

УДК 624.131

## ГАЗОТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА «АЛТАЙ»:

### НОВЫЕ ВРЕМЕНА – НОВЫЕ ПОДХОДЫ

М.Н. Железняк, С.И. Сериков, М.М. Шац

*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск*

*E-mail: fe@mpi.ysn.ru, grampus@mpi.ysn.ru, mmshatz@mail.ru*

*В статье освещено начало этапа создания газотранспортной системы «Алтай» («Сила Сибири-2»). Показана сложность природных условий трассы в инженерно-геологическом и геокриологическом отношении. Приведены основные результаты предыдущих эколого-геокриологических исследований последних лет, позволившие выявить главные сложности проекта и показать некоторые пути их преодоления.*

*Ключевые слова:* газотранспортная система «Алтай», «Сила Сибири-2», Республика Алтай.

*DOI: 10.24411/2410-1192-2020-15802*

*Дата поступления 3.09.2020*

В недавних публикациях были освещены история создания газотранспортной системы (ГТС) «Сила Сибири», природные условия территории объекта, его геотехнические особенности и ресурсная база, этап заполнения трубы газом [1-5]. Показано, что в последнее время в различных регионах Восточной Сибири проектируются, создаются, а частично и эксплуатируются несколько магистральных нефте- и газотрубопроводов, являющихся важным элементом федеральной политики, ориентированной на повышение энергетической безопасности, усиление межрегиональных топливно-энергетических связей, решение задач разных территориальных уровней. Их строительство и эксплуатация осуществляется в сложных динамических, инженерно-геологических, природно-климатических и мерзлотных условиях [1-5].

Поставки российского газа в Китай по трубопроводу «Сила Сибири» мощностью 38 млрд м<sup>3</sup> в год начались в де-

кабре 2019 г. По соглашению с CNPC предусмотрено поэтапное увеличение поставок по мере готовности необходимой инфраструктуры. В 2020 г. планируется поставить 5 млрд м<sup>3</sup>, в 2021 г. – 10 млрд м<sup>3</sup>, в 2022 г. – 15 млрд м<sup>3</sup>. В 2024 г. объем поставок должен достичь запланированных 38 млрд м<sup>3</sup> [4].

Еще одним важным аспектом расширения ГТС «Сила Сибири» является строительство ветки от Ковыктинского до Чайнинского месторождения, которая позволит «Газпрому» значительно нарастить объемы экспорта в Китай. Мощности двух ресурсных баз дадут возможность увеличить объемы прокачки газа по ГТС «Сила Сибири-1» до 44 млрд м<sup>3</sup> сырья в год [6].

Подрядные организации уже перешли в стадию реализации строительно-монтажных работ, ведется перебазировка техники, начата сварка на трубосварочных базах и обустройство временных жилых городков. Сообщается, что уже сварено и уложено более 10 км тру-

бы, работы идут с опережением графика. Основной комплекс строительства проводится на линейной части газопровода. Подрядчики планируют к выходу на пиковую нагрузку уже к концу этого года. Экспортная производительность запущенного 2 декабря 2019 г. газопровода «Сила Сибири» составляет 38 млрд м<sup>3</sup> газа в год.

Запущенная в декабре 2019 г. «Сила Сибири» стала первым российским газопроводом, экспортирующим топливо в Китай. Газ для него поставляют Чаяндинское месторождение (Якутия) и Ковыктинское (Иркутская область). Общая протяженность «Силы Сибири» равна примерно 3 тыс. км. На проектную мощность газопровод выйдет к 2024 г. Стороны заключили договор на поставку газа сроком на 30 лет, объем экспорта составляет 38 млрд м<sup>3</sup> в год. Сумма контракта составила \$400 млрд. Во второй половине марта 2020 г. «Газпром» остановил магистральный газопровод на

профилактику [3]. В соответствии с китайской госкомпанией CNPC стороны условились проводить плановую профилактику газопровода дважды в год, весной и осенью.

В марте 2020 г. руководством РФ было принято решение о создании ГТС «Сила Сибири-2» («Алтай»). Президент Владимир Путин на встрече с главой «Газпрома» Алексеем Миллером согласился дать поручение о начале проектно-изыскательских работ для газопровода (рис. 1). По оценке последнего, объемы поставки газа могут составить до 50 млрд м<sup>3</sup> газа в год [7]. Относительно перспектив проекта, заместитель генерального директора Фонда национальной энергетической безопасности Алексей Гривач отметил, что потенциал потребления газа в КНР очень велик и будет существенно расти. Постепенно к 2030 г. он может выйти на величины порядка 600 млрд м<sup>3</sup> в год.



Рис. 1. Принципиальная схема проекта ГТС «Алтай» («Сила Сибири»-2)

Напомним, что «Газпром» и китайская компания CNPC еще в 2015 г. подписали соглашение о поставках газа в КНР по западному маршруту («Сила Сибири-2»). Оно предусматривает создание новой трубопроводной системы, начиная с уже существующего транспортного коридора от Западной Сибири до Новосибирска, а далее до российско-китайской границы, но практической реализации пока не получало. Целью представляемой статьи является анализ проблем, возникающих при возобновлении проекта создания ГТС «Сила Сибири-2» («Алтай»). Статья предназначена для студентов и специалистов по комплексному освоению минеральных ресурсов.

*Природные, в т.ч. геокриологические, условия территории прокладки ГТС «Алтай»*

Трасса газопровода проходит в экстремальных природно-климатических условиях, пересекает заболоченные, горные и сейсмоактивные территории, участки с мерзлыми и скальными грунтами. Алтай находится в пределах палеозойской Алтае-Саянской складчатой области, представляющей собой сложно построенную складчатую систему, образованную докембрийскими и палеозойскими толщами, интенсивно дислоцированными в каледонскую и герцинскую эпохи тектогенеза. В послепалеозойское время горно-складчатые сооружения были разрушены и превращены в денудационную равнину. По особенностям геологического строения и возрасту различают каледонский Горный Алтай (северо-запад) и герцинский Рудный Алтай (юго-запад и юг).

Антиклинории Горного Алтая (Холзунско-Чуйский и Талицкий), главным образом, сложены флишоидной терригенной серией верхнего кембрия – нижнего ордовика, перекрывающей венд-нижнекембрийские офиолиты, кремнисто-сланцевые образования и предпо-

жительно докембрийские метаморфиты, местами выступающие на поверхность.

Наложенные впадины и грабены (наиболее крупный – Коргонский) выполнены породами среднего ордовика – нижнего силура и начала девона, прорванными позднедевонскими гранитами. В олигоцен-четвертичное время Алтай испытал поднятие, связанное с региональным сжатием земной коры, вызванным сближением ограничивающих его литосферных Джунгарской и Тувинско-Монгольской плит. Формирование горного сооружения происходило по типу крупного свода, который на последних этапах развития был деформирован системой разрывов, в результате чего в центральной и южной частях образовалась серия блоковых морфоструктур в виде высоких хребтов и разделяющих их впадин.

В целом, Алтай является западным крылом мощного пояса гор Южной Сибири, поднятым в виде огромного свода на высоту более 4 тыс. м. От мощного горного узла Табын-Богдо-Ола, с его куполовидными вершинами, отходит, постепенно снижаясь, южная ветвь хребтов – Южный Алтай, Сарымсакты и Нарымский (к западу) и Сайлюгем и Чихачева (к востоку). К северу от этой горной дуги, отделенной высоким Укокским плато и Чуйской котловиной, находится система хребтов, составляющих основу этой горной системы.

Первая ветвь (почти субширотного простирания) гигантской решетки составлена Южно-Чуйским, Катунским и Холзунским хребтами. Последний в северо-западной части делится в широтном направлении на хребты Ивановский, Ульбинский и Убинский. Эта линия наиболее высокая на Алтае, и здесь воздымается высочайшая гора Сибири – г. Белуха. Вторая линия хребтов (Северо-Чуйский, Теректинский, Башелакский) проходит несколько севернее: от стыка Теректинского и Семинского хребтов, постепенно снижаясь в северном направлении (Чергинский, Ануй-

ский, Башелакский хребты). Наконец, третья ветвь, образованная из Курайского, Айгулакского и Сумультинского хребтов, вытянута почти меридиально и усложнена примкнувшими с востока плосковерхими хребтами Чулышманским и Шапшальским и серией менее высоких.

Особенности распространения, температуры и мощности многолетнемерзлых толщ по трассе ГТС, судя по имеющимся материалам [1-2, 5, 8-9], зависят от состава и свойств горных пород. 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.

Рассматривая характер распространения мерзлых пород в пределах всего Горного Алтая в целом, следует отметить, что в основном он изменяется в соответствии с закономерностью высотной поясности. На наиболее низких отметках лежит пояс сезонного промерзания горных пород, который выше сменяется поясами многолетнемерзлых, имеющих островной, прерывистый и слабо прерывистый характер распространения. Вместе с увеличением отметок местности, повышается и мощность мерзлой толщи горных пород. Например, на Чаган-Узунском месторождении мощность многолетнемерзлых пород, по данным геологов Западно-Сибирского управления, составляет: 25 м на высоте 1780 м, 65 м – на высоте 1850 м, 160 м – на высоте 1930 м, около 400 м – на 2920 м.

Наряду с высотной поясностью, в Горном Алтае четко прослеживается закономерность меридианальной сек-

торности, т.е. изменение мерзлотных условий с запада на восток [9]. Изменение высотного положения границ геокриологических поясов в этом направлении, свидетельствует о зависимости от местных природных условий. Так увеличение количества осадков, выпадающих на склонах западной экспозиции Алтая, приводит к тому, что по сравнению со склонами, обращенными к востоку, ММП встречаются здесь на более низких отметках. Сезонное оттаивание грунтов в зависимости от их состава свойств и экспозиции участка изменяются от 1,5 м (во влажных мелкодисперсных) до 4 м (в сухих песчаных отложениях). Сезонное и многолетнее промерзание и протаивание горных пород, в сочетании с их составом, обуславливают по трассе широкое развитие криогенных явлений и образований.

Направленность и интенсивность формирующих их мерзлотных процессов определяется характером теплообмена верхних горизонтов грунтов с атмосферой и геолого-геоморфологическими условиями территории. Специфика криогенного рельефообразования принципиально влияет на выбор методики прокладки трубы. По результатам исследований ИМЗ, наиболее развиты по предполагаемой трассе ГТС морозобойное растрескивание, пучение грунтов, солифлюкция и иные склоновые процессы в меньшей степени – термокарст [1-2, 5, 9-12].

*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. Морозобойные трещины формируются в основном в поверхностных отложениях, а образованный ими полигональный рельеф наиболее четко выражен на по-

верхности низких заторфованных аккумулятивных террас, в нижних частях пологих склонов, верховьях местных водотоков. Средние размеры полигонов обычно достигают 10 x 10 м, что обусловлено низкими среднегодовыми температурами пород. Максимальные размеры трещин на надпойменных террасах достигают ширины 0,2-0,8 м при длине 20-40 м и видимой глубине до 2-3 м. Местами развитие имеет активная термоэрозия (рис. 2).

Кроме полигонального рельефа на рассматриваемой территории широко распространены структурные формы микрорельефа в виде каменных многоугольников, каменные кольца, каменные полосы-потоки и т.п., образованные морозобойным растрескиванием и выпучиванием каменного материала. На плоских водоразделах многоугольники имеют форму, близкую к правильной, а на более крутых склонах (до 10°) они часто приобретают форму каменных полос (рис. 3) и курумов.

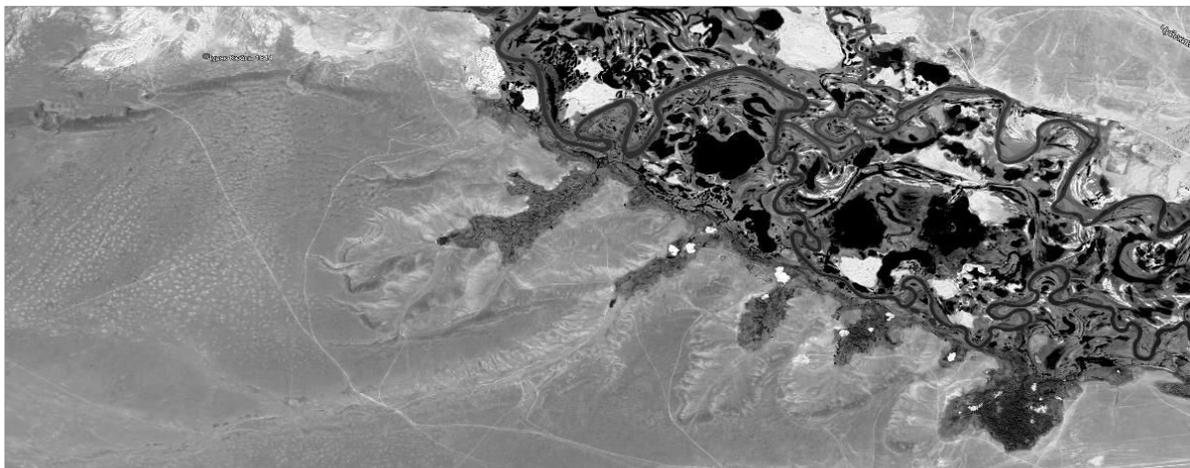


Рис. 2. Активная термоэрозия в днище высокогорной впадины (фото С.И. Серикова)



Рис. 3. Каменный «поток». Фото с электронного ресурса [9]

*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 образуются бугры пучения и самые различные формы бугристого микрорельефа (рис. 4), что особенно неблагоприятно 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.

*Наледи.* По генезису все наледи могут быть разделены на три типа: наледи подмерзлотных вод (ключевые), надмерзлотных вод (грунтовые) и смешанные (речных и надмерзлотных вод). Наиболее благоприятные условия для выхода подмерзлотных вод создаются под руслами крупных водотоков. Поэтому большинство наледей в верховьях формируются субаквальными источниками в местах пересечения подрусло-

го талика с водоносными геологическими разломами.

*Массивы подземных льдов и термокарст* редки. В основном они приурочены к высокогорью и присклоновым участкам днищ Чуйской и Курайской степей, а также к надпойменным террасам местных водотоков и фрагментам озерно-аллювиальных равнин, где на участках их развития встречаются термокарстовые озера.

Особенно проблемны для освоения районы плоскогорья Укок, Чуйской степи и горных областей Алтая отличающиеся суровыми природно-климатическими условиями. Там развиты практически все присущие внутриконтинентальному высокогорью катастрофические и особо опасные природные процессы: солифлюкция, криогенные оползни скольжения (рис. 3) и обвалы, лавины ледниковых участков, высокая сейсмичность и т.д.

Температура пород на участке Чаган-Узун на глубине годовых теплооборотов варьирует от  $-0,5$  до  $+0,1^{\circ}\text{C}$ . В Чуйской впадине (пос. КошАгач) инженерно-геологической скважиной (глубина 28 м) были вскрыты многолетнемерзлые породы. Температура пород на забое составила  $-0,4^{\circ}\text{C}$ .



Рис. 4. Мерзлотное выпучивание каменного материала на плато «Укок» (фото А. Головина)

Для последующей оценки особенностей формирования температурного режима горных пород, характеристики высотной поясности криолитозоны, необходимых при оценке и прогнозировании инженерно-геологических условий горных территорий Алтая, сотрудниками ИМЗ СО РАН на водоразделах с различными абсолютными отметками в интервале от 1200 до 2800 м оборудована мониторинговая сеть наблюдений за температурным режимом горных пород. Измерения проводятся с помощью автоматизированных систем «НОВО» фирмы OnSet с 4-х часовым интервалом записи температуры. Это позволит получить данные об особенностях высотной поясности температуры горных пород, сезонной ее вариации, количественные значения ее экстремальных величин и оценить динамику температуры грунтов при изменении климата. Совместно с алтайскими коллегами начата систематизация и создание базы данных и геокриологической информационной системы «Криолитозона Алтая».

Примечательным и важнейшим для ГТС «Сила Сибири-2» является факт, установленный мерзлотооведами для трассы нефтепровода «Восточная Сибирь-Тихий Океан». Разномасштабный проблемно-ориентированный контроль за последствиями воздействий на природную среду и объекты инфраструктуры комплекса, проведенный сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН (ИМЗ) в последние годы показал [13], что уровень нарушения в результате создания объекта можно оценить как умеренный, ограниченный полосой трассы шириной в несколько сот метров. Объекты инфраструктуры после нескольких лет эксплуатации находятся в устойчивом состоянии. Вызывающая опасения специалистов активизация экзогенных процессов, которая могла возникнуть в результате проведения производственными специальными мероприятиями, была предо-

тврощена, и все объекты находятся в устойчивом состоянии.

Установлено, что резко активизировавшиеся в начале освоения негативные экзогенные процессы деструктивной направленности (термокарст, термоэрозия и т.д.) в результате грамотно подобранных и своевременно проведенных природоохранных и компенсационных мероприятий существенно стабилизировались. Это позволило привести ранее нарушенные геосистемы в устойчивое состояние. Выявлено, что в процессе эксплуатации нефтетранспортной системы происходит стабилизация геокриологических условий, благоприятствующая повышению надежности объекта. В результате проведения компенсирующих мероприятий существенно уменьшились негативные последствия активизации экзогенных процессов в начале создания «ВСТО». Наряду с этим направлением исследования ИМЗ на всех ранее освоенных и неоднократно обследованных участках нефтепровода (рис. 5) зафиксировали в последнее время однозначный тренд уменьшения амплитуды и понижения температуры грунтов деятельного слоя [13]. Так среднегодовая температура мерзлых горных пород в районе на мониторинговой геотермической площадке на участке перехода «ВСТО» через р. Горбылах за 2007-2016 гг. понизилась на 1,2°C (с -1,4 до -2,5°C).

Таким образом, изменения температур горных пород, происходящие на различных участках «ВСТО», хотя и с разной интенсивностью в зависимости от поверхностных условий, но в целом однозначно свидетельствуют о значительном улучшении инженерно-геологических условий горных пород трассы и повышении надежности нефтепровода. Серьезнейшей проверкой надежности объекта стало происшедшее 12 декабря 2016 г. землетрясение в Амурской области с эпицентром в 85 км восточнее г. Сковородино, с магнитудой 5 и интенсивностью 5-5,5 балла. По сообщению

специалистов «Транснефти» «воздействие столь мощного природного фактора не отразилось на работе нефтепровода, и все объекты ВСТО продолжали функционировать в штатном режиме». Все это свидетельствует, что и для трассы «Алтай», что при условии соблюдения геотехнических правил и реализации научно-обоснованных природоохранных и компенсирующих мероприятий, такая возможность имеется.

#### Современное состояние проекта «Алтай»

При подготовке раздела использована информация из электронных ресурсов [3, 6-7, 13-15, 17]. В мае 2020 г. проект «Алтай», по информации председателя правления «Газпрома» Алексея Миллера, официально стартовал. Специалисты холдинга начали проектно-изыскательские работы по трассе нового газопровода, целью которого является соединение газотранспортной инфраструктуры Запада и Востока России, а также газификация в Средней Сибири. Кроме того, проект может стать основой нового экспортного канала через Монголию в Китай мощностью до 50 млрд м<sup>3</sup>. При этом газ Ямала будет поставляться и в Европу, и в Азию.

В июле 2020 г. с создания щитовой проходки через реку Янцзы началось строительство южного участка нового

газопровода в КНР (участок Юнцин-Шанхай) сообщает китайское агентство «Синьхуа». Трасса проходит через территорию девяти административных единиц КНР и будет строиться поэтапно, включая северный, средний и южный участки. Среди них северный участок был введен в эксплуатацию в прошлом году, а строительство среднего планируется завершиться к концу этого года [10]. Проект планируется завершить к июню 2025 г., и его реализация позволит ежегодно поставлять в район дельты р. Янцзы 18,9 млрд м<sup>3</sup> российского газа, что удовлетворит потребность газовой промышленности и жителей в регионе.

Особое значение приобретает проблема обеспечения проекта газом и его востребованности в КНР. Крупнейшие китайские нефтегазовые компании прогнозируют значительный рост спроса на природный газ предстоящей зимой. Потребность в газе в Китае во время отопительного сезона 2020-2021 г. вырастет на 10 % благодаря быстрому восстановлению экономики страны после эпидемии коронавируса. Во время отопительного сезона 2019-2020 г. спрос на топливо увеличился незначительно из-за вспышки заболеваемости в 1 квартале 2020 г.: всего на 0,3 % [11].

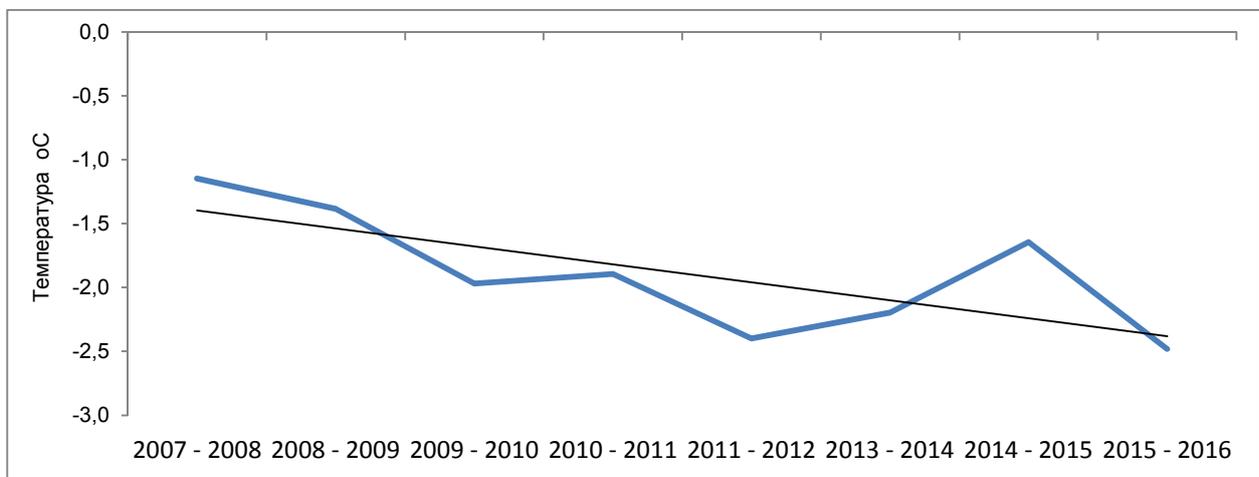


Рис. 5. Среднегодовые температуры на глубине 1 м на мониторинговой геотермической площадке (участок перехода «ВСТО» через р. Горбылах – 2362-2363 км), 2007-2016 гг.

Несмотря на значительный рост собственной добычи, Китай будет вынужден увеличить импорт сжиженного (СПГ) и трубопроводного газа из России. Во время отопительного сезона спрос на экологически чистое топливо достигает пиковых значений, как считают специалисты КНР. Отопительный сезон в Китае длится с середины октября до середины марта. За первые девять месяцев 2020 г. объем добычи природного газа в КНР вырос по сравнению с тем же периодом 2019 г. на 8,7 % и достиг 137,1 млрд м<sup>3</sup> [16].

Мен Ядун, топ-менеджер компании «Sinopet», ожидает роста спроса на газ во время отопительного сезона до 148 млрд м<sup>3</sup>, т.е. на 11,8 млрд м<sup>3</sup> больше по сравнению с тем же периодом годом ранее. Это вызывает озабоченность китайских специалистов по поводу возможного сокращения поставок трубопроводного газа из Туркменистана и ограниченной пропускной способности терминалов по приему СПГ в китайских портах.

Ли Вей, заместитель руководителя департамента сбыта природного газа в компании «PetroChina», заявил, что Туркменистан может сократить экспорт природного газа в Китай во время зимы в связи с увеличением поставок в Россию. Согласно прогнозу «Sinopet», в 2020 г. потребление газа в Китае вырастет на 3 %, или на 9 млрд м<sup>3</sup> по сравнению с 2019 г. и составит 310 млрд м<sup>3</sup>. Ранее правительство КНР ожидало снижения темпов роста спроса газ в Китае в связи замедлением деловой активности и экономики во время пандемии коронавируса [16].

По оценкам китайских экспертов, во время отопительного сезона 2020-2021 г. поставки российского трубопроводного газа в Китай значительно вырастут – до 14 млн м<sup>3</sup> в сутки, что на 6 млн м<sup>3</sup> больше, чем во время прошлого отопительного сезона. В связи с растущим спросом на газ со стороны Китая, который не может остановить даже

пандемия коронавируса, в сентябре было объявлено о начале проектирования газопровода «Алтай». Так что нехватки газа в восточном направлении, судя по всему, не ожидается.

Восточное направление становится все более актуальным для «Газпрома», т.к. оно должно в перспективе компенсировать снижение экспорта в Европу, указывает руководитель аналитического департамента «AMarkets» Артем Деев. Доля газа «Газпрома» в общем объеме природного газа, потребленного в ЕС в первом полугодии 2020 г. составила 28 % (32 % – за аналогичный период 2019 г.). А в китайском направлении поставки растут: в октябре 2020 г. «Газпром» нарастил объемы в КНР на 16,9 % к сентябрю 2020 г. Суммарный объем поставок в октябре составил 117,2 % от плановых значений на этот месяц в связи с повышенными заявками китайской стороны [3].

Особо следует отметить, что создание ГТС «Алтай» в значительной степени активизирует возможности освоения расположенных вблизи газопровода месторождений Белининского кобальт-никелевого, Каянчинского флюоритового, Алтайского железорудного района (включая Хоглзунское, Белорецкое и Инское месторождения магнетитовых руд) и Харловского титано-магнетитовых руд и иные полиметаллические, золоторудные и редкометалльные объекты около трассы.

После полноценного запуска ГТС «Сила Сибири-1», «Газпром» намерен начать строительство двух новых газопроводов в КНР. ГТС «Алтай» даст принципиальную возможность создать новые маршруты поставок: через Алтай мощностью 30 млрд м<sup>3</sup> и напрямую через территорию Монголии мощностью 50 млрд м<sup>3</sup> в год [3].

#### *Заключение*

Реализация проекта «Алтай» в практическом отношении имеет ряд положительных моментов: повышение

надежности газоснабжения региона; создание новых рабочих мест; существенное пополнение регионального и местного бюджета за счет налоговых отчислений; улучшение экологической обстановки в селитебных районах в связи с переводом энергоисточников с угля на газ.

При оценке целесообразности и безопасности создания ГТС «Алтай» необходимо учитывать, что согласно предварительному проекту, планируется провести трассу через особо охраняемые природные территории, основным из которых является природный парк – уникальное высокогорное плато Укок. Также нужно предусмотреть систему специальных природоохранных и компенсирующих мероприятий. Следует учесть, что прямой без транзитных стран маршрут газопровода может пройти только по плато Укок и в окрестностях озера Канас, расположенного в Синьцзяне. Если исключить эти территории, то строить газопровод придется через третью страну – Казахстан или Монголию. И российские, и китайские власти до сих пор считали это неприемлемым.

Особенности распространения, температуры и мощности многолетнемерзлых толщ по трассе ГТС зависят от состава и свойств горных пород нижнего кембрия – доломитов и известняков. Обычно 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.

Рассматривая характер распространения мерзлых пород в пределах всего

Горного Алтая в целом, следует отметить, что в основном он изменяется в соответствии с закономерностью высотной поясности. Вместе с увеличением отметок местности, увеличивается и мощность мерзлой толщи горных пород. Наряду с высотной поясностью в Горном Алтае четко прослеживается закономерность меридианальной секторности, т.е. изменение мерзлотных условий с запада на восток. Изменение высотного положения границ геокриологических поясов в этом направлении свидетельствует о зависимости от местных природных условий.

Направленность и интенсивность мерзлотных процессов определяется характером теплообмена верхних горизонтов грунтов с атмосферой и геолого-геоморфологическими условиями территории. Специфика криогенного рельефообразования принципиально влияет на выбор методики прокладки трубы. По результатам исследований ИМЗ наиболее развиты по трассе морозобойное растрескивание пород, криогенная сортировка и пучение грунтов, в меньшей степени – термокарст, солифлюкция.

Начальная стадия проектирования ГТС пока не позволяет высказать конкретные предложения по специфике компенсационных геозекологических и геотехнических мероприятий, необходимых для наиболее сложных, существенно отличающихся по особенностям прокладки трубы, участков трассы. Предварительно можно предположить, что более благоприятны в этом отношении участки с близким к поверхности залеганием коренных скальных пород, серьезно упрощающим условия строительства. Наиболее сложными являются участки развития каменных развалов – глетчеров, курумов, «потоков», пучения, оползней, подземных льдов инъекционного и сегрегационного характера, термокарста и термоэрозии, где строителей могут ожидать значительные трудности технологического характера.

Избежать проблем возможно лишь при условии систематического контроля, как за состоянием трубы, так и вмещающих ее пород, т.е. геотехнического и геоэкологического мониторингов, реализуемых на всех этапах: изыскательском, строительном и эксплуатационном. При этом на начальном, входящем в состав изысканий, этапе основным видом работ должно стать комплексное изучение современного, т.е. близкого к естественному состоянию природной среды в сочетании с прогнозом ее возможных техногенных и природных изменений.

Таким образом, важным условием обязательной при проектировании достоверной оценки целесообразности и эффективности создания ГТС «Алтай» является комплексный объективный и проблемно-ориентированный анализ, учитывающий как эколого-экономичес-

кую, так и геокриологическую специфику региона.

Реализация масштабных планов по «Силе Сибири», в т.ч. создания ГТС «Алтай» позволит «Газпрому» достичь давних целей – создать систему газопроводов, позволяющих поставлять газ как на Запад, так и на Восток. По идеальному сценарию поставки можно варьировать в зависимости от ценообразования на этих рынках.

В целом Российская трубопроводная система является одной из крупнейших в мире. Создание на востоке, западе и юге Сибири России развитой энергетической инфраструктуры в виде межгосударственных и международных газо-, нефтепроводов, ЛЭП должно снизить стоимость энергоносителей, повысить надежность энерго- и топливоснабжения как потребителей азиатской части РФ, так и стран АТР.

#### *Список литературы*

1. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Мерзлотно-геотермический мониторинг южной части магистрального газопровода «Алтай» // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2014. – № 3-4. – С. 61-68.
2. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Современные проблемы и перспективы газотранспортной системы «Сила Сибири» // Недрапользование XXI в. – 2018. – № 1. – С. 110-117.
3. Работу газопровода «Сила Сибири» приостановят для профилактики [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5e67d7f89a79479d71ebd048>.
4. Строкова Л.А., Ермолаева А.В. Природные особенности строительства магистрального газопровода «Сила Сибири». – Томск: Изд-во Томского государственного политехнического института, 2015. – С. 41-55.
5. Шац М.М. Современное состояние и перспективы новых магистральных трубопроводов в Сибири // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2015. – № 4(50). – С. 14-19.
6. Никольский А. Второй этап. «Газпром» возобновил строительство «Силы Сибири» [Электронный ресурс]. – URL: <https://radiosputnik.ria.ru/20201102/ss-1582710621.html>.
7. Давыдов Д. Путин дает старт созданию газопровода «Сила Сибири-2» [Электронный ресурс]. – URL: <https://teknoblog.ru/2020/03/28/104694>.
8. Геокриология СССР. Горы Южной Сибири. – М., Изд-во МГУ, 1990. – 383 с.
9. Шац М.М. Геокриологические условия Алтае-Саянской горной страны. – Новосибирск: Наука, 1978. – 103 с.
10. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М. М. Геотермические исследования южной части магистрального газопровода «Алтай» // Газовая промышленность. – 2015. – С. 62-65.
11. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Газотранспортная система «Сила Сибири» Современные проблемы и перспективы // Трубопроводный транспорт. Теория и Практика. – 2017. – № 4. – С. 48-56.

12. Шац М.М. Геоэкологические проблемы проектируемого магистрального газопровода «Алтай» // Газовая промышленность. – М.: Изд-во «Газойл пресс», 2014. – Спецвыпуск 716. – С. 86-90.

13. Шац М.М., Нерадовский Л.Г. Проблемы контроля состояния и надежности нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» на стадии эксплуатации // Маркшейдерия и Недропользование». – 2020. – № 4 (108). – С. 3-11.

14. Королева А. «Газпром» начал строить «Силу Сибири» на запад [Электронный ресурс]. – URL: <https://expert.ru/2020/11/3/sila-sibiri/>.

15. Давыдов Д. Второй этап укладки газопровода «Сила Сибири» уже начался [Электронный ресурс]. – URL: [https://teknoblog.ru/2020/11/03/108410\\_](https://teknoblog.ru/2020/11/03/108410_)

16. Климентьев М. «Газпром» нашел газ для «Силы Сибири» и еще одной трубы на восток» [Электронный ресурс]. – URL: <https://1prime.ru/energy/20201102/832253847.html>.

17. Стартовал «Восточный маршрут» газопровода «Силы Сибири» [Электронный ресурс]. – URL: <https://teknoblog.ru/2020/07/30/106823>.

18. Давыдов Д. Проектирование газопровода «Сила Сибири-2» началось [Электронный ресурс]. – URL: <https://teknoblog.ru/2020/05/19/105555>.

#### References

1. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shats M.M. Merzlotno-geotermichesky monitoring yuzhnoy chasti magistralnogo gazoprovoda «Altay» // Truboprovodny transport: teoriya i praktika. – 2014. – № 3-4. – S. 61-68.

2. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shats M.M. Sovremennyye problemy i perspektivy gazotransportnoy sistemy «Sila Sibiri» // Nedropolzovaniye KhKhI v. – 2018. – № 1. – S. 110-117.

3. Rabotu gazoprovoda «Sila Sibiri» priostanovyat dlya profilaktiki. – URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5e67d7f89a79479d71ebd048>.

4. Strokova L.A., Yermolayeva A.V. Prirodnye osobennosti stroitelstva magistralnogo gazoprovoda «Sila Sibiri». – Tomsk: Izd-vo Tomskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo instituta, 2015. – С. 41-55.

5. Shats M.M. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy novykh magistralnykh truboprovodov v Sibiri // Truboprovodny transport: teoriya i praktika. – 2015. – № 4(50). – S. 14-19.

6. Nikolsky A. Vtoroy etap. «Gazprom» vozobnovil stroitelstvo «Sily Sibiri». – URL: <https://radiosputnik.ria.ru/20201102/ss-1582710621.html>

7. Davydov D. Putin dayet start sozdaniyu gazoprovoda «Sila Sibiri-2». – URL: <https://teknoblog.ru/2020/03/28/104694>.

8. Geokriologiya SSSR. Gory Yuzhnoy Sibiri. – М., Изд-во МГУ, 1990. – 383 с.

9. Shats M.M. Geokriologicheskiye usloviya Altaye-Sayanskoy gornoy strany. – Novosibirsk: Nauka, 1978. – 103 s.

10. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shats M. M. Geotermicheskiye issledovaniya yuzhnoy chasti magistralnogo gazoprovoda «Altay» // Gazovaya promyshlennost. – 2015. – S. 62-65.

11. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shats M.M. Gazotransportnaya sistema «Sila Sibiri» Sovremennyye problemy i perspektivy // Truboprovodny transport. Teoriya i Praktika. – 2017. – № 4. – S. 48-56.

12. Shats M.M. Geoekologicheskiye problemy proyektiruyemogo magistralnogo gazoprovoda «Altay» // Gazovaya promyshlennost. – М.: Изд-во «Газойл пресс», 2014. – Спецвыпуск 716. – С. 86-90.

13. Shats M.M., Nerafovsky L.G. Problemy kontrolya sostoyaniya i nadezhnosti nefteprovoda «Vostochnaya Sibir – Tikhy okean» na stadii ekspluatatsii // Marksheyderiya i Nedropolzovaniye». – 2020. – № 4 (108). – S. 3-11.

14. Koroleva A. «Gazprom» nachal stroit «Silu Sibiri» na zapad. – URL: <https://expert.ru/2020/11/3/sila-sibiri/>.

15. Davydov D. Vtoroy etap ukladki gazoprovoda «Sila Sibiri» uzhe nachalsya. – URL: <https://teknoblog.ru/2020/11/03/108410>.

16. Klimentyev M. «Gazprom» nashel gaz dlya «Sily Sibiri» i eshche odnoy truby na vosto-  
tok». – URL: <https://1prime.ru/energy/20201102/832253847.html>.

17. Startoval «Vostochny marshrut» gazoprovoda «Sily Sibiri». – URL: <https://teknoblog.ru/2020/07/30/106823>.

18. Davydov D. Proyektirovaniye gazoprovoda «Sila Sibiri-2» nachalos. – URL: <https://teknoblog.ru/2020/05/19/105555>.

## GAS TRANSMISSION SYSTEM «ALTAI»:

### NEW TIMES – NEW APPROACHES

M.N Zheleznyak, S.I. Serikov, M.M. Shatz

*P.I. Melnikov Permafrost Institute of SB RAS, Yakutsk*

*E-mail: fe@mpi.ysn.ru, grampus@mpi.ysn.ru, mmshatz@mail.ru*

*The beginning of the stage of creation of the Power of Siberia-2 gas transmission system is highlighted. The complexity of the natural conditions of the route in engineering-geological and geocryological terms is shown. The article presents the main results of previous ecological and geocryological studies of recent years, which made it possible to identify the main difficulties of the project and show some ways to overcome them.*

*Key words:* Key words: gas transmission system «Алтай», «the Power of Siberia-2», Altai Republic.

*Received September 3, 2020*