

УДК: 551.49+624.13

ОСАДОЧНЫЕ БАСЕЙНЫ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ПРОБЛЕМА ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ

© 2005 г. В.И. Гончаров¹, В.Е. Глотов², А.В. Гревцев²

Рассмотрены вопросы выбора оптимальных по своим характеристикам геологических структур для создания хранилищ промышленных отходов длительного использования, определена структурно-вещественная специфика слагающих их породных комплексов и вероятные гидрогеологические условия размещения продуктов техногенной деятельности, охарактеризованы типы жидких отходов, предназначенных для захоронения, предложены критерии оценки надежности природных емкостей с позиций экологических и социальных последствий, а также экономической целесообразности создания таких хранилищ.

В последние годы в научных публикациях, в популярных изданиях экологического направления и, нередко, в средствах массовой информации активно обсуждаются проблемы безопасного хранения жидких отходов промышленного производства различных классов токсичности, в том числе радиоактивных. При этом среди многих выдвигаются предложения подземного захоронения их на площадях малонаселенных, с неразвитой инфраструктурой северных окраин России. Признавая в принципе некорректность такого подхода с точки зрения экологии еще сохранившихся природных экосистем, примером которых может быть Северо-восток России, тем не менее, общественности следует быть готовой к тому, что такое решение может состояться. Поэтому представляется важным рассмотреть комплекс вопросов, связанных с выбором оптимальных по своим характеристикам площадей (геологических структур), для создания хранилищ длительного использования, определить структурно-вещественную специфику, слагающих их породных комплексов, и вероятные гидрогеологические условия размещения продуктов техногенной деятельности, оценить надежность природных емкостей с позиций экологических и социальных последствий, а также экономическую целесообразность создания таких хранилищ.

Типы жидких отходов, предназначенных для захоронения. Аккумулировать в недрах Земли

следует, прежде всего, такие отходы, обезвреживание и утилизация которых на современном уровне технических способов экономически неэффективна, а сброс их в поверхностные водотоки и водоемы экологически опасен. К ним следует отнести растворы и суспензии, загрязненные ртутью, мышьяком, сурьмой, таллием и другими токсичными металлами, ядами органического происхождения, в том числе из разряда боевых отравляющих веществ, различными токсинами растительного и животного происхождения, а также жидкие отходы, содержащие радиоактивные компоненты.

Представляется возможным хранить в глубинах земной коры также малотоксичные материалы в виде скоплений льда, вязких и отвердевших масс, используя основной природный ресурс северных территорий – восполнимые и практически неисчерпаемые запасы холода. Отрицательные температуры воздуха и почв в течение большей части года, а также широкое распространение многолетнемерзлых пород (ММП) являются надежной гарантией, во-первых, герметичности природных емкостей, во-вторых, возможности их длительного применения в качестве хранилищ отходов. При создании хранилищ в прибрежной зоне северных территорий для промораживания блоков пород – потенциальных емкостей отходов может быть использована морская вода с температурой ниже 0 °С. Известно, что охлаждение морской воды можно производить до –22 °С, получая рассол с содержанием солей около 230 г/л. Закачивая полученный хладоноситель в недра с последующим удалением более высокотемпературного раствора, можно получать в недрах емкость с замороженными

¹ Владикавказский научный центр РАН и СО-А, г. Владикавказ.

² Северо-восточный комплексный НИИ Дальневосточного отделения РАН, г. Магадан.

Таблица. Технологические свойства жидких отходов

Дисперсная система 1 порядка	Жидкие отходы			
Дисперсная система 2 порядка	Вода или органические вещества Твердые, жидкие и коллоидные вещества. Размер твердой фазы определяется способностью ее перемещения в потоке жидкости, жидкой и коллоидной – зависит от вида, концентрации, кислотности-щелочности системы, электрохимических и др. свойств среды и инородных в ней фаз			
Дисперсионная среда	Растворы	Коллоиды	Эмульсии	Суспензии
Дисперсная фаза	Ионы и молекулы	Золи и гели	Жидкость в жидкости	Твердые фазы в жидкости
Размер дисперсной фазы	0,1	10^{-5} – 10^{-7}	До 10^{-2}	10^{-4} – 10^{-1}
Кислотность-щелочность		5,3–6,2		
Взвешенные вещества, мг/л		550–1300		
Органические		385–910		
Минеральные		165–390		
Сухие вещества, мг/л		7700–9500		
Органические		5390–6650		
Минеральные		2310–2850		
Радиоактивность, Ки/л		10^{-5} –1,0		

ограничениями (стенками) любого объема. Такие способы хранения оптимальны, например, для отходов, которые могут быть востребованы для повторной переработки. К ним можно отнести образующиеся в ходе коксования и полукоксования углей растворы, обогащенные фенолами, бензопиреном, органическими кислотами; отработанные нефтепродукты; твердые отходы в виде бумажной макулатуры и полимерных материалов. Хранение жидких материалов может осуществляться в подземных природных емкостях путем их закачивания и последующего естественного замораживания, твердых – в искусственно созданных хранилищах (например, в горных выработках) в виде блоков, сцементированных льдом. Типы жидких отходов, которые могут быть захоронены в хранилищах породного происхождения, приведены в таблице. Для таблицы использованы усредненные данные [1].

Анализ геологического строения, мерзлотно-гидрогеологических, климатических особенностей, социально-экономических факторов промышленного освоения [2–5] северных территорий позволил сделать вывод, что недра многих из них и в особенности стратифицированные комплексы осадочных бассейнов (ОБ) Северо-востока России перспективны для захоронения жидких или ожиженных отходов всех видов. Этому благоприятствуют повсеместное распространение ММП, разнообразие геологических структур, геодинамических условий осадконакопления, гидрогеологических обстановок в недрах ОБ, длительная история их геологического

развития, обусловившая значительную общую мощность (до 10–13 км) толщ, высокую пористость отдельных их горизонтов и неоднородность катагенетического преобразования осадочных пород. Использованию естественных емкостей в качестве хранилищ отходов способствует также широкое развитие неотектонических провалов закрытого и полужакрытого типов, где возможно применение инженерных решений для организации контролируемых процессов накопления жидких отходов и стока загрязненных поверхностных и подземных вод.

Для возможного использования ОБ северных территорий для захоронения промышленных отходов немаловажное значение имеют и такие социальные факторы как малая плотность населения (1 человек на 4,5 км²) и рассредоточенный, узловый характер распределения индустриальных центров.

Геолого-генетические типы ОБ, как структуры, пригодные для захоронения промышленных отходов. Для захоронения жидких отходов в толщах с естественным емкостным пространством порово- или трещинно-пластового характера наиболее пригодны формации пород, образующие чехлы ОБ, которые представляют собой современные вещественно-структурные элементы литосферы, перекрывающие разнообразные по геотектонической природе и размерам области длительного погружения. Цепь таких ОБ с чехлами кайнозойского и мезо-кайнозойского возраста развита по северо-западному обрамлению Тихоокеанской плиты. Среди них В.В. Ива-

нов [6] выделил ОБ геосинклинального (ранне-геосинклинальные – Ильпинский, Олюторский, Восточно-Камчатский и позднегеосинклинальные – Хатырский, Западно-Камчатский); проторогенного (Пенжинский, Пусторецкий, Анадырский, Индигиро-Зырянский и др.); дейтеророгенного (Ямско-Тауйский и др.) и платформенного (Лаптевско-Янский, Чаунский, Лонгско-Чукотский и др.) типов.

Принципиальные различия между группами выделенных ОБ проявлены в составе, наборе, последовательности формирования и возрасте структурно-формационных комплексов их фундаментов и чехлов, в интенсивности и инверсионной направленности тектонических движений, в изменении геодинамических условий их развития в геологической истории, а также в отличиях гидрогеологических обстановок в чехлах ОБ разных типов.

Общими чертами являются отсутствие в разрезах эвапоритовых соленосных толщ, формирование континентальных отложений в мезокайнозойе в условиях гумидного климата, существенная роль в осадочных чехлах кайнозойского возраста кремнеземистых пород как биогенно-осадочного, так и вулканогенного происхождения. К числу общих свойств следует отнести также значительные (до 13 км) мощности отложений ОБ, степень изменения которых охватывает всю шкалу процессов литогенетических преобразований пород вплоть до фаций высоких степеней регионального метаморфизма. Поскольку в позднем кайнозойе северо-запад Тихоокеанской плиты стал ареной высокоамплитудных резко дифференцированных неотектонических движений, то ОБ, особенно геосинклинального и проторогенного типов, по степени литогенетической преобразованности пород приобрели блоково-мозаичный характер.

При решении вопроса о целесообразности размещения в структурах, сложенных осадочными толщами, промышленных отходов, помимо перечисленных выше естественных факторов, нужно учитывать также состав антропогенных продуктов и хотя бы в самом общем виде оценивать предельно необходимую длительность их надежного захоронения.

Складирование жидких или водонасыщенных высоковязких (полутвердых) отходов промышленного производства может осуществляться также в геологических структурах вулканического происхождения в штольнях, шахтах и карьерах в виде замороженных блоков и отвердевших масс. Для устройства хранилищ отходов особенно перспективны интенсивно пропилити-

зированные и потому слабо проницаемые толщи вулканогенно-осадочных образований мелового и палеогенового возраста, слагающие отрицательные вулканоструктуры в районах, где мощность ММП превышает глубину распространения гипергенной трещиноватости.

Гидродинамическая зональность осадочных бассейнов. Важными показателями при оценке перспектив сооружения хранилищ жидких отходов являются режимы подземных вод, которые отражают их генезис и характеризуют изменения состава вод во времени, их свойств и ресурсов. В значительной мере режимы подземных вод определены гидрогеодинамической зональностью, которая формируется в процессе развития длительно погружающегося блока литосферы и контролируется интенсивностью литогенеза, метаморфическими и магматическими процессами [7, 8].

При прогрессивном литогенезе в разрезе формирующегося чехла ОБ в верхней его части, открытой для тепломассообмена с дневной поверхностью, ниже потоков грунтовых вод обособляется гидродинамическая система пластового типа, соответствующая структуре артезианского бассейна. Ее энергетический потенциал определяется перепадом приведенных напоров подземных вод, геостатическим давлением, кондуктивным тепловым потоком, формирующимся как за счет глубинных трансмагматических, в том числе радиогенных, источников тепла, так и за счет тепла, выделяющегося при экзотермических реакциях в ходе физико-химических и биохимических процессов в самой системе.

Катагенетическое преобразование органического вещества и пород ОБ здесь соответствует стадиям протокатогенеза (ПК) – мезокатогенеза (МК) 2. Характерны многообразие и большая роль экзогенных факторов в формировании состава подземных вод и гидрохимических обстановок в целом. С увеличением глубины отчетливо проявляется уменьшение скорости движения подземных вод, затруднение водообмена недр с атмосферой и поверхностной составляющей гидросферы. По этому показателю выделяются зоны активного, затрудненного и весьма затрудненного водообмена. В пределах первой зоны скорость движения подземных вод превышает 10 м/год, во второй она составляет от 1 до 10 м/год, в третьей – менее 1 м/год. Наиболее благоприятна для захоронения особоопасных отходов зона весьма затрудненного водообмена, где скорости движения воды часто измеряются величинами порядка 0,1–0,2 м/год.

Этой гидродинамической зональности в артезианских бассейнах соответствует прямая гидрохимическая, выраженная преобразованием с глубиной пресных преимущественно гидрокарбонатных вод на соленые и даже рассолы (>35 г/л) хлоридного натриево-кальциевого состава.

На Северо-востоке России в прибрежно-морских осадочных бассейнах (Анадырском, Залива Креста, Чаунском и др.) со сплошной криолитозонной, заливавшихся морскими водами в периоды четвертичных межледниковий при подъеме уровня моря выше современного, сохраняется обращенная гидрогеохимическая зональность, которой свойственно залегание соленых вод выше опресненных. Это связано с инфильтрацией морских вод при подъеме уровня моря выше современного и последующем вымерзании их в холодные ледниковые периоды. Изложенные факты указывают на неблагоприятную обстановку для создания многолетних (тысячелетних) хранилищ особо опасных отходов, так как любое изменение мощности и прерывистости криолитозоны приведет к разгерметизации хранилищ.

В ОБ с прерывистой или островной криолитозонной при отсутствии сплошных многолетнемерзлых пород в горноскладчатом обрамлении гидрогеохимические “следы” четвертичных колебаний уровня Мирового океана очень редки (Ямско-Тауйский ОБ) или отсутствуют (Западно-Камчатский). В таких ОБ существует прямая или нарушенная гидрогеохимическая зональность, при которой приповерхностной зоне активного водообмена соответствуют пресные или слабосоленоватые воды, а соленоватые и соленые свойственны зонам затрудненного и весьма затрудненного водообмена более глубоких горизонтов. Следовательно, в криолитозоне поиск участков, благоприятных для длительного хранения токсичных отходов, нужно выполнять с учетом истории развития ОБ в позднем кайнозое. При этом необходимо считаться с тем, что обнаружение на глубинах в первые сотни метров соленых вод или даже рассолов свидетельствует, скорее всего, об участии в их формировании морских вод четвертичных трансгрессий и процессов криометаморфизма [2, 3] при отсутствии соленосных толщ в разрезе осадочного чехла, а не о проявлении зоны весьма затрудненного водообмена.

Литогенетические особенности первого гидрогеологического этажа (артезианского) характеризуются возрастанием плотности пород с глубиной, уменьшением общей, открытой и эффективной пористостей и флюидопроницаемости

[8]. Усилению перечисленных векторов изменения параметров способствуют катагенетические преобразования глинистых минералов и биокосного вещества. Так, например, по данным Д.И. Агапитова, глины на глубине до 1000 м имеют объемный вес до 2 г/см³. С глубиной они преобразуются в аргиллиты с объемным весом до $2,59$ г/см³. Уплотнение пород приводит к отжатию захваченных вод бассейна седиментации и возможному развитию элизионного водообмена. Однако на каждой площади физические свойства конкретных слоев одного и того же возраста или находящихся на одних и тех же глубинах трансформируются неодинаково, что связано с их различными исходными минеральными и гранулометрическими составами, глубинными тепловыми потоками разной интенсивности, составом воды и т.д. По этой причине подошву артезианской гидродинамической системы нельзя сопоставить с каким-либо определенным стратиграфическим или литологическим горизонтом. Она будет иметь независимое положение и пересекать разновозрастные и разноглубинные слои.

Артезианская гидродинамическая система в зоне активного водообмена может использоваться, прежде всего, для хранения и самоочистки вод, загрязненных тяжелыми металлами. Это связано с повсеместным распространением в осадочных комплексах кремнеземистых образований (диатомитов, трепелов, опок), цеолитизированных вулканических пеплов, глинистых минеральных форм типа каолина и монтмориллонита. Отмеченные минералогические особенности обуславливают высокие сорбционные свойства осадочных формаций верхнего структурного этажа. В мерзлых породах возможно хранение веществ, которые в среднесрочной перспективе (10–20 лет) могут стать сырьем для получения новых видов продукции.

Ниже по разрезу осадочного чехла пластовая (артезианская) гидродинамическая система сменяется постартезианской. Катагенетическое преобразование ОБ и пород здесь соответствует стадиям МКЗ-АК (апокатагенез). В результате вторичных процессов структуры емкостного пространства коллекторов и флюидоупорной системы в этой зоне трансформируются и приобретают еще более неоднородный характер, сочетая в себе изолированные и частично изолированные резервуары пластово-порового, каверно-трещинного и трещинного типов. В энергетическом балансе увеличивается вклад тектонических напряжений и кондуктивного теплопереноса. Режим подземных вод данной системы носит черты как экзогенного, так и эндогенного

происхождения. Первые определяются гидростатическими факторами, в том числе давлением открытого столба жидкости в системе, вторые – составом и мощностью перекрывающих пород и, следовательно, создают геостатическую нагрузку, повышая общее давление в системе.

Усиливающиеся процессы дегидратации глинистых минералов приводят к опреснению воды, к возрастанию содержания в ее составе продуктов диссоциации угольной кислоты (в том числе за счет декарбоксилирования органических веществ), к смене хлоридных вод гидрокарбонатными. Подобную инверсию мы впервые на Северо-Востоке России выявили на площадях Анадырского, Хатырского и Ямско-Тауйского ОБ.

Гидродинамическое своеобразие постартезианской системы выражается в сосуществовании емкостей с разными пластовыми давлениями от аномально низких (АНПД), до аномально высоких (АВПД). Если АВПД давно привлекают внимание многочисленных исследователей, то АНПД чаще всего игнорируют. При опробовании таких емкостей в актах испытания скважин ограничиваются фразой “объект сухой” или же считают полученные результаты ошибочными. Фактически же пропускаются интереснейшие, обогащенные органическим веществом и метаморфогенными сульфидами, геологические структурные элементы, возникающие очевидно при тектоническом расслаивании осадочных толщ или же при внутренних гидроразрывах пластов, что сопровождается внедрением в емкостное пространство метаморфогенных вод повышенной агрессивности, содержащих сероводород, а также сульфид-, гидросульфид- и гидрокарбонат-ионы

На Северо-востоке России подобная емкость впервые была зафиксирована на Поворотной площади Анадырского ОБ в 1975 г. при испытании скважины Р-25. Испытано семь пластов в интервалах от 1722 до 1108 м. В шести из них замеренные пластовые давления соответствовали нормальному гидростатическому. Однако при испытании интервалов 1652–1632,6 м и 1618,6–1602 м пластовые давления оказались иными. По окончании замеров скважина была заполнена технической водой. После этого уровень воды в скважине был зафиксирован на отметке 51,5 м. Через 33 часа после завершения промывки уровень установился на глубине 320 м, т.е. на 268,5 м ниже современного уровня моря, что свидетельствует о поглощении воды толщей с пониженным пластовым давлением. Полное поглощение промывочного раствора

при бурении отмечалось и на некоторых других площадях буровых работ.

Следует отметить, что интервалы низких пластовых давлений хорошо фиксируются при акустическом каротаже скважин значительными затуханиями звуковых колебаний и увеличением ΔT (мкс/м). Иногда отмечается уменьшение объема каверн со временем вследствие самоуплотнения пород при снятии геостатических напряжений в прискважинной зоне.

Аналогичные объекты выявлены и в других ОБ. Так, при испытании интервалов 2522–2514 м и 2476–2470 м скважины № 31, сложенных аргиллито-алевролитовыми породами ионайской свиты $P_2^3 - P_3$ (Эльгинская площадь Хатырского ОБ), получен незначительный приток газа (1000 м³/сут.). После четырех снижений уровня воды в скважине за 170 часов стояния “на притоке” при закрытом затрубном пространстве пластовое давление установилось на 70,7 атм., что меньше нормального гидростатического на 180–182 атм.

Близкие по гидрологическому режиму структуры установлены и в Западно-Камчатском ОБ на Тхуклукской, Схикийской (Колпаковский район), Половинной, Россошинской площадях. С ними соседствуют емкости с нормальными и аномально высокими пластовыми давлениями.

Граница между первым и вторым гидродинамическими этажами проводится не только по плоскости перехода осадочных отложений стадии катагенетической преобразованности МК2 к стадии МК3, но и по появлению первого от поверхности слоя “разуплотненных” глинистых пород. Его образование связано с тем, что при уплотнении и дегидратации глинистых минералов, например, при переходе монтмориллонита в иллит при достижении средней температуры 105 °С и выше, за счет отделения межслоевой (конституционной) воды, давление ее в порах глины превышает геостатическое. Это приводит к внутрислойному гидроразрыву. По трещинам гидроразрыва выделяющаяся жидкая фаза поступает в емкости, вызывая явление гидрогеохимической инверсии, в данном случае опреснения. При недостаточном объеме выделяемых растворов в изолированных емкостях может сформироваться дефицит пластовых давлений, а при насыщенности глинистых слоев рассеянным органическим веществом и углеводородами возможно проявление пластовых давлений со значениями выше гидростатических. Такие “разуплотненные” слои характеризуются пониженными скоростями распространения упругих колебаний

и поэтому фиксируются методами скважинной и/или площадной геофизики [7]. Они относятся к объектам, представляющим исключительный интерес как наиболее надежные хранилища особо опасных отходов [9].

Наиболее глубокие горизонты осадочного чехла, литогенетические изменения которых достигли стадии регионального метаморфизма (третий гидродинамический этаж), в гидрогеологическом отношении можно рассматривать как своеобразную метаморфогенную флюидную систему, которая характеризуется квазипластовым трещинным и трещинно-жильным типами проницаемости. В энергетическом балансе данной системы главную роль играет конвективная составляющая теплопереноса, особенно в виде газовых потоков из основания литосферы. Режим флюидов можно определить как нестабильно устойчивый, при котором периоды отсутствия массообмена с вышележащими гидродинамическими системами и дневной поверхностью и накопления флюидов сменяются стадиями активизации флюидов, например, при тектонических или техногенных вскрытиях метаморфогенной системы. Гидрогеохимические процессы в обстановке повышенных температур и давлений в закрытых системах направлены на формирование высококонцентрированных водно-солевых систем. При этом образуются хлоридные рассолы, насыщенные газами глубинных обстановок – водородом, окисью углерода, углеводородами и гелием. Разгерметизация системы приводит к сбросу минеральной нагрузки и возникновению жильных и прожилково-жильных тел, приводящих в свою очередь к перекрытию транспортных путей и новому периоду прекращения массообмена. По существу, подземные воды метаморфогенной флюидной системы являются типичными гидротермами, деятельность которых в закрытой системе проявляется в режиме автоклавного процесса, а в открытой определяется эндогенными условиями (глубиной, температурой, давлением и составом растворов). Однако в отличие от гидротермальных, гидрохимическое состояние и изменение метаморфогенных систем не всегда и не обязательно может быть связано с магматической деятельностью.

Степень изученности третьего гидродинамического этажа пока еще крайне мала. Фактически она была вскрыта только Кольской сверхглубокой скважиной. При бурении этой скважины в интервале 4500–9200 м выявлена зона региональной тектонической рассланцеванности и гидрогенного разуплотнения. По опубликованным данным, в этой зоне породы архейского возраста

являются метаморфитами эпидот-амфиболовой и амфиболовой фаций регионального метаморфизма. Выше 4500 м они представляют собой образования фации зеленых сланцев. Породы рассланцованы, катаклазированы и лимонитизированы. Подземные воды зоны регионального разуплотнения сформированы за счет дегидратации минералов. По расчетам, потери воды составляют 6,7% от объема исходной породы. Воды хлоридные кальциево-натриевые с минерализацией более 200 г/л [10].

В петрофизическом отношении метаморфогенный этаж осадочного чехла характеризуется региональным распространением толщ с относительно пониженными плотностными характеристиками. Этот этаж представляется перспективным для захоронения радиоактивных отходов и создания искусственных локальных скоплений других особо опасных компонентов. Однако изученность данной проблемы находится на начальной стадии. При оценке структур “метаморфогенного” этажа как возможного изолированного вещественно-емкостного пространства следует предусматривать вероятность нарушения его сплошности при активизации глубинной разломной тектоники, а также из-за возникновения наведенных землетрясений, спровоцированных закачиванием жидких промышленных отходов в толщи пород.

При регрессивном литогенезе в неотектонический этап развития будут воздыматься, подвергаться выветриванию и разрушаться блоки пород осадочного чехла любого из выделенных гидродинамических этажей. ОБ, включающие первые два или все три гидродинамических этажа (артезианской пластовой системы, постартезианской и метаморфогенной), авторы предлагают называть осадочными бассейнами полного, завершенного развития или зрелыми. Они перспективны для хранения опасных отходов в недрах всех гидродинамических систем. Если в ОБ проявлен только верхний, первый этаж, залегающий непосредственно на метаморфогенном фундаменте с водами трещинного типа, то такой бассейн следует относить к бассейнам неполного, незавершенного развития. Он перспективен для захоронения отходов в зонах затрудненного и весьма затрудненного водообмена. ОБ с редуцированным верхним этажом, но с сохранившимся вторым с порово-трещинным и трещинным (пластово-трещинным) типом водопроницаемости, логично называть постартезианским, однако уже ранее за подобными структурами закрепился термин “адартезианский бассейн”. Они не перспективны для создания длительно суще-

ствующих хранилищ токсичных жидкостей. В некоторых ОБ, в силу разнонаправленности блоковых неотектонических подвижек, участки, характеризующиеся как адартезианские, могут соседствовать с участками типичных артезианских бассейнов. Подобные структуры следует относить к водонапорным системам совмещенного типа. Примерами их являются Хатырский, Восточно-Камчатский, Олюторский ОБ.

В случае обнажения на дневной поверхности земли гидродинамической системы "метаморфогенного" третьего этажа мы, по традиции, картируем подобные образования как гидрогеологические массивы или адмассивы с преобладающим развитием емкостей трещинного типа, не пригодных для надежного хранения жидких отходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фактически все современные горноскладчатые (или складчатые) области являются сохранившимися фрагментами осадочного чехла некогда гигантских, но ныне разрушенных ОБ. В гидрогеологическом отношении они характеризуются как районы развития постартезианских или адартезианских бассейнов, а также гидрогеологических массивов и адмассивов. Расположенные в их пределах ОБ позднегеосинклинального или протоеорогенного типа в гидродинамическом отношении являются бассейнами полного (или завершенного) развития. Они обладают наиболее высокими перспективами для создания подземных хранилищ опасных и особо опасных промышленных отходов. На Северо-востоке России к ним относятся Западно-Камчатский, Анадырский, Хатырский, Марковский, Индигиро-Зырянский бассейны. Их изучение должно проводиться заблаговременно, с учетом максимально допустимого набора форс-мажорных обстоятельств, которые могут возникнуть при чрезвычайных ситуациях.

При решении вопросов организации хранилищ жидких отходов в ОБ северных территорий необходимо учитывать высокую стоимость их транспортировки до мест захоронения. Возможная схема доставки будет включать применение железнодорожного и морского транспорта, строительство береговых сооружений – накопителей отходов, создание магистральных трубопроводов от береговых приемных емкостей до

мест аккумуляирования, возможно прокладку автодорог круглогодичного действия или, по крайней мере, автозимников. Необходимо принять также во внимание предстоящие значительные капитальные затраты на обустройство природных хранилищ и расходы на их безаварийную эксплуатацию. Таким образом, создание подземных хранилищ опасных для жизнедеятельности отходов несомненно потребует крупных капитальных вложений. Тем не менее, постоянно возрастающие темпы индустриального развития многих регионов страны могут привести к такой ситуации, когда резко обостряющиеся проблемы жизнеобеспечения урбанизированных территорий заставят государство пойти на любые расходы, чтобы снять возникшую чрезвычайную экологическую, а, следовательно, и социальную напряженность в районах с высокой плотностью заселения и критическим состоянием окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Экологический словарь*. М.: Изд. Слог, 1993. 202 с.
2. Гончаров В.И., Глотов В.Е. // Междунар. конгресс по управлению отходами Вэйст-Тэк. М., 5-8 июня 2001 г. Тез. докл. М.: Изд. СИБИКО Инт., 2001. С. 182–183.
3. Гончаров В.И., Глотов В.Е., Гревцев А.В. // Ресурсовспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. Мат-лы 2-ой междунар. конф. Москва, 15–18 сентября 2003 г. М., 2003. С. 17–19.
4. Кочкин Б.Т. Выбор геологических условий для захоронения высокорadioактивных отходов. Автореф. дисс. ...докт. геол.-минер. наук. М.: Изд. ИГЕМ РАН, 2002. 31 с.
5. Родкин М.В. // 4-е Геофиз. чтения им. В.В. Федынского. Москва, 28 февраля – 2 марта 2002 г. Тез. докл. М.: Изд. Центра ГЕОН, 2002. С. 106–107.
6. Иванов В.В. Осадочные бассейны Северо-Восточной Азии. М.: Изд. Наука, 1985. 208 с.
7. Глотов В.Е. // Геология перехода континент-океан на Северо-востоке Азии. Сб. научн. трудов. Магадан: Изд. СВНЦ ДВО РАН, 1991. С. 73–85.
8. Глотова Л.П., Глотов В.Е., Ваццлов Ю.Я. // Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей северо-западной Тихоокеанской плиты. Мат-лы междунар. научн. симпозиума. Ю.-Сахалинск, 24–28.09.2002 г. Т. 2. Ю.-Сахалинск: Изд. ИМГиГ СахНЦ ДВО РАН, 2002. С. 41–44.
9. Авторское свидетельство на изобретение № 1526349, приоритет от 01.08.1987 г. Способ подземного захоронения жидких и газообразных веществ. Автор В.Е. Глотов.
10. Кольская сверхглубокая скважина. / Под ред. А.П. Сидоренко. М. Изд. Недра, 1984. 490 с.

PRECIPITATION BASINS OF NORTHERN TERRITORIES AND THE PROBLEM OF BARRING OF LIQUID WAST

V.I. Goncharov, B.E. Glotov, A.V. Grevtsev

The questions of the choice of optimal in their geological structure, for creating storages of industrial wastes of long lasting usage have been dwelt upon, the structural material specification of natural complexes of which they consist and probable hydrogeological conditions of distribution of products of man-caused industry have been determined, types of liquid wastes, meant for barring have been characterized, the criterion of appreciation of reliability of natural capacity according to their ecological and social consequences and economical expediency of creating such storages have been offered.

REFERENCES

1. *Ekologicheskiy slovar'*. [Dictionary of environment]. 1993. Moscow, "Slog" Publ.: 202 p. (In Russian).
2. Goncharov V.I., Glotov V.E. 2001. *Mezhdunar. kongress po upravleniyu otkhodami Veyst-Tek. Moskva, 5–8 iyunya 2001 g. Tez. dokl.* [International Congress on Waste Management Waste Tech. Moscow, 5–8 June 2001. Abstracts]. Moscow, "SIBIKO" Publ.: 182–183. (In Russian).
3. Goncharov V.I., Glotov V.E., Grevtsev A.V. 2003. In: *Resursovosproizvodyashchie, malootkhodnye i prirodookhrannye tekhnologii osvoeniya nedr. Materialy 2-y mezhdunar. konf. Moskva, 15–18 sentyabrya 2003 g.* [Technology reproduction of resources, low-waste and environmental protection technology of development of mineral resources. Materials of the 2nd International Conf. Moscow, 15–18 September 2003]. Moscow: 17–19. (In Russian).
4. Kochkin B.T. 2002. *Vybor geologicheskikh usloviy dlya zakhoroneniya vysokoradioaktivnykh otkhodov. Avtoref. dis. ... dokt. geol.-miner. nauk.* [Selection of the geological conditions for the disposal of highly radioactive waste. Doctor's Thesis Abstract]. Moscow, IGE M RAN Publ.: 31 p. (In Russian).
5. Rodkin M.V. 2002. *4-e Geofiz. chteniya im. V.V. Fedynskogo. Moskva, 28 fevralya – 2 marta 2002 g. Tez. dokl.* [Fourth geophysical read the V.V. Fedynskogo. Moscow, February 28 – March 2, 2002. Abstracts]. Moscow, GEON Publ.: 106–107. (In Russian).
6. Ivanov V.V. 1985. *Osadochnye basseyny Severo-Vostochnoy Azii.* [Sedimentary basins of North-East Asia]. Moscow, Nauka Publ.: 208 p. (In Russian).
7. Глотов В.Е. 1991. In: *Geologiya perekhoda kontinent – okean na Severo-Vostoke Azii. Sbornik nauchnykh trudov.* [Geology transition Continent – Ocean in the Northeast Asia. Collection of scientific papers]. Magadan, SVNTs DVO RAN: 73–85. (In Russian).
8. Glotova L.P., Glotov V.E., Vashchilov Yu.Ya. 2002. In: *Stroenie, geodinamika i metallogeniya Okhotskogo regiona i privileyushchikh chastey severo-zapadnoy Tikhookeanskoy plity. Mat-ly mezhdunar. nauchn. simpoziuma. Yu.-Sakhalinsk, 24–28.09.2002 g.* [The structure, geodynamics and metallogeny of Okhotsk region and adjacent parts of north-west of the Pacific plate. Materials Intern. Scien. symposium. Yuzhno-Sakhalinsk, 24–28.09.2002]. Vol. 2. Yuzhno-Sakhalinsk, IMGIG SakhNTs DVO RAN: 41–44. (In Russian).
9. Glotov V.E. 1987. *Sposob podzemnogo zakhoroneniya zhidkikh i gazoobraznykh veshchestv: Avtorskoe svidetel'stvo na izobretenie № 1526349. Prioritet ot 01.08.1987.* [A method of underground disposal of liquid and gaseous substances, Copyright certificate. Prioritet 01.08.1987]. (In Russian).
10. Sidorenko A.P. 1984. *Kol'skaya sverkhglubokaya skvazhina.* [Kola ultradeep well]. Moscow, Nedra Publ.: 490 p. (In Russian).