

профилями, поскольку к ней приурочены донные отложения песчаной размерности, вероятно принадлежащие палеоруслу р. Су-Аран. Данные работы будут продолжены за счет анализа данных многоспектральной съемки, сезонной периодичности измерения солености морских вод.

Выполненная работа показала, что на изучаемой территории возможно наличие субмаринных источников как тектонического происхождения, так и формирующихся в результате разгрузки подрусловых потоков. Особенностью и тех и других является тесная связь с климатическими факторами и ярко выраженная сезонность. Кроме того, на характер функционирования субмаринных источников существенное влияние оказывают геолого-гидрогеологические факторы. Вероятно, каждый отдельный тип субмариной разгрузки потребует своих специальных методов их обнаружения и картирования. Геофизические методы при этом в любом случае должны применяться в комплексе с другими геологическими методами для получения более достоверных результатов.

Литература

1. Куропаткина, Т.Н. Структурно-геоморфологический анализ Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа [Текст] / Т. Н. Куропаткина // Региональные географические исследования: сборник научных трудов. Под общ. ред. А.В. Погорелова. – Краснодар, 2019. – С. 15–17.
2. Несмеянов, С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа: Опережающие исследования для инженерных изысканий [Текст] / С.А. Несмеянов. – Москва: Недра, 1992. – 253 с.
3. Отчет о региональной оценке современного состояния ресурсного потенциала питьевых подземных вод Черноморского побережья России и обоснование перспектив их использования [Текст] / ОАО «Кавказгидрогеология», автор Р. Н. Лизогубова, Северо-Кавказский Территориальный уровень, №28986. – п. Иноземцево: 2006. – 836 л.
4. Тимошина В. А. Ресурсный потенциал питьевых подземных вод в долинах малых рек Черноморского побережья окрестностей г. Геленджика [Текст] // Предложения, исследования и проекты в области рекреационной географии прибрежно-шельфовых зон Юга России: сб. докладов «Первой Черноморской школы-семинара филиала Краснодарского отделения РГО в г. Геленджике» 17-18 ноября 2021 г., филиал ЮФУ, г. Геленджик, 2021.
5. Юровский Ю. Г. Подземные воды шельфа. Задачи и методы изучения. [Текст] / Ю. Г. Юровский. – Симферополь: ДИАИПИ, 2013. – 260 с.

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В РУСЛОВОЙ ЧАСТИ РЕК, В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Филимонова О.М.^{1,2}, Филимонов А.А.^{1,2}

Научный руководитель профессор Строкова Л.А.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

В настоящее время развитие нефтегазовой отрасли напрямую связано с освоением территорий, расположенных в пределах криолитозоны, где сосредоточены основные разведанные запасы природного газа и нефти.

Одним из основных элементов инфраструктуры нефтегазовых промыслов являются трубопроводы, особое внимание при проектировании которых следует уделять обеспечению требований экологической безопасности и надежности переходов через водные преграды. В Сибири расположены одни из крупнейших рек России - Енисей, Лена, Обь, протяженность переходов трубопроводов через которые может достигать нескольких километров, а проектная глубина укладки может быть более 25 метров от поверхности водной глади. Переход через такие крупные реки наиболее часто устраивается подземным способом. Основными методами укладки являются траншейный и микротоннелирование, однако в данной статье будут рассмотрены проблемы, возникающие вне зависимости от способа прокладки трубопровода.

Проектирование подземных переходов трубопроводов через водные преграды в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов должно производиться с учетом повышенных требований, так как они находятся в специфических условиях и обладают рядом особенностей:

- подводное размещение трубопровода;
- наличие ледяного покрова значительной толщины;
- воздействие русловых процессов;
- сложный рельеф дна и особые геокриологические условия;
- затрудненные условия выполнения строительно-монтажных работ;
- невозможность реализации стандартного регламента обслуживания и ремонтов;
- отсутствие установленных методов по наблюдению за состоянием трубопровода.

Поскольку отказы трубопроводов приводят как к прямым потерям, связанным со снижением объемов транспортировки, так и к возникновению аварийных ситуаций с тяжелыми финансово-экономическими, материально-техническими, экологическими и социальными последствиями, проектирование таких переходов требует высокой квалификации специалистов, а выполняемые расчеты должны обладать высокой степенью точности, поскольку их качество напрямую влияет на безопасность эксплуатации.

В зависимости от геокриологических, гидрологических и гидрометеорологических особенностей расположения объекта, основание русловой части реки может быть осложнено многолетнемерзлыми породами

разных типов. Их наличие под руслом реки осложняет проектирование, и требует, помимо прочностных расчетов трубопровода, выполнения комплекса прогнозных теплотехнических расчетов, которые, в свою очередь, требовательны к качеству и объему инженерных изысканий.

Основной целью проведения теплотехнических расчетов является прогнозирование совместного воздействия климатических, гидрогеологических условий и теплового воздействия трубопровода на геологическую среду за период эксплуатации сооружения. Для корректного моделирования, по результатам которого можно принять обоснованные технические решения, обеспечивающие безопасность в течение всего периода эксплуатации, необходимо восстановить в расчетной модели все природные условия максимально близко к реальным фактическим. Численное моделирование природных условий требует серьезного технического анализа исходных данных, при котором необходимо оценить степень воздействия каждого природного фактора на результаты теплотехнических расчетов.

Задачей инженерно-геологических изысканий для строительства подземных переходов является комплексное изучение инженерно-геологических условий участков перехода для разработки наиболее надежных и экономически целесообразных решений при проектировании и строительстве. При этом, основной проблемой выполнения достаточного объема изысканий для качественного проектирования является их трудоемкость.

Во-первых, количество инженерно-геологических выработок, установленных нормами для линейных объектов, в том числе и подземных переходов, не является достаточным и исчерпывающим для полноценного описания геологического строения оснований по причине наличия неисследованных областей между геологическими скважинами, которые приводят к необходимости в обследовании дна русла реки в месте прокладки трассы трубопровода для выявления крупных валунов, а также для изучения рельефа дна [3].

Учитывая уровень ответственности подводного перехода трубопровода, а также наличие многолетнемерзлых пород, исходные данные не должны иметь геологической неопределенности между выработками, поскольку они могут привести к неучету различных криогенных форм и образований – подземных льдов, каверн, неисследованных типов грунтов, которые могут привести к возникновению непроектных деформаций тела трубопровода.

Во-вторых, при наличии многолетнемерзлых грунтов, для проведения качественного теплотехнического расчета, требуется исследовать еще одну характеристику – температуру мерзлых грунтов. Определение температур грунтов оснований требуется проводить во всех инженерно-геологических выработках для исключения непредвиденного изменения температуры. При этом, увеличение точек измерений увеличивает точность прогнозирования теплотехнических расчетов.

Сложность при проведении данных изысканий приводит к необходимости привлечения высококвалифицированных организаций с высокой степенью технической оснащенности строительными машинами и механизмами.

В-третьих, в области гидрологических изысканий существует основная проблема, связанная с недостаточной изученностью режимов русловых и пойменных деформаций, а именно с отсутствием сведений об интенсивности смещения морфологических образований русла в зависимости от гидрологического режима реки.

Ввиду того, что речное русло под действием текучей воды подвержено изменениям или деформациям, данное изменение геологической среды необходимо учитывать при выполнении расчетов. Однако, в отчетах инженерно-геологических изысканий предоставляется только нормативная расчетная линия размыва за предполагаемый период эксплуатации, без отражения реальной интенсивности размыва, а информация по боковой эрозии русла и меандрированию отсутствует. При проведении расчетов, специалист должен уделить особое внимание возможному изменению границ реки и принимать технические решения с данной предпосылкой.

Согласно имеющимся данным по анализу дефектов подводных переходов, практически 95% аварий располагаются в пойменной части реки [1]. Вероятно, это связано с тем, что пойменные участки трубопроводов находятся в изменяющихся условиях влажности грунта, в пойменных грунтах происходит сезонная инфильтрация разливающейся реки, из-за чего могут происходить постоянные просадки и перемещения грунта. В пойме также находятся участки с различными влажностными характеристиками грунтов, в зависимости от удаленности от русла реки и частоты подъема уровня воды в пойме, что приводит к изменению профиля грунтов в пойме и напряженно-деформированного состояния трубопровода.

Также в пойме существует ряд проблем, связанных с отсутствием исчерпывающих данных по ледовому режиму на участке перехода, отсутствием описания процессов замерзания и вскрытия реки, и возможности образования опасных гидрометеорологических процессов и явлений с характеристикой, продолжительностью, частотой и границами распределения.

Рассматривая проблему деформаций русла и поймы, как геологической среды, возникает вопрос необходимости учета данных деформаций при проведении прогнозных долгосрочных расчетов, поскольку данные процессы имеют высокое влияние на теплообмен в грунте. Наряду с этим возникает проблема повышения трудоемкости выполнения теплотехнических расчетов с изменением геологической среды. Поскольку на данный момент, на рынке отсутствуют программы для прогнозирования теплового состояния грунтов с изменяющейся геологической средой. Выходом из сложившейся ситуации является итеративный подход с созданием расчетных моделей, исходными данными для которых является результат предыдущего расчета, что приводит к значительному увеличению их трудоемкости. Однако, при данном подходе возникает вопрос об определении длительности временного промежутка каждой итерации, при которой допускается пренебрегать отсутствием изменения геологии внутри каждой итерации.

Река имеет не только механическое воздействие, приводящее к деформациям русла, но также оказывает тепловое воздействие, изменяющее схему теплового обмена между рекой и основанием. При наличии многолетнемерзлых грунтов под руслом реки, температура воды является отепляющим фактором, приводящим к оттаиванию мерзлого грунта. При этом, значительной проблемой является отсутствие данных по годовому

термическому режиму реки. Для задания воздействия атмосферного влияния на грунты под рекой, а также, для учета влияния текучей воды на грунты, требуется рассмотреть два условия теплообмена: «атмосфера-вода» и «вода-грунт». Но, начиная с определенных глубин реки, воздействие атмосферы на температуру реки уменьшается и постепенно «затухает» по мере проникновения к нижним слоям. То есть, при больших глубинах рек, условием теплообмена «атмосфера-вода» можно пренебречь, а теплообмен «вода-грунт» задается в виде граничного условия, для которого необходимы данные по температуре воды на дне водоема. Однако на гидрометеостанциях не ведут подобных замеров, ввиду значительной глубины водоемов.

В связи с развитием вычислительной техники, появилась возможность выполнять самые сложные инженерные вычисления, однако, остается проблема отсутствия стандартизации требований на проектирование подземных переходов, расположенных в русле рек при наличии в основании многолетнемерзлых грунтов [2].

Сегодня, для соблюдения условий безопасности строительства и эксплуатационной надежности промышленных объектов, расположенных в зоне многолетнемерзлых грунтов, существует ряд федеральных нормативных документов. Однако, область применения этих документов не распространяется на гидротехнические сооружения и трубопроводы, поэтому возникает необходимость не только в стандартизации требований к проектированию подземных переходов, но и к разработке требований и условий по контролю за состоянием трубопровода и оснащению трубопроводных систем специальными методами мониторинга.

Литература

1. Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2008 [Текст] / Ростехнадзор; НТЦ «Промышленная безопасность». – М., 2008. – Вып. 5(38). – 80 с.
2. СП 410.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промысловые для нефти и газа. Строительство в условиях вечной мерзлоты и контроль выполнения работ»
3. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОДЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ (САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ РЕГИОН)

Ходус В.Р.

Научный руководитель: профессор Дашко Р.Э.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Анализ обеспечения безопасного освоения подземного пространства должен базироваться на рассмотрении его многокомпонентности. Вмещающей средой служат грунты, включающие подземные воды, микробиоту, газы различного генезиса (биохимические и глубинные), подземные конструкции, которые взаимодействуют с вышеуказанными компонентами. В настоящее время можно говорить о начальном этапе изучения деятельности микроорганизмов в подземном пространстве для решения инженерно-геологических, гидрогеологических и геотехнических проблем. Начиная с 80-х годов XX века под руководством проф. Дашко Р.Э. были начаты исследования влияния микроорганизмов на компоненты подземного пространства [1,2]

Источники микробиоты в подземной среде необходимо рассматривать как природные и природно-техногенные на региональном, локальном и точечном уровнях. В Санкт-Петербурге к региональным природным источникам следует относить болота и торфяные отложения, влияющие на подстилающие грунты на глубину до 50,0 м и более путем обогащения их микробиотой за счет инфильтрации болотных вод, которое сопровождается привнесом в подземное пространство продуктов их метаболизма: энзимов, кислот и газов. Наибольшая численность и разнообразие микроорганизмов характерна для анаэробных условий, в которых развиваются следующие физиологические группы: аммонифицирующие, сульфатредуцирующие, железоредуцирующие, метанобразующие бактерии, целлюлозоразлагающие, а также факультативные таксоны и др. К региональным источникам поступления микроорганизмов в подземное пространство также можно отнести высоконапорный вендский водоносный комплекс, залегающий на глубине более 100 м, восходящее перетекание вод которого происходит через трещиноватую толщу верхнекотлинских глин. Физико-химическая обстановка и химический состав подземных вод благоприятствует деятельности анаэробных и факультативных форм микроорганизмов, поскольку величина Eh, замеренная *in situ*, составляет -35 mV, pH = 7,2 -7,4. Кроме того, в водах присутствуют биогенные элементы – калий, азот; микрокомпоненты - селен, бром [3,4].

К природным локальным источникам поступления анаэробных микроорганизмов в подземное пространство можно отнести межморенные микулинские (mШпмк) отложения с битуминозной органикой, распространенные на севере, востоке и юго-востоке города, в которых происходит генерация метана, азота, диоксида углерода; а также незагрязненные воды полостровского водоносного горизонта. К природно-техногенным региональным источникам следует относить подземные воды, загрязненные промышленными стоками и утечками из систем водоотведения. Как известно, канализационные стоки имеют высокое содержание органики: белки, жиры, углеводы составляют 52 %, 48% приходится на неорганические соединения – хлориды, сульфаты, соединения азота. Их жидкая фаза характеризуется высоким содержанием микроорганизмов: 10^7 - 10^8 клеток микроорганизмов на 1 мл. Стоит отметить, что утечки из систем водоотведения активизируют деятельность аборигенных форм микробиоты [1].

К техногенным локальным источникам необходимо относить хозяйственно-бытовые отходы, а также ликвидированные и действующие кладбища, привносящие в подземное пространство микроорганизмы, соединения