсоль. Геология и гидрогеология месторождений поваренной соли. Выпуск 19(27). – Артёмовск, 1971, С. 12–20.
15. Атеев А. Е. Костенко И. Ф., Привалова Л. А. Закономерности распространения структурных разновидностей каменной соли на Илецком месторождении поваренной соли / А. Е. Атеев, И. Ф. Костенко, Л. А. Привалова // Тр. ВНИИсоль, выпуск 19(27). – Артёмовск, 1971. – С. 55–59.
16. Лапочкин Б. К. Экологическая надежность техногенных подземных каверн [Электронный ресурс]: Институт геоэкологии РАН. – Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru>. – Название с экрана.
17. Барях А. А. Деформирование соляных пород / А. А. Барях, С. А. Константинова, В. А. Асанов. Горный институт УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 203 с.
18. Методические указания по расчету параметров системы разработки и ведению горных работ на Солотвинском месторождении каменной соли / Государственный комитет по пищевой промышленности Украины. – Артёмовск, 1997. – 74 с.
19. Методические указания по расчету параметров системы разработки свиты пластов каменной соли Артёмовского месторождения / УкрНИИсоль. Комитет пищевой промышленности Украины. – Артёмовск, 1997. – 99 с.
20. Шиман М. И. Предотвращение затопления калийных рудников / М. И. Шиман. – М., 1992. – 176 с.
21. Хрущов Д. П. Структурно-літологічні моделі солянокупольних структур / Д. П. Хрущов, Н. А. Данишурка // Геол. Журн. – 2002. – №4. – С. 67–77.
22. Хоменко О. Е. Синергетика в управлении состоянием массива горных пород [Электронный ресурс]: Рудана. – Электронные данные, 2007–2009. – Режим доступа: <http://rudana.biz/sinergetika.htm>. – Название с экрана.

Надійшла до редколегії 19.12.09