

С.С. Бердыев, Р.А. Атласов, А.Г. Иванов, М.В. Николаева
СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ

Аннотация. Магистральный газопровод «Сила Сибири» будет транспортировать газ Иркутского и Якутского центров газодобычи российским потребителям на Дальнем Востоке и в Китай. Трасса газотранспортной системы пройдет по территории с распространением многолетнемерзлых пород в специфических гидрогеологических и геологических условиях. В данной работе приведены рекомендации для учета при проектировании инженерной защиты в районах развития опасных процессов и многолетнемерзлых пород на Чайядинском нефтегазоконденсатном месторождении, которое станет базой для Якутского центра газодобычи. Чайядинское месторождение расположено в Ленском районе Республики Саха (Якутия). Запасы месторождения по категории С1+С2 составляют 1,24 трлн. м³ газа, нефти и конденсата – 68,4 млн т (извлекаемые).

На основе результатов инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрологических и инженерно-экологических изысканий, характеризующих особенности территории Чайядинского НГКМ, был сделан общий прогноз возможных геологических рисков. На основе данного прогноза были выявлены основные опасные геологические процессы на исследуемой территории. При сезонном и многолетнем промерзании пучинистых грунтов в основании фундаментов или контакте с их боковой поверхностью возникают нормальные и касательные силы пучения, приводящие к деформированию сооружений и грунтового массива. Процесс наледеобразования существенно изменяет гидрогеологические условия, снижает несущую способность грунтов оснований и вызывает деформации инженерных объектов. Термокарст несет потенциальную опасность тепловых просадок, связанных с оттаиванием льдистых грунтов и залежей подземных льдов.

Результаты изысканий показывают, что исследуемая территория характеризуется сложными и неоднородными инженерно-геокриологическими условиями, что создает необходимость учета рекомендаций для принятия наиболее рациональных проектных решений методов инженерной защиты трубопроводов.

БЕРДЫЕВ Саид Сангинмуродович – ст. преподаватель каф. нефтегазового дела ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: sidbersan@gmail.com

BERDIYEV Said Sanginmurodovich – Senior Lecturer, Department of Oil and Gas Field Search, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: sidbersan@gmail.com

АТЛАСОВ Ринат Александрович – ст. преподаватель каф. нефтегазового дела ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: atlasov.rinat@mail.ru

ATLASOV Rinat Alexandrovich – Senior Lecturer, Department of Oil and Gas Field Search, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: atlasov.rinat@mail.ru

ИВАНОВ Александр Геннадиевич – зав. лабораторией каф. нефтегазового дела ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: iag-sakha@mail.ru

IVANOV Alexander Gennadievich – Head of the laboratory, Department of Oil and Gas Field Search, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: iag-sakha@mail.ru

НИКОЛАЕВА Мария Валентиновна – зав. лабораторией каф. нефтегазового дела ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: mnikolaeva1990@gmail.com

NIKOLAEVA Maria Valentinovna – Head of the laboratory, Department of Oil and Gas Field Search, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: mnikolaeva1990@gmail.com

Предложенные рекомендации для учета при проектировании инженерной защиты объектов трубопроводных систем позволят сохранить природно-водный баланс уникальных заповедных территорий Республики Саха (Якутия) в процессе работы над такими федеральными мегапроектами, как «Сила Сибири», а также обеспечить надежность и несущую способность оснований трубопроводов.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, инженерная защита, магистральный газопровод, морозное пучение, наледообразование, термокарст, надежность, несущая способность, Чаяндинское НГКМ.

S.S. Berdyev, R.A. Atlasov, A.G. Ivanov, M.V. Nikolaeva
M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Application of Engineering Protection Methods for Pipeline Systems of Chayanda Oil and Gas Condensate Field

Abstract. The Power of Siberia main pipeline will transport gas from Irkutsk and Yakutia gas production centers to consumers in the Russian Far East and China. The route of the gas transportation system will pass through the territory with the proliferation of permafrost in specific hydrogeological and geological conditions. This paper gives recommendations to be taken into account when designing engineering protection of hazardous processes in the permafrost areas at the Chayanda oil and gas condensate field, which will become the base for the Yakutian gas production center. The Chayanda deposit is located in Lensk District of the Sakha Republic (Yakutia). The reserves of the field in the category C1 + C2 amount of 1.24 trillion m³ of gas, oil and condensate – 68.4 million tons (recoverable).

Based on the results of engineering-geodetic, engineering-geological, engineering-hydrological and engineering-ecological surveys, characterizing the features of the Chayanda oil and gas field, a general forecast of possible geological risks is made. Based on this forecast, the main hazardous geological processes in the study area are identified. With seasonal and perennial freezing of the soil soils at the base of the foundations or contact with their lateral surface, normal and tangential punching forces arise, leading to deformation of the structures and the soil massif. The process of ice formation significantly changes the hydrogeological conditions, reduces the load-bearing capacity of the base soils and causes deformation of engineering objects. Thermokarst carries a potential danger of thermal subsidence associated with the thawing of ice grounds and deposits of underground ice.

The results of the survey show that the study area is characterized by complex and heterogeneous engineering-geocryological conditions, which makes it necessary to take into account the recommendations for making the most rational design decisions for engineering protection of the pipelines.

The proposed recommendations to be taken into account when designing engineering protection of the pipeline facilities will allow preserving the natural-water balance of the unique protected areas of the Sakha Republic (Yakutia) in the process of working on such federal megaprojects as the Power of Siberia, and to ensure the reliability and bearing capacity of the pipeline bases.

Keywords: permafrost, engineering protection, main gas pipeline, frost punching, ice formation, thermokarst, reliability, bearing capacity, Chayanda oil and gas condensate field.

Введение

«Сила Сибири» станет общей газотранспортной системой для Иркутского и Якутского центров газодобычи и будет транспортировать газ этих центров через Хабаровск до Владивостока.

На первом этапе будет построен магистральный газопровод «Якутия – Хабаровск – Владивосток», на втором этапе Иркутский центр будет соединен газопроводом с Якутским центром.

Трасса газотранспортной системы пройдет по территории с распространением многолетнемерзлых пород в специфических гидрогеологических и геологических условиях.

На рис. 1. изображена схема трассы ГТС Якутского центра газодобычи на фоне распространения многолетнемерзлых пород. Базой для Якутского центра газодобычи станет Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение. Чаяндинское месторождение расположено в Ленском районе Республики Саха (Якутия). Запасы месторождения по категории C1+C2 составляют 1,24 трлн. м³ газа, нефти и конденсата – 68,4 млн. т. (извлекаемые).



Рис. 1. Схема трассы ГТС Якутского центра газодобычи на фоне распространения многолетнемерзлых пород

В данной работе приведены рекомендации для учета при проектировании инженерной защиты в районах развития опасных процессов и грунтов с особыми свойствами, в данном случае с многолетнемерзлыми породами на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении.

Комплексные рекомендации для инженерной защиты трубопроводных систем

На основе результатов инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрологических и инженерно-экологических изысканий, характеризующих особенности территории Чаяндинского НГКМ, был сделан общий прогноз возможных геологических рисков. На основе данного прогноза были выявлены следующие основные опасные геологические процессы на исследуемой территории:

- морозное пучение грунтов;
- наледеобразование;
- термокарст.

Результаты изысканий показывают, что исследуемая территория характеризуется сложными и неоднородными инженерно-геокриологическими условиями, что создает необходимость учета нижеперечисленных рекомендаций для принятия наиболее рациональных проектных решений методов инженерной защиты трубопроводов.

1. Морозное пучение грунтов.

Основная опасность в этом геологическом процессе заключается в том, что при сезонном и многолетнем промерзании пучинистых грунтов в основании фундаментов или контакте с их боковой поверхностью возникают нормальные и касательные силы пучения, приводящие к деформированию сооружений и грунтового массива.

Комплексные рекомендации для инженерной защиты МГ от морозного пучения грунтов:

Необходимо учесть специфику местных условий, имеющийся опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях.

При проектировании МГ на пучинистых грунтах особое внимание должно быть уделено характеристикам грунтов и другим условиям, оказывающим влияние на степень пучинистости грунтов, возможные их изменения в процессе эксплуатации. Следует учитывать, что деградация

вечной мерзлоты может привести к увеличению толщины деятельного слоя, уменьшению заанкеривания фундамента в вечномёрзлом грунте, к дополнительному увлажнению грунта у боковой и нижней поверхностей фундамента, а, следовательно, к увеличению касательной и нормальной сил пучения, а также – величины пучения [1].

Максимально уменьшить глубину промерзания грунта возле фундамента и повышение температуры мерзлого грунта – тепломелиорация. Для этого проводят горизонтальную и вертикальную теплоизоляцию фундамента.

По возможности провести осушение грунтов в пределах сезонно-мерзлого слоя и предохранение грунтов от насыщения поверхности атмосферными и производственными водами (отмостки, водопонижение, открытые и закрытые дренажные системы).

Снизить касательные силы пучения для этого необходимо устраивать у железобетонных фундаментов наклонные боковые грани (2-3°), использовать обмазку из не смерзающихся материалов и гидрофобных пропиток, уменьшить шероховатость фундаментов.

Провести специальную обработку грунта вяжущими, стабилизирующими веществами или насыщению грунта соевыми растворами [2].

2. Наледообразование

Процесс наледообразования существенно изменяет гидрогеологические условия, снижает несущую способность грунтов оснований и вызывает деформации инженерных объектов [3]. Наледообразование является следствием нарушения режима поверхностных и подземных вод в ходе строительства и эксплуатации МГ, также к наледообразованию приводят аварийные сбросы бытовых и промышленных вод в зимний период.

Таблица

Категории наледи [4]

Категория наледи	Площадь, км	Мощность льда, м	Объем, млн. м
I Очень малая	<0,001	<0,75	<0,0008
II Малая	0,001-0,01	0,75-1,00	0,0008-0,01
III Средняя	0,01-0,10	1,00-1,30	0,01-0,13
IV Большая	0,10-1,0	1,30-1,70	0,13-1,70
V Очень большая	1,0-10,0	1,70-2,40	1,70-24,0
VI Гигантская	>10,0	>2,40	>24,0

Комплексные рекомендации для инженерной защиты МГ от наледообразования:

Учет прямого воздействия наледи на поверхности объектов МГ. Также, следует учитывать воздействие на сооружения наледообразующих и талых наледных вод, бугров пучения по периферии наледи, ледяных (наледных) бугров.

Исключить сооружения на участках с наледями категорий V и VI (площадью более 1 км).

Применение свободного пропуска наледи через зону искусственного сооружения, его применяют в районах развития средних и крупных наледей подземных вод (категорий III и IV), когда применение других мероприятий невозможно или экономически нецелесообразно. Для свободного пропуска наледи, как правило, сооружается мост с отверстием, которое должно быть рассчитано на пропуск всего объема паводковых и наледообразующих вод по поверхности льда.

Применить безналедный пропуск наледообразующих вод, а именно: концентрация потока поверхностных вод, спрямление и углубление русла, утепление водотока поверхностных и подрусловых вод, использование лотков различного типа (открытых, закрытых, утепленных), перехват и отвод подземных вод с помощью дренажных систем и каптажа источников, фильтрующие насыпи из крупнообломочного грунта.

Утепление грунта с помощью теплоизоляционных материалов (снег, торф, опилки, стружка, геотекстиль, пенополэкс и др.) для уменьшения глубины сезонного промерзания и недопущения достижения им уровня грунтовых вод (наледи грунтовых вод категорий I и II). Возможно

применение этого метода также для задержки промерзания речных вод (наледи речных вод и наледи смешанных типов категорий I и II) [5].

3. Термокарст

Термокарст несет потенциальную опасность тепловых просадок, связанных с оттаиванием льдистых грунтов и залежей подземных льдов. Процесс оттаивания льдистых грунтов, залегающих у поверхности, может происходить за счет температурных колебаний в период потепления климата и техногенных нарушений, связанных с частичным или полным удалением напочвенных растительных покровов, срезкой (выемкой) грунта, а также эксплуатацией тепловыделяющих сооружений [6].

Комплексные рекомендации для инженерной защиты МГ от термокарста:

Уменьшить протаивание верхних, как правило, наиболее льдистых горизонтов грунтовой толщи за счет: сохранения напочвенных растительных покровов, отсыпки территории слоем песчаного или гравийно-песчаного грунта, укладки на поверхности грунта теплоизоляционных покрытий (тепловых экранов), регулирования стока поверхностных вод [7, 8].

Проведение отсыпки строго в зимний период – после промерзания сезонно-оттаивающего слоя с послойным уплотнением насыпного грунта. Проезд используемой техники допускается только по отсыпанному грунту с сохранением растительных покровов.

Вытеснение воды из термокарстового понижения песчаным грунтом с последующим уплотнением и регулированием поверхностного стока на локальных участках или территориях непосредственного проявления термокарстовых процессов. При этом допускается поднятие верхней границы многолетнемерзлых грунтов.

Обеспечение свободного стока поверхностных вод при проектировании дренажных сооружений для предотвращения развития термокарста. Так как отсыпка территории грунтом и другие мероприятия приводят в большинстве случаев к поднятию верхней границы вечномерзлых грунтов, нарушению естественного поверхностного стока, последующему заболачиванию территории и развитию термокарста.

Применение цементации, силикатизации и других физико-химических способов закрепления поверхностного слоя грунтов от размыва, а также использование новых конструктивных материалов, например, пространственных ячеистых (сотовых) георешеток для закрепления склонов основной поверхности отсыпки.

Постоянный мониторинг за температурным режимом грунта и глубиной оттаивания через специально оборудованные термометрические скважины [9].

Заключение

Основная цель инженерной защиты объектов трубопроводных систем Чайядинского нефтегазоконденсатного месторождения – сохранение природно-водного баланса уникальных заповедных территорий Республики Саха (Якутия) в процессе работы над такими федеральными мегапроектами, как «Сила Сибири». Рассмотренные в данной работе рекомендации для учета при проектировании инженерной защиты позволяют осуществить эту задачу, а также обеспечить надежность и несущую способность оснований трубопроводов.

Литература

1. Алексеев В.Р., Толстихин О.Н. Вопросы терминологии при изучении наледей // Наледи Сибири. – М.: Наука, 1969. – С.5-10.
2. Кожевникова Н.В. Карстовая опасность для объектов трубопроводного транспорта в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока // Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 60-61.
3. Обеспечение прочности и надежности трубопроводных систем, прокладываемых в карстовых грунтах // Научно-технический сборник РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2007. – № 1. – С. 76-82.
4. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. – М., 2012.
5. СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений». – М., 2005.

6. Соколов С.М. Многолетнемерзлые грунты в качестве основания промысловых трубопроводов // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 10. – С. 126-127.
7. Володченкова О.Ю. Проектирование и строительство магистральных трубопроводов в сложных природно-климатических условиях // Магистральные и промысловые трубопроводы: проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт. – М.: РГУ им. И.М. Губкина. – 2004. – № 4. – С. 71-72.
8. Гarris Ю.О., Кутуков С.Е., Новоселов В.В., Исмагилов И.Г. Регулирование тепловых режимов подземных трубопроводов // Интервал. Передовые технологии. – 2001. – № 4. – С. 14-17.
9. Асадуллин М.З., Гarris Н.А., Новоселов В.В. Влияние климатических условий на теплообмен магистрального газопровода // Ремонт трубопроводов: науч. техн. сб. – Газпром. – № 1. – 2001. – С. 20-25.

References

1. Alekseev V.R., Tolstikhin O.N. Voprosy terminologii pri izuchenii naledei // Naledi Sibiri. – М.: Nauka, 1969. – S. 5-10.
2. Kozhevnikova N.V. Karstovaia opasnost' dlia ob'ektov truboprovodnogo transporta v regionakh Vostochnoi Sibiri i Dal'nego Vostoka // Neftianoe khoziaistvo. – 2010. – № 2. – S. 60-61.
3. Obespechenie prochnosti i nadezhnosti truboprovodnykh sistem, prokladyvaemykh v karstovykh gruntakh // Nauchno-tekhnicheskii sbornik RGU nefti i gaza im. I.M. Gubkina. – 2007. – № 1. – S. 76-82.
4. SP 116.13330.2012. Inzhenernaia zashchita territorii, zdaniy i sooruzhenii ot opasnykh geologicheskikh protsessov. – М., 2012.
5. SP 50-101-2004 «Proektirovanie i ustroystvo osnovanii i fundamentov zdaniy i sooruzhenii». – М., 2005.
6. Sokolov S.M. Mnogoletnemerzlye grunty v kachestve osnovaniia promyslovykh truboprovodov // Neftianoe khoziaistvo. – 2008. – № 10. – S. 126-127.
7. Volodchenkova O.Iu. Proektirovanie i stroitel'stvo magistral'nykh truboprovodov v slozhnykh prirodno-klimaticheskikh usloviakh // Magistral'nye i promyslovye truboprovody: proektirovanie, stroitel'stvo, ekspluatatsiia, remont. – М.: RGU im. I.M. Gubkina. – 2004. – № 4. – S. 71-72.
8. Garris Iu.O., Kutukov S.E., Novoselov V.V., Ismagilov I.G. Regulirovanie teplovykh rezhimov podzemnykh truboprovodov // Interval. Peredovye tekhnologii. – 2001. – № 4. – S. 14-17.
9. Asadullin M.Z., Garris H.A., Novoselov V.V. Vliianie klimaticheskikh uslovii na teploobmen magistral'nogo gazoprovoda // Remont truboprovodov: nauch. tekhn. sb. – Gazprom. – № 1. – 2001. – S. 20-25.