

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СОЛЯНЫХ КАМЕР ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА



**Е. П. КАРАТЫГИН,**  
зам. генерального директора  
ООО «Стресс»,  
канд. техн. наук

Проблема утилизации промышленных отходов весьма актуальна во всем мире. Складирование твердых и жидких отходов в наземных полигонах и размещение жидких отходов в глубоких подземных горизонтах не только не решает проблему, но и приводит к нарушению экологического равновесия. Наиболее безопасным с точки зрения охраны окружающей среды считается размещение отходов в подземных соляных выработках, так как они являются идеальными герметичными резервуарами, что доказано многолетним их использованием в качестве газо- и нефтехранилищ во всем мире.

Размещение промышленных отходов в подземных соляных камерах позволяет:

- исключить использование под полигоны и шламохранилища ценных сельскохозяйственных земель;

- снизить затраты на размещение отходов и последующий контроль состояния хранилища;

- устранить экологические проблемы, связанные с негерметичностью поверхностных сооружений;

- уменьшить воздействие горных работ на земную поверхность (при наличии мульды оседания на рассолопромыслах).

Использование подземных камер для захоронения отходов ста-

ло возможным в связи с широким внедрением в мировую практику скважинного метода разработки.

Надежность и долговечность захоронения промышленных отходов достигается соблюдением основных требований при размещении отходов в подземных выработках. Такими требованиями являются: непроницаемость горной породы; совместимость ликвидируемых отходов с вмещающими породами; геотектоническая устойчивость среды; герметичность системы размещения; безопасность размещения.

*Непроницаемость горной породы* определяют при рассмотрении геологического строения участка размещения, в том числе характеристики интервала заложения камеры-хранилища, анализа физико-механических свойств каменной соли и пропластков вмещающих пород.

Физико-механические показатели каменной соли достаточно высокие, так, например, у пластов каменной соли Усольского месторождения они следующие: плотность — 2140 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности на одноосное сжатие — 18–23 МПа; предел длительной прочности — 18,5 МПа; коэффициент Пуассона — 0,233–0,272.

*Совместимость ликвидируемых отходов* с вмещающими породами и рассолом хлористого натрия оценивают по результатам физико-химических исследований. Почти каждый вид промышленных отходов перед началом размещения требует проведения комплекса исследований и в некоторых случаях — специальной подготовки.

*Геотектоническую устойчивость среды* определяют анализом тектонических и сейсмических условий в месте проведения работ.

*Герметичность системы размещения* определяют по результа-

там комплексных исследований, предусматривающих проверку герметичности системы до и после окончания закачки отходов; прогноз состояния скважины в течение длительного периода времени, геомеханическую оценку устойчивости участка работ.

Требования к *скважине подземного растворения* определяют ее функции: вскрывающей капитальной выработки, рассчитанной на эксплуатацию в течение нескольких десятилетий, а также особенностями технологии добычи рассола и последующего использования подземной камеры для размещения отходов. Эксплуатация скважины по принципу «выжимания» требует высокой герметичности всей гидравлической системы скважины и исключает утечку рабочих агентов. При этом следует различать *подземную камеру* в соляном пласте и *ствол скважины*, оборудованный несколькими колоннами труб.

*Безопасность размещения отходов* оценивают по итогам комплексного анализа состояния отходов в геологической среде. При оценке надежности захоронения, например токсичных отходов, используют принцип «мультибарьерной стратегии РАО (радиоактивных отходов)», в соответствии с которым изоляцию отходов должны обеспечивать несколько барьеров: каменная соль как основная порода, вмещающая камеру; плотные ненарушенные пласты каменной соли, расположенные в подошве и кровле подземной выработки; герметичные колонны обсадных труб; повышенная (по сравнению с раствором NaCl) плотность токсичных отходов; отсутствие химических реакций токсичных отходов с вмещающими породами и рассолом.

Таким образом, наличие нескольких барьеров гарантирует

полную надежность захоронения токсичных отходов, даже с учетом требований МАГАТЭ, установленных для РАО.

Данный подход был реализован при разработке технологии закачки и размещения хлорорганических отходов в подземной соляной камере рассолопромысла ОАО «Саянскхимпром» (пат. РФ 2081802). Для этой цели была выбрана скважина № 1 на окраине горного отвода вне зоны промышленных строений (емкость камеры 68 тыс. м<sup>3</sup>).

Закачка хлорорганических отходов была начата в мае 1993 г. Высокая плотность отходов (1,32–1,35 т/м<sup>3</sup>), превышающая плотность рассола NaCl (1,2 т/м<sup>3</sup>) обусловила их накопление в нижней части камеры.

Комплексные наблюдения в течение 12 лет не выявили отрицательного воздействия жидких токсичных отходов на недра и окружающую среду.

В 2001–2003 гг. на рассолопромысле ОАО «Усольехимпром» выполнены исследования по размещению отходов производства эпихлоргидрина в подземных камерах\*. Поскольку предприятия, эксплуатирующие скважины, находятся в промышленно развитой зоне, потребовалось провести большой объем полевых, экспериментальных и камеральных исследований. В результате было установлено:

максимальная глубина тектонически ослабленных зон в районе работ не превышает 600 м, и они не выходят за пределы надсолевой толщи;

горные отводы рассолопромысла ОАО «Усольехимпром» и комбината «Сибсоль» размещаются в центральной части слаборазрушенного блока;

геомеханическая оценка соляного массива показала достаточную устойчивость соляных камер;

расстояния между камерой скважины, выбранной для размещения отходов, и ближайшими камерами скважин комбината «Сибсоль» существенно превышают принятые расстояния при расчете барьерных целиков;

по химическому составу отходов относятся к 3 классу опасности.

Опытная закачка отходов была начата в 2005 г.

Еще одним примером в области подземного складирования шламов содового производства является использование на Яр-Бишкадакском рассолопромысле ОАО «Сода» общей камеры скважин № 24 и 28 вместимостью 3,9 млн м<sup>3</sup>. Их столбы, расположенные на расстоянии 80 м, позволяют осуществить раздельную подачу шламовой суспензии регулируемой плотности. Технологические решения при закачке шламов основывались на идее использовании камеры в качестве гидродинамического отстойника (пат. РФ 2099263). Рабочий проект строительства опытно-промышленной установки прошел необходимую проверку в инспектирующих организациях Башкортостана.

Выполненные в период 1991–2004 гг. исследования по размещению в подземных соляных выработках токсичных отходов различ-

ного типа и инертных шламов позволяют рекомендовать разработанные технологии для использования и на других соляных месторождениях России. Так, НАК «Азот» (Тульская обл.) отработывает месторождение пластового типа средней мощностью 40 м на глубине около 900 м. За многолетний срок эксплуатации созданы камеры вместимостью 200–300 тыс. м<sup>3</sup>, которые целесообразно использовать для размещения отходов, что позволит улучшить экологическую обстановку в регионе. ОАО «Каустик» (г. Волгоград) разработывает купольное каменно-соляное месторождение, в ходе его эксплуатации образованы 12 подземных камер вместимостью более 800 тыс. м<sup>3</sup> каждая на глубинах более 1400 м. Они могут служить прекрасными герметичными резервуарами для захоронения жидких твердых отходов химических производств региона.

Имеющиеся значительные подземные емкости Яр-Бишкадакского рассолопромысла, расположенного в районе промышленных городов Салават, Ишимбай, Стерлитамак, лишь частично используются для хранения нефтепродуктов.

Наличие каменно-соляных и калийно-магниевых месторождений, разрабатываемых методом подземного растворения на севере Якутии, в Печеро-Камском, Волго-Уральском регионах, в Подмосковье, в Иркутской области, позволяет рассматривать их и в качестве перспективных объектов для размещения промышленных отходов. ■

\* Каратыгин Е. П., Ризнич И. И. Оценка надежности размещения токсичных отходов в подземных камерах Усольского месторождения каменной соли // ГИАБ. — 2005. — № 3.