DOI: 10.18454/PMI.2017.1.82

УДК 551.340

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ

З.Н.ЧЕРКАЙ, Е.Б.ГРИДИНА
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

В статье изложены особенности и осложняющие факторы при строительстве скважин в криолитозонах. Представлены основные положения методики опережающего параметрического бурения с целью комплексного изучения инженерно-геокриологических условий кустовых площадок газодобывающих скважин. Описаны особенности геофизических исследований в комплексе параметрического бурения с целью уточнения и корреляции геологического разреза, а также определения в разрезах многолетнемерзлых пород наличия непромышленных залежей газа и межмерзлотных горизонтов напорных соленых вод.

Выявлены основные экологические проблемы, возникающие при параметрическом бурении, а также представлены потенциальные загрязнители окружающей среды при бурении скважин в криолитозонах. Сделаны выводы о необходимости учета ряда факторов при бурении газовых скважин в северных районах на основе выполнения критерия «безопасность – экологичность – малоотходность».

***Ключевые слова*:** многолетнемерзлые породы, инженерно-геокриологические исследования, параметрическое бурение, газодобывающие скважины

***Как цитировать эту статью*:** Черкай З.Н. Технологические проблемы и основные положения методики инженерно-геокриологических исследований при строительстве и эксплуатации скважин в многолетнемерзлых породах / З.Н.Черкай, Е.Б.Гридина // Записки Горного института. 2017. Т. 223. С. 82-85. DOI: 10.18454/PMI.2017.1.82

Введение. В России более 10,5 млн км^2 территории приурочено к зонам распространения многолетнемерзлых пород (61,4 %), причем на долю европейской части страны приходится менее 1 млн км^2. Именно эти российские территории являются наиболее перспективными для поисков, разведки и добычи углеводородного сырья.

Следует отметить, что строительство скважин в криолитозонах существенно осложняется: вследствие протаивания мерзлых пород не только деформируются и разрушаются наземные сооружения, но и теряет продольную устойчивость металлическая крепь скважины, получая наклон или волнообразный изгиб в связи с исчезновением контакта обсадных труб с устьем и стенками скважины; при обратном промерзании отмечаются смятия колонн. Все это приводит к разгерметизации скважинного сооружения, к появлению неуправляемых каналов прорыва углеводородного флюида из пласта на дневную поверхность и, как следствие, к отрицательным разрушающим последствиям [1-4, 8, 9, 12, 13].

Серьезной проблемой при освоении северных месторождений углеводородного сырья являются степень устойчивости добывающих скважин при их взаимодействии с многолетнемерзлыми породами (ММП), выбор технологических режимов бурения и конструкции крепи скважин и выбор местоположения кустовых площадок эксплуатационных скважин, исходя из геокриологических условий территории [6, 11].

Существующие теоретические подходы к решению проблемы. Известно, что основным фактором снижения надежности проводки и эксплуатации скважин являются нарушение естественного теплового состояния ММП и сопутствующие этому процессы. К числу таких процессов относятся повышенное кавернообразование в результате теплового и эродирующего воздействия на ММП буровых растворов с положительной температурой, образование значительных по размеру приустьевых воронок при осадке оттаивающих высокольдистых пород, продольные изгибы обсадных колонн в результате обратного промерзания оттаявших пород прискважинной зоны и многие другие осложнения, вызывающие активизацию криогенных процессов, в результате чего происходит нарушение экологического равновесия осваиваемой территории [6, 10].

Отсутствие первичной информации о естественном состоянии ММП по разрезу и площади месторождений и современной государственной нормативной базы по проектированию скважин в районах распространения ММП с учетом количественной характеристики состава, криогенного строения и свойств мерзлых пород осложняет выбор оптимальных технологических приемов защиты скважин и повышения надежности их работы. Отметим, что в данной области достаточно эффективно длительное время действовали отдельные ведомственные регламенти-

DOI: 10.18454/PMI.2017.1.82

рующие нормы, в то время как основная государственная нормативная база в настоящее время подвергается частичной корректировке и дополнению.

Изложенные факты обусловили необходимость разработки комплексной методики инженерно-геокриологических исследований для целей проектирования, строительства и эксплуатации газодобывающих скважин в криолитозоне с соблюдением экологической безопасности на основе производства параметрического бурения, предшествующего этапам проектирования и строительства, с детальным изучением параметров и характеристик мерзлых толщ, особенно в интервалах залегания льдистых просадочных ММП.

Методика исследований. Опережающее параметрическое бурение должно обеспечить комплексное изучение инженерно-геокриологических условий конкретных кустовых площадок добывающих скважин в местах их проектного расположения при освоении месторождения [14, 15].

Комплексность работ предусматривает:

1. Бурение скважин на глубину, превышающую мощность льдистых, просадочных при оттаивании мерзлых пород. Бурение скважин производится роторными и шпиндельными буровыми агрегатами с использованием колонковых снарядов для отбора керна с минимальным диаметром 108 мм, что позволяет получать керн диаметром 93-95 мм, удовлетворяющим нормативным требованиям лабораторных испытаний. Бурение осуществляется короткими (до 3-4 м) рейсами с промывкой скважины глинистыми растворами с минимально возможной температурой промывочной жидкости, что уменьшает возможность растепления и размыва керна мерзлых пород.

2. Полный отбор керна, полевое описание состава и криогенного строения мерзлых пород с оценкой видимой льдистости, а также определение их влажности и плотности в естественном состоянии. Интервалы определения естественной влажности и плотности по разрезу зависят от однородности литологического состава и криогенного строения мерзлых пород и составляют от 0,5-1 м в верхней части разреза до 5 м в нижней.

3. Отбор монолитов мерзлых пород для лабораторных исследований с сохранностью их естественного состояния, для чего на буровых используются холодильные камеры, парафинирование и иные способы. Транспортировка монолитов с места работ в стационарную лабораторию производится в термостатических контейнерах вертолетным транспортом, что исключает возможность растепления отобранных образцов.

4. Комплекс геофизических исследований скважин (ГИС) для геологического расчленения разреза, выделения газоводонасыщенных пластов-коллекторов и определения их коллекторских свойств, а также для контроля технического состояния скважин.

5. Испытание скважин с целью выявления напорных пластов-коллекторов, характера их насыщения и проведения газогидродинамических исследований.

Включение ГИС в комплекс параметрического бурения, помимо уточнения и корреляции геологического разреза, обусловлено в значительной степени необходимостью определения в разрезах ММП наличия непромышленных залежей газа и межмерзлотных горизонтов напорных соленых вод, часто осложняющих проводку и строительство добывающих скважин. Положительное заключение по этим вопросам служит основанием для назначения газогидродинамических испытаний в скважинах с целью определения дебитов, пластовых давлений, продуктивности и других характеристик выявленных коллекторов, включая химический состав проб пластовых флюидов.

6. Лабораторные исследования керна с определением состава, водно-физических, механических и теплофизических свойств мерзлых и талых пород.

Важной составляющей инженерно-геокриологических исследований при параметрическом бурении являются лабораторные работы по определению состава и свойств пород, перечень которых определяется в соответствии с требованиями СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» [5] и составляет более 35 параметров и характеристик, используемых при проектировании технологических режимов бурения, конструкции крепи эксплуатационных скважин в интервале залегания ММП, мероприятий по обеспечению надежности их работы.

Результаты исследований. Основные положения представленной методики использовались и были реализованы при параметрическом бурении скважин глубиной от 150 до 550 м на протяжении более чем 20 лет на газовых и конденсатных месторождениях Западной Сибири: Бованенковском, Харасавэйском (п-ов Ямал), Ямбургском, Песцовом (Тазовский п-ов), Заполярном (Пур-Тазовское междуречье).

DOI: 10.18454/PMI.2017.1.82

Основной задачей параметрического бурения являлось изучение геокриологических условий (определение состава, криогенного строения и свойств мерзлых пород) в пределах конкретных кустовых площадок, намеченных для размещения добывающих скважин.

Отдельно следует остановиться на экологических аспектах, сопутствующих процессу бурения в северных районах при наличии ММП [3, 4, 7].

Максимальная опасность загрязнения окружающей среды возникает в процессе бурения. С экологической точки зрения необходимо учитывать высокий уровень грунтовых вод, вызывающей их загрязнение, перенос загрязнителей на большие расстояния. Однако наличие ММП препятствует фильтрации жидкой фазы. Основными потенциальными загрязнителями окружающей среды при бурении мерзлотных скважин являются технологические растворы, химические реагенты и материалы, используемые для приготовления растворов; продукты сгорания топлива при работе двигателей внутреннего сгорания; горюче-смазочные материалы (ГСМ); хозяйственно-бытовые сточные воды и твердые бытовые отходы. Почвы и природные воды могут быть загрязнены при отсутствии системы сбора и накопления отходов и разрушения конструкции накопителя; при разгерметизации системы циркуляции промывочной жидкости, емкости с ГСМ; в процессе погрузки, транспортировки, разгрузки и хранения химических реагентов. Атмосферный воздух загрязняется продуктами сгорания топлива при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) дизельных электростанций и спецтехники, при проливах ГСМ из емкости или других мест хранения.

С учетом перечисленных факторов при бурении скважин используется глинистый раствор на основе карбоксиметилцеллюлозы, экологическая безопасность которого обеспечивается за счет применения реагентов с известными санитарно-токсикологическими свойствами. Химические реагенты хранятся в заводской упаковке, на санях со сплошным покрытием металлом, что предотвращает просыпку на почву в случаях нарушения герметичности упаковки. Для предотвращения попадания атмосферных осадков склад укрывается «бурукрытием». Промывочная жидкость циркулирует по замкнутой системе: шурфовая – скважина – шурфовая. Шлам накапливается в шламонакопителе, изготовленном из металла в виде короба на санном основании.

Во время цементирования буровой раствор из скважины вытесняется в рабочие емкости, очищается от шлама и используется при бурении последующей скважины [12]. Отработанный буровой раствор и шлам являются относительно сильными источниками загрязнения и могут представлять реальную и серьезную угрозу окружающей природной среде даже после их ликвидации. Поэтому необходимо вывозить отработанный буровой раствор и шлам в экологически безопасные места хранения.

Забурка скважины производится «всухую», использование промывочной жидкости при бурении возможно после спуска и цементирования направления и обвязки устья скважины циркуляционной системой, предотвращающей утечку бурового раствора на почву.

Выполнение указанных мероприятий позволяет соблюдать экологическую безопасность технологических процессов.

После окончания всех работ по строительству скважины могут служить в качестве разгрузочных (при обнаружении высокопродуктивных внутримерзлых газовых залежей), термометрических (для мониторинга теплового состояния ММП), либо ликвидируются.

Выводы. В заключение отметим, что природа Европейского Севера с экологической точки зрения требует повышенного внимания при выполнении всех производственных процессов и операций. Это обусловлено, в том числе, высоким уровнем грунтовых вод, что способствует их загрязнению, переносу загрязнителей на большие расстояния. Однако наличие на значительной территории Европейского Севера вечной мерзлоты препятствует фильтрации жидкой фазы. Тем не менее, суровый климат накладывает ограничения и особые требования при строительстве любых скважин в подобных условиях. В частности, промысловые сооружения, буровые установки должны быть с повышенной тепло- и ветрозащищенностью, а персонал, помимо наличия специальной одежды и обуви, должен обладать и специальной подготовкой для работы в северных условиях. Таким образом, при осуществлении работ в северных районах необходимо не только тщательно анализировать все особенности технологических процессов, но и критично подходить к обеспечению безопасности, экологичности и малоотходности всех процессов.

DOI: *10.18454/PMI.2017.1.82*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Антипов В.И.* Смятие обсадной колонны в каверне многолетнемерзлых пород / В.И.Антипов, А.С.Курляндский // Нефтяное хозяйство. 1987. № 12. С. 27-29.

2. *Баулин В.В.* Проблемы изучения мощности многолетнемерзлых пород Западной Сибири / В.В. Баулин, А.Л. Чеховский // Освоение нефтяных и газовых месторождений в условиях севера Западной Сибири и Коми АССР: Сб. науч. тр. М.: ВНИИОЭНГ, 1980. С. 50-58.

3. *Бобылева Т.В.* Принципиальная схема прогноза термодинамического состояния скважин в многолетнемерзлых породах // Научно-практическая конференция «Европейский Север России: проблемы освоения и устойчивого развития». Сыктывкар, 1999. С. 35-37.

4. *Бондарев Э.А.* Температурный режим нефтяных и газовых скважин / Э.А.Бондарев, Б.А.Красавицкий. Новосибирск: Наука, 1974. 87 с.

5. *Буслаев В.Ф.* Предупреждение аварий и осложнений при строительстве скважин в многолетнемерзлых породах / В.Ф.Буслаев, И.Ю.Быков; Ухтинский индустриальный институт. Ухта, 1995. 88 с.

6. *Быков И.Ю.* Термозащита конструкций скважин в мерзлых породах / И.Ю.Быков, Т.В.Бобылева; Ухтинский государственный технический университет. Ухта, 2007. 131 с.

7. *Быков И.Ю.* Техника экологической защиты Крайнего Севера при строительстве скважин. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 237 с.

8. *Быков И.Ю.* Факторы, определяющие условия строительства скважин в мерзлых породах / И.Ю.Быков, Т.В.Бобылева // Известия вузов. Нефть и газ. 2000. № 1. С. 12-16.

9. *Грязнов Г.С.* Конструкции газовых скважин в районах многомерзлых пород. М.: Недра, 1978. 136 с.

10. *Ершов Э.Д.* Криолитогенез. М.: Недра, 1982. 211 с.

11. *Медведский Р.И.* Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномерзлых породах. М.: Недра, 1987. 230 с.

12. Опыт строительства скважин в северных районах Коми АССР / В.Ф.Буслаев, Б.Л.Сапгир, Н.С.Гаджиев и др. // Техника и технология бурения скважин. М.: ВНИИОЭНГ, 1988. 80 с.

13. *Середа Н.Г.* Бурение нефтяных и газовых скважин / Н.Г.Середа, Е.М.Соловьев. М.: Недра, 1988. 360 с.

14. *Язынин О.М.* Основы комплексной методики инженерно-геокриологических исследований для целей проектирования и эксплуатации газодобывающих скважин в криолитозоне / О.М.Язынин, А.Н.Ковальчук, Е.Б.Гридина // 3-й Международный Северный социально-экологический конгресс. Труды 5-й Межрегиональной научно-практической конференции «Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения». Т. 2. / Филиал СПГГИ (ТУ) «Воркутинский горный институт». Воркута, 2007. С. 407-410.

15. *Ruedrich R.D.* Casing Strain resulting from thauring Prudhoe Bay permafrost // Journal of Petroleum Technology. 1978. March. P. 468-474.

***Авторы*: З.Н.Черкай,** *д-р вет. наук*, *профессор*, *cherkay@spmi.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Санкт-Петербург*, *Россия*), **Е.Б.Гридина,** *канд. тех. наук*, *доцент*, *gridina@spmi.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Санкт-Петербург*, *Россия*).

Статья принята к публикации 4.10.2016.