

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОТТАИВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ НА КУСТОВЫХ ПЛОЩАДКАХ НОВОПОРТОВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

УДК 622.276/279

С.С. Девятьяров, ООО «Газпромнефть-Ямал» (Тюмень, РФ)

А.В. Трифонов, ООО «Газпромнефть-Ямал»

Д.С. Паздерин, ООО «Газпромнефть-Ямал», Pazderin.DS@tmn.gazprom-neft.ru

В статье приводятся результаты внедрения в конструкцию скважины теплоизолированного направления – термокейса – в целях оптимизации расположения скважин на кустовой площадке, а также минимизации негативного воздействия процесса разработки месторождения на окружающую среду вследствие оттаивания многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Установлены требования к проектированию добывающих нефтяных и нагнетательных скважин для конкретных геологических и климатических условий Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ), позволяющие предупредить возникновение осложнений, характерных для криолитозоны. Дана оценка экономического эффекта от снижения затрат на инженерную подготовку кустовой площадки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕРМОКЕЙС, КУСТОВЫЕ ПЛОЩАДКИ, МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ, КРИОЛИТОЗОНА, ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ, СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН, ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА.

При строительстве и эксплуатации нефтедобывающих скважин на Новопортовском НГКМ, особенно при кустовом способе добычи, могут возникнуть осложнения, вызываемые процессами оттаивания и обратного промерзания ММГ. К таким осложнениям относятся: образование приустьевых воронок (рис. 1), смятие колонн давлением обратного промерзания водосодержащих масс в межколонном и заколонном пространствах и потеря под действием веса ремонтного оборудования несущей способности мерзлого основания, перекрывающего талую зону в приустьевой зоне скважин.

Прогнозу таких осложнений и борьбе с ними посвящено значительное число как научно-исследовательских работ, так и нормативных документов. В то же время мероприятия по предотвращению нештатных ситуаций, связанных с влиянием скважин на ММГ, в каждом конкретном случае обу-



Рис. 1. Приустьевые воронки, образующиеся вследствие оттаивания ММГ

словливаются в первую очередь местными геокриологическими условиями. Они различаются в зависимости от географических, климатических и геологических условий месторождений.

Новопортовское НГКМ расположено в тундре Ямальского района ЯНАО вдали от транспортной и энергетической инфраструктуры. При размещении кустовых площадок на многолетнемерзлых породах (ММП) расстояние между устьями скважин не должно

превышать двух радиусов оттаивания пород вокруг устья скважин [1]. По данным прогнозного теплотехнического расчета [2], тридцатилетняя эксплуатация скважины типовой конструкции с нетеплоизолированным направлением обсадной колонны с температурой флюида 60 °С приводит к оттаиванию грунтов в радиусе 8,8 м. При этом минимально допустимое расстояние между скважинами на кустовой площадке составляет 17,6 м.

Devyat'yarov S.S., Gazpromneft-Yamal LLC (Tyumen, RF)

Trifonov A.V., Gazpromneft-Yamal LLC

Pazderin D.S., Gazpromneft-Yamal LLC, Pazderin.DS@tmn.gazprom-neft.ru

Case record of using thermally insulated directions to prevent the defrosting of perpetually frozen soil at multiple well platforms of the Novoportovsky Oil and Gas Condensate Field

The article presents the results of the implementation of a thermally insulated direction – thermal case – into the well design in order to optimize the position of wells at a multiple well platform and to minimize any negative impact of the field development process upon the environment due to the defrosting of perpetually frozen soil (PFS). One set requirements to the design of production oil and water injection wells for specific geological and climatic conditions of the Novoportovsky Oil and Gas Condensate Field (NOGCF) which allow preventing complications which are characteristic of the cryolithic zone. The economic effect of the reduction of expenses on the site preparation of a multiple well platform is assessed.

KEY WORDS: THERMAL CASE, MULTIPLE WELL PLATFORM, PERPETUALLY FROZEN SOIL, CRYOLITHIC ZONE, THERMOTECNICAL CALCULATIONS, WELL CONSTRUCTION, SITE PREPARATION.

ИССЛЕДОВАНИЯ

Транспортная и ресурсная ограниченность Новопортовского НГКМ дала предпосылки для исследования способов оптимизации проектных решений по расположению скважин на кустовых площадках. Цель оптимизации – сокращение расстояния между скважинами, при этом не должно происходить осложнений, связанных с изменением состояния ММГ в процессе бурения и эксплуатации скважин. Для этого специалистами ООО «Газпромнефть-Ямал» совместно с проектным институтом ЗАО «ТюменьНИПинефть» проведена работа по подбору технологии минимизации тепловых потоков от скважины в ММГ до глубины 30–50 м. По результатам обзора существующих технологий выделены следующие варианты теплоизоляционных решений:

- колонна из стальных труб, изготовленная по технологии «труба в трубе» с заливкой межтрубного пространства пенополиуретаном (термокейс);
- тампонажный цемент с полыми стеклянными микросферами для цементирования обсадных колонн;
- теплоизолированная насосно-компрессорная труба (НКТ) с экранно-вакуумной изоляцией.

Выбор теплоизоляционного оборудования осуществлялся на основе прогнозирования темпе-

Результаты расчета радиуса оттаивания для различных решений по теплоизоляции

Наименование теплоизоляционного решения	Радиус оттаивания, м	Минимально допустимое расстояние между скважинами, м
Без теплоизоляционного оборудования с использованием обычного цемента за всеми колоннами	8,80	17,60
Скважина с термокейсом типоразмера 820/530 мм с применением обычного цемента за всеми колоннами	4,35	8,70
Скважина с термокейсом с применением облегченного цемента с полыми стеклянными микросферами за всеми колоннами, за исключением направления	3,96	7,92
Скважина с теплоизолированной НКТ (ТНКТ) с применением обычного цемента за всеми колоннами	2,48	4,96

ратурного изменения геокриологических свойств грунтов под воздействием термических и технологических факторов, с учетом выбранной конструкции скважин. Прогноз состояния ММГ выполнялся с использованием численного метода решения нестационарного уравнения теплопроводности с фазовыми переходами грунтовой влаги [3]. При составлении прогноза учитываются:

- неоднородность геологической среды;
- изменение соотносительных количеств льда и незамерзшей воды в диапазоне температур, принимаемых грунтами;
- динамические изменения тепловых условий во времени и пространстве, источники тепла в рассматриваемой области;

• конструкция скважин, свойства цементного камня, конструкция и свойства теплоизоляционного оборудования, температура флюида по стволу скважины.

Полученные в результате моделирования радиусы оттаивания за 30 лет эксплуатации для всех вариантов проведения расчетов представлены в таблице. Расчеты выполнены в программе QFrost, разработанной в МГУ им. М.В. Ломоносова. Температура флюида для наихудшего варианта (с точки зрения отепляющего воздействия) принята равной 60 °С.

ВНЕДРЕНИЕ

После сопоставления всех расчетов был выбран оптимальный вариант использования теплоизоляционного материала в виде

скважины с термокейсом (рис. 2) с применением обычного цемента за всеми колоннами. Поскольку добывающие/нагнетательные скважины не планируется располагать ближе чем в 9 м друг от друга, то применение теплоизолированного направления до глубины его установки (0–50 м) позволит избежать осложнений, связанных с оттаиванием грунтов вокруг скважин. Таким образом, к внедрению в производство был рекомендован вариант № 2: термокейс с применением обычного цемента за всеми колоннами на глубину 50 м для всех кустов нефтяных и газовых скважин Новопортовского НГКМ.

Установленные данным исследованием радиусы оттаивания позволяют оптимизировать применение теплоизолирующего оборудования и расположение скважин на кустовых площадках Новопортовского месторождения, а также минимизировать негативное воздействие процесса разработки месторождений на окружающую среду.

Полученные результаты расчетов легли в основу технологического регламента на обоснование расположения добывающих/нагнетательных скважин кустовых площадок в условиях наличия многолетнемерзлых пород [2].



Рис. 2. Теплоизолированное направление – термокейс

В результате внедрения рекомендованной технологии были внесены изменения в проектную документацию на кустовые площадки 1-й очереди строительства – сокращено расстояние между устьями скважин с 20 до 9 м (рис. 3).

Благодаря результатам исследований длина кустовых площадок сократилась с 500 до 360 м. Удельная площадь сохраненной тундры – 12,9 тыс. м².

ВЫВОДЫ

1. Для конструкции скважин с термокейсом (теплоизолированным направлением) с применением обычного цемента за всеми колоннами прогноз радиуса оттаивания показал, что на 30-й год эксплуатации его максимальное значение при температуре 60 °С составит 4,35 м. Это соответствует максимальному расстоянию между скважинами 8,7 м.

2. Применение при строительстве и эксплуатации добывающих/нагнетательных скважин на кустовых площадках, расположенных на территории ММГ, позволяет значительно (до 28 %) сократить протяженность кустов, снизить техногенное влияние на тундру и обеспечить безопасность обслуживания и эксплуатации инфраструктуры кустовой площадки.

3. Внедрение предложенной технологии позволило уменьшить затраты на инженерную подготовку и сократить время производства работ по отсыпке кустовых площадок. Полученный экономический эффект оценивается в размере 2,085 млрд руб. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 марта 2013 г. № 101 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (с изм. на 12 января 2015 г.) (редакция, действующая с 1 января 2017 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499011004> (дата обращения: 25.09.2017).
2. Технологический регламент на «Обоснование расположения добывающих/нагнетательных скважин кустовых площадок в условиях наличия многолетнемерзлых пород». Тюмень: ЗАО «ТюменьНИПнефть», 2014. 105 с.
3. РСН 67-87. Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901708505> (дата обращения: 15.08.2017).

REFERENCES

1. Order of the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service of Russia as of March 12, 2013 No. 101 «On Approving Federal Rules and Regulations of Industrial Safety «Safety Rules in the Oil and Gas Industry» (as amended on January 12, 2015) (as in effect since January 1, 2017) [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/499011004> (Access date: September 25, 2017). (In Russian)
2. Process Regulation on «Substantiating the Position of Production/Water Injection Wells of Multiple Well Platforms in the Context of Perpetually Frozen Soil». Tyumen, TyumenNIPneft CJSC, 2014, 105 p. (In Russian)
3. Republican Construction Rules 67-87. Engineering Survey for Construction. Forecasting the Changes of the Temperature Regime of Perpetually Frozen Soil with the Use of Numerical Methods [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/901708505> (Access date: August 15, 2017). (In Russian)

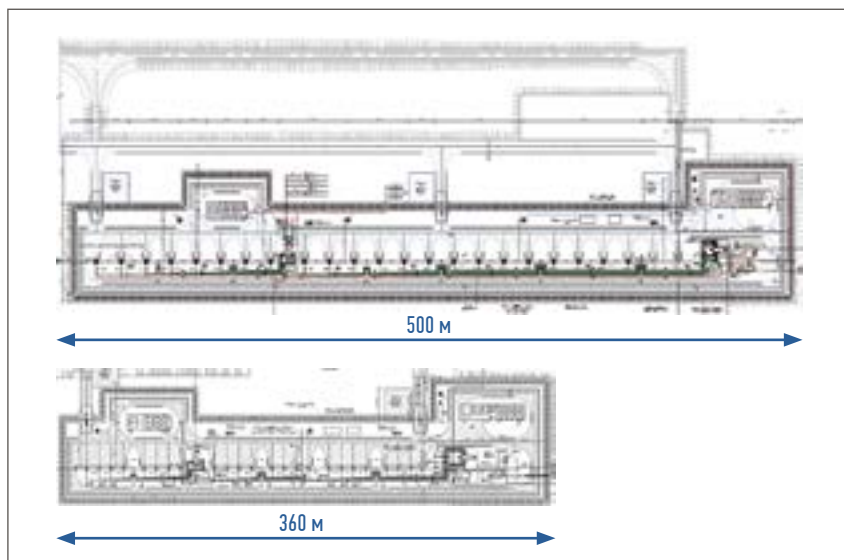


Рис. 3. Схема кустовой площадки до (а) и после (б) оптимизации