

УДК 69.035.4:662.654

А.С. Хрулев

СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Проведен анализ применения скважинной гидротехнологии при освоении нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал.

Ключевые слова: подземное хранилище, скважина, захоронение отходов.

Развитие газодобывающего комплекса Западной Сибири связано с обеспечением предприятий ОАО «Газпром» строительными материалами, созданием подземных хранилищ под жидкие углеводороды и захоронением промышленных отходов в мерзлых породах. При огромной потребности в песчаных материалах, обеспечить их завоз на удаленные и неосвоенные территории не представляется возможным. Запасы песка, залегающего вблизи поверхности, обычно низкого качества с большим содержанием пылевато-глинистых частиц. При этом объекты строительства могут находиться на значительных расстояниях от мест добычи.

Анализ материалов инженерно-геологических изысканий на территориях нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ) полуострова Ямала показывает, что геологический разрез на глубинах до 100 м благоприятен для применения скважинной гидротехнологии при добыче песка и строительстве подземных хранилищ. К примеру, в районе Бованенковского ГКМ погребенные на глубине 10—40 м песчаные отложения распространены повсеместно, а их мощность достигает 80 м. На территории Харасавэйского и Новопортовского НГКМ

также выявлены погребенные песчаные отложения мощностью 10–20 м.

Эффективность применения технологии скважинной гидродобычи в условиях полуострова Ямал обеспечивается благодаря непроницаемости многолетнемерзлых пород для газов и жидкостей, в том числе углеводородных и токсичных, широкому распространению многолетнемерзлых песчаных отложений мощностью 10—50 м в интервале глубин 10—100 м, эффективному разрушению мерзлого песка при водно-тепловом воздействии, устойчивости подземных резервуаров объемом 5 тыс. м³ и более.

Основными направлениями использования технологии скважинной гидродобычи являются:

- подземное хранение дизельного топлива, газового конденсата, сжиженных углеводородных газов, нефти;
- захоронение отходов, образующихся при освоении и эксплуатации нефтегазоконденсатных месторождений (жидкие и твердые буровые отходы, твердые и жидкие бытовые и промышленные отходы);
- добыча песка и гравия для строительства оснований промышленных площадок и дорог и производства бетона;

- создание емкостей для аварийного запаса воды и сепараторов при капитальном ремонте скважин.

В 2007—2008 годах ООО «Подземгазпром» выполнены работы по опытно-промышленной реализации скважинной гидротехнологии при добыче песка и строительстве подземных резервуаров в многолетнемерзлых осадочных породах.

Скважинная гидродобыча песка

Технологическая схема включает бурение скважины с ее обсадкой на глубину 10 м, оттаивание через нее мерзлого песка с использованием парогенераторной установки, взвешивание оседающего на дне резервуара песка гидромониторной струей, эрлифтный подъем гидросмеси на поверхность, обезвоживание песка и повторную подачу воды в скважину.

Для реализации технологической схемы используется следующее оборудование: скважинный гидродобычный агрегат, состоящий из скважинного эрлифтного снаряда и платформы управления, передвижная парогенераторная установка ППУ-1600, дизельный компрессор ВК 25/8, установка по обезвоживанию песка с насосом оборотного водоснабжения и бульдозер.

Основные технологические параметры скважинной гидродобычи песка были определены в ходе проведения опытных работ на кустовой площадке Бованенковского месторождения. Геологический разрез площадки представлен отложениями суглинков мощностью 11,5 м, под которыми залегают многолетнемерзлые песчаные отложения мощностью 24 м, подстилаемые глинистыми породами.

Технологическая скважина была пробурена на глубину 37 м с обсадкой трубой Ш 426 мм. В скважину с помощью бурового станка смонтирован гидродобычный снаряд, состоящий из

пульпоподъемной трубы Ш 168 мм, водоподающей трубы Ш 114 мм, воздухоподающей трубы Ш 114 мм, внутри которой располагалась пароподающая труба Ш50 мм. Соединение труб — муфтовое. При подаче воды и пара происходило оттаивание мерзлого песка, который осаждался на дне образующейся подземной камеры, эрлифтом поднимался на поверхность и направлялся на карту намыва. Управление процессом формообразования подземной камеры осуществлялось поддержанием заданного уровня раздела вода-воздух. Резервуар обрабатывался в два этапа для формирования устойчивого свода.

Производительность при обработке подземной камеры по песку составила 15—20 м³/ч (рис. 1).

За 18 суток было добыто около 5 000 м³ песка. Содержание фракции меньше 50 мкм не превысило 5 %, что делает добытый песок пригодным не только для дорожного строительства, но и в качестве мелкого наполнителя при производстве бетона.

По окончании строительства было произведена звуколокационная съемка подземного резервуара (рис. 2).

Оценка горно-геологических условий Бованенковского НГКМ и расчеты устойчивости подземных резервуаров



Рис. 1. Добыча песка из скважины на Бованенковском НГКМ

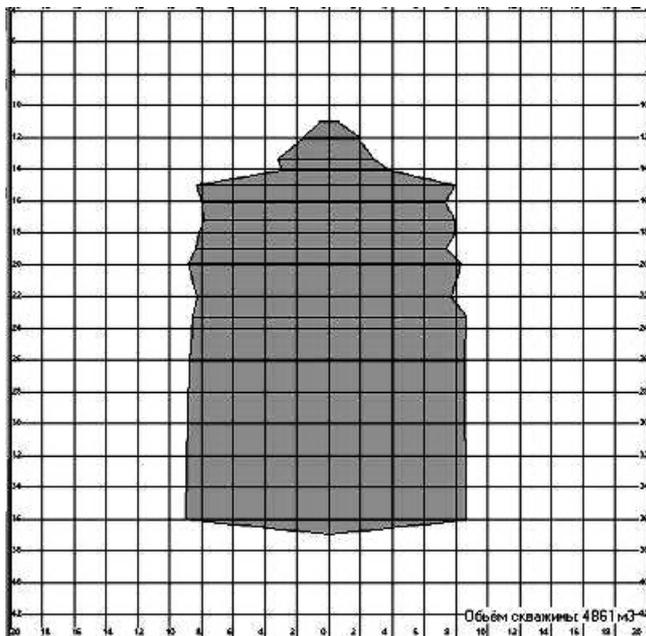


Рис. 2. Вертикальный разрез подземного резервуара по данным звуколокационной съемки

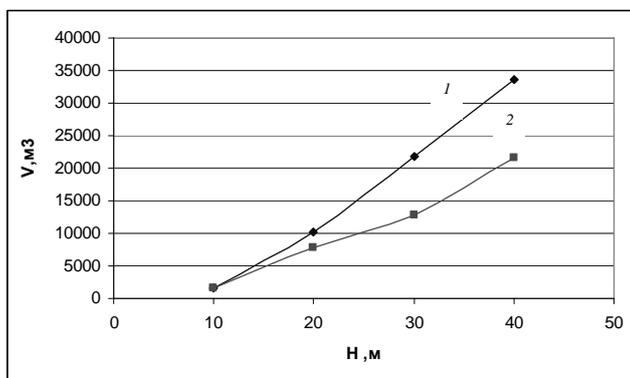


Рис. 3. Расчетный объем подземного резервуара по условиям устойчивости при мощности покрывающих пород 10 м (1) и 40 м (2)

показали, что, по условиям устойчивости, объем добычи песка из подземного резервуара может достигать 30 тыс. м³. (рис. 3).

Рентабельная добыча песка обеспечивается как стационарным комплексом, с использованием в качестве

источника энергии природного газа, так и мобильным комплексом, работающим на дизельном топливе в непосредственной близости от потребителя. Эффективность использования мобильного комплекса достигается за счет снижения расходов на транспорт песка.

Подземные хранилища жидких углеводородов

В перспективе развития Бованенковского, Харасавэйского, Новопортовского, Ростовцевского и группы Тамбейских месторождений выход жидких углеводородов, по оценке ВНИИГаз, достигнет 12,0–12,5 млн.т/год.

Подземные хранилища используются как перевалочные и распределительные базы при освоении и эксплуатации газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений, в системе подготовки к транспорту природного газа и жидких углеводородов, для покрытия пиковых и сезонных неравномерностей потребления, в качестве товарно-сырьевых парков газоперерабатывающих и нефтеперерабатывающих заводов.

Экономическое сравнение вариантов подземного и наземного хранения жидких углеводородов для условий Севера Тюменской области и Якутии свидетельствует о том, что капитальные вложения при подземном хранении снижаются в 5 — 10 раз, при существенном снижении эксплуатационных расходов.

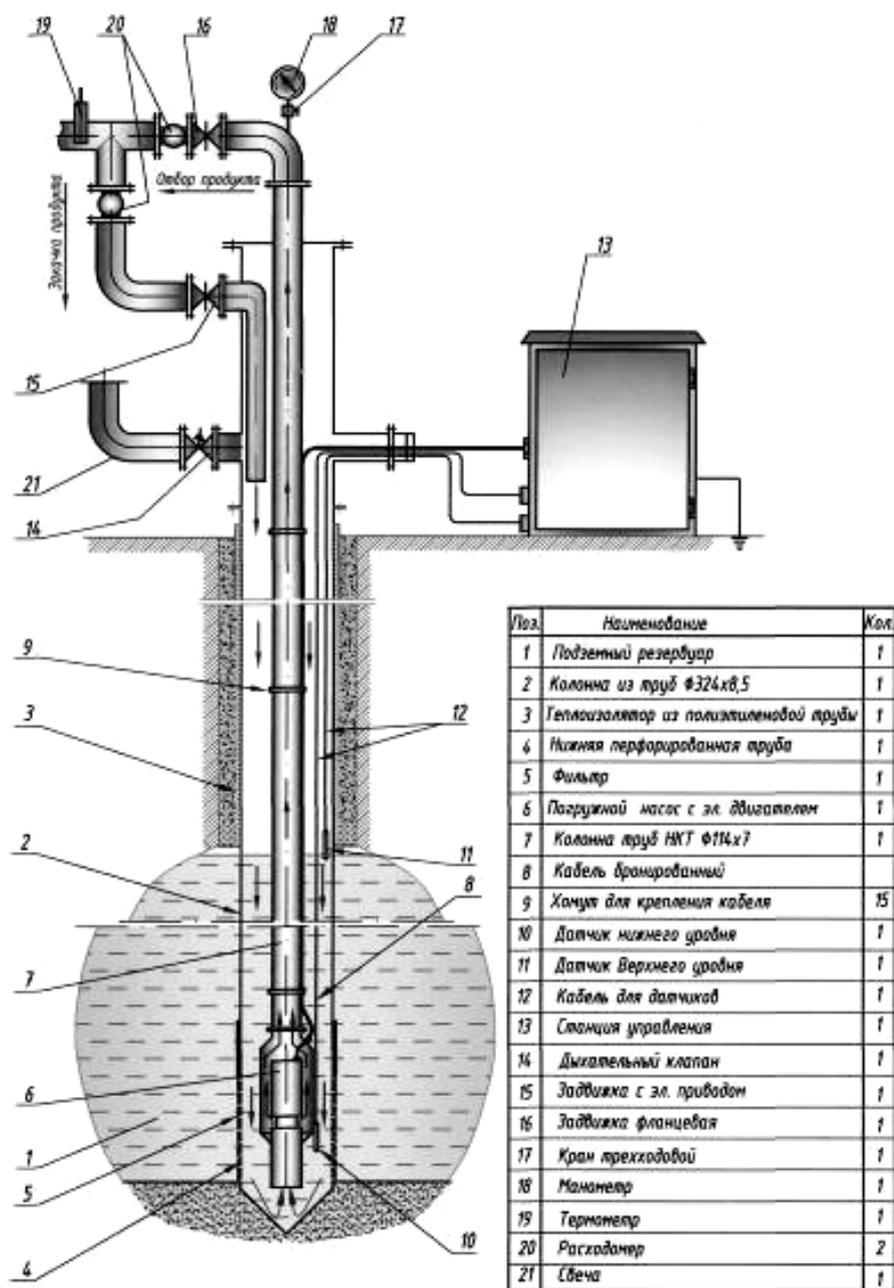


Рис. 4. Обустройство подземного резервуара для хранения дизельного топлива: 1 — подземный резервуар, 2 — колонна труб Ш324 мм, 3 — полиэтиленовая труба, 4 — перфорированная труба, 5 — фильтр, 6 — погружной насосный агрегат, 7 — колонна труб НКТ Ш114 мм, 8 — кабель, 9 — хомут для крепления кабеля, 10 — датчик нижнего уровня, 11 — датчик верхнего уровня, 12 — кабель датчиков, 13 — станция управления, 14 — дыхательный клапан, 15 — задвижка с электроприводом, 16 — задвижка фланцевая, 17 — кран трехходовой, 18 — манометр, 19 — термометр, 20 — расходомер, 21 — свеча

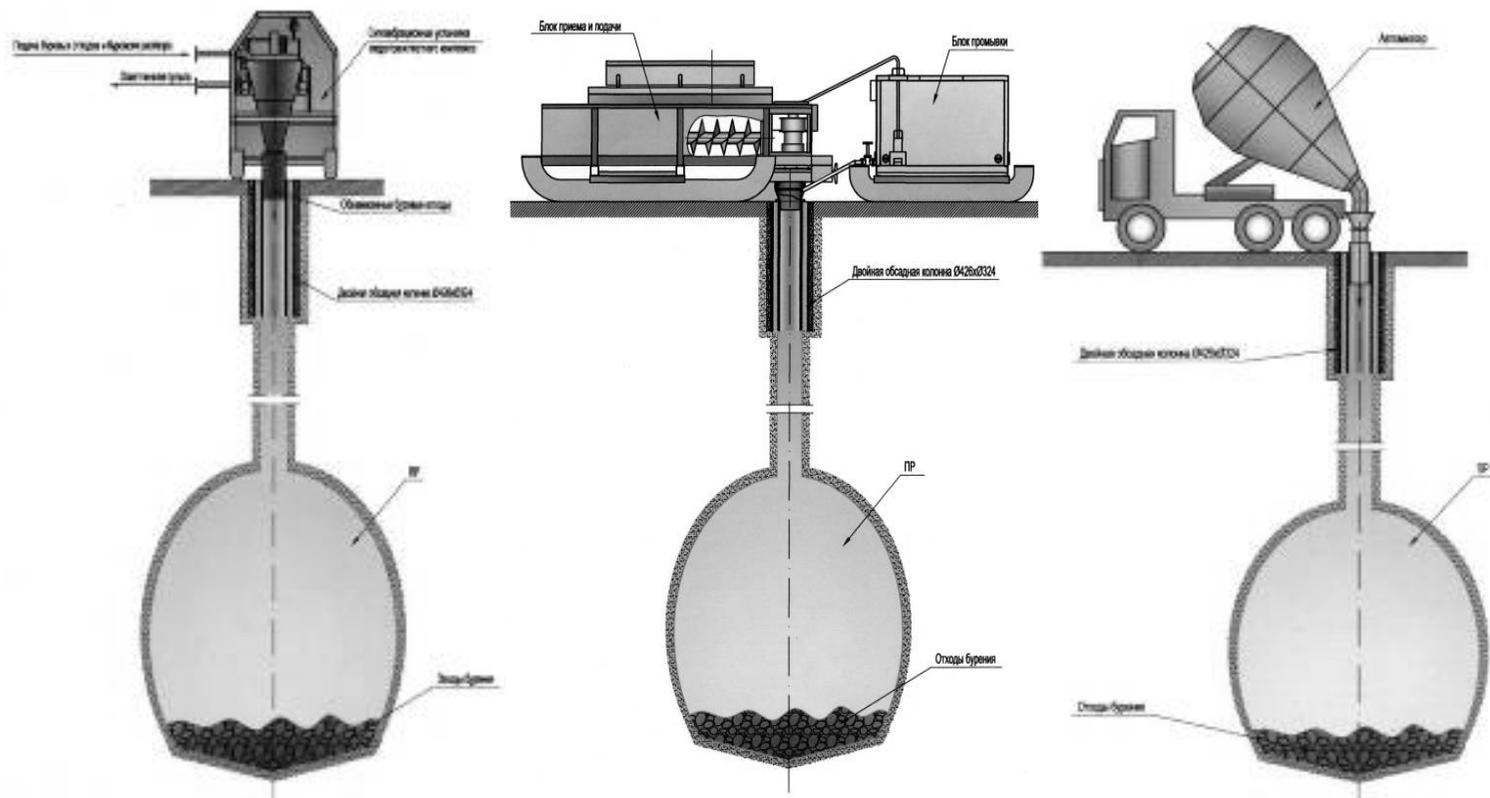


Рис. 5. Варианты захоронения буровых отходов в подземных резервуарах

Подземные резервуары для хранения стабильного конденсата и дизельного топлива были построенные в Якутии и в районе г. Норильска. На Мастахском ГКМ хранилище объемом 9 тысяч м³ эксплуатируется около 30 лет. ООО «Подземгазпром» выполнил рабочий проект подземных резервуаров для хранения дизельного топлива в составе склада ГСМ Бованенковского НГКМ. На период эксплуатации в подземном резервуаре устанавливается погружной электронасос, модернизированный для откачки дизельного топлива (рисунок 4). Технологическая схема предусматривает заполнение подземных резервуаров из наземных емкостей, возможность откачки дизельного топлива в наземные резервуары и из одного подземного резервуара в другой. Подземный способ хранения является более экологичным по сравнению с наземным в условиях крайнего Севера.

Захоронение промышленных отходов

Захоронение буровых отходов в подземных резервуарах возможно без разделения на твердую и жидкую фазу. Температура вмещающих пород -4 -5°C , а температура замерзания буровых отходов $-1,5$ -2°C , поэтому буровые отходы со временем перейдут в твердомерзлое состояние, исключающее возможность любой миграции. После заполнения подземного резервуара буровыми отходами производится его ликвидация, для чего в обсадной колонне устанавливается цементный мост, а устье скважины засыпается грунтом.

В качестве технических решений захоронения буровых отходов, образующихся при бурении эксплуатационных скважин на кустовых площадках, рекомендуется гидротранспорт твердых и жидких буровых отходов от буровой установки до подземного резервуара, вывоз буровых отходов

автотранспортом с выгрузкой их в установку приема и подачи буровых отходов над подземным резервуаром и вывоз буровых отходов передвижными бункерами с использованием трактора (рис. 5).

Гидротранспортный комплекс состоит из блока приема буровых отходов, блока обезвоживания буровых отходов и трубопровода подачи пульпы и возврата воды. Блок приема буровых отходов устанавливается под шнековым конвейером буровой установки. Блок состоит из приемного бункера со шнеком для перемешивания и выгрузки твердых буровых отходов, емкости для воды и пульпонасосной станции. Блок обезвоживания буровых отходов устанавливается над подземным резервуаром и включает ситовибрационную установку, емкость для воды и насосную станцию. Трубопровод подачи пульпы и возврата воды выполнен в виде двух ниток труб с теплоизоляцией и электроподогревом.

Кроме гидротранспортного комплекса над подземным резервуаром может быть смонтирована установка приема и подачи буровых отходов в подземное хранилище, работающая при автомобильном транспорте буровых отходов с соседних кустовых площадок, на которых не предусмотрено строительство подземных резервуаров.

Установка приема и подачи буровых отходов в подземное хранилище состоит из блока приема и подачи и блока промывки. Блок приема и подачи включает установку со шнеками для перемешивания и выгрузки твердых буровых отходов и шиберного затвора. Блок промывки имеет емкость для воды объемом 5 м³ с тэнами для подогрева воды и насосом.

При отсутствии дорог твердые буровые отходы, поступающие из



Рис. 6. Скважинный гидродобычный агрегат при строительстве подземного резервуара для захоронения буровых отходов

буровой установки, загружаются в бункер и с помощью бульдозера перемещаются к подземному резервуару, в который и выгружаются шнеком через технологическую скважину. Для облегчения выгрузки бурового шлама используется передвижная парогенераторная установка, с помощью которой производится оттаивание шлама в холодный период.

Экономическая оценка технологии захоронения отходов бурения в подземных резервуарах показала значительное снижение за-

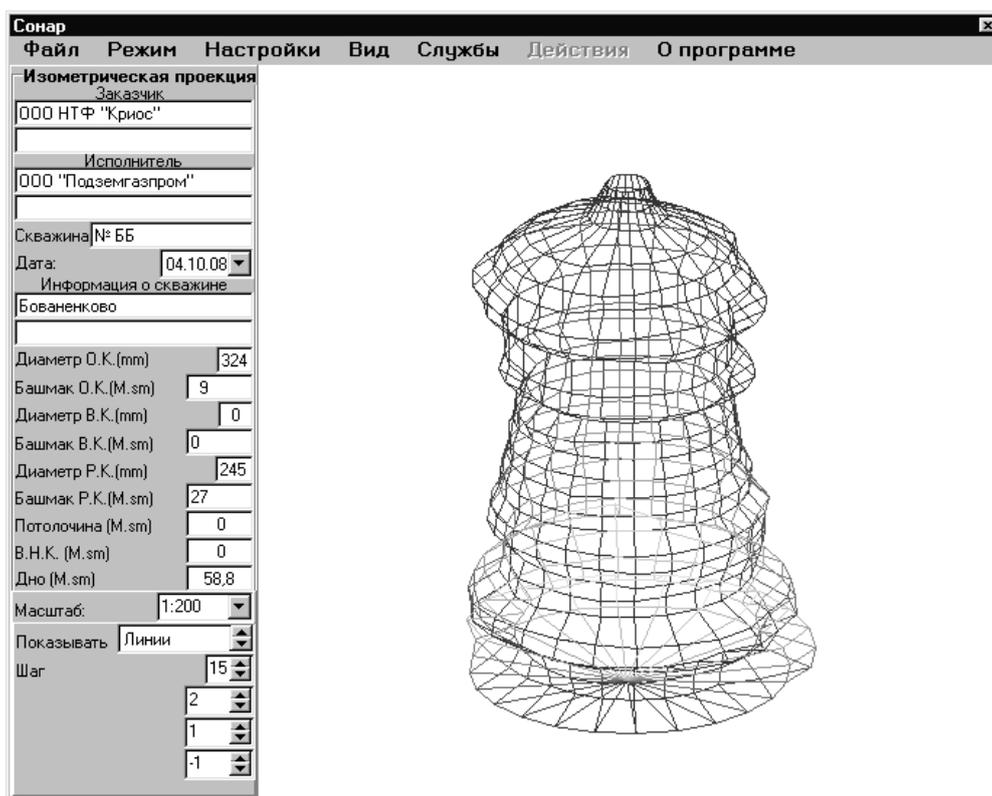


Рис. 7. Форма подземного резервуара для захоронения буровых отходов по данным звуколокационной съемки

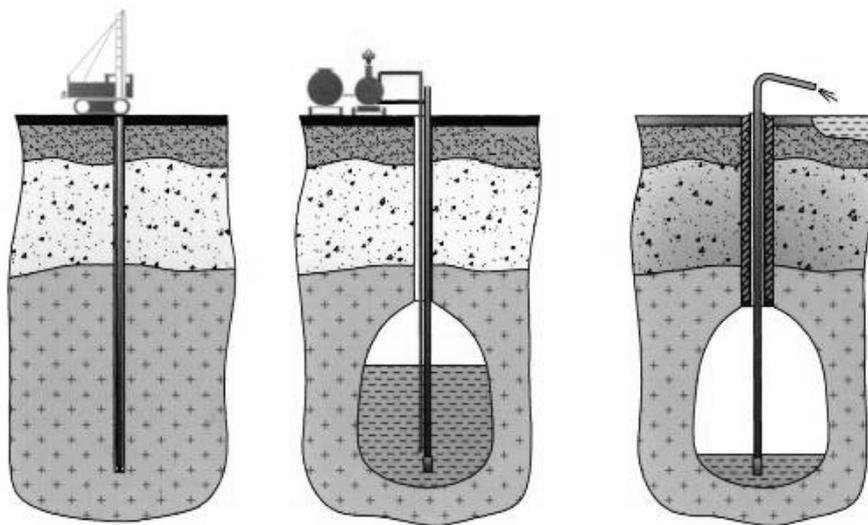


Рис. 8. Технологическая схема создания резервуара в подземном льду через вертикальную скважину

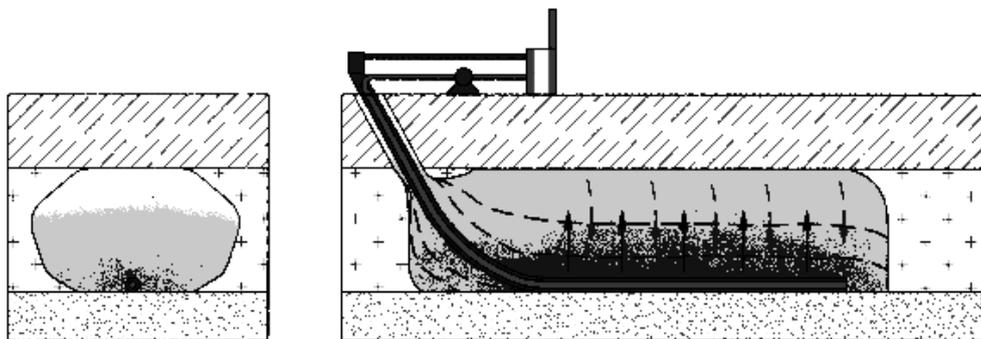


Рис. 9. Технологическая схема создания тоннельного резервуара в подземном льду

трат по сравнению с традиционными способами захоронения.

В августе 2008 года были проведены работы по созданию подземного резервуара для захоронения буровых отходов (рис. 6 и 7).

Подземный резервуар оборудуется установкой для приема буровых отходов и подачи их в подземный резервуар. Установка имеет бак с подогреваемой водой для разжижения твердых буровых отходов.

Резервуары в отложениях подземных льдов.

В 2007 г. был разработан технический проект создания подземного резервуара в отложениях подземного льда.

Преимущества применения данной технологии:

- Возможность строительства подземных резервуаров в зимний период.
- Простота технологии строительства и применяемого оборудования

(парогенераторная установка и погружной насос).

Принципиальная схема строительства подземного резервуара в пластовых льдах через вертикальную скважину показана на рис. 8. Работы по строительству подземных резервуаров могут проводиться как в летний, так и в зимний период. Станком вращательного бурения проходится вертикальная скважина до почвы пластового льда. В скважину монтируется пароподающая труба и погружной насос на колонне насосно-компрессорных труб для регулирования уровня воды в подземной выработке-емкости. При подаче пара от парогенераторной установки ППУ-1600/100 по пароподающей трубе происходит оттаивание льда с образованием выработки-емкости. Предельный устойчивый пролет в зависимости от свойств подземного льда и глубины заложения выработки-емкости достигает 25 м.

Принципиальная схема строительства тоннельного подземного резервуара в пластовых льдах через направленную наклонно-горизонтальную скважину показана на рис. 9. Технология строительства тоннельного резервуара в подземном льду предусматривает бурение направленной наклонно-горизонтальной скважины по подошве пластового льда, монтаж в скважине колонны труб для циркуляции теплоносителя, теплообмен между колонной труб и пластовым льдом через талую воду при подаче

теплоносителя по трубам с образованием устойчивой тоннельной выработки.

Технологическая схема может быть реализована через одиночную направленную скважину и через скважину, имеющую два выхода на поверхность. В технологии может быть использован как газообразный, так и жидкий теплоноситель. Применение парогенераторной установки ППУ 1600/100 обеспечивает создание подземного резервуара во льду с производительностью до $5 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В заключение отметим преимущества применения скважинной гидротехнологии при освоении нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал:

Скважинная гидродобыча песка:

- добыча в непосредственной близости от потребителя.
- получение песка высокого качества.
- добыча природного гравия.

Хранение жидких углеводородов:

- снижение металлоемкости, стоимости и сроков строительства.
- безопасность и снижение экологического воздействия.
- строительство на удаленных объектах.
- захоронение буровых отходов;
- захоронение совместное жидких и твердых отходов.
- снижение затрат и экологического воздействия.
- захоронение на кустовых площадках без вывоза отходов.
- попутная добыча песка. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Хрулев А. С. — доктор технических наук, член-корр. РАЕН, начальник отдела проектирования подземных хранилищ в многолетнемерзлых породах, Подземгазпром, mail@podzemgazprom.ru

