

Газопровод «Сила Сибири». Перспективные проблемы



В статье освещены некоторые проблемные вопросы реализации проекта газотранспортной системы «Сила Сибири» на стадии завершения прокладки трубы и начала эксплуатации. Показана сложность природных условий в инженерно-геологическом и геокриологическом отношении. Отмечено применение современных технологий и материалов, позволяющих сохранять высокие надежность и устойчивость газопровода.

Также в статье приведены основные результаты эколого-геокриологических исследований Института мерзлотоведения СО РАН (ИМЗ) последних лет, позволившие выявить главные сложности проекта и обосновать пути их решения.

Шац Марк Михайлович

Ведущий научный сотрудник Института мерзлотоведения имени П.И.Мельникова СО РАН, к.г.н.

На протяжении почти пятнадцати последних лет в различных регионах Сибири проектируются, строятся и вводятся в эксплуатацию магистральные нефте- и газопроводы, являющиеся важной составляющей государственной политики, ориентированной на повышение энергетической безопасности, усиление межрегиональных топливно-энергетических связей, решение задач разных территориальных уровней. Создание на востоке, западе и юге Сибири столь развитой энергетической инфраструктуры должно

снизить стоимость энергоносителей, повысить надежность энерго- и топливоснабжения как потребителей азиатской части РФ, так и стран АТР.

Строительство и эксплуатация данных трубопроводов ведутся в сложных динамических, инженерно-геологических, природно-климатических и мерзлотных условиях [1-5,7,9,10,14,17,18], нередко приводящих к проблемным и чрезвычайным ситуациям. По обобщенным данным научных и технологических исследований и официальным данным АО «Газпром», 42% всех аварий на линейной части магистральных газопроводов обусловлено прямым или косвенным воздействием природных факторов [14]. При этом 16% проблем обусловлены внешней общей коррозией, 12% – экзогенными процессами (в т.ч. 3% – изменениями геокриологических условий), 13% – коррозионными явлениями, 1% – другими естественными факторами.

В ряде научных работ подробно рассмотрен ход прокладки трубы по состоянию на середину 2018 г. [6,8,13]. Из публикаций можно сделать вывод, что особенно актуальной задачей как для строительства, так и для эксплуатации ГТС является получение оперативной информации о взаимодействии трубы с природной средой, в том числе о реакции ее наиболее динамичных компонентов, в том числе многолетнемерзлых пород (ММП), на техногенные воздействия. Отсутствие, либо недостаточность таких данных, как правило, приводят к неопределенности при выборе стратегии природопользования, связанной с невозможностью разработки плана конкретных природоохранных и компенсационных мероприятий.

Современное освоение криолитозоны, использование ее ресурсов, проживание городского и сельского населения невозможны без системной оценки совокупного влияния на нее как проектируемых, так и уже существующих промышленных объектов. Оценка их взаимосвязей в сочетании с анализом социально-экономических, экологических, историко-культурологических и медико-биологических процессов представляют собой сложную задачу, требующую глубокого системного подхода и имеющую фундаментальное социально-региональное значение. Именно эколого-геокриологическая составляющая наиболее актуальна в общей системе инженерно-геологических знаний при строительстве и эксплуатации трубопроводов в Сибири.

Эколого-геокриологические условия и сложности трассы ГТС

Особенности распространения, температуры и мощности многолетнемерзлых толщ по трассе ГТС, судя по имеющимся материалам [1-4,6-8,10-13,15,17,18], зависят от состава и свойств горных пород нижнего кембрия – доломитов и известняков. Характерно отсутствие ММП или их малая мощность на водораздельных пространствах при повсеместном развитии в долинах рек и на их северных склонах. Эта закономерность нарушается лишь в связи со специфическими геотектоническими и орографическими условиями, когда ММП отсутствуют не только на водоразделах, но и на склонах южной экспозиции кроме их подножий. В днищах долин наблюдается большая прерывистость мерзлых толщ, зависящая в основном от фильтрующих свойств покровных отложений. Талики развиты на участках закарстованных, грубообломочных и песчано-галечных грунтов. Мощность ММП в днищах долин обычно составляет несколько десятков метров, а её увеличение до 100–150 м наблюдается только в днищах узких и глубоко врезаемых долин под воздействием устойчивой орографической инверсии, а также на севере Лено-Алданского плато вследствие общего повышения суровости климата.

Причиной широкого развития таликов на площадях, сложенных карбонатными породами, служит активное отепляющее воздействие атмосферных осадков, легко инфильтрующихся

в закарстованную толщу, а также утепляющее влияние снежного покрова, мощность которого южнее 59° с.ш. достигает 60–80 см.

Разнообразные природные условия зоны влияния ГТС «Сила Сибири» определяют пестроту её геокриологической обстановки. Максимальные мощности мерзлой толщи отмечаются в верховьях рек, где вершины водоразделов достигают отметок 1300–1600 м, с превышением над днищами в 300–500 м. ММП сплошного распространения в таких районах имеют низкие температуры и мощность до нескольких сотен метров.

Сезонное и многолетнее промерзание и протаивание горных пород в сочетании с их составом обуславливают широкое развитие по трассе криогенных явлений и образований. Направленность и интенсивность формирующих их мерзлотных процессов определяются характером теплообмена верхних горизонтов грунтов с атмосферой и геолого-геоморфологическими условиями территории.

По результатам исследований ИМЗ и МГУ, по трассе наиболее развиты морозобойное растрескивание пород, наледеобразование и пучение грунтов, в меньшей степени – термокарст, солифлюкция [1-3,10-13,15,17,18].

Морозобойное трещинообразование не только приводит к потере прочности массива пород, но и является основой образования таких неблагоприятных для строительства и эксплуатации инженерных сооружений процессов и явлений, как залежи подземного льда, многочисленных форм крупно- и мелко бугристого рельефа, а также способствует развитию склоновых процессов [17,18].

Кроме результата морозного трещинообразования – полигонального рельефа – на рассматриваемой территории широко распространены структурные формы микрорельефа в виде каменных многоугольников (центральная часть Алданского плоскогорья), каменные кольца (Чульманское плоскогорье), каменные полосы и моря – курумы (рис.1) и т.п., образованные морозобойным растрескиванием и выпучиванием каменного материала. Их размеры достигают 2–3 м в диаметре на породах карбонатной и терригенной формаций и 3–10 м на породах магматической группы формаций. Примером полигонального рельефа в пределах развития скальных пород являются нагорные террасы [17].



Рис. 1. Всплытие трубы на замаренном участке трассы [14]

Пучение грунтов. Неглубокое залегание ММП и связанные с ними воды слоя сезонного протаивания способствуют широкому развитию в рассматриваемом районе процессов пучения грунтов. В результате этого процесса образуются бугры пучения и самые различные формы бугристого микрорельефа. Одной из форм пучения является выпучивание каменного материала. Особенно неблагоприятны процессы пучения для инженерных сооружений.

Представление о характере проявления и распространения этих процессов в исследуемом регионе дают бугры пучения. По трассе газопровода отмечаются бугры двух генераций: однолетние и многолетние, наиболее широко развитые в заболоченных верховьях речных долин и суглинистых заторфованных отложениях, а также на заболоченных и замшелых участках террас и водоразделов и особенно в пределах слаборасчлененной части Алданского плоскогорья. Ядрами бугров являются многочисленные линзы и прослойки льда. Такие бугры формируют специфический микрорельеф днищ большинства водотоков бассейнов рек Малого и Большого Нимныра, Улахан-Леглигера и др. Многолетние бугры пучения – гидролакколиты локальны, обычно достигают высоты 5 м и диаметра 15–25 м, приурочены к местам разгрузки трещинно-жильных и других подземных вод (бассейны рек Васильевка, Керак и др.) [17]. В южной части трассы по материалам изысканий бугры известны в долинах р. Горбылях, руч. Окурдан и Амуначи.

Массивы подземных льдов, термокарст и термоэрозия. По трассе «Сила Сибири» встречаются залежи подземных льдов двух генезисов: повторно-жильные и инъекционные. В северной части трассы повторно-жильные льды приурочены к надпойменным террасам крупных рек и фрагментам озерно-аллювиальной равнины в районах Средней Лены, где на участках их развития встречаются термокарстовые озера. Отдельные выходы повторно-жильных льдов для рассматриваемой трассы известны в долинах некоторых рек Алданского щита в южной части Якутии и даже на севере Амурской области. Наиболее четко по данным аэровизуального обследования и дешифрирования снимков полигональный рельеф прослеживается в долинах рр. Горбылях, Могот, Амуначи (левый приток р.Тимптон) [17]. Ледяные жилы залегают в нижних частях склонов или днищах долин. Внешне они проявляются по наличию канавообразных микропонижений, образующих полигоны с размером сторон от 10 до 15–18 м. Самый южный участок распространения повторно-жильных льдов – долина р. Могот, где отмечались их внешние полигоны. На некоторых участках второй надпойменной террасы р. Могот повторно-жильные льды были вскрыты скважинами, наличие полигонального рельефа на поверхности этой террасы свидетельствует о распространении повторно-жильных льдов на значительных участках заболоченных и увлажненных марей. Особенно наглядны на местности последствия процесса термоэрозии (рис.2).



Рис. 2. Участок мелкого заложения и выдавливание трубы на поверхность в средней части трассы. Фото из [14]

По В.Р. Алексееву [1] особенности географического распространения многолетнемерзлых пород в Южной Якутии предполагают полное отсутствие термокарстовых процессов лишь на склонах и водоразделах Лено-Алданского и Чульманского плато. Инъекционные льды, развивающиеся на участках неравномерного пучения грунтов, ограничены и обычно приурочены к участкам наледообразования. Активная нивелирующая деятельность наледных вод приводит к тому, что через 5–10 лет от термокарстовых форм здесь не останется никаких следов.

Развитие современных термокарстовых образований на юге Якутии не связано с общим изменением климата, а обусловлено местными причинами – динамикой растительного покрова, торфонакопления, поверхностного и внутригрунтового стока, а также денудационными процессами [1].



Рис. 3. Курум на пологом склоне. Фото И.В. Дорофеева

Наледи. Трасса ГТС является одним из наиболее хорошо изученных наледных районов Сибири. По генезису все наледи могут быть разделены на три типа: наледи подмерзлотных вод (ключевые), надмерзлотных вод (грунтовые) и смешанные (речных и надмерзлотных вод) [1]. По условиям образования и особенностям географического распространения наледей регион весьма своеобразен, его граница на севере совпадает со склоном Алданского кристаллического массива, на юге – с подножьем Станового хребта. В приустьевой части бассейна процессы наледообразования выражены слабо, что связано, вероятно, с повышением водопроницаемости русла и подруслых отложений, а также со снижением водообильности горных пород, представленных гранитоидами. Итак, к числу основных геоэкологических задач в процессе завершения строительства ГТС и ее эксплуатации относится изучение особенностей реакции природной среды на многоплановое и разномасштабное воздействие в результате прокладки трубы и строительство объектов инфраструктуры.



Рис. 4. Активная термоэрозия в средней части трассы. Фото И.В.Дорофеева

Игнорирование всех перечисленных в данном разделе статьи особенностей, недостаточное изучение последствий нарушения естественных процессов тепло-массообмена в горных породах может вызвать серьезные осложнения при эксплуатации трубопровода (рис. 3, 4), сократить сроки надежной работы и привести к иррациональным экономическим затратам. Речь идет о серьезных геотехнических последствиях, которые наблюдались, например, по

трассе трубопровода «ВСТО», где при прокладке трубы в переувлажненных оттаявших грунтах происходило её погружение в жидкую массу.



Рис. 5. Спланированный переход трубы через крупный водоток в средней части трассы [14]

Базовые месторождения

Важным условием успешной реализации проекта является обеспечение надежной ресурсной базы. В качестве ее основы для «Силы Сибири» принято Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение в юго-западной Якутии. В последние годы на месторождении активно проводилось бурение – было пройдено семь разведочных скважин, средняя глубина которых составляла около двух километров. В 2019 году здесь, наконец, началась промышленная добыча газа. Как сообщается на официальном сайте АО «Газпром», Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение является базовым для формирования Якутского центра газодобычи, создание которого направлено в первую очередь на обеспечение газом российских потребителей – населенных пунктов Якутии и других регионов Дальнего Востока. Проектная годовая производительность месторождения составит 25 млрд м³.

Кроме Чаяндинского, «Газпром» продолжает подготовку Ковыктинского месторождения к переводу из опытно-промышленной эксплуатации в стадию промышленной эксплуатации. В настоящее время на месторождении ведутся комплексные геологические исследования. В частности, в 2017 году пробурены две разведочные скважины, выполнена трехмерная сейсморазведка в объеме 2,4 тыс. км². Идет проектирование объектов обустройства месторождения на полное развитие и газотранспортных мощностей.

Планируется, что в конце 2022 года газ Ковыктинского месторождения начнет поступать в газопровод «Сила Сибири», часть которого проложена в Иркутской области.

Амурский ГПЗ

Помимо разработки двух месторождений ведутся работы по строительству одного из крупнейших в мире предприятий по переработке природного газа – Амурского газоперерабатывающего завода. Завод будет перерабатывать многокомпонентный газ с Якутского и Иркутского центров газодобычи и извлекать из газа ценные для газохимической и других отраслей промышленности компоненты — этан, пропан, бутан, пентан-гексановая фракция и гелий. После этого очищенный природный газ будет поступать на экспорт в Китай. Производство гелия на Амурском ГПЗ начнется в 2021 г. и должно достигнуть ежегодного уровня в 60 млн м³ к 2026–2027 гг.

Строительством и эксплуатацией логистической инфраструктуры для транспортировки и обслуживания контейнеров с гелием на российской территории, включая гелиевый хаб в Приморском крае, будет заниматься ООО «Газпром газэнергосеть гелий».

Подготовленные для поставки на экспорт контейнеры с гелием будут направляться из портов Дальнего Востока России на глобальные рынки.

На всех стадиях работ – от разведки и подбора площадки до проведения водоохраных мероприятий компания старается обеспечивать экологическую безопасность этой территории.

Заключение

В результате проведенных к настоящему моменту исследований можно сделать следующие выводы:

- трасса газопровода «Сила Сибири» в основном проходит по пологим элементам рельефа с неглубоким залеганием коренных пород карбонатной и терригенной карбонатной формаций палеозоя и терригенной формации нижней юры, сильно трещиноватыми и нестойкими к выветриванию, особенно в зонах тектонических нарушений. Это определяет их высокую водопроницаемость, снижение несущей способности грунтов оснований и широкое развитие карста [14].
- четвертичные породы представлены образованиями в основном элювиального, склонового и аллювиального генезиса мощностью от 0 до 10 м;
- по трассе ГТС широко развиты ММП, имеющие характер распространения от массивно-островного до прерывистого при средней годовой температуре на подошве слоя годовых колебаний от 0 до минус 2,5 °С. Наиболее суровые в мерзлотном отношении районы приурочены к днищам долин и нижним частям склонов. Состав мерзлых толщ в основном представлен слабо льдистыми грунтами, а более высокое содержание льдов характерно для заболоченных и заторфованных участков долин, до глубины 2 м;
- наиболее широкое из современных экзогенных геологических процессов по трассе ГТС имеют: выветривание, карст, речная эрозия, суффозия, заболачивание, гравитационные обвалы и осыпи. Из числа криогенных процессов преобладают приуроченные к днищам долин трещинообразование, термокарст и солифлюкцией, пучением грунтов и наледообразование;
- наиболее масштабные опасные процессы эндогенного характера в районе работ – землетрясения, а из числа физико-геологических – мерзлотный карст.

Общая стоимость строительства газопровода «Сила Сибири» составила около 1,1 трлн рублей. Кроме того, 450 млрд рублей будет затрачено на освоение Чаюдинского газового месторождения, и еще 950 млрд рублей – на строительство газоперерабатывающего завода в районе города Свободный в Амурской области. Поставки газа в Китай должны стартовали 2 декабря 2019 года. Правда, в первый год работы газопровода «Сила Сибири» объем прокачки «голубого топлива» в КНР должен составить лишь 4,6 млрд кубометров, однако уже в 2021-м – 10 млрд кубометров, в 2022 году – 16 млрд, в 2023-м – 21 млрд, в 2024-м – 25 млрд, и, наконец, в 2025 году запланирована прокачка в объеме 38 млрд кубометров.

Глава газового холдинга Алексей Миллер в эфире программы «Вести в субботу» на телеканале «Россия 1» заявил, что формула цены поставок газа в Китай по газопроводу «Сила Сибири» не вызывает сомнений в его рентабельности.

На этом фоне Геннадий Тимченко, чья компания «Стройтранснефтегаз» занималась строительством газопровода «Сила Сибири», заявил в СМИ, что после его завершения планируется создание еще одного газопровода в Китай. В рамках Петербургского международного экономического форума Г.Тимченко, не уточняя подробности нового проекта, сообщил, что речь идет об еще одном более коротком и дешевом, по сравнению с «Силой Сибири», трубопроводе в «Поднебесную».

Список литературы

1. Алексеев В.Р. Ландшафтная индикация наледных явлений. – Новосибирск: Наука, 2005. – 364 с.
2. Байкало-Амурская железнодорожная магистраль. Геокриологическая карта. М-б 1:2 5000 000. М.: ГУГК, 1979. 2 л.
3. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов / под ред. Е.М. Мельникова, С.Е. Гречищева. – М.: ГЕОС, 2002. –402 с.
4. Геокриология СССР. Средняя Сибирь. М., Изд-во МГУ, 1990, 383 с.
5. Гостева А.В., Глебова Е.В., Черноплёков А.Н. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций на магистральных газопроводах на основе результатов анализа риска // Нефть, газ и бизнес. –2009. – № 9. – С. 68–70.
6. Железняк М.Н. Геотемпературное поле и криолитозона юго-востока Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 2005. – 227 с.
7. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М. М. Газотранспортная система «Сила Сибири» Современные проблемы и перспективы// Трубопроводный транспорт. Теория и Практика, М., 2017, №4, С.48-56.
8. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Современные проблемы и перспективы газотранспортной системы «Сила Сибири». // Недропользование XXI век, 2018, №1, С.110-117.
9. Задериголова М.М. Снижение техногенных рисков на подводных переходах магистральных газопроводов с опасными геодинамическими процессами // Территория нефтегаз. – 2013. № 9. – С. 18–22.
10. Инженерная геология СССР. Т. 3. Восточная Сибирь / под ред. Г.А. Голодковской. – М.: Изд_во Моск. Ун-та. 1977. – 657 с.
11. Макаров В.Н., Шац М.М., Слепцов А.Н. Геоэкологические условия территории нефтяного комплекса Талакан-Витим// Наука и образование, Якутск, 1998, № 2. С.100-106.
12. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР. Масштаб 1: 2 500 000 / Ред. П.И.Мельников. М.: ГУГК, 1991. - 2 л.

13. Мерзлотные ландшафты Якутии (Пояснительная записка к Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2 500 000) / Федоров А.Н., Ботулу Т.А., Варламов С.П. и др. Новосибирск: ГУГК, 1989. - 170 с.
14. Строкова Л.А., Ермолаева А.В. Природные особенности строительства магистрального газопровода «Сила Сибири». Изд-во Томского государственного политехнического института. 2015. С. 41–55.
15. Фотиев С.М. Подземные воды и мерзлые породы Южно-Якутского угленосного бассейна. Москва: Наука, 1965. 231 с.
16. Шац М.М. Геоэкологические проблемы нефтегазовой отрасли Якутии // Промышленная безопасность и экология, Пермь, 2009, №10 (43), С. 36-42.
17. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района. Под ред. Кудрявцева В.А. Москва: Изд-во МГУ, 1975. 444 с.
18. White W.B. Karst hydrology: recent developments and open questions // Engineering Geology. 2002. V. 65. P. 85–105.

Заглавное фото: *Строительство газопровода "Сила Сибири". Источник:*
<https://inipe.com/novosti/gazoprovod-sila-sibiri/>