

УДК 556.3:553.98

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОДЗЕМНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПОДТОВАРНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОЙ ЗОНЫ НЕФТЕГАЗОАКОПЛЕНИЯ

Н.С. Трифонов

Томский политехнический университет
E-mail: Trifonovnik@mail.ru

На основе анализа гидрогеологических условий показана принципиальная возможность решения вопроса утилизации подтоварных и сточных вод на месторождениях Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции (Байкитская антеклиз). В качестве объектов, пригодных для организации системы захоронения, рекомендуются резервуары ангаро-литвинцевской толщи, булайский и осинский водоносные горизонты.

Ключевые слова:

Захоронение промстоков, водоносный горизонт, химический состав, коллекторские свойства.

Key words:

Underground burial of waste waters, reservoir, chemical composition, reservoir properties.

В большинстве развитых стран при решении проблем утилизации жидких промышленных отходов широкое развитие получило их подземное захоронение в глубокие водоносные горизонты, содержащие, как правило, высокоминерализованные и не представляющие практической ценности подземные воды [1].

При разработке нефтяных месторождений подземное захоронение не утилизируемых промышленных стоков впервые начало применяться как сброс попутно добываемых промысловых вод на территории бывшего СССР и в США. Нагнетание осуществлялось на выведенных из эксплуатации скважинах в горизонты, ранее содержавшие нефть, или в вышележащие поглощающие горизонты.

Наибольшее развитие подземное захоронение стоков в глубокие водоносные горизонты получило в США. В 1959 г. в этой стране действовало 6 нагнетательных скважин, в 1963 г. их число возросло до 35, в 1967 г. — 110, в 1969 г. — 150, в 1970 г. — 175, в 1972 г. — 246, в 1973 г. — 278 скважин.

На Шебелинском месторождении (Украина) с 1978 г. периодически ведется закачка сточных вод в нижнетриасовый горизонт на глубину 880...1000 м.

В 1979—1980 гг. на Шатлыкском месторождении (Туркмения) началось захоронение сточных вод в бухарские отложения через скважины глубиной 1500...1600 м (объемом от 115 до 528 м³/сут при устьевом давлении от 2,5 до 6,5 МПа).

Однако ранее к конструкции, качеству сооружения и режиму эксплуатации таких скважин, а также к геологическому обоснованию захоронения специальные требования не выдвигались. Тем более не прорабатывались вопросы охраны окружающей среды. В результате зачастую происходили: загрязнение неглубокозалегающих пресных вод, потеря приемистости скважины в результате кольтизации пласта-коллектора, возникновение межпластовых перетоков и другие негативные явления. Это в значительной мере дискредитировало

глубинное захоронение и к 80—90 гг. прошлого века в ряде случаев привело к необоснованному отказу от его применения [2].

В последнее время наметилась тенденция к возврату использования технологии подземного захоронения, которая ныне основывается на детальном экологическом мониторинге, оперативном контроле и оптимизации схем эксплуатации полигонов захоронения.

Например, широко практикуется подземное захоронение промышленных сточных вод на севере Тюменской области. Захоронение стоков осуществляется в песчаные отложения сеномана, альба и апта на глубину 990...1600 м (чаще 1100...1400 м). Высокие коллекторские свойства песчаных пород (пористость 25...30 %, проницаемость не менее 0,5 мкм²) обеспечивают высокую приемистость скважин, составляющую при опытных нагнетаниях от 600 до 2400 м³/сут при устьевом давлении от 0,2 до 0,6 МПа.

В связи со строительством нефтепровода ВСТО большие надежды по увеличению объемов нефте- и газодобычи связаны с Восточной Сибирью и, в частности, с группой месторождений Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции (ЮТЗ). Необходимость выполнения недропользователями лицензионных соглашений определяют быстрые темпы развития и необходимость скорейшего ввода в эксплуатацию первоочередных участков месторождений, подготовленных к разработке. Труднодоступность, суровые климатические условия, отсутствие развитой инфраструктуры, а также сложные геолого-гидрогеологические условия выступают в роли факторов, сдерживающих развитие.

Одна из главных задач, которую необходимо решить до ввода месторождений в эксплуатацию, — проблема утилизации больших объемов промышленных стоков.

Для утилизации жидких отходов требуется либо отведение земель под строительство специальных бассейнов-хранилищ, либо дополнительное про-

изводство по очистке или переработке этих отходов.

Часто используемый для нейтрализации воздействия сточных вод на окружающую среду метод их естественного упаривания в прудах-испарителях на поверхности уже не удовлетворяет требованиям дня. *Во-первых*, это связано с тем, что для реализации подобного метода необходимы значительные площади под строительство специальных бассейнов, *во-вторых*, последующая эксплуатация таких полигонов и бассейнов и их рекультивация требуют значительных финансовых средств. К тому же данный способ утилизации негативно влияет на загрязнение воздушной среды и подземных вод.

Очистка (переработка) сточных вод требует еще больше усилий и капиталовложений, а существующие методы очистки и обезвреживания стоков во многих случаях еще недостаточно технологически совершенны и эффективны.

На месторождениях, разработка которых ведется уже долгое время, эта проблема легко решается путем закачки накапливающихся вод в систему поддержания пластового давления. Но на тех месторождениях, которые только вводят в эксплуатацию и на которых эта система отсутствует, вопросы утилизации вод превращаются в серьезную проблему для недропользователя.

В этой связи представляет интерес ликвидация сточных вод путем их подземного захоронения в глубокие горизонты. Для этого водоносный горизонт должен обладать высокой поглощающей способностью (приемистостью), быть приуроченным к зоне застойного или замедленного гидродинамического режима, и быть надежно изолированным от других водоносных горизонтов, чтобы не допускать их загрязнения или прямого выхода стоков на дневную поверхность. Поэтому для обеспечения экологической безопасности между поглощающим горизонтом и эксплуатируемым для каких-либо целей водоносным горизонтом должен иметься буферный пласт водоупорных пород. Поскольку в поглощающем водоносном горизонте промышленные стоки испытывают сильные латеральные миграции, то буферный горизонт по площади должен значительно превосходить область гидродинамических возмущений. Поглощающий водоносный горизонт не должен содержать пресных вод хозяйственно-питьевого назначения, бальнеологических и промышленных вод, т. е. захоронение возможно лишь в водоносные горизонты, непригодные для практического использования (за нижний предел минерализации таких вод в США рекомендуется величина 10 г/дм^3 [3]).

Обязательным условием должна быть совместимость составов пластовых и закачиваемых вод. В противном случае происходит растворение/отложение солей в призабойной зоне нагнетательных скважин, что сказывается на их приемистости.

Ввиду отсутствия для территории ЮТЗ данных специализированных гидрогеологических исследований для технически грамотного и экономиче-

ски эффективного решения вопроса утилизации сточных вод необходима его предварительная научная проработка, включающая сбор, систематизацию и анализ всех имеющихся разрозненных геолого-гидрогеологических материалов по Кюмбинскому, Юрубченскому, Оморинскому, Терско-Камовскому и другим лицензионным участкам, оценку ресурсов природных резервуаров и качества подземных вод разных типов.

Анализируя все возможные варианты утилизации промышленных стоков, представленных подтоварными (минерализация $190...230 \text{ г/дм}^3$; объемы в зависимости от разрабатываемого участка и стадии его разработки могут меняться от 200 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$ до 1 млн $\text{м}^3/\text{год}$) и сточными водами (минерализация $2...3 \text{ г/дм}^3$, ожидаемые объемы составляют порядка $200...500 \text{ м}^3/\text{год}$), в пределах ЮТЗ можно предположить следующее.

Для сброса подтоварных и сточных вод в речную сеть необходимо их разбавление не менее чем в $500...800$ раз и очистка от нефтепродуктов и других загрязняющих компонентов до допустимых кондиций. Это потребует строительства специальных водоочистных сооружений, создания системы разбавления, сети трубопроводов, утилизации отходов водоочистки, постоянного технологического контроля, мониторинга поверхностных вод и т. д. Учитывая временный характер захоронения подтоварных рассолов (до организации системы поддержания пластового давления), все это делает вариант сброса подтоварных и сточных вод в речную сеть малопривлекательным в экономическом отношении и достаточно рискованным в экологическом смысле.

Подтоварные воды, имеющие минерализацию $190...230 \text{ г/дм}^3$, обладают высокой плотностью, и в среде более легких подземных вод (пресных, соленых и слабых рассолов) при наличии водопроницаемости по вертикали стремятся занять наиболее низкое гипсометрическое положение. В этой связи заслуживает внимания вариант их накопления в естественных или искусственных инфильтрующих водоемах в зонах распространения соленых и соленых подземных вод. Примером может служить захоронение дренажных рассолов АК «АЛРОСА» при разработке кимберлитовых трубок «Удачная» (более 10 млн м^3) и «Мир» (более 130 млн м^3) в мерзлой толще путем самопроизвольной инфильтрации из поверхностных накопителей и с помощью нагнетательных скважин [4].

К сожалению, этот перспективный и дешевый метод требует для своей реализации хорошей гидрогеологической изученности, которая может быть достигнута лишь при проведении значительных объемов гидрогеологических поисково-разведочных работ.

Наиболее приемлемым выступает традиционный метод «глубинного» подземного захоронения. Понятие «глубинное», в данном случае, достаточно условно, поскольку речь идет о закачке стоков в зоны затрудненного и застойного гидродинамического режима на глубинах от $200...300$ до $1000...1500 \text{ м}$.

В условиях рассматриваемого региона, где засоление пород отмечается уже в эвенкийской свите, а нижнекембрийские отложения соленосны, зона затрудненного водообмена, содержащая сильно соленые и рассольные воды, начинается обычно с глубины 150...200 м ниже местного базиса эрозии. Следовательно, для захоронения подтоварных и сточных вод Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции могут использоваться любые водоносные горизонты ниже этого уровня при условии наличия у них необходимых фильтрационно-емкостных свойств и отсутствия разгрузки в вышележащие водоносные горизонты. В этой связи размещать полигон захоронения следует в гидродинамических зонах нисходящей фильтрации (в зонах питания), приуроченных к водораздельным пространствам, на максимальном удалении от постоянно действующих водотоков, чтобы избежать разгрузки закачиваемых стоков в долины рек и ручьёв.

Для создания систем захоронения наибольший интерес представляют горизонты, залегающие ближе к поверхности, но не выше абсолютных отметок

+50...–50 м, где начинается зона солёных вод, не представляющих практического интереса для водоснабжения. Более подробно геология и гидрогеология района описаны в работе [5].

Кратко охарактеризуем сверху вниз известные на сегодня в пределах Байkitской антеклизы и в прилегающих районах водоносные комплексы и горизонты (табл. 1), в той или иной мере удовлетворяющие перечисленным условиям.

Первый из них – среднеэвенкийский подкомплекс эвенкийской свиты (E_{2-3} ev) песчано-глинисто-карбонатного состава общей мощностью 140...220 м включает два напорных водоносных горизонта: «верхний» и «нижний», которые имеют толщины 6...10 и 35...40 м соответственно. Оба они характеризуются дебитами скважин 100...300 м³/сут и статическими уровнями, устанавливающимися на отметках 14...176 м при отметках поверхности 190...700 м. На отдельных участках этот подкомплекс может быть обнаружен на достаточно больших глубинах. Отсутствие выдержанных покрышек и, как следствие, возможность разгрузки закачиваемых

Таблица 1. Обобщенная гидрогеологическая стратификация ЮТЗ [6]

Возраст	Свита	Региональные и субрегиональные резервуары		
		Индекс	Горизонт/подкомплекс	Комплекс
Надсолевая формация				
P-N-Q	–	–	аллювиальный, элювиально-делювиальный, подмерзлотный зон трещиноватости	Палеоген-четвертичный
T	Учамская, тутончанская	–		Верхнепалеозойско-триасовый
O ₁₋₂	Байкитская	–	байкитский	Ордовикский
	Чуньская	–	чуньский	
	Пролетарская	–	пролетарский	
Є ₂₋₃	Эвенкийская, оленчиминская	–	верхнеэвенкийский, среднеэвенкийский, нижнеэвенкийский, оленчиминский	Надсолевой
Є ₁₋₂	Литвинцевская/ ангарская	A ₀	верхнеангарско-литвинцевский	
Соленосная формация				
Є ₁₋₂	Литвинцевская	A ₁	литвинцевский	Ангарско-литвинцевский
Є ₁	Ангарская	–	–	
	Булайская	A ₂	булайский	Булайский
	Бельская	A ₃	верхнебельский	Бельский
		A ₄	нижнебельский	
		A ₅	христофорский	
	Усольская	A ₆	балыхтинский	Усольский
B ₁		осинский		
Подсолевая формация				
V-Є ₁	Тэтэрская	B ₃₋₅	тэтэрский	Карбонатный
V	Собинская	B ₆	собинский	
	Катангская	B ₇	оморинский	
	Оскобинская	B ₈	оскобинский	Терригенно-сульфатно-карбонатный
		B ₉	–	
		Ванаварская	BH ₁₋₅ BH ₈₋₁₃	ванаварский
R ₃	Ирэмэкэнская, токурская	P-1 ₀	ирэмэкэнский	Рифейский
	Вингольдинская, рассолкинская	P-1 ₁	юктенский	
R ₂	Юктенская, копчерская			
	Куюмбинская	P-1 ₂	куюмбинский, юрубченский	
	Долгоктинская, юрубченская			
	Мадринская	–	–	
R ₁	Зелендоконская			

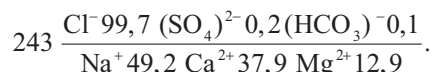
мых стоков в вышележащие горизонты пресных вод требует особо тщательного подхода при выборе под закачку горизонтов эвенкийской свиты.

Следующим наиболее перспективным для использования в целях захоронения подтоварных вод является высокопроницаемый трещинно-порово-кавернозный водоносный горизонт рассолов выщелачивания, приуроченный к верхней части карбонатно-соленосной толщи нижнего кембрия. Он пользуется широким распространением в нижней части разреза литвинцевской (E_{1-2} lit) и верхней части ангарской свит (E_{1-2} an). Особенно высокопроницаемая часть этого горизонта предполагается в зоне контакта с интрузивными телами. Он не имеет определенной литолого-стратиграфической приуроченности и в зависимости от конкретных условий локализуется там, где образуются высокопроницаемые за счет соляного карста породы, которые глубже сменяются на практически непроницаемую соленосную толщу.

Данные по химическому составу пластовых флюидов нижней части эвенкийской, литвинцевской и ангарской свит в пределах ЮТЗ ограничены из-за отсутствия к ним практического интереса в период поисково-разведочных работ на нефть и газ.

Верхняя часть разреза литвинцевской свиты сложена мощными толщами солей, поэтому можно предполагать, что подстилающие воды будут практически равновесны с галитом (т. е. иметь хлоридный натриевый состав), и их минерализация может достигать 300 г/дм³ (в зависимости от степени проницаемости пород).

Так, например, из скважины № 10 Куюмбинской площади с глубины 750 м (E_{1-2} an) поднят рассол хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией 243 г/дм³:



Коллекторские свойства карбонатных пород в разрезе ангарской свиты изучались в отдельных колонковых скважинах профиля Тохомо-Куюмба. По имеющимся данным в кавернозных доломитах коэффициент пористости достигает значений от 12,8 до 35 %, а в хемогенных плотных доломитах — изменяется от 2,58 до 8,25 %.

О коллекторских свойствах верхней части разреза мы судим по процессу поглощения промывочной жидкости в процессе бурения глубоких скважин на данной территории. Глубина залегания поглощающих горизонтов колеблется от 100 м до 977 м, составляя в среднем 600...800 м. Интенсивность поглощений изменяется от 14 до 100 м³/ч. В отдельных случаях, связанных с наличием в разрезе интрузивных тел интенсивность поглощений достигает катастрофических значений и приводит к полной потере циркуляции (табл. 2).

Нижележащая соленосная формация в экономическом плане менее перспективна для организации системы захоронения подтоварных вод ввиду её более глубокого залегания. С другой стороны,

она характеризуется высокой степенью изоляции, застойным гидродинамическим режимом и соответственно высокой минерализацией и метаморфизацией химического состава рассолов. В разрезе формации, толщиной 1650...1800 м, выделяется нескольких спорадически обводненных горизонтов в различной степени глинизированных и сульфатизированных известняков и доломитов.

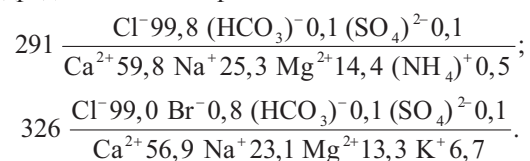
Таблица 2. Поглощения промывочной жидкости (ПЖ) в интервале глубин 80...900 м при проходке глубоких скважин

Индекс скв.*	Глубина, м	Q_{max} , м ³ /ч	Примечание
Вд-5	90	14	E_{2-3} ev
Мнк-1	120	30	E_{2-3} ev $H_{ст}=45$ м
Км-13	312	—	E_{1-2} lit полное поглощение
Км-6	486	45	E_{1-2} lit
Км-11	650	—	E_{1-2} lit полное поглощение
Км-2	470	54	E_1 an цементаж
Юр-60	547	32	E_{1-2} an с 548 м — полный уход
Юр-110	565	40	E_{1-2} an
Км-10	606	40	E_1 an (кровля) $H_{ст}=75$ м
Юр-33	792	100	E_{1-2} an
ВТг-2	836	—	E_1 an полное поглощение
Юр-113	878	—	E_{1-2} an полное поглощение ПЖ
Юр-33	897	—	

*Вд — Вздрышевская; Мнк — Манкурская; Км — Куюмбинская; Юр — Юрубченская; ВТг — Верхнетайгинская. $H_{ст}$ — статический уровень.

Исходя из реально полученных при испытании скважин на Куюмбинской и Юрубченской площадях притоков, основной интерес, с точки зрения использования для захоронения промысловых вод, среди них могут представлять булайский и осинский горизонты, залегающие на глубинах 863...1232 и 1726...2134 м, соответственно. В меньшей мере — нижебельский на глубинах 1207...1540 м.

Отсюда третьим горизонтом, пригодным для утилизации подтоварных и сточных вод, является водоносный горизонт отложений булайской свиты. В скважине № 1 Нижнетайгинской площади из интервала 776...820 м (E_1 bul-bel₁) отобрана проба пластовой воды с минерализацией 291 г/дм³, а из интервала 826...831 м — с минерализацией 326 г/дм³. Таким образом, рассолы, заполняющие этот горизонт, резко отличаются от вышележащих рассолов как своей более высокой минерализацией (обычно от 340 до 410 г/дм³), так и высокометаморфизованным хлоридным натриево-кальциевым и кальциевым составом, что свидетельствует об их застойном гидродинамическом режиме:



Информация о коллекторских свойствах отложений булайской свиты значительно скуднее, чем для подстилающих отложений. Этот интервал разреза (от 800 до 1200 м) в глубоких скважинах разбуривался без отбора керна, а колонковые скважины его не вскрывали. Прежде всего на присутствие коллекторов в отложениях булайской свиты указывают сведения о поглощениях в процессе бурения (табл. 3).

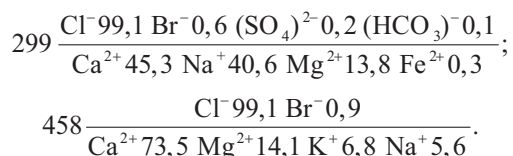
Таблица 3. Поглощения промывочной жидкости в интервале глубин 800...1200 м (булайская свита) при проходке глубоких скважин

Индекс скв.*	Глубина, м	$Q_{\max}$, м³/ч	Примечание
Юр-9	878	–	Поглощение ПЖ
Юр-12	1139	–	Полное поглощение ПЖ, $H_{\text{ст}}=300$ м
Юр-46	982	60	$H_{\text{ст}}=150$ м
Юр-46	1003	–	Полное поглощение ПЖ
Юр-48	1164	–	Полное поглощение ПЖ, $H_{\text{ст}}=224$ м
Юр-49	1187	–	Полное поглощение ПЖ, $H_{\text{ст}}=146$ м
Юр-52	1125...1140	–	Полное поглощение ПЖ
Юр-56	1100...1150	45	$H_{\text{ст}}=235$ м
Юр-57	1075	90	–
Юр-63	950...1193	–	Полное поглощение ПЖ, $H_{\text{ст}}=170$ м
Юр-68	1045...1050	–	Полное поглощение ПЖ, $H_{\text{ст}}=140$ м
Юр-69	1085	36	$H_{\text{ст}}=220$ м
Ксв-1	780	2	–

*Юр – Юрубченская, Ксв – Косвинская.

Альтернативным вариантом обычному захоронению промстоков, осуществляемому, как правило, на глубину до 1500 м, может стать действительно глубинное (более 2000 м) подземное захоронение подтоварных и сточных вод в отложения осинского горизонта, венда или рифея.

В этом случае наиболее перспективным является вариант закачки стоков в осинский горизонт нижнего кембрия, химический состав подземных вод которого представлен, в основном, хлоридами кальция с подчиненным значением ионов натрия и магния (минерализация 300...470 г/дм³). Например, из скважины № 28 Юрубченской площади с глубины 2090...2100 м (E_1 os) поднят рассол хлоридного натриево-кальциевого состава с минерализацией 299 г/дм³, а из скважины № 15 Куюмбинской площади с глубины 1772 м (E_1 us) – хлоридного магниевое-кальциевого состава с минерализацией 458 г/дм³:



От выше- и нижележащих водоносных горизонтов осинский горизонт изолирован мощными толщами солей уральской свиты нижнего кембрия.

Здесь, как и в верхней части ангарской свиты, улучшение фильтрационных свойств горизонта связано с появлением или увеличением в нем тре-

щиноватости, благодаря термальному и механическому воздействию интрузивных тел. Интенсивность поглощений от 5 до 60 м³/ч, но примерно в 50 % случаев фиксируются поглощения более 100 м³/ч и полный уход промывочной жидкости (табл. 4).

В 9 скважинах исследуемой территории из отложений осинского горизонта отобран керн, по 6 из них проведены лабораторные определения фильтрационно-емкостных свойств.

В скважинах Мдр-156, Юр-1, Юр-2 и Юр-5 хорошо охарактеризован пласт-коллектор в кровельной части осинского горизонта, коллекторские свойства которого лучше. Улучшенные коллекторские свойства прикровельной части осинского горизонта характеризуются хорошей выдержанностью на всей изучаемой территории.

В скважинах Вд-1 и Мнк-1 отобран и проанализирован керн из средней части осинских отложений, где также выделяется пласт с хорошими коллекторскими свойствами.

Таблица 4. Поглощения промывочной жидкости в интервале глубин 1900...2300 м (осинский горизонт) при проходке глубоких скважин

Индекс скв.*	Глубина, м	$Q_{\max}$, м³/ч	Примечание
Юр-32	2023...2043	–	Полный уход в кровле силла
Юр-33	2109...2279	–	Полный уход
Юр-45	1927...1947	100	Поглощение началось в кровле силла
Юр-52	1056...2233	>100	Поглощение на всем интервале
Юр-54	1881	>100	Поглощение началось в центре силла
Юр-89	1945...2027	–	Выявлены как поглощения, так и водопроявления
Юр-28	2138...2162	–	Полный уход
Вд-2	1921	16	Поглощение началось в центре силла
Вд-4	1962	12	Поглощение в кровле os
Юр-27	1984...2017	>100	Поглощения в 20 м выше силла
Юр-31	1958	>100	Поглощение началось в кровле силла
Юр-37	2046...2057	>100	Поглощение на 1...2 м выше кровли силла
Юр-46	2041	>100	Поглощения в 11 м выше силла

*Вд – Вздрэшевская; Юр – Юрубченская.

Горизонты подсолевой формации залегают на глубинах от 1900 м (кровля тэтэрской свиты) до 2500 м (кровля рифея) и вряд ли представляют интерес для захоронения сточных вод.

Таким образом, анализ имеющихся данных о гидрогеологических условиях в пределах Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции позволяет выделить водоносные горизонты, которые по своим фильтрационно-ёмкостным характеристикам, приуроченности к зонам затрудненного и весьма затрудненного водообмена, защищенности от возможных восходящих перетоков и составу вод пригодны для захоронения подтоварных и сточных вод.

Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что такими горизонтами должны стать карстово-порово-трещинные высокопроницаемые отложения ангарско-литвинцевской толщи, карбонатно-соленосные отложения булайской свиты и сильнотрещиноватые доломитизированные известняки осинского горизонта. В качестве

альтернативного варианта для утилизации промышленных стоков могут рассматриваться отложения рифея (ниже уровня водо-нефтяного контакта) посредством опережающего строительства и ввода в эксплуатацию нагнетательных скважин, которые в любом случае будут буриться при создании системы поддержания пластового давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков / под ред. В.А. Грабовникова. – М.: Недра, 1993. – 335 с.
2. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П., Лукьянчикова Л.Г. Подземное захоронение промышленных сточных вод. – М.: Недра, 1994. – 282 с.
3. Brower R.D. Evaluation of underground injection of industrial waste in Illinois // Groundwater monitoring review. – 1990. – № 3. – P. 89–93.
4. Алексеев С.В. Криогенез подземных вод и горных пород (на примере Далдыно-Алакитского района Западной Якутии). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000. – 119 с.
5. Вожов В.И. Подземные воды и гидроминеральное сырье Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2006. – 208 с.
6. Букаты М.Б. Гидрогеологическое строение западной части Сибирской платформы (в связи с поисками, разведкой и разработкой месторождений нефти и газа) // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50. – № 11. – С. 1201–1217.

Поступила 09.03.2011 г.