
ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СИСТЕМЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ «БОВАНЕНКОВО—УХТА. ПЕРЕХОД ЧЕРЕЗ БАЙДАРАЦКУЮ ГУБУ» НА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ СУБАКВАЛЬНОГО СЛОЯ ГРУНТА

И.И. Матико

Отдел ОВОС

ЗАО «Инженерно-экологический центр „Эконефтегаз“»

(ЗАО «ИЭЦ «Эконефтегаз»)

Старокалужское шоссе, 62, корп. 4, Москва, Россия, 117393

Статья посвящена оценке воздействия геокриологической обстановки в пределах донных отложений Байдарацкой губы, где будет отмечаться тепловое воздействие проектируемого газопровода на обнаруженные реликтовые субаквальные многолетнемерзлые породы (ММП). Для исследования и прогнозирования возможных изменений условий формирования геокриологической обстановки в зоне теплового влияния подземного трубопровода были разработаны двухмерные математические модели теплообмена в породах при строительстве газопровода.

Ключевые слова: геокриологические условия, многолетнемерзлые породы, солифлюкция, криолитозона, термокарст, коррозийная активность.

Проектом «Система магистральных газопроводов „Бованенково—Ухта. Переход через Байдарацкую губу“» предусматривается строительство газопроводов через Байдарацкую губу Карского моря для транспорта природного газа с месторождений полуострова Ямал в центральные районы России и далее на запад.

Трасса газопровода при переходе через Байдарацкую губу проходит в сложных климатических и инженерно-геологических природных условиях. Район подводного перехода характеризуется суровым арктическим климатом с большой годовой амплитудой температуры, частыми штормами и высокой относительной влажностью в течение всего года. Ледовая обстановка в районе перехода характеризуется непродолжительным безледным периодом. Имеют место следующие особые условия строительства:

- высокая восприимчивость природной среды к техногенным воздействиям;
- наличие многолетних мерзлых пород;
- широкое распространение криогенных процессов в прибрежной зоне — солифлюкции, пучения, термоэрозии, термоабразии и термокарста;
- вязкопластичное течение грунтов по склонам морского дна;
- экзарация дна дрейфующими ледяными образованиями;
- повышенная коррозионная активность засоленных грунтов.

Проектом строительства подводного перехода предусмотрено соблюдение норм, требований и ограничений в области охраны окружающей среды с учетом воздействия техногенных источников на природные объекты.

По характеру контакта с окружающей средой источники подразделяются следующим образом:

- источники воздействия на воздушную среду;
- источники воздействия на морскую воду;

- источники воздействия на геологическую среду;
- источники воздействия на морскую биоту.

Важно отметить, что геологическая среда испытывает существенное воздействие во время проведения строительных работ по укладке трубопровода. Оценить современное состояние геологической среды, а также воздействие на нее геокриологических процессов — немаловажная задача, так как способ разработки траншеи во многом зависит именно от того, какими типами грунтов сложен участок строительства.

Геоморфологические условия и рельеф перехода. Согласно схеме геоморфологического районирования территории Западной Сибири район предполагаемого строительства расположен в пределах области морских аккумулятивных равнин, в подрайоне продолжающейся морской аккумуляции.

Морской участок генетически приурочен к южнокарскому шельфу и представляет собой подводную равнину с крупно-холмисто-котловинным рельефом, который сформирован за исторический период времени и представлен крупными геоморфологическими элементами (рис. 1):

- непосредственно к берегу до глубин 5—10 м примыкает подводный береговой склон. Уклоны дна здесь максимальные (0,005—0,007). В условиях интенсивных гидродинамических воздействий (волн, течений, льдов) этот участок дна подвержен наибольшим деформациям;

- абразионно-аккумулятивная равнина — поверхность дна до глубин 12—13 м с уклонами 0,004 (Уральский участок) и 0,001 (Ямальский участок). По сравнению с подводным береговым склоном рельефообразующие процессы здесь более спокойны;

- вторично расчлененная равнина — поверхность дна на глубинах 12—18 м с уклонами дна 0,001—0,005. В ее пределах отмечаются древние аккумулятивные формы, ориентированные по оси губы, а также эрозионные уступы на глубинах 15—16 м;

- днище древней речной долины и тальвеги — самая глубокая часть губы, с глубинами до 23 м и уклонами дна 0,001—0,003.

Рельеф дна Байдарацкой губы имеет достаточно сложное строение. На дне хорошо сохранились древние формы, соответствующие субаэральному этапу развития. Субаквальный рельеф более выражен в пределах подводного берегового склона в диапазоне глубин от 0 до 15 м. Это зона наиболее активного гидродинамического и ледового воздействия на дно, где формируются вдольбереговые валы и ложбины, отмели и экзарационные ледовые микроформы.

В глубоководной части губы рельеф формировался на фоне крупной долины р. Пра-Оби, которая была заложена еще в неогене и возобновлялась в позднем плейстоцене. Кроме того, на условия рельефа оказали влияние изменения уровня Мирового океана, когда Карское море претерпело несколько циклов трансгрессий и регрессий и, возможно, испытало воздействие ледников, спускавшихся с Урала и Новой Земли.

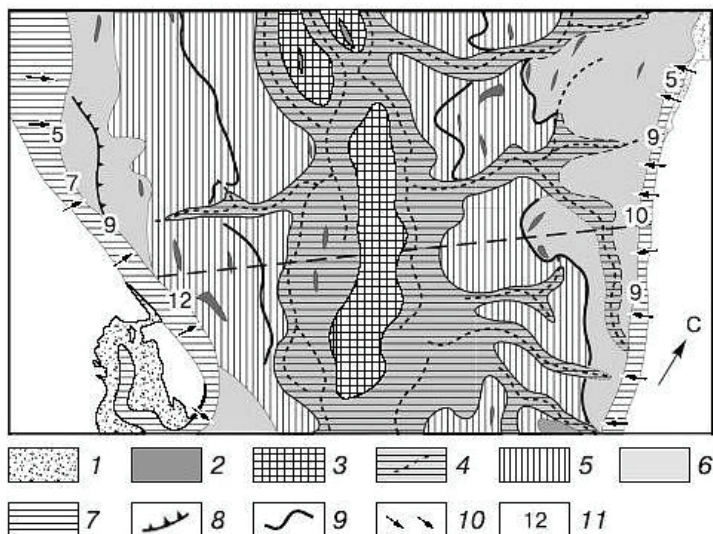


Рис. 1. Карта-схема геоморфологического строения дна Байдарацкой губы в районе перехода трубопровода:

- 1 — осушки; 2 — аккумулятивные формы; 3 — краевые гляциальные образования; 4 — днища древних долин и тальвеги; 5 — вторично расчлененная равнина; 6 — абразионно-аккумулятивный рельеф; 7 — абразионный рельеф; 8 — абразионные уступы; 9 — эрозионные уступы; 10 — подводный береговой склон; 11 — глубина подножия подводного склона, м

В современном рельефе дна Байдарацкой губы зафиксированы две генерации долин. Наиболее древняя имеет ширину 25—45 км. Вместе с террасами она занимает практически все дно губы и ориентирована по ее оси. В рельефе дна эта долина читается с глубины 12—15 м. В ее пределах сохранились серии террас с относительным превышением 7—10 и 14—16 м (рис. 2). Рельеф дна долины осложнен грядами, длинные оси которых ориентированы вдоль губы. Они образуют две группы: одну — с мористой стороны Байдарацкой губы, другую — между о. Левдиев и зал. Мутный. Увалы имеют длину от 7—13 до 24—26 км, ширину около 5 км, относительное превышение над поверхностью дна 3—6 м. Возможно, они являются краевыми образованиями ледника, спускавшегося с предгорий Урала.

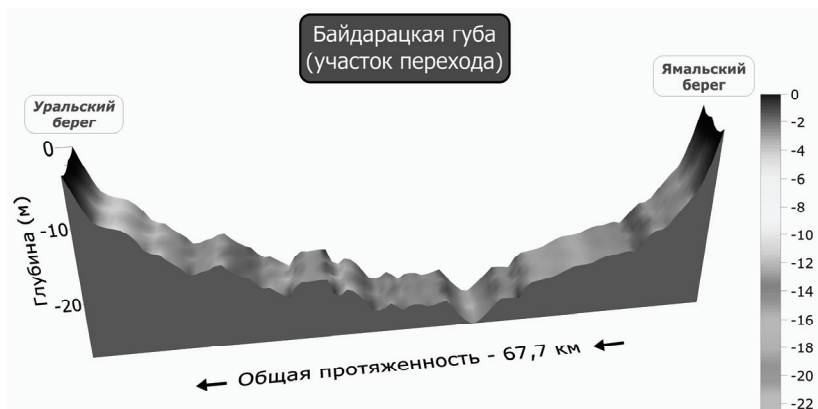


Рис. 2. Блок-диаграмма участка дна Байдарацкой губы в полосе перехода газопровода

Вторая генерация долин относительно молода и приурочена к местам расположения грядоувалов. Ширина днища этих долин изменяется от 4 до 12 км. В их рельефе сохранились тальвеги многочисленных водотоков, примыкающих в основном к Ямальскому берегу. В вершине Байдарацкой губы долина теряет морфологическую выраженность, поскольку рельеф дна в сильной степени изменен аквальными процессами. В ходе послеледниковой трансгрессии субаэральный рельеф подвергся здесь некоторым изменениям, сформировались преимущественно абразионные и абразионно-аккумулятивные поверхности, осложненные отдельными аккумулятивными формами.

Кроме того, отмечаются две группы аккумулятивных форм, сложенных мелкопесчано-алевритовыми фракциями. Первая группа существует на глубинах 11—14 м в виде валообразных и косовидных образований, концы которых направлены навстречу друг другу, а длинные оси форм ориентированы нормально к осевой линии губы. Вторая группа приурочена к глубинам 8—9 м, в отличие от первой группы концы ее кос развернуты в противоположные стороны, что обычно соответствует зоне дивергенции (т.е. образование двух противоположно направленных потоков наносов). У юго-западного побережья Байдарацкой губы между устьем р. Байдарата и о. Левдиев на глубинах 5—8 м отмечаются клювовидные аккумулятивные формы, которые ориентированы на северо-запад, что свидетельствует о преобладающем стоковом течении в этой части губы.

По периметру Байдарацкой губы расположены мелководные заливы, устья рек, мелкие водотоки, вблизи которых формируются обширные ветровые и приливные осушки, дельты и конусы выноса песчано-алевритового материала.

На фоне крупных и средних морфологических элементов в рельефе дна прослеживаются многочисленные микроформы — следы выпахивания дна торосистыми ледовыми образованиями. По материалам эхолотных промеров дна выполнен анализ донных микроформ. Профиль дна условно разделен на три участка: западная часть губы (Приуральская) с глубинами 13—20 м, центральная часть губы между изобатами 20 м (20—23 м) и восточная часть губы (Прямальская) с глубинами 11—20 м.

На западном участке в интервалах глубин 13—15 м на дне обнаружено всего по 1—2 борозды выпахивания, глубина которых не превышает 0,2 м относительно поверхности дна. Ширина борозд может достигать 40 м. На глубинах 15—16 м изрезанность дна возрастает, при этом встречаются как одиночные формы, так и серии из 2—3 ложбин и валиков, глубина их не превышает 0,2 м. В интервале глубин 16—17 м изрезанность дна увеличивается до 12 борозд на погонную длину 1 км. Максимальная изрезанность дна в западной части наблюдается на глубинах 18—20 м, где число борозд более 50 на погонную длину 1 км, а глубина их увеличивается до 0,5 м.

В центральной части Байдарацкой губы на протяжении 22 км на дне отмечается наибольшее количество микроформ. С западной стороны в интервале глубин 20—21 м выявлено 75 ложбин. Здесь отмечается наибольший показатель изре-

занности дна — 67 ложбин на погонную длину 1 км. Ложбины имеют ширину до 76 м и глубину вреза в дно до 1 м.

Участок дна на глубинах 20—21 м со стороны Ямальского берега относительно спокойный, с минимальной изрезанностью.

В интервале глубин 19—20 м со стороны Ямальского берега выявлено 63 ложбины шириной до 66 м, что с учетом небольшой протяженности дна дает сравнительно высокий показатель его изрезанности (82,4%). На глубинах 17—19 м отмечено максимальное число ложбин, однако при небольших уклонах дна показатель изрезанности почти в 1,5 раза меньше, чем на западном участке дна. Незначительное увеличение числа ложбин отмечается в интервале глубин 14—15 м, что можно объяснить приуроченностью к этим же глубинам зимней кромки припая и формированием здесь поясов торосов и стамух. Ближе к берегу, на глубинах 11—14 м, отмечаются лишь одиночные ложбины глубиной не более 0,2 м.

Таким образом, многочисленные микроформы, обнаруженные в глубоководной части губы, свидетельствуют о том, что основным рельефообразующим фактором здесь являются динамические воздействия глубокоосидающих льдин (стамух и несяков), а гидродинамические процессы ослаблены. На более мелководных участках (на глубинах 0—14 м в западной части и 0—16 м в восточной) эти формы практически отсутствуют вследствие сглаживания дна волнами и течениями.

По состоянию грунтов разрез подводной части перехода имеет двучленное строение. Верхний горизонт донных грунтов представлен неконсолированными глинистыми илами, суглинками и супесями текучей и текучепластичной консистенции. Мощность этого горизонта составляет от 0 до 0,5 м, на отдельных участках дна достигает 1 м. Ниже следует слой грунтов полутвердой консистенции, хотя отдельные прослои текучих и текучепластичных супесей и суглинков встречаются до глубин 5—10 м.

Характер распределения донных осадков в прибрежной зоне подчиняется гидродинамическим условиям, т.е. более крупный материал приурочен к прибрежным участкам активного волнового воздействия (волноприбойная зона), а мелкий — к глубоководной части губы. На западном участке до глубин 10—12 м отмечаются пески, которые с увеличением глубины сменяются супесью, суглинками, глинами. На восточном участке дно отличается многообразием и чередованием осадков разного вида и состава [5; 6].

Теплофизические характеристики. На большей части акватории Байдарацкой губы многолетняя среднегодовая температура придонного слоя воды и донных грунтов отрицательна, т.е. теплофизические предпосылки для существования и формирования здесь мерзлых толщ имеются и сейчас. В зависимости от глубины дна пространственная изменчивость температуры донных грунтов находится в пределах от $-0,1$ до $-2,9$ °C (рис. 3).

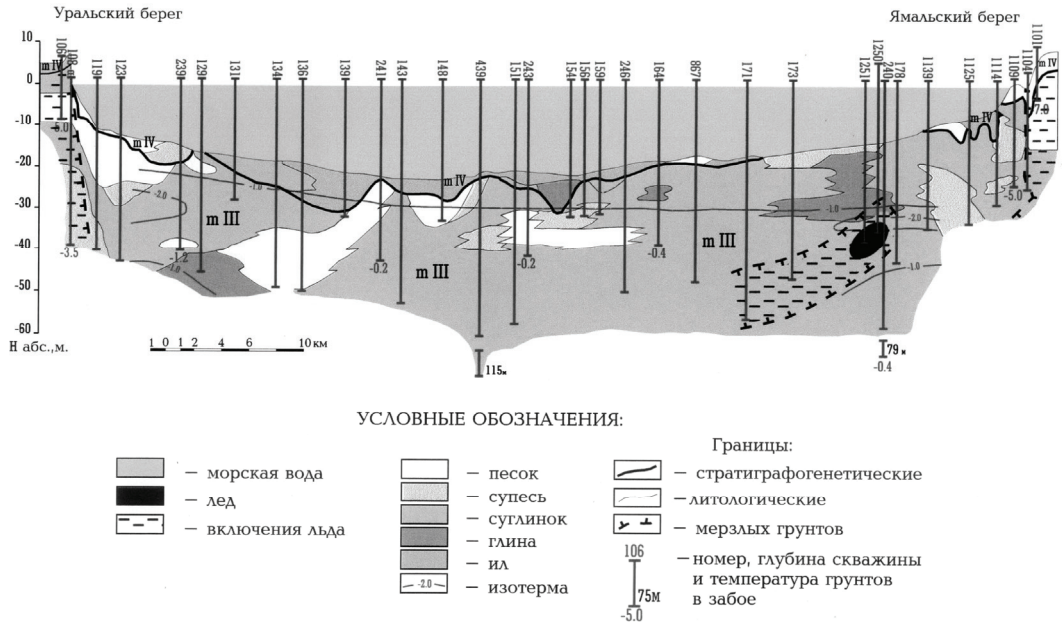


Рис. 3. Схематический геокриологический разрез через Байдарацкую губу в полосе перехода

Однако высокая концентрация поровых растворов в донных грунтах понижает температуру их замерзания до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже и тем самым исключает современное образование мерзлых толщ под акваторией. Поровые воды донных осадков находятся на грани фазовых превращений, и лишь различие в концентрации поровых растворов определяет мерзлое или охлажденное состояние грунтов.

Положительная среднегодовая температура донных грунтов прогнозируется только на глубинах не более 3 м и до глубины смерзания морского льда с дном (1,3—1,8 м), где вода и донные грунты значительно прогреваются в летнее время.

Среди мерзлых толщ под дном губы выделяются два типа: современные и реликтовые мерзлые толщи.

Вдоль аккумулятивных и стабильных участков берегов на мелководье в зоне смерзания припайного льда с грунтами температурный режим последних определяется в основном за счет колебаний температуры воздуха. Это обуславливает образование слоев многолетнемерзлых грунтов и перелетков, которые в виде «козырька» выступают в море до 200 м. По мере приближения к берегу и уменьшения толщины льда мощность мерзлых грунтов возрастает и на границе «вода—суша» она составляет от 2 до 5 м. На денудационных участках берегов на мелководье кровля мерзлых грунтов погружена на 2—5 м от дна.

В приямальской части ложа Байдарацкой губы среди охлажденных пород обнаружен крупный массив реликтовых мерзлых грунтов. Древние континентально-погруженные мерзлые толщи изначально сформировались на континенте в прошлые холодные эпохи (время сартанского оледенения) и оказались под водой в результате послеледниковой (голоценовой) трансгрессии моря. Для реликтовых мерзлых грунтов свойственны исключительно глинистый состав, чрезвычайно высокая льдистость, присутствие слоев льда мощностью до 10 м. Схематический

геокриологический разрез через Байдарацкую губу в полосе перехода является усредненной моделью. На основании анализа многолетних отчетов по теплофизическому воздействию установлено, что граница реликтовых многолетнемерзлых пород (ММП) при рассмотрении самой неблагоприятной ситуации находится на глубинах 10 м. С практических позиций важно, что кровля этих массивов залублена и находится ниже уровня дна на 10—30 м.

Влажность донных грунтов варьирует в глинистых разностях от 18 до 60%, в песчаных — от 17 до 30%. Наибольшая изменчивость влажности отмечается в верхней части разрезов. В слое глинистых илов у поверхности дна она возрастает до 40—60%, в то время как в песках и супесях не превышает 17—25%.

В донных суглинках с увеличением глубины отмечается уменьшение суммарной влажности при увеличении плотности грунта. В интервале 0—10 м преобладающие значения их влажности составляют около 65%, глубже те же преобладающие значения влажности составляют только 50%. Для мерзлых суглинков под дном губы эта закономерность нарушается, и суммарная влажность может увеличиваться с глубиной.

Степень заполнения пор незамерзшей водой и льдом близка к 1,0, что позволяет сделать вывод о просадочности грунтов в процессе оттаивания.

Плотность охлажденных песчаных и супесчаных грунтов под дном губы составляет 1,70—2,05 г/см³, глинистых — 1,60—2,13 г/см³. В интервале глубин 0—10 м среднее значение плотности глинистых грунтов составляет 1,80 г/см³, с увеличением глубины оно возрастает до 1,87—1,94 г/см³. Плотность мерзлых льдистых суглинков под дном губы составляет 1,85—1,95 г/см³, ледогрунтов — 1,10—1,20 г/см³.

На всем протяжении подводного перехода установлены газосодержащие породы и проявления газа. Присутствие газа отмечалось в верхней части разреза донных грунтов на глубинах 0,3—10 м. Об этом свидетельствуют данные бурения, а также результаты проведенных сейсмоакустических исследований. По возрасту это верхнеплейстоценовые отложения, по генезису — морские фации, а по составу — пески, реже глинистые грунты. Состав газа — метановый с ощутимым запахом сероводорода, фоновые концентрации техническими средствами контроля не оценены.

Источником газа являются процессы в деградирующей криолитозоне, продуцирующей газ, непосредственно в процессе таяния (высвобождение защемленного во льду газа пузырьков) или после перехода в талое состояние (газообразование при разложении законсервированной в мерзлом грунте органики).

На сейсмоакустических разрезах кровля газонасыщенных отложений отмечается в виде сильной отражающей границы с отрицательным коэффициентом отражения, ниже которой какая-либо полезная запись практически отсутствует. Для объяснения подобного акустического эффекта достаточно объемных концентраций свободного газа порядка 1%, что является приблизительной оценкой его минимального фактического объема в грунте.

Кровля газонасыщенных отложений отслеживается практически повсеместно вдоль трассы проектируемого трубопровода, лишь в приуральской части кон-

центрация газа в грунтах резко снижается, что подтверждается возможностью отслеживать более глубокие отражающие границы донных отложений.

Количество солей в донных грунтах акватории Байдарацкой губы составляет от 0,4 до 1,2%, в среднем 0,6—0,9%. Состав солей везде однотипный — хлоридно-натриевый. По глубине количество солей в донных охлажденных грунтах существенно не изменяется. Отмечены отличия в засоленности и концентрации поровых растворов донных грунтов для разных участков дна. Для мелководья и подводных склонов отмечаются повышенные значения средних величин засоленности грунтов (при одинаковых максимальных значениях этих величин). В мерзлых глинистых грунтах под акваторией губы содержание солей и концентрация порового раствора снижается в полтора раза по сравнению с перекрывающими и подстилающими охлажденными породами [1].

Воздействие геокриологических условий на состояние геологической среды. С учетом складывающейся геокриологической обстановки в пределах донных отложений Байдарацкой губы будет отмечаться тепловое воздействие проектируемого газопровода на обнаруженные реликтовые субаквальные ММП. Для исследования и прогнозирования возможных изменений условий формирования геокриологической обстановки в зоне теплового влияния подземного трубопровода были построены двухмерные математические модели нестационарного теплообмена в породах при наличии произвольного числа фронтов фазовых переходов в районе строительства газопровода. Расчет температурных полей и пространственного перемещения фронтов промерзания/оттаивания осуществлялся программой «Тепло», разработанной на кафедре геокриологии геологического факультета МГУ [7].

Расчетная область математической двухмерной модели представляет собой вертикальную полуплоскость, перпендикулярную оси трубы, ограниченную сверху поверхностью земли (дном Байдарацкой губы).

Точность геометрического соответствия модели в пределах трубы и ближайей ее окрестности составляет 0,1—0,2 м. Ноль вертикальной и горизонтальной осей координат выбран на поверхности земли (дна) над осевой частью трубы.

Самые общие, используемые для расчета технологические тепловые характеристики транспорта газа через акваторию Байдарацкой губы заключаются в следующем. Газ подогревается на компрессорной станции Ямальского участка (Байдарацкая КС) и по мере отдачи тепла по пути транспортировки охлаждается и к входу Ярынской КС на уральском берегу подходит с температурой, близкой к 0 °С. Предполагается следующий вариант теплового режима газа на Ямальской КС: в период эксплуатации трубопровода предполагается поддерживать температуру газа равной +8,2 °С зимой и летом.

Данный вариант является более неблагоприятным в плане развития ореолов оттаивания. На выходе с акватории на Уральский берег температура газа составляет +0,2—+0,4 °С [3; 4].

Моделирование сценария развития геокриологических условий выполнялось для участка акватории, где на трассе перехода бурением были установлены реликтовые ММП, залегающие в 10—20 м ниже поверхности дна.

Глубина заложения трубопровода на глубоководных участках акватории принята в среднем 1,5 м до верхней ее образующей от поверхности дна. При этом труба на морском отрезке укладывается в донный грунт без теплоизоляции.

В рассматриваемом варианте на поверхности дна задается граничное условие I рода — постоянная отрицательная температура $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Учитывая, что участок обнаружения реликтовых субаквальных ММП находится в относительной близости от Ямальского берегового участка, на стенке трубы задается постоянная температура $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Предполагается преимущественно глинистый состав разреза с использованием соответствующих коэффициентов теплопроводности талого и мерзлого грунтов: $\lambda_{\text{T}} = 1,4$ и $\lambda_{\text{M}} = 1,9$ Вт/(м·К), объемная теплоемкость $C_{\text{T}} = 2721,6$ и $C_{\text{M}} = 1884,2$ кДж/(м³·К) и теплота фазовых переходов $Q_{\text{ф}} = 108862$ кДж/м³ (с учетом незамерзшей воды). Температура замерзания грунта во всей расчетной области принята равной $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако до глубины 10 м задано талое состояние пород, а ниже — мерзлое, соответствующее существованию в разрезе реликтовых мерзлых пород [2].

Выводы. На рисунке 4 показаны результаты моделирования на срок 5, 10, 20, 30 и 50 лет от начала транспортировки газа.

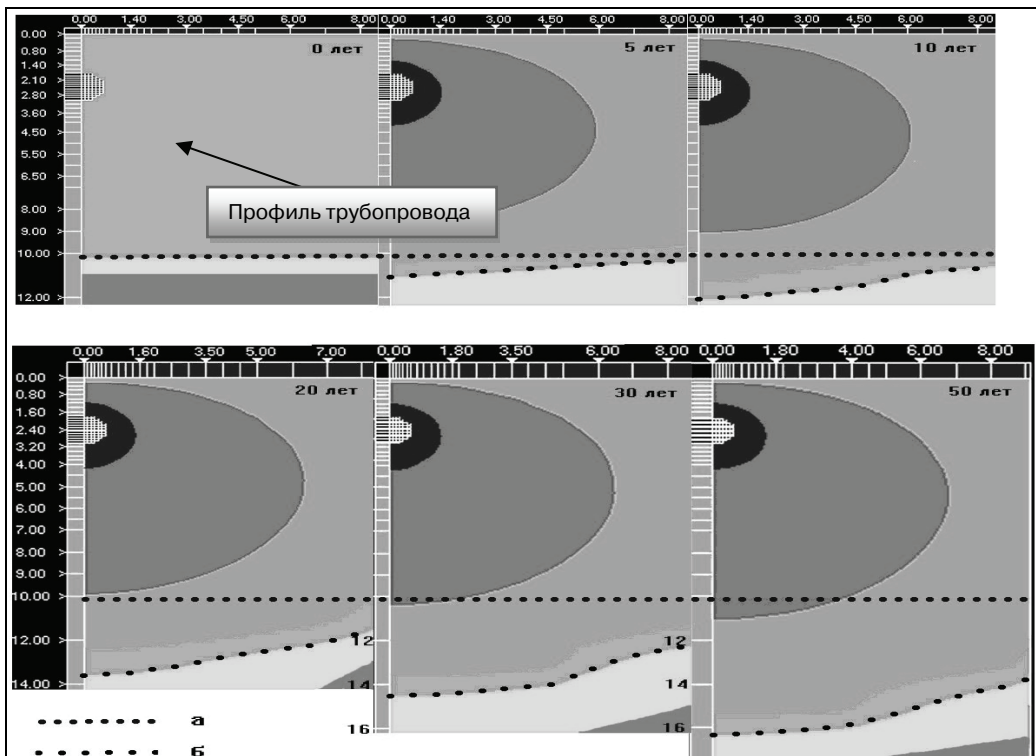


Рис. 4. Многолетняя динамика геокриологической обстановки на приемальском участке акватории Байдарацкой губы в районе обнаружения реликтовых ММП при тепловом воздействии газопровода:

РСТ — расчетная средняя температура; а — исходная верхняя граница (кровля) реликтовых ММП; б — прогнозируемое положение фронта фазовых переходов (вода — лед) на текущий момент

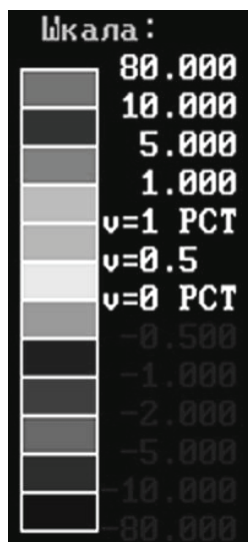


Рис. 5. Шкала температур оттаивания субаквальных грунтов

Важным результатом расчета является то, что в условиях эксплуатации газопровода при заданных выше параметрах стабилизации температурного поля в породах не происходит — ореол оттаивания кровли реликтовых ММП начинает формироваться уже на 3-й год эксплуатации трубы и объем оттаявших реликтовых ММП постоянно возрастает в течение всего расчетного периода существования сооружения. Как видно из рис. 4, глубина оттаивания относительно исходного положения верхней границы ММП за 30 лет может достигнуть 4,0 м, за 50 лет — более 6,0 м.

Отепляющее влияние действующего газопровода на донные грунты и льдистые субмаринные реликтовые ММП приведет к изменению физических свойств подстилающих газопровод отложений (их плотности, вязкости, влажности и т.д.) и оттаиванию кровли вмещающих мерзлых пород на глубину до нескольких метров. Вследствие этого возможно проявление просадочных явлений и формирование на отдельных участках трассы специфических просадочных форм рельефа в виде воронок, небольших замкнутых котловин и просадочных полей над заглубленными массивами многолетнемерзлых пород.

Спецификой данного типа воздействия является сложный характер взаимодействия объекта с окружающей природной средой. Формируемые при этом просадочные формы рельефа, в свою очередь, могут вызвать нештатные нагрузки на трубопровод и привести к его разрыву. Последствия аварийной ситуации окажут неблагоприятное воздействие на состояние окружающей природной среды.

Таким образом, многолетнее оттаивание маломощных (первые метры) современных засоленных ММП на лайдовых уровнях и береговой зоне в плане формирования тепловых осадков представляется менее опасным в связи с незначительной мощностью (под трубой) и относительно невысокой исходной льдистостью пород.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов / Под ред. Е.С. Мельникова, С.Е. Гречищева. — М.: ГЕОС, 2002.
- [2] *Ершов Э.Д., Мотенко Р.Г., Комаров И.А.* Экспериментальное исследование теплофизических свойств и фазового состава влаги засоленных мерзлых грунтов // *«Геозкология»*. — 1999. — № 3.
- [3] *Зыков Ю.Д.* Геофизические методы исследования криолитозоны. — М.: Изд-во Московского университета, 1999.
- [4] Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие / Под ред. Э.Д. Ершова. — М.: Изд-во МГУ, 2004.
- [5] Природные условия Байдарачьей губы: Основные результаты исследований для строительства подводного перехода системы магистральных газопроводов Ямал-Центр. — М.: ГЕОС, 1997.
- [6] *Трофимов В.Т.* Криогенное строение и льдистость многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты. — М.: Изд-во МГУ, 1980.
- [7] *Емельянов Н.В., Пустовойт Г.П., Яковлев С.В., Хрусталева Л.Н.* Программа расчета теплового взаимодействия инженерных сооружений с вечномерзлыми грунтами. Свид-во № 940281. — М.: Рос АПО, 1994.

THERMAL IMPACT ASSESSMENT BY THE CONSTRUCTION OF BAYDARA BAY CROSSING OF THE TRUNK PIPELINES SYSTEM BOVANENKOVO—UKHTA TO PERMAFROST ENVIRONMENT OF SUBMARINE SOIL

I.I. Matiko

Department of Environmental Impact Assessment
Closed (joint-stock) Company «Engineering-ecological centre „Ekoneftegaz“»
Starokalygskoe shosse, 62, building 4, Moscow, Russia, 117393

The article is devoted to impact assessment of permafrost conditions to the bottom sediment of Baydaratskaya Bay. Thermal action of design pipeline will detect on the surviving permafrost. For investigation and prediction the changes of possible conditions in the thermal action area of a buried pipeline were elaborate the two-dimensional mathematical patterns of heat exchange in the rocks during pipeline construction.

Key word: permafrost conditions, perennially frozen rocks, solifluction, cryolithic zone, thermokarst, corrosivity.