

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГТС ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗОНЕ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ



Долгих С. Н.,
начальник гидротехнического отдела,
институт «Якутнипроалмаз»
АК «АЛРОСА» (ПАО)

Аннотация. Показаны конструктивные особенности и изменения в процессе эксплуатации трех гидротехнических сооружений из опыта компании АЛРОСА, построенных на вечномерзлых грунтах. Один из первых объектов, запроектированный в конце 1950-х гг. по первому принципу (с сохранением мерзлоты в основании), — Иреляхский гидроузел, потерявший мерзлоту в основании. Второй объект — намывное хвостохранилище обогатительной фабрики; сооружение, построенное по второму принципу: талое на мерзлом основании, со сроком эксплуатации более 30 лет и подлежащее эксплуатации в течение порядка 15 лет. Третье сооружение — ковшовый водозабор вахтового поселка, построенного при освоении нового месторождения, со сроком эксплуатации не более трех лет.

Ключевые слова: хвостохранилище, ковшовый водозабор, растепление основания, геосинтетические материалы.

Введение

Современные требования к проектированию, строительству и эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) диктуют необходимость поиска новых технических решений. В то же время в нашей компании накоплен более чем 50-летний опыт эксплуатации ГТС, построенных на вечномерзлых грунтах. В отношении добывающих предприятий и их ГТС одним из приоритетных требований является обеспечение экологической безопасности сооружений. Технологии строительства, которые использовались в XX в., преимущественно были ориентированы на использование грунтов мерзлого типа, которые обеспечат постоянное мерзлое состояние основания, что соответствовало особенностям климатических условий прошлого века. Но, к сожалению, сегодня наблюдается тенденция к росту температуры окружающего воздуха, оттайке оснований, и, в связи с этим, следует анализировать состояние сооружений, построенных по первому принципу, с целью гарантированного обеспечения безопасности.

Основными факторами, влияющими на растепление основания, можно назвать:

- Глобальное потепление в регионе, повышение средней температуры за последние 60 лет, особенно в Северном полушарии.
- Отсутствие гидроизоляции на водосбросном канале в первые годы эксплуатации и пропуск по нему весенних паводков.
- Отсутствие замены сильно льдистого грунта под низовой призмой плотины.
- Наличие фильтрации в основании водосброса с первых лет эксплуатации и его растепляющего воздействия на сильно льдистые грунты основания.
- Отсутствие опыта эксплуатации воздушных замораживающих систем, недостаток конструкции для защиты от попадания снега в снежные периоды.
- Сильное растепляющее воздействие водохранилища на мерзлое основание. Отсутствие расчетных схем данного влияния на грунты основания.

Следует отметить, что, как правило, территории строительства ГТС приурочены к руслам рек и ручьев, а также

DESIGN AND OPERATION PECULIARITIES OF HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES OF INDUSTRIAL COMPLEXES IN THE PERMAFROST ZONES
S. N. Dolgikh, Head of the Hydraulic Engineering Department, Yakutniproalmaz Institute, ALROSA

Abstract. The article presents design features and changes during the operation by ALROSA of three hydraulic engineering facilities built on permafrost soils. One of the first designs developed in the late 1950s according to the first principle (with the preservation of permafrost at the foundation), — the Irelyakh hydroelectric complex, which has lost the permafrost at the base. The second object is an upstream tailing dump of the processing plant; a facility built according to the second principle: thawed on a frozen foundation, with a service life of more than 30 years and designed to operate during about 15 years. The third structure is a bucket water intake for the rotational camp, built during the development of a new field, with a service life not exceeding 3 years.

Keywords: tailing dump, bucket water intake, foundation thawing, geosynthetic materials.

к надпойменным террасам. Особенности геологического строения верхних слоев на глубину в диапазоне до 50–100 м — это наличие торфяников, сильно льдистых до 50%, трещиноватых дресвяных и щебенистых, валунно-галечниковых грунтов и погребенного льда, что также отрицательно влияет на условия строительства и эксплуатации.

Обозначенные факторы, а также изменение нормативной базы гидротехнического строительства стимулируют к разработке технологий и инженерных решений, способных противостоять или минимизировать негативные процессы и обеспечить высокий уровень безопасности ГТС.

Предлагаем к рассмотрению некоторые из возможных технических решений на примерах конкретных объектов из опыта института «Якут-нипроалмаз».

Иреляхский гидроузел

Гидроузел (рис. 1) построен и сдан в эксплуатацию в 1964 г. Основное напорное сооружение гидроузла — глухая земляная плотина мерзлого типа с суглинистым ядром, заглубленным в коренные породы. В состав ГТС гидроузла входят: каменно-земляная плотина с суглинистым ядром и сезонно-охлаждающими устройствами (СОУ) по оси ядра; береговой водосброс в первые 4 года эксплуатации без гидроизоляции; дренажная насосная станция; плотина перехвата фильтрационных вод; водозаборный узел (рис. 2).

Основные характеристики водохранилища:

- Полный объем — 20,44 млн м³
- Полезный объем — 15,3 млн м³
- Площадь зеркала при НПУ — 400 га
- НПУ — 293,63 м
- ФПУ — 294,9 м
- УМО (проектный) — 288 м
- Длина по гребню — 380 м
- Отметка гребня плотины — 296 м
- Среднее заложение низового откоса — 1:1,5
- Заложение верхового откоса — 1:2
- Ширина плотины по гребню — 70–210 м после реконструкции и укрепления верхового откоса

Береговой водосброс на левобережном склоне обустроен в виде



Рис. 1. Иреляхский гидроузел

открытого саморегулирующего канала с параметрами: ширина — 40 м; длина — 375 м; высота ступени — 3 м; толщина плиты — 20 см. Водопрпускная способность — 273 м³/с.

Согласно данным инженерно-геологических изысканий проекта 1961 г., земляная плотина построена по I принципу строительства, т. е. с сохранением многолетнемерзлых грунтов основания в мерзлом состоянии.

Основанием плотины гидроузла служат нерасчлененные глинисто-карбонатные отложения (мергели, известняки, доломиты, плотные глины), в верхней части разрушенные до дресвы и щебня. По проекту, центральная часть тела плотины выполнена из суглинка

в виде ядра с зубом, прорезающим четвертичные отложения. Верховая и низовая призмы отсыпаны из песчаного грунта с примесью суглинка. На низовом откосе и по гребню по слою песчаной подготовки уложен теплоизолирующий слой из мохоторфоземляной смеси. Верховой откос укреплен защитным слоем из каменной наброски.

Мерзлое состояние грунтов по первоначальному проекту поддерживалось воздушной замораживающей системой (ВЗС). К сожалению, система воздушных замораживающих колонок не выполнила свою функцию по причине попадания снега в систему, образования куржака в местах знакопеременных температур в осеннее и весеннее время.

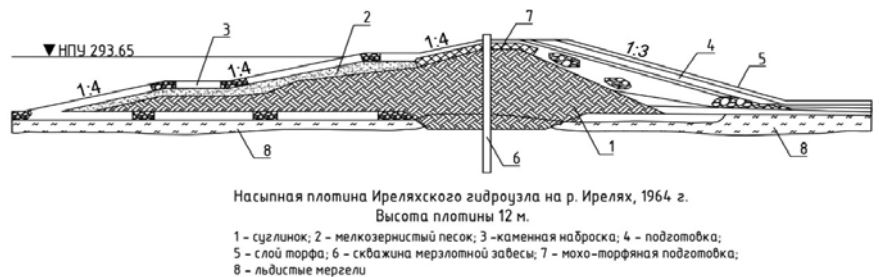


Рис. 2. Схема Иреляхского гидроузла

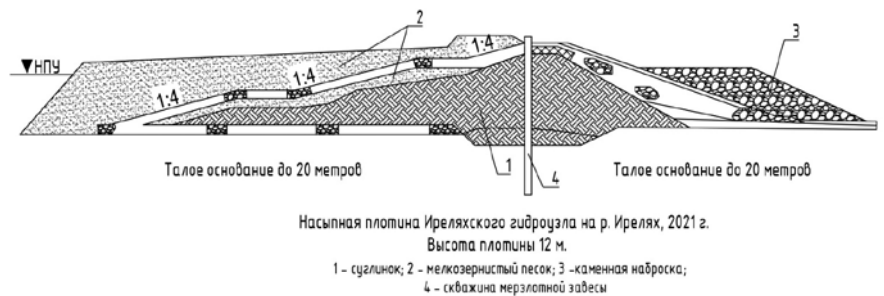


Рис. 3. Насыпная плотина Иреляхского гидроузла, 2021. Высота плотины 12 м. 1 — суглинок, 2 — мелкозернистый песок, 3 — каменная наброска, 4 — скважина мерзлотной завесы

В начале 2000-х гг. произведена замена воздушной системы на парожидкостные колонки конструкции компании «Фундаментстройаркос» (г. Тюмень). Глубина колонок до 40 м, а одной экспериментальной колонки — 80 м.

Изменения, произошедшие за период эксплуатации гидроузла, и новые технические решения:

1. Гидроузел был введен с земляным руслом водосбросного канала. После пропуска по нему паводка уже на 2–3 год талик в основании водосброса наблюдался (по данным замеров) на глубине до 20 м. Если рассматривать все ГТС с земляным руслом в начале эксплуатации, то основным источником растепления становился водосброс. По нашим данным, нет ни одного ГТС, построенного в 1950–1970-е гг. по первому принципу с сохранением мерзлоты в основании, которое сохранило бы эту мерзлоту, — начиная от Воркуты и до Магадана. Как яркий пример — плотина на р. Мянудже в Магадане, построенная в 1952–1958 гг.

2. В теле ядра плотины воздушная замораживающая система первые годы работала стабильно и эффективно замораживала ядро. Однако из-за таких недостатков ВЗС, как попадание снега, образование куржака, снижение скорости и расхода охлажденного воздуха, в проектах уже 1980-х гг. стали применять самодельные жидкостные замораживающие колонки или сезонные охлаждающие устройства, используя в качестве теплоносителя керосин, который не замерзает. За 30 лет использования таких устройств на ГТС компании температуру ядра удалось проморозить с $+2...+3$ °С до $-16...-17$ °С. В настоящее время институт использует в своих проектах только парожидкостные сезонно охлаждающие устройства, поскольку их эффективность выше керосина, а металлоемкость в разы меньше. По условиям экологической безопасности использование керосина в таких устройствах запрещено.

3. Уже в 2004 г. произошла оттайка основания плотины под низовым откосом плотины, где в период строительства не производилась замена льдистого грунта. Впоследствии при выяснении обстоятельств оказалось,

что в верхнем бьефе льдистое основание под верховым откосом убрали, заменив его на щебень и суглинок, а в нижнем бьефе посчитали, что под защитой замораживающей системы льдистые грунты не растают. В результате низовой клин расколол плотину надвое, ширина трещины по гребню по оси замораживающих колонок до 25 см. Два года плотину укрепляли отсыпками в нижнем и верхнем бьефе. Заменяли воздушную замораживающую систему на парожидкостную. По данным мониторинга, сейчас плотина имеет замороженное ядро до 20 м; температура грунта отрицательная — до -14 °С, далее температура повышается до нуля и $+6$ °С. В диапазоне от 25 до 60 м талый грунт, и затем заново снижается до 0 °С и $-2...-3$ °С на глубинах более 60–70 м. Перед порогом водосброса, по данным геофизического мониторинга, глубина оттайки составляет более 100 м. Фильтрация под сооружением за последние 10 лет стабильно зафиксировалась на уровне 1000 м³/ч, перехватывается насосной станцией и возвращается обратно в отдельные периоды, когда возникает риск дефицита питьевой воды.

4. Основным фактором, влияющим на растепление основания, стала вода водохранилища, которая, попадая в трещиноватые грунты основания и продвигаясь по трещинам, нагревает грунт. По наблюдениям за температурой воды водохранилища, в летний период вода Иреляхского водохранилища нагревается на поверхности до $+15$ °С.

Выводы:

1. Наблюдения в течение 67 лет за Иреляхским гидроузлом, построенным по принципу строительства (с сохранением мерзлоты в основании), показали, что, несмотря на расчетные прогнозы, гидроузел не выдержал испытания временем. Сооружение перешло на второй принцип эксплуатации — с талым основанием. Схема плотины 2021 г. представлена на **рис. 3**.

2. Гидроузел, перейдя из состояния на мерзлом основании на талое основание, не утратил свою статистическую устойчивость. Правда, для этого потребовалось усиление отсыпками верхового и низового откоса плотины. Ядро плотины осталось в мерзлом состоянии.

3. Фильтрация из водохранилища идет ниже основания плотины на глубине в диапазоне 25–80 м. Ее дебит на протяжении последних 10 лет в стабильном состоянии в пределах 1000 м³/ч. Данный расход по существующей схеме может подаваться на один подъем насосной городского водоснабжения, может возвращаться насосной обратно в водохранилище.

4. Естественный переход плотин с мерзлого основания на талое требует постоянного мониторинга и не представляет опасности для его безаварийного состояния.

Хвостохранилище обогатительной фабрики № 3

Еще одно сооружение промышленной гидротехники представляет профессиональный интерес в связи с длительным сроком эксплуатации. Сооружение, построенное по второму принципу: талое на мерзлом основании. Объект запроектирован в 1982–1986 гг., построен и сдан в эксплуатацию в 1990 г. Высота дамбы по первоначальному проекту составляет 72 м, проектная емкость 59 млн м³. В 2016 г. проектная емкость была заполнена, и был разработан проект увеличения емкости. Высота увеличена на 10 м, а объем — на 42 млн м³.

Хвостохранилище является гидротехническим сооружением I класса, по типу пойменное, намывное и предназначено для складирования отходов обогащения (хвостов) кимберлитовых руд и для оборотного водоснабжения обогатительной фабрики № 3 (**рис. 4**).

Основные параметры хвостохранилища, по состоянию на 1 января 2021 г.: отметка гребня — 363 м; отметка уровня воды — 358,5 м; общая площадь — 22 млн м²; общий



Рис. 4. Хвостохранилище обогатительной фабрики № 3

объем — 61 млн м³. Проектная максимальная отметка наращивания дамбы — 370 м; максимальная высота — 82 м; длина по гребню — 2100 м; ширина гребня дамбы вторичного обвалования — 14 м, проектная длина надводного пляжа на верховом откосе — до 70 м. Фактическое заложение откосов: низового — 1:4,2; верхового (пляж) — 1:20; расчетный коэффициент устойчивости низового откоса — 1,35 (нормативный $K_s = 1,32$).

Плотина пруда-накопителя, расположенного ниже основной плотины, — по типу каменно-земляная, таломерзлая, III класса. Отметка гребня плотины — 191 м; ширина гребня — 12 м; максимальная высота — 27 м; длина по гребню — 565 м. Среднее заложение откосов: верхового — 1:3, низового — 1:2,5.

Суглинистое ядро плотины — по типу центральное, вертикальное, с зубом. Отметка верха ядра — 289,00 м, минимальная ширина — 8 м. По продольной оси ядра для его заморозки и поддержания в мерзлом состоянии установлена система СОУ (сезонно действующих охлаждающих устройств).

Пруд-накопитель предназначен для аккумуляции фильтрационного стока ограждающей дамбы, отметка нормального подпорного уровня (НПУ) — 288,50 м, полезный объем — 1,2 млн м³, уровень мертвого объема (УМО) на отметке 278,0 м.

Геокриологические условия площадки

Тело ограждающей дамбы в основном талое, но присутствуют незначительные мерзлые прослойки. Поскольку прочностные свойства мерзлых грунтов выше свойств талых, то основной задачей при изысканиях было определить глубину залегания кровли мерзлых грунтов.

На «крыльях» дамбы кровля многолетнемерзлых грунтов достигает 2 м, в центральной части дамбы кровля многолетнемерзлых грунтов опускается до 100 м. Многолетнемерзлые грунты представлены долеритом 13 м, суглинком 4 м, корой выветривания 14 м, глиной 3 м, щебенистым грунтом 10 м, мергелем 14 м, известняком 15 м, песком средней крупности 6 м. Все грунты основания слабо льдистые и пластично мерзлые, с сетчатой и массивной криотекстурой. После анализа термометрических наблюдений можно сделать вывод, что среднее значение температур $-1,37\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. это вялая мерзлота, легко поддающаяся оттайке.

Особые природные и климатические условия: среднегодовая температура воздуха принятая для площадки, — $7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$; район относится к области распространения многолетнемерзлых пород и к сейсмической зоне 5 баллов.

Топографические условия площадки

Район расположения проектируемого объекта относится к области низкогорья с преобладающими абсолютными отметками 300–400 м. Ландшафт характеризуется расчлененным холмисто-рядовым рельефом. Средний уклон местности 0,02. Поперечный профиль долины ручья в районе дамбы V-образный, с асимметричными выпуклыми склонами и узкой слабовыраженной поймой. Правый борт ручья крутой крутизной 80° , левый более пологий крутизной $5\text{--}60^{\circ}$.

Площадка приурочена к пойме и склонам ручья Чычас-Юрюйэтэ. Рельеф территории расчлененный, среднеувалистый, с перепадами высот до 150 м. Рельеф большей части территории носит техногенный характер и представлен хвостохранилищем, автодорогами и отработанными карьерами.

Инженерно-геологические условия

На участке изысканий до глубины 120 м вскрыты породы кембрия и прорывающие их интрузии девона. Образования кембрия представлены мергелем, известняком, песчаником, корой выветривания мергеля. Тело дамбы представлено техногенными образованиями и элювиальными четвертичными образованиями. В скважинах вскрыты грунтовые воды, имеющие техногенное происхождение. Грунтовые воды безнапорные, гидравлически связанные с водами хвостохранилища. По степени минерализации грунтовые воды — от пресных до сильносоленоватых. По водородному показателю — преимущественно нейтральные ($\text{pH} = 7,4\text{--}7,9$).

Центральная часть дамбы сложена песком средней крупности, через которую происходит проникновение фильтрационного потока оборотных вод из хвостохранилища в пруд-накопитель.

Если посмотреть на разрез (рис. 5), заметно, как изменяется депрессионная кривая при входе в пионерную дамбу. Главная особенность конструктива — отсыпка пионерной дамбы на всю 30-метровую высоту грунтом с крупностью куска от 50 до 400 мм. В процессе отсыпки происходит сегрегация грунта.

Сегрегация есть физический процесс разделения сыпучего материала по крупности при отсыпке его на наклонную поверхность отвальных тел. В практике горного производства эффект сегрегации проявляется при отсыпке отвалов пустых пород, формировании рудных складов различного функционального назначения как в карьерах, так и на промплощадке ГТС.

Недостаточная изученность физического механизма процесса сегрегации в 1980-е гг. определила необходимость проведения целенаправленных опытно-промышленных исследований

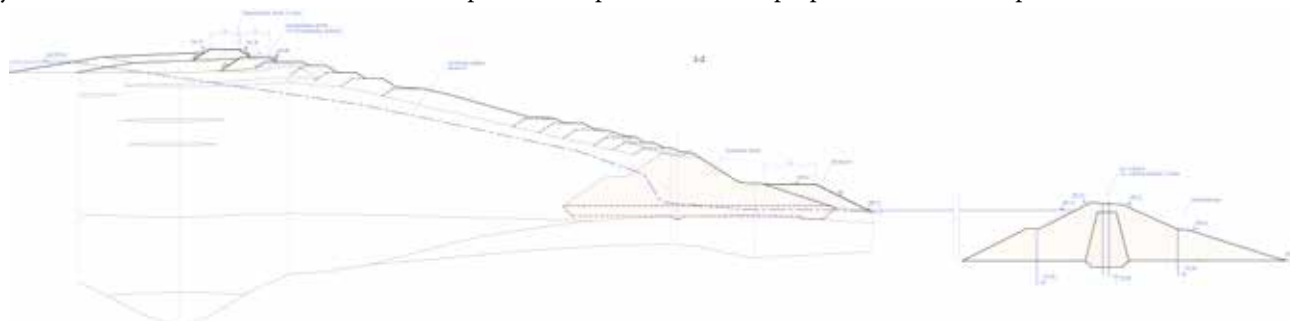


Рис. 5. Разрез дамбы хвостохранилища

и отсыпок. В 1986–1988 гг. были проведены эксперименты на отсыпке пионерной дамбы. Работы проводились при научном сопровождении ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. По результатам исследования были сделаны следующие основные выводы:

- при отсыпке дробленого материала на наклонную плоскость откоса штабеля всегда происходит перераспределение масс по крупности материала: в верхней части штабеля доминирует мелкая фракция в нижней части — крупная;
- распределение масс по крупности на поверхности отсыпки значительно отличается от распределения масс внутри штабеля;
- отмечается закономерность — отсыпка производится наклонными слоями, а распределение масс по крупности формирует слои, параллельные основанию штабеля.

Эти выводы повлияли на решение о конструкции ограждающей намывной дамбы, имеющей общую высоту 70 м, с высотой пионерной дамбы в основании 30 м. Пионерная дамба отсыпана пионерным способом на всю высоту. Намывная часть дамбы возводилась с 1990 г., т.е. 31 год. В соответствии с новым проектом увеличения емкости планируется работать еще как минимум 15–17 лет.

Основная особенность фильтрационной устойчивости в том, что конструкция пионерной дамбы, отсыпанной таким способом, позволяет уже более чем 30 лет при проектном наращивании обеспечивать гарантированную устойчивость. Положение депрессионной кривой в теле дамбы за весь 30-летний период эксплуатации ни разу не приближалось к критиче-

ским значениям. Фильтрация через тело ограждающей дамбы беспрепятственно проходит через тело пионерной дамбы. Как видно на схеме (рис. 5), депрессионная кривая при входе в тело пионерной дамбы падает до уровня воды в нижнем бьефе в маневровой емкости, оставляя тело пионерной дамбы в сухом состоянии.

Выводы:

1. Несмотря на строительство талого основания, конструкция показала высокую надежность и долговечность. Расчетная устойчивость, по материалам инженерных изысканий, выше расчетной критической устойчивости.
2. Конструкция ограждающей дамбы, принятая в проекте в 1986 г., выдержала испытание временем 31 год, будет эксплуатироваться еще 15–20 лет. И может служить аналогом для гидротехнических сооружений талого типа на вечномерзлых грунтах.

Ковшовый водозабор в районе Крайнего Севера

Одним из примеров современных технических решений для крайне суровых условий Севера можно назвать проект ковшового водозабора, выполненный гидротехническим отделом института «Якутнипроалмаз» в 2016–2017 гг. для нового месторождения алмазов АК «АЛРОСА» на р. В. Муне (рис. 6).

Район строительства расположен севернее границы полярного круга на 160 км. Характеризуется полным отсутствием традиционных строительных материалов (песка, гальки, щебня). Расчетная температура -57°C . Территория относится к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых

грунтов (ММГ). Средняя температура января -42°C .

Поверхностные водотоки — единственный источник водоснабжения при разработке месторождений на Крайнем Севере. Опыт эксплуатации плотин на вечной мерзлоте показал их высокие капитальные и эксплуатационные затраты, но, поскольку забор воды непосредственно из рек невозможен из-за их промерзания, необходимо создание искусственных водоемов.

Расчетная глубина сезонного оттаивания в таких грунтах изменяется от 1,3 до 4,5 м. Геокриологическая обстановка территории изысканий оказывает неоднозначное влияние на инженерно-геологические условия. С одной стороны, при малом изменении геокриологической обстановки горные выработки характеризуются устойчивостью, с другой стороны — наличие льдистых включений значительно усложняет инженерно-геологическую обстановку. Даже незначительное по времени изменение температуры вызывает вытаивание льда и сложные деформации пород.

В предпроектных проработках выполнялось сравнение традиционного плотинного гидроузла с береговым трубчатым водосбросом и варианта берегового ковшового водозабора с сезонным заполнением из расчета водообеспечения месторождения в зимний период. Сравнение сметной стоимости показало, что плотинный вариант дороже ковшового водозабора в 3 раза. Для строительства первой временной емкости для водоснабжения геологов и изыскателей в 2015 г. предпочтение было отдано варианту берегового ковшового водозабора с использованием геосинтетических материалов в качестве противодиффузионного экрана.



Рис. 6. Ковшовый водозабор



Рис. 7. Схема ковшового водозабора

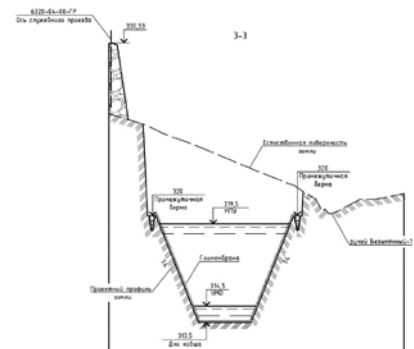


Рис. 8. Конструкция противодиффузионного экрана временной емкости для водоснабжения

Общий объем водоема при НПУ 319,50 м (абс) составляет 129,07 тыс. м³, из которого полезный объем — 115,47 тыс. м³, мертвый объем — 13,6 тыс. м³, или 10% от общей емкости. Наполнение емкости в период весенне-го паводка происходит из ручья за счет работы подводящего и отводящего каналов — длиной каждого не более 15 м.

Нормативный срок строительства подобных объектов составляет 29 мес., строительство сооружений на водозаборе выполнено за 24 мес. При этом земляные работы велись буровзрывным способом только в зимний период с октября 2017 г. по апрель 2018 г. включительно и в результате составили: объем выемки 257 тыс. м³; объем насыпи 88,5 тыс. м³.

Применение геосинтетических материалов

Из-за отсутствия песчано-гравийной смеси в качестве подготовительного слоя под мембрану использовался геокомпозитный мат (ГИДРОМАТ 2D) производства компании «Техполимер» (г. Красноярск), который состоит из высокопрочной трехмерной полимерной сетки, покрытой нетканым геотексти-

лем. Под воздействием нагрузки ГИДРОМАТ 2D способен сохранять толщину и сжиматься лишь незначительно, что позволяет применять его в качестве демпфирующего слоя, выравнивающего поверхность и исключая повреждение геомембраны.

В течение трех лет проводились опытно-промышленные испытания на временной емкости для подтверждения возможности применения ГИДРОМАТА 2D в качестве замены подстилающего слоя, после чего было принято решение о его использовании. Конструкция противофильтрационного экрана временной емкости для водоснабжения получилась следующей (рис. 8): по слою геокомпозитного мата ГИДРОМАТ 2D были уложены листы полимерные (геомембрана «Техполимер») из полиэтилена высокой плотности (HDPE) толщиной 2 мм. Данное конструктивное решение способствовало сокращению сроков производства земляных работ и строительства объекта в целом, что особенно актуально при коротком строительном сезоне в северном регионе и при отсутствии выравнивающего и защитного слоя грунта, стоимость ко-

торого в случае транспортировки дальностью 160 км существенно удорожала бы строительство объекта. Поставщик геомембраны дал гарантию на 25-летний срок эксплуатации, тогда как срок отработки месторождения составляет 20 лет.

Выводы:

1. Проекты строительства небольших водоемов ковшового типа имеют существенное преимущество перед традиционными гидроузлами с подпорным сооружением. Сметная стоимость и сроки строительства в разы меньше.

2. Отсутствие общестроительных материалов (песок, щебень, ПГС) не является препятствием для строительства при использовании современных геосинтетических материалов.

3. Реализованное техническое решение не оказывает негативного влияния на режим реки. Ручей, из которого отбирается вода, работает в естественном режиме.

4. Минимальная площадь лесосвода и земельного отвода оказывает минимальное воздействие на природу. ^{РР}

Фотографии предоставлены институтом «Якутнипроалмаз»

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ — БЕТОНОПОЛНЯЕМЫЕ МАТЫ

Защита от эрозии, укрепление и защита склонов, русел рек и каналов.

Бетононаполняемый мат «Техполимер» СТО 56910145-031-2020 представляет собой конверт из высокопрочного тканого геотекстиля с узлами, который используется в качестве гибкой опалубки. Мат заполняется бетонной смесью при помощи насосного оборудования, образуя монолитную конструкцию заданных размеров и конфигурации. Путем изменения состава и объема бетонной смеси можно придавать матам необходимую прочность, в зависимости от расчетной нагрузки на объект.

Преимуществами данной технологии являются возможность укладки бетононаполняемых матов ниже ватерлинии, без частичного или полного осушения канала, а также устойчивость к ледовым нагрузкам.



Сфера применения бетононаполняемых матов:

- Противоэрозионная защита склонов с повышенным углом заложения (с крутизной до 1:1).
- Укрепление конусов и откосов насыпей мостов и путепроводов.
- Укрепление откосов автомобильных и железных дорог.
- Устройство противопаводковых сооружений.
- Укрепление русел рек и каналов.
- Защита подводных трубопроводов.

Геотекстильная тканая двуслойная оболочка



Инъекционная смесь

WWW.TEXPOLIMER.RU

Реклама