

# СОЗДАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В ПРОЕКТАХ РАЗВИТИЯ НЕФТЕПРОВОДНОЙ СТРУКТУРЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (проекты «Пурпе – Самотлор», «Заполярье – Пурпе»)



**Ю.В. Лисин**  
к.т.н., первый вице-президент  
ОАО «АК «Транснефть»,  
г. Москва



**А.Н. Сапсай**  
вице-президент  
ОАО «АК «Транснефть»,  
г. Москва



**В.И. Суриков**  
заместитель генерального директора  
по технологии транспорта нефти  
и нефтепродуктов ООО «НИИ ТНН»,  
г. Москва  
[SurikovVI@niitnn.transneft.ru](mailto:SurikovVI@niitnn.transneft.ru)



**В.В. Павлов**  
главный инженер –  
первый заместитель генерального директора  
ОАО «Гипротрубопровод»,  
г. Москва  
[PavlovVV@gtp.transneft.ru](mailto:PavlovVV@gtp.transneft.ru)



**А.Е. Соценко**  
д.т.н., начальник Управления  
инновационного развития и НИОКР  
ОАО «АК «Транснефть»,  
г. Москва



**В.В. Бондаренко**  
к.т.н., генеральный директор  
ЗАО «КОНАР»,  
г. Челябинск  
[info@konar.ru](mailto:info@konar.ru)

**Ключевые слова:** развитие системы нефтепроводов Западной Сибири, Заполярье – Пурпе – Самотлор, надземная прокладка, специальные опоры, новые технические решения.

**Статья посвящена реализации инвестиционного проекта строительства уникальной трубопроводной системы Заполярье – Пурпе – Самотлор в условиях арктического климата. При строительстве применены инновационные решения, включая разработку алгоритма оптимального соотношения наземных и подземных участков нефтепровода, создание разнотипных опор и термостабилизаторов новой конструкции, комплекса мер по теплозащите оборудования, обеспечение требуемой несущей способности многолетнемерзлого грунта под фундаментами сооружений нефтепровода, установку свай с использованием сухих бетонных смесей и т.д. Опыт строительства трубопроводной системы будет интересен для анализа и выработки новых инновационных решений строительства нефтепроводов.**

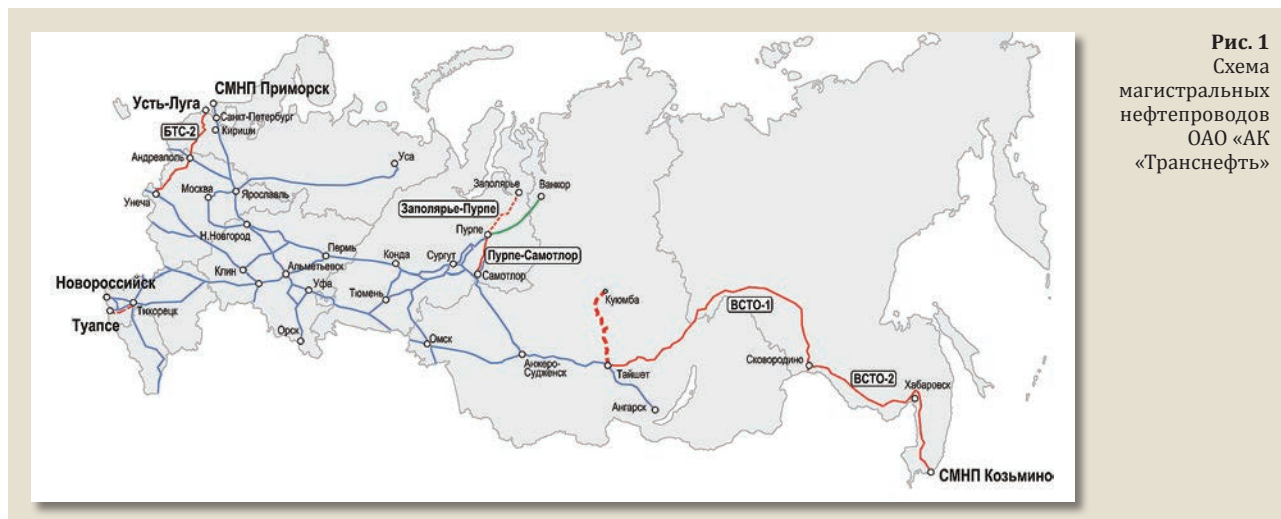
Система нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» является крупнейшей в мире по протяженности и пропускной способности. Магистральные нефтепроводы Компании расположены практически на всей территории Российской Федерации и проходят по территориям восьми федеральных округов (Центрального, Южного, Северо-Кавказского, Се-

веро-Западного, Дальневосточного, Сибирского, Уральского и Приволжского), включая территории 60 субъектов Российской Федерации (рис. 1).

Истощение существующих месторождений Западной Сибири, Башкирии и Татарстана предопределяет развитие новых нефтеносных регионов и, соответственно, развитие системы нефтепроводов.

Месторождения Западной Сибири эксплуатируются уже полвека, по объективным причинам они истощаются. И ежегодное падение добычи в Западной Сибири, по разным оценкам, составляет примерно 5–8 млн т.

Необходимость строить трубопровод в Заполярье для экономики нашей страны была очевидна. На фоне падения добычи нефти



**Рис. 1**  
Схема  
магистральных  
нефтепроводов  
ОАО «АК  
«Транснефть»

на старых месторождениях и отсутствия реальных альтернатив по компенсации выпадающих объемов производства месторождения севера Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и Красноярского края, расположенные вблизи промышленно освоенного центра Западной Сибири, могут стать гарантом сохранения в России стабильных уровней производства жидких углеводородов. Уникальная ресурсная база углеводородов на севере Западной Сибири позволяет создать здесь новый крупный центр по добыче нефти и конденсата. В настоящее время на территории ЯНАО ежегодно извлекается 90 % российского газа, 10 % нефти и половина газового конденсата. Здесь открыто 236 месторождений углеводородного сырья, из которых в промышленной эксплуатации находятся 63. Остальные месторождения являются резервом для увеличения добычи углеводородов.

Ресурсный потенциал региона позволяет на долгосрочную перспективу обеспечить высокие объемы их добычи. Начальные суммарные ресурсы жидких углеводородов на севере Западной Сибири достигают 25,6 млрд т (в том числе 18 млрд т нефти).

В данный момент добыча нефти и конденсата осуществляется только на юге региона. Отсутствие нефтепроводной инфраструктуры севернее нефтеперерабатывающей станции (НПС) «Пурпе» является главной причиной, сдерживающей освоение месторождений нефти в северных частях ЯНАО и в Красноярском крае. Во-

влечение в промышленный оборот месторождений севера Западной Сибири позволит преодолеть негативную тенденцию по сокращению производства нефти. Освоение перспективных нефтяных месторождений этого региона обеспечит поддержку добычи нефти в России на уровне 500–510 млн т нефти в год.

Последние 3–4 года нефтяные компании страны настоятельно обращались в ОАО «АК «Транснефть», министерства и ведомства, Правительство России с предложением о строительстве магистрального нефтепровода в этом регионе. Компания поддержала эту инициативу, осознавая, что это крупнейшая нефтеносная провинция. На основании гарантийных обязательств нефтяников, а это 40 млн т в год добычи, было принято решение о проектировании нефтепровода Заполярье – Пурпе. Это как раз тот объем, который позволяет компенсировать падение добычи в Западной Сибири.

22.04.2010 г. Правительством РФ было выпущено Распоряжение № 635-р о проектировании и строительстве магистрального нефтепровода по маршруту Заполярье – пос. Пурпе – Самотлор для транспортировки нефти из районов ЯНАО и северного района Красноярского края. Первым этапом предусмотрено проектирование и строительство нефтепровода Пурпе – Самотлор пропускной способностью до 25 млн т нефти в год с возможностью расширения пропускной способности до 50 млн т нефти. Этап реализован на участке Пурпе – Самотлор в 2011 г,

построенный нефтепровод протяженностью 429 км, диаметром 1020 мм, с тремя НПС позволит обеспечить новыми ресурсами как западное, так и восточное направление. Пять нефтяных компаний, имеющие лицензии, не проводили здесь работы по геологоразведке, эксплуатации и обустройству месторождений, ограничивая вложение финансовых средств для этого ввиду отсутствия магистрального нефтепровода и транспортной логистики. С приходом «Транснефти» нефтяники тоже начали активно проводить работу по обустройству месторождений, выполнять свои лицензионные обязательства, строить промысловые нефтепроводы в направлении будущего магистрального нефтепровода.

Вторым этапом предусматривается проектирование и строительство нефтепровода Заполярье – Пурпе в 3 очереди с завершением в 2016 г.

Таким образом, предстояло осваивать недоступные ранее районы Заполярья и севера Красноярского края. Эти районы имеют свои климатические и геологические особенности, с которыми раньше не приходилось сталкиваться; абсолютный перепад температур составляет от –56 зимой до +34 градусов летом; сильные ветры со скоростью свыше 40 м/с, тундра с карликовой растительностью, болота, значительные территории с вечной мерзлотой.

Указанные условия не позволяли в полной мере использование ранее полученного опыта как проектирования, так и строительства нефтепроводов. Требо-



Рис. 2

Проекты развития системы магистральных нефтепроводов в Западной Сибири

Заполярье – Пурпе	
Протяженность	487 км
Диаметр	1020/820 мм
Количество НПС	2 шт.
Сроки реализации	2010–2016 гг.

Пурпе – Самотлор	
Протяженность	429 км
Диаметр	1020 мм
Количество НПС	3 шт.
Сроки реализации	2009–2011 гг.



дных преград (рек, проток, стариц, озер, ручьев), из них две судоходные реки, Таз (ширина 480 м, глубина 13 м) и Пур (ширина 650 м, глубина 3,4 м).

Традиционно нефтепроводы прокладываются подземно. Особенность же данного проекта заключается в том, что 310 км линейной части магистрального нефтепровода (64 % от общей протяженности трубопровода) будут проложены способом надземной прокладки на специальных опорах и 36 % протяженности, или 178 км, подземно. Также надземная прокладка будет осуществлена на переходах нефтепровода через 118 малых водных преград (шириной в межень по зеркалу воды от 10 до 25 м и глубиной менее 1,5 м или шириной менее 10 м независимо от глубины).

Выполняя рекомендации СНИПов, проектировщики ОАО «Гипротрубопровод» в то же время тщательно рассчитали и создали свой алгоритм определения количества и протяженности раскладки наземных и подземных участков трассы, критерием эффективности которого служили минимизация металлоемкости и капитальных вложений. Этот подход позволил оптимизировать протяженности участков и обеспечить значительную экономию средств.

На этапе предпроектной проработки ОАО «АК «Транснефть» был внимательно изучен отечественный и зарубежный опыт подобного строительства, в частности Трансаляскинского нефтепровода в США. Этот нефтепровод проложен над землей на специальных опорах с компенсаторами для компенсации напряжений, вызываемых смещением почвы при очень сильных продольных сейсмических колебаниях, а также перепадами температур. Оказалось, что даже эти, как предполагалось, технически совершенные конструкции, могут не выдержать воздействия природной стихии. В процессе эксплуатации на некоторых участках части опорной системы Трансаляскинского нефтепровода не выдерживают нагрузок и выходят из строя.

Результаты изучения и анализа данного опыта показали, что требования к основным техническим решениям, применяемым в ходе

Рис. 3

Геолого-климатические условия прохождения трассы нефтепровода Заполярье – Пурпе



вальной разработки и реализация инновационных технических решений в области проектирования и строительства объектов магистрального трубопроводного транспорта в условиях Заполярья. Были реализованы идеи и разработаны схемные решения с учетом климатических и геологических условий района строительства для обеспечения надежной и безопасной работы строящихся нефтепроводов.

Результат был достигнут с реализацией уникального проекта. Практически все решения были новыми, вопросы решались не только в аудиториях и лабораториях институтов, но и непосредственно выездом на место с проведением соответствующих экспериментов и испытаний, по-

сле которых уже принимались окончательные решения.

Проект трубопроводной системы Заполярье – Пурпе – Самотлор является одним из примеров создания новых технологий строительства (рис. 2). Протяженность строящегося магистрального нефтепровода Заполярье – НПС «Пурпе» составляет 487 км диаметрами 1020 мм (336 км) и 820 мм (151 км), в составе объектов 2 НПС. Трасса нефтепровода проходит в условиях сильно обводненной, болотистой местности по территории Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов Тюменской области. Помимо арктического климата район строительства характеризуется уникальными геологическими и гидрологическими условиями. Пересекает 180 во-

реализации проекта «Заполярье – Пурпе», должны обеспечивать надежную эксплуатацию в упомянутых сложных геологических и климатических условиях Заполярья (рис. 3).

При проектировании были рассмотрены различные способы термостабилизации многолетнемерзлых грунтов, сооружения свайных фундаментов, изучены особенности применяемых труб и изоляции.

В связи с необходимостью надземной прокладки участков магистрального трубопровода Заполярье – НПС «Пурпе» на многолетнемерзлых грунтах была поставлена задача разработки технических решений по конструкциям свайных фундаментов, опор и специальных устройств для поддержания естественной температуры почвы – термостабилизаторов.

При принятии технических решений в первую очередь учитывались реологические свойства перекачиваемой нефти. Планируемая к перекачке нефть Хальмерпаутинского (до 0,4 млн т/год), Южно-Мессояхского (до 0,6 млн т/год), Пякяхинского (до 3,1 млн т/год), Восточно-Мессояхского, Западно-Мессояхского (до 16,4 млн т/год) месторождений имеет высокую температуру застывания +4 – +6 градусов, поэтому принято решение о подогреве нефтей на каждой НПС до 60 градусов. Уже предусмотрены и будут построены 8 пунктов подогрева: 3 на НПС и еще 5 путевых пунктов.

Нефть должна иметь высокую положительную температуру по всей протяженности нефтепровода, что рождает целый комплекс проблем, связанных с поддержанием положительной температуры нефти в нефтепроводе по всей протяженности и одновременно недопущением воздействия этого тепла на вечноммерзлый грунт.

Чтобы сохранить температурные свойства нефти и при этом не допустить растепления грунта, применены трубы с дополнительным теплоизолирующим покрытием из пенополиуретана (рис. 4). Такое решение определило разработку специальной технологии монтажа и термоизоляции труб (эпоксидное покрытие + пенополиуретан + металлопластическая

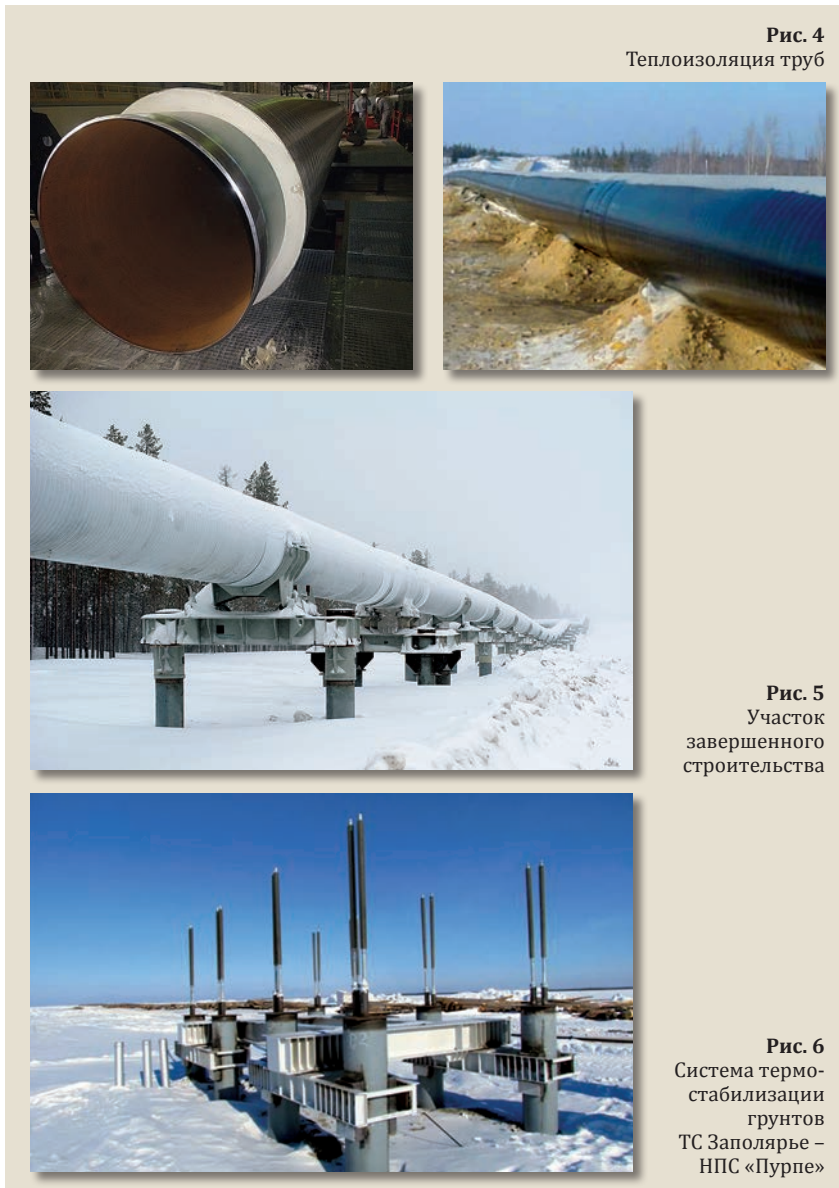


Рис. 4  
Теплоизоляция труб

Рис. 5  
Участок  
завершенного  
строительства

Рис. 6  
Система термо-  
стабилизации  
грунтов  
ТС Заполярье –  
НПС «Пурпе»

оболочка из оцинковки) и сварных швов на трубопроводе.

Были разработаны специальные виды опор для надземной прокладки трубопровода, всего три типа опор новой конструкции: неподвижные, продольно-подвижные и свободно-подвижные. Опоры установлены на 2–4–8 свайных основаниях.

Неподвижные опоры устанавливаются по трассе каждые 500 м, между ними трубу поддерживают промежуточные опоры – свободно-подвижные и продольно-подвижные. Конструкция сложная, но она позволяет нефтепроводу двигаться в осевом и поперечном направлениях при возникновении температурных напряжений.

Надземная прокладка намного сложнее, чем подземная. Здесь больше технологических шагов,

выше требования к точности операций, особенно это касается установки опор. Любое отклонение более чем на 2 % от проектных отметок недопустимо (рис. 5).

Разработка конструкций опор является инновационным решением. Расчеты подтверждают, что принятая компоновка надземных участков позволяет удержать с обеспечением необходимой жесткости нефтепровод даже при падении двух опор. Создание разных конструкций опор позволило обеспечить минимальную металлоемкость конструкций.

В подвижных и неподвижных опорах применена хладостойкая сталь 09Г2С 14-й категории. Масса опор составляет от 2 до 4,9 т, длина сварных швов соответственно от 8 до 30 м.



**Рис. 7**  
Задвижка  
в теплоизоляции



**Рис. 8**  
Система геотехнического мониторинга  
ТС Заполярье – НПС «Пурпе»



Плавное скольжение опор с трубопроводом при температурных деформациях обеспечивается установкой на подошве опоры антифрикционных высокопрочных прокладок из полимерных материалов (типа фторопласт). На опорном столе ростверка установлен лист из нержавеющей стали.

Для предотвращения коррозии шарнирного узла и обеспечения работоспособности в течение 50 лет в шарнирных узлах установлены антифрикционные втулки из полимерного высокопрочного материала.

Между трубопроводом и ложементом опоры установлены силиконовые прокладки для исключения риска повреждения оцинкованной оболочки и теплоизоляции и обеспечения работоспособности в течение 50 лет.

Для предотвращения коррозии трубопровода и обеспечения безопасной эксплуатации в течение 50 лет на опоре установлены узлы электроизоляции с применением полимерных влагостойких электроизоляционных материалов.

Свайные основания диаметром 426 мм погружаются в грунт на глубину до 18 м. Использовались различные виды погружения свай – бурозабивным способом, буропускным способом, погружным и завинчиванием. Для антикоррозионной защиты свай применяется наружное двухслойное эпоксидное покрытие заводского нанесения. Новым техническим решением для строительства является применение сухих бетонных смесей для заполнения полостей внутри свай, в

то время как традиционные методы строительства выполняются с использованием жидкого бетона.

После теоретической проработки были изготовлены опытные образцы оборудования и натурно испытаны с монтажом в реальных условиях трассы. После испытаний принималось решение о запуске оборудования в серийное производство.

Для сохранения отрицательных температур в вечномерзлых грунтах применяются специальные устройства – термостабилизаторы с новыми конструктивными решениями (рис. 6). С этой же целью недопущения размораживания почвы предусмотрено размещение запорной арматуры на линейной части нефтепровода на специальных площадках, установленных на свайных основаниях, с теплоизоляцией (рис. 7).

Как и для линейной части нефтепровода, разработаны специальные технические решения для объектов нефтепровода – насосных станций и резервуарного парка. Предусмотрена установка всех зданий и сооружений, технологических трубопроводов на свайных опорах. Так, здания насосных станций сооружаются на высоте до 1,7 м от поверхности земли. Используются особые решения для резервуаров. Резервуары (20 тыс. м<sup>3</sup>) размещаются на высоте 1,4 м на свайных фундаментах (до 570 шт.) с вентилируемым подпольем, между которыми размещены термостабилизаторы. Днище резервуара располагается на бетонном основании на подушке из песка и

пеностекла. Боковые поверхности и крыши резервуаров также покрываются теплоизоляционным материалом из пеностекла толщиной 100 мм.

Новым техническим решением является оборудование резервуаров системой автоматического газового пожаротушения, в настоящее время продолжается научная работа по исследованию возможности применения этого метода. Для обеспечения надежной работы уже в проекте заложены технические решения по организации проведения геотехнического мониторинга состояния нефтепровода, опыт организации которого имеется на нефтепроводе ВСТО. Система мониторинга включает сеть термоскважин, которые позволяют определять реальную температуру почвы, и установку маяков по контролю плано-высотного положения на каждой опоре нефтепровода для наблюдения за пространственным положением трубопровода (рис. 8).

Все эти разработки требовали нетрадиционных подходов. В целях реализации проектных решений институтом «НИИ ТНН» были разработаны специальные технические требования к материалам, оборудованию, производству строительно-монтажных работ и последующей эксплуатации трубопровода, резервуаров, площадочных объектов, свайных опор, вдольтрассовых линий электропередачи, НПС, запорной арматуры, зданий и сооружений.

Разработан комплекс нормативной документации, содержащий 28 нормативных документов, 23 программы и методики испытаний, инструкции по контролю монтажа оборудования, 28 типовых операционных карт по выполнению наиболее ответственных строительно-монтажных операций (рис. 9).

В ходе выполнения работ по научно-техническому сопровождению сооружения ТС Заполярье – Пурпе Компанией было подано 28 заявок на получение патентов РФ по разработанным устройствам и технологиям. В настоящее время получено 18 патентов РФ и ведется работа по зарубежному патентованию 15 технических решений, разработанных в рамках проекта.

Выполнены и выполняются 8 инновационных работ НИОКР по различным аспектам реализации проекта, включая ОКР «Разработка и изготовление опытных образцов опор трубопроводов и свайных фундаментов для участков надземной прокладки трубопроводной системы «Заполярье – НПС «Пурпе», НИР «Исследование микроструктуры и механических свойств сварных соединений металлоконструкций резервуаров, выполненных различными методами сварки (комбинированный метод) при отрицательных температурах окружающего воздуха», НИР «Разработка рекомендаций для проектирования объектов систем магистрального транспорта нефти в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов» и др.

Подводя итоги, еще раз подчеркнем, что опыта подобного строительства на вечной мерзлоте такого масштаба у Компании еще не было.

Применение новых технических решений во многом обусловлено необходимостью сохранения экологии в районе прокладки нефтепроводов. Природа тундры очень уязвима, требует особенно внимательного отношения к себе. Поэтому, чтобы не потревожить местную биосферу, почти все работы ведутся зимой. В другое время года запрещен даже проезд, чтобы не повредить мох ягель. При сооружении лежневых дорог для проезда тяжелой техники вместо дерева используются специальные грунтовые модули из нетканого материала, ячейки из которого заполняются песком.

Подрядчикам строго запрещено размещать отходы на незащищенном грунте, оборудованы специальные пункты для селективного сбора мусора. Сооружаются специальные проходы для миграции оленей (первая очередь – 3, всего – 18), в том числе 2 надземных в виде П-образных ворот высотой не менее 3 м от поверхности земли. Особое внимание уделяется охране водных ресурсов. Места водозабора изолируются бонами, рыбозащитными устройствами и сетками.

Экологический мониторинг строительства поручен независимым экспертам. Проект прошел



**Рис. 9**  
Научно-методическое и нормативное обеспечение проектирования и строительства магистрального нефтепровода Заполярье – Пурпе

экспертизу Ростехнадзора. В марте 2011 г. были открыты общественные приемные и проводились общественные слушания в пос. Тазовский и администрации г. Тарко-Сале с привлечением общественной организации «Ямал – потомкам», ключевыми вопросами в которых являлись решения по охране экологии. По результатам общественных слушаний в проектную документацию были внесены необходимые корректировки.

Суровые природные условия требуют особых подходов в вопросах не только надежности трубопровода, но и максимально возможного комфорта людей. К примеру, при строительстве НПС предполагается использовать ранее не применявшиеся в Компании решения. Разработаны проекты нового типа станций, предусматривающие, в частности, более компактные производственно-промышленные зоны, поскольку экстремальный температурный режим обуславливает размещение значительной части оборудования в помещениях. Ряд производственных помещений и административных блоков будет объединен в общую конструктивную схему. Персонал сможет перемещаться из производственной зоны в административную или бытовую, не выходя на улицу, по крытым переходам. Это создает нормальные условия труда персонала при крайне низких температурах окружающего воздуха и обеспечивает единую технологическую связь с объектами нефтеперекачивающей станции.

Не забывает компания «Транснефть» и о будущих нефтепроводчиках, которым предстоит эксплуатировать уникальный нефтепровод в суровых природно-климатических условиях Заполярья. В связи с постоянным развитием добывающей и нефте-

газотранспортной инфраструктуры, открытием новых промышленных предприятий требуется привлечение все большего количества специалистов и, как следствие, развитие социальной инфраструктуры ЯНАО. ОАО «АК «Транснефть» создано специальное подразделение в г. Уренгой для эксплуатации нового магистрального нефтепровода. В настоящее время Компания тесно и конструктивно взаимодействует с муниципальными властями и администрацией округа по вопросам социального развития региона. Так, для обеспечения жильем сотрудников Уренгойского УМН ОАО «Сибнефтепровод» в рамках реализации проекта будут построены трехэтажный дом в г. Новый Уренгой и два трехэтажных дома в пос. Коротчаево. Объем жилого фонда составит 144 квартиры общей площадью 8100 м<sup>2</sup>. Кроме того, в пос. Коротчаево предусмотрено создание целого инфраструктурного комплекса, в составе которого будут построены детский сад на 240 мест и современный многофункциональный спортивно-оздоровительный комплекс.

Таким образом, в Ямало-Ненецком автономном округе и на севере Красноярского края формируется новый центр по обеспечению углеводородным сырьем потребности национальной экономики. Нефтепроводы Заполярье – Пурпе и Пурпе – Саяногорск станут новыми звеньями трубопроводной инфраструктуры России, усилят инфраструктурный и транспортный пояс страны.

Инновационный строительный проект компании «Транснефть» воплощается в жизнь. Опыт строительства является источником для анализа и выработки новых инновационных решений строительства магистральных нефтепроводов.