

ЭКОЛОГИЯ

в газовой промышленности

приложение к журналу

Газовая
промышленность



Г.З. Одишария
(ВНИИГаз),
А.М. Алабян
(МГУ),
А.В. Баранов
(ВНИИГаз)

Бованенковское ГКМ: эколого-гидрологические проблемы

Получение надежных прогностических данных о максимально возможной просадке земной поверхности, многолетних колебаниях стока, изменениях уровня моря и трансформации речной сети даст возможность разработать технико-экономическое обоснование для проведения капитальных работ по инженерной защите территории Бованенковского газоконденсатного месторождения (БГКМ).

Среди множества проблем, возникающих при освоении ямальных месторождений, особое место занимает инженерная защита территории и объектов инфраструктуры от опасных и неблагоприятных природных процессов (овражная эрозия и термоэрозия, размыв речных берегов, термоабразия, быстрая солифлюкция, затопление речных пойм в половодье и паводки). Эрозионные и термоэрозионные процессы, протекающие в криолитозоне, характеризуются весьма малыми темпами в естественном состоянии природных ландшафтов. Однако ситуация изменяется коренным образом при нарушении целостности растительного покрова, что неизбежно происходит при современных методах освоения месторождений. Ускоренному развитию эрозионных процессов способствуют: высокая обводненность тундры и малая противозерозионная прочность талых грунтов; обилие криогенных форм рельефа, содействующих концентрации стока; практически нулевая водопроницаемость мерзлых грунтов; высокая льдистость пород, являющаяся дополнительным источником поверхностного стока при деградации мерзлоты [1].

К началу хозяйственного освоения (подготовительный период к масштабным работам по строительству промысла) центральный Ямал был практически не изучен в гидрологическом отношении, в связи с чем в рамках научно-исследовательской программы освоения ямальных газовых месторождений (Программа «Ямал») были предприняты широкомасштабные гидрологические изыскания в комплексе с исследованиями в смежных областях — ландшафтоведении, геоморфологии, эрозиоведении. В 1991–1998 гг. ВНИИГазом совместно с ведущими научно-исследо-

вательскими организациями России (МГУ, ГТИ, ВНИИСТ, ПНИИИС) были выполнены работы, направленные как на изучение и прогноз развития потенциально опасных и неблагоприятных гидрологических, склоновых и эрозионных процессов, так и на разработку и апробацию приемов и мероприятий инженерной защиты территории и объектов месторождений, в первую очередь, БГКМ. БГКМ находится на западе центральной части п-ова Ямал, в бассейнах крупных рек (рис. 1), протяженность газоносной области с севера на юг составляет около 45 км, с запада на восток — около 25 км. Начать добычу газа планируется в южной части месторождения, лежащей в междуречье р. Морды-Яха и ее крупнейшего правого притока р. Се-Яха.

Интенсивность и распространенность деструктивных природных и техногенных процессов по территории месторождения в значительной степени определяются ее рельефом и геоморфологическим строением.

Территория БГКМ располагается на двух геоморфологических уровнях земной поверхности — террасовом и пойменном. Террасы III и Казанцевская расположены соответственно на 20–30 и 30–40 м над уровнем моря. Они сложены мелкими песками, в толщах которых широко распространены пластовые льды. Отметки поймы лежат в пределах 2–5 м над уровнем моря в бассейнах р. Се-Яха и р. Морды-Яха и 5–7 м в бассейне р. Надуй-Яха. При этом поймы рек изобилуют ложбинами, староречьями и хасыряями, отметки дна ко-

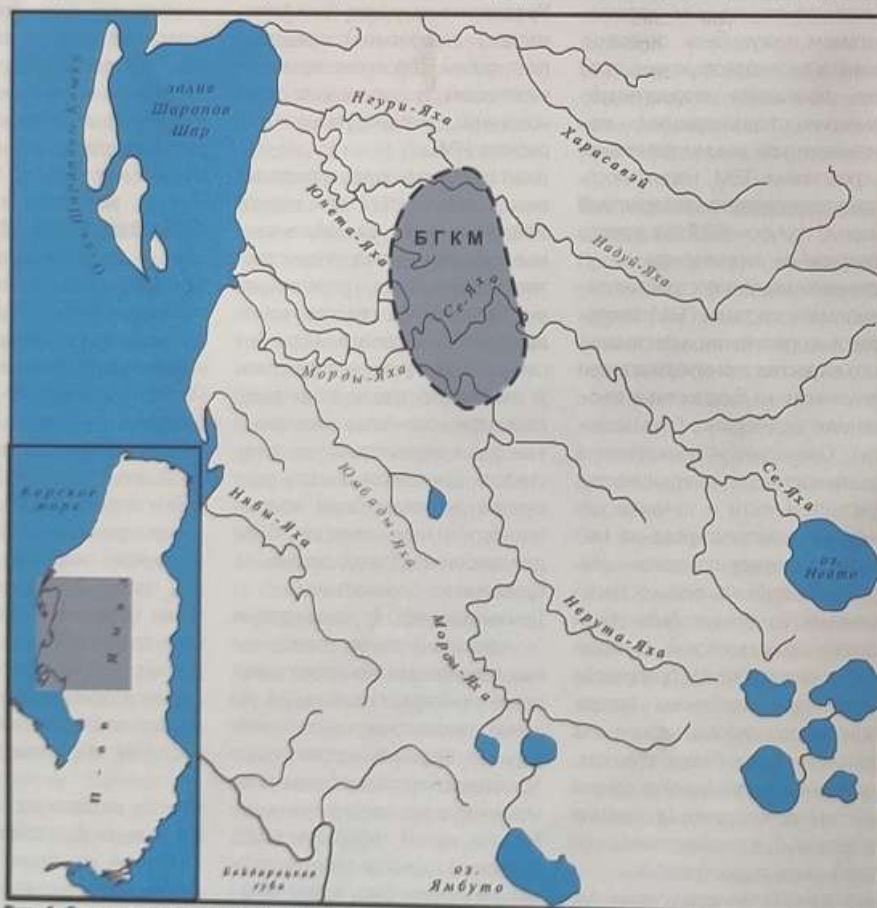


Рис. 1. Схема расположения БГКМ

торых расположены в интервале 0,5–1,5 м над уровнем моря. Дно плесовых ложин рек Морды-Яха, Се-Яха, Надуй-Яха и Юнета-Яха располагается ниже уровня моря, как и дно большинства крупных пойменных озер.

Первые центры освоения БГКМ – поселки Ямалского управления глубокого бурения (ЯУГБ) и комплексного энергетического хозяйства (КЭХ) были построены на правом берегу р. Се-Яха, представляющем собой крупный останец террасы III. В результате техногенного нарушения растительности, а также перераспределения снежного покрова к периферии поселков и увеличения концентрации стока талых вод, в районе поселков развилась овражная сеть, активные откосы которой создают серьезные проблемы для функционирования инженерных сооружений. Не менее серьезную проблему для промышленных объектов и коммуникаций, построенных на террасах, представляют оползни-сплывы, термокары и эрозия речных берегов. Согласно последнему варианту плана обустройства БГКМ, разработанному ЮжНИИгазпрогазом, значительную часть объектов обустройства месторождения и коммуникаций предпочтительнее разместить на пойменных территориях, так как интенсивность термоэрозии и криопланации на пойменных поверхностях на порядок меньше, но при этом возникают проблемы, связанные с действием половодных речных потоков.

В экстремально высокое половодье поймы рек затапливаются полностью (рис. 2), повторяемость таких половодий невелика – раз в 50–100 лет (более точную оценку дать невозможно из-за отсутствия на Ямале государственных или ведомственных гидрологических постов; единственным источником информации служат данные экспедиционных исследований и опросов местного населения). Раз в два-три года вода выходит из берегов русла, при этом затапливается низкая пойма, занимающая почти половину пойменных территорий в пределах БГКМ. Высокие уровни воды стоят три-четыре недели в конце июня – начале июля, после чего до конца лета длится период высокой межени, во время которого вода заполняет русла рек и пойменных проток, отметки уровня воды составляют 1,5–2,0 м над уровнем моря. Относительно высокие летние уровни воды поддерживаются многочисленными озерами, аккумулирующими полые воды весной и сбрасывающими их в реки по системам пойменных проток по мере летнего падения уровня. Реки Морды-Яха и Се-Яха, в бассейнах которых множество крупных озер, характеризуются значительно более «сглаженным» уровнем режимом, чем р. Надуй-Яха, водосбор которой заозерен в меньшей степени. Летние и осенние дождевые паводки обычно невысоки и редко приводят к выходу воды на пойму.



Верховья оврага у пос. ЯУГБ



Термокар на правом берегу р. Се-Яха в районе пос. ЯУГБ



Размываемый берег р. Се-Яха у пос. КЭХ



Подтопление дорожной насыпи на пойме между р. Се-Яха и р. Морды-Яха

По мере истощения запасов воды в озерах к концу августа – сентябрю наступает низкая межень, отметка уреза водной поверхности рек опускается до 0,5 м над уровнем моря, уровень режим рек на территории БГКМ начинает определяться скорее сгонно-нагонной ситуацией на взморье, чем стоковыми факторами. Несмотря на то, что от слияния рек Се-Яха и Морды-Яха до моря около 40 км, морская вода в высокие нагоны может проникать по их руслам до водозаборов БГКМ. Ледостав начинается в октябре при уровнях воды, близких к минимальным. Из-за отсутствия на Ямале гидрологических постов, ведущих режимные наблюдения на реках, значительная часть исследований современных рельефообразующих процессов и гидрологического режима территории выполнялась методами компьютерного моделирования. Оно позволило восполнить недостающие сведения о характеристиках исследуемых процессов в естественных условиях и предсказывать их изменение под действием техногенной нагрузки и при иных изменениях определяющих факторов (например, потепление климата и повышение уровня моря). Исследования проводились по схеме модель – калибровка – верификация – прогноз, согласно которой изучается протекание процесса в бытовых условиях и анализируются его возможные изменения в случае техногенного воздействия, разрабатываются математическое описание процесса (модель), а также численные методы решения полученной системы уравнений. Затем выполняется комплекс полевых и камеральных работ для определения коэффициентов в эмпирических и полуматематических формулах, входящих в математическую модель (калибровка модели). После подбора коэффициентов выполняется проверка результатов моделирования на независимом материале, не использованном при определении параметров модели (верификация). В дальнейшем могут быть просчитаны вероятные сценарии протекания природного процесса в различных антропогенных условиях (прогноз). Одной из наиболее полезных и эффективных компьютерных моделей, из применявшихся в условиях центрального Ямала для исследования гидрологического режима территории, оказалась двухслойная модель русло-пойменных половодных потоков, разработанная в ВЦ РАН [2]. Входными данными модели являются сведения о рельефе территории, морфометрии речных русел, местоположении и конфигурации дамб, отсыпок и водопропускных сооружений; расходы воды, поступающей в расчетную область с вышележащего участка реки или в результате осадков и снеготаяния; уровни воды на нижней границе расчетной области. В результате расчетов формируется векторное поле скоростей течения воды и ска-

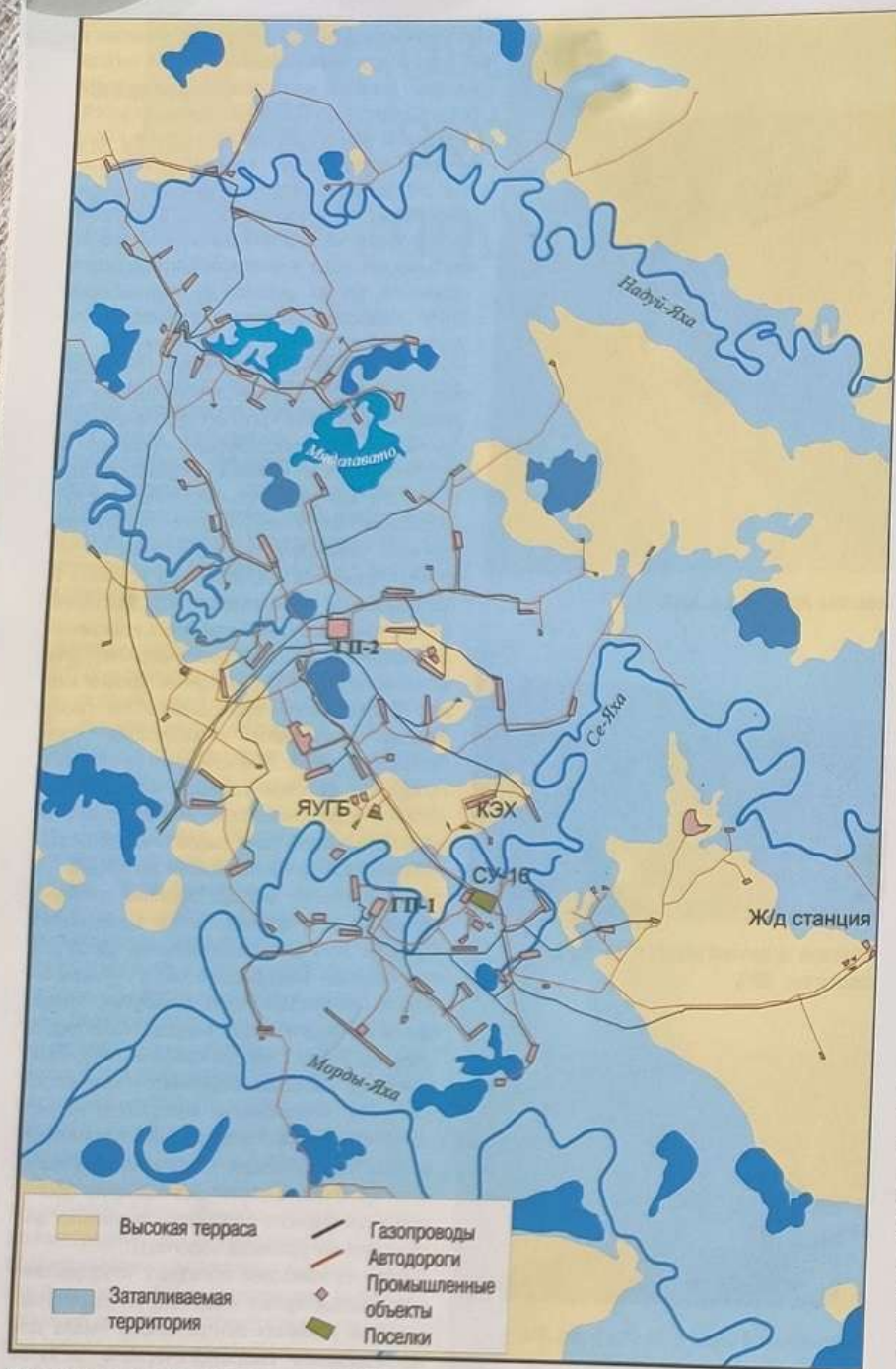


Рис. 2. Схема затопления территории БГКМ в экстремально высокое половодье

лярные поля отметок водной поверхности и глубины воды над затопленной поймой и руслами рек, затем рассчитывают расходы воды через водопропускные сооружения и в заранее заданных сечениях русел и пойм рек. Для калибровки и верификации модели необходимы измеренные скорости течения и отметки водной поверхности при различных гидрологических ситуациях. Для определения уровней и частоты затопления различных высотных ступеней поймы поле-

зен анализ данных ландшафтного картографирования – ландшафтно-индикационный метод, основанный на увязывании распространения почвенно-растительных комплексов (осоковые болота, тальник, мохово-злаковые луга и т. п.) с уровнями подстилающей поверхности [3].

Модель русло-пойменных течений применялась при проектировании Ямальской железной дороги, межпромышленной автодороги Бованенково – Харасавэй и внутрипромы-

словых автодорог в пределах БГКМ. Результаты расчета позволили проанализировать изменение скоростного поля потока на затопленной пойме в результате ее обустройства и оптимизировать расположение мостов и водопропусков. Сопоставление результатов расчетов, выполненных на стадии проектирования, с данными наземных и аэровизуальных гидрометрических наблюдений, проведенных после строительства внутрипромышленной автодороги, пересекающей долину р. Се-Яха, показало сходимость 0,5 м по уровням воды и 0,5 м/с по скоростям течения. В настоящее время ведутся работы по интеграции модели русло-пойменных течений в специализированную информационную систему «Ямал» [4, 5], аккумулирующую сведения по техническим решениям и природным условиям на рассматриваемой территории и представляющую собой удобный инструмент анализа разнообразного картографического и фактографического материала с применением сложных математических моделей. Так, модель русло-пойменных течений, примененная в комплексе с ландшафтно-индикационным методом, дала возможность оперативно проанализировать различные аспекты техногенного воздействия на современное эколого-гидрологическое состояние территории БГКМ. Наиболее масштабным следствием техногенного вмешательства может оказаться просадка земной поверхности на поздних стадиях разработки месторождения вследствие отбора значительных объемов газа и соответствующего снижения пластового давления. По прогнозам специалистов, наиболее вероятна просадка на 1–2 м, что превышает естественный меженный перепад уровней воды в реках на участке от БГКМ до моря и соизмеримо с высотой обширных пойменных массивов на территории южной части месторождения. Таким образом, гидрологический аспект проблемы просадки земной поверхности приобретает особую значимость как с практической, так и с экологической точки зрения. В случае опускания земной поверхности произойдет существенное изменение гидрологического режима рек и пойменных территорий. Выразаться оно будет, главным образом, в изменении продолжительности затопления различных пойменных уровней. Наиболее наглядное представление о значимости влияния просадки на гидрологический режим территории дает распространение зоны затопления во время летней высокой межени (рис. 3), когда в естественных условиях вся вода уже собрана с поймы в русловую сеть. Так, при просадке на 0,5 м окажутся затопленными лишь прирусловые понижения рельефа, при просадке на 1,0–1,5 м затопление поймы будет приблизительно как в среднем по высоте половодье, а при просадке на 2,0 м пойма будет затоплена почти как в половодье многоводного года.

Воздействие гидрологического режима территории месторождения вследствие опускания земной поверхности может привести к заметным изменениям природной среды. Наиболее важные из них:

- изменение гидрографической сети – в случае опережающего опускания южной части территории БГКМ, где расположены кусты скважин первой очереди, возможно изменение направления течения р. Надуй-Яха в сторону наибольшего уклона местности, т. е. на юг, через понижение водораздела (который перестанет быть водоразделом) в р. Се-Яха; в этом случае водоносность р. Се-Яха удвоится, что приведет к коренной перестройке ее русла;
 - рост вероятности проникновения морских вод по руслам рек к водозаборам поселков и инженерных объектов БГКМ во время низкой межи вследствие уменьшения уклонов рек практически до нуля;
 - изменение термического режима поверхности поймы, что может привести, с одной стороны, к летнему оттаиванию льдов в пойменной толще и дальнейшему уменьшению абсолютных отметок ее поверхности, с другой, – к осеннему образованию наледей;
 - изменение характера пойменных растительных сообществ, главным образом, деградация мохово-злаковых лугов, представляющих наибольшую ценность для оленеводства, и замещение их осоковыми болотами;
 - изменение площади и гидрохимического и термического режимов пойменных озер, превращение хасыреев вновь в озера;
 - активизация эрозионных и термоэрозионных процессов на террасовых поверхностях по периферии области просадок;
 - таяние обнажающихся в русле и по берегам рек ледяных льдов в результате участвующих контактов с морскими водами.
- Вероятность и степень опасности перечисленных процессов будут определяться, в первую очередь, величиной и темпами техногенной просадки.

При обустройстве и эксплуатации месторождения возможны два варианта действий – пассивный и активный. При пассивном варианте придется смириться с неблагоприятными изменениями ландшафтов и гидрологического режима территории, при этом параметры проектируемых и возводимых инженерных сооружений БГКМ должны корректироваться. Так, высота отсыпки существующих площадок и насыпей автодорог, расположенных на пойме, должна быть увеличена, в отдельных местах коммуникации придется проводить по эстакадам. Новые объекты и коммуникации следует располагать, по возможности, на самых высоких уровнях поймы, при выборе их конструкции и параметров необходимо принимать во внимание возможность понижения уровня земной поверхности.

При активном варианте должен быть разработан комплекс мер по защите территории от

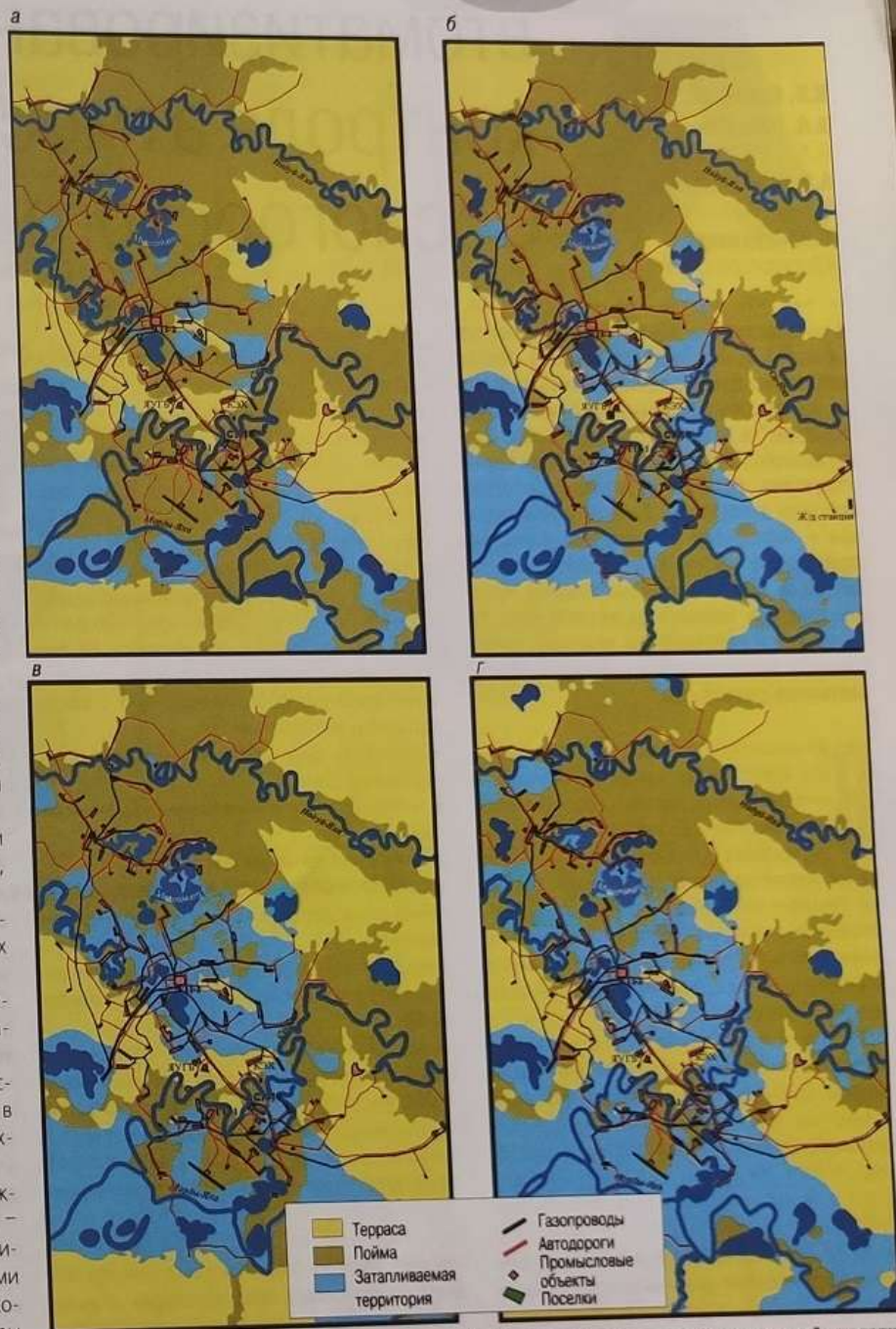


Рис. 3. Схема затопления (прогноз) территории БГКМ в межень в результате техногенной просадки земной поверхности:
а – на 0,5 м; б – на 1,0 м; в – на 1,5 м; г – на 2,0 м

подтопления. С технической точки зрения, возможны и защита от моря дамбой, и уменьшение стока рек путем перекрытия их истоков из озер, что сократит продолжительность половодья и высокой межи. Однако наиболее рациональным (с экономической и экологической точки зрения) способом предотвращения неблагоприятных последствий опускания территории БГКМ представляется возведение гидротехнического сооружения – регулятора

уровня, состоящего из затвора и насосной станции на неразветвленном участке русла р. Морды-Яха, ниже границы газоносной области, т. е. за пределами зоны просадок. В половодье затвор регулятора будет открываться и пропускать полные речные воды к морю, а в межень – закрываться, предотвращая проникновение морских вод вверх по рекам. Поддержание естественных уровней воды относительно речных берегов в пределах БГКМ в ме-

жень будет обеспечиваться переброской речного стока в сторону моря насосной станцией. Размеры сооружения должны соответствовать параметрам русла р. Морды-Яха, ширина которого на этом участке 200–250 м, глубина 4–6 м. Вышележащий участок русла р. Морды-Яха и русло р. Се-Яха в совокупности с хорошо развитой системой проток и ложбин будут играть роль естественной дренажной системы для пойменных территорий, находящихся в области просадки земной поверхности.

Объем годового стока р. Морды-Яха в створе сооружения составляет в среднем около 2 км³. Поскольку для Ямала на половодье приходится 70–80 % годового стока воды, объемом подлежащего откачке и переброске межженного стока составит около 50–10⁶ м³ в год,

что соответствует 0,5·10⁶ м³/сут в течение 100 дней между окончанием половодья и началом ледостава. Работа откачивающей системы во время летней межени позволит управлять гидрологическим режимом территории, максимально приблизив колебания уровней воды в реках к естественному состоянию, не допуская глобального заболачивания территории и прочих необратимых экологических последствий гидрологического плана.

Список литературы

1. Baranov A.V. Problem of engineering protection of Bovanenkov gaz condensat field facilities and territory (Central Yamal) // Journal of offshore and polar engineering. – 1998 / – № 2. – P. 296–301.
2. Беликов В.В., Милитеев А.Н. Двухслойная ма-

тематическая модель катастрофических паводков // Вычислительные технологии. – 1992. – Т. 1. – № 3. – С. 54–56.

3. Сурков В.В. Режим затопления поймы Оби и тенденции его изменения. – В кн.: Человек и вода. – Томск, 1990. – С. 196–199.

4. Природоохранные аспекты информационного обеспечения проектирования освоения объектов добычи и транспорта ямальского газа с применением информационных технологий / Г.Э. Одишария, Л.В. Шершнева, А.С. Цвездинский и др. // Геоинформатика в нефтегазовой отрасли. – 1998. – № 3. – С. 160–162.

5. Алабян А.М., Беликов В.В., Баталкина С.А. Модель паводковых течений и ее интеграция в ГИС // ГИС и их возможности в водном секторе. – 1998. – № 1. – С. 56–58.