

Совершенствование конструктивных решений низконапорных гидромелиоративных объектов в условиях меняющегося климата в Заречной группе Якутии

М. И. Лоскин

Введение. Пространственное развитие сельских территорий Республики Саха (Якутия) предполагает реализацию комплекса мероприятий, направленных на повышение уровня жизни сельского населения, где одними из основных направлений являются:

- повышение уровня благоустройства и содействие улучшению жилищных условий сельского населения;
- стимулирование инвестиционной активности в агропромышленном комплексе путем создания благоприятных инфраструктурных условий в сельской местности;
- более рациональная пространственная организация сельскохозяйственного, перерабатывающего и сбытовых направлений с учетом многообразия форм организации экономики: личных подсобных хозяйств, фермерских хозяйств, сельскохозяйственных и потребительских кооперативов [1].

На сегодняшний день в Заречной группе улусов (Усть Алданский, Таттинский, Чурапчинский, Мегино–Кангаласский, Амгинский) проживает 105 тыс. чел., т. е. всего 11 % от всего населения Республики Саха (Якутия), но вместе с тем, содержится 44 % крупного рогатого скота (80 тыс. гол.), 39 % лошадей (68 тыс. гол.) и 43 % (20 тыс. га) посевных площадей от всей имеющейся в республике. При этом, наиболее острой в Заречной группе улусов всегда стояла и стоит проблема обеспечения сельских населенных пунктов и сельскохозяйственного производства качественной питьевой и технической водой. В отдельные годы сток в основных суходольных (малых) реках Заречной группы, таких как Татта, Суола, Танда и их притоках отсутствует даже в весенний период, аккумулируясь в бессточных термокарстовых впадинах и прилегающих к поймам аласах. Подземные воды залегают на глубине около 400 м, высоко минерализованы и содержат в большом количестве фтор и железо. По этой причине основная масса местного населения пользуется льдом, заготавливая его в зимний период на озерах и плесах рек. Существующие озера, ввиду отрицательного водного баланса постепенно высыхают, вода в них крайне низкого качества, не отвечает санитарным требованиям и для питьевых нужд непригодна. Плановые работы по решению этой острой проблемы начались в 1970–80-е годы путем организации единой системы гидротехнических сооружений вдоль русел и притоков рек Татта и Суола, обеспечивающей водой практически все наслега Чурапчинского, Таттинского и Мегино–Кангаласского улусов. В настоящее время только на территории пяти Заречной группы улусов насчитывается около 200 низконапорных объектов для водообеспечения сельских населенных пунктов, сельскохозяйственных объектов и мелиоративных систем [2].

При строительстве всех сооружений применялся I принцип строительства, т.е. с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии. Вместе с тем, существенные изменения климата, а также антропогенное воздействие привели к заметному изменению геокриологического состояния оснований гидротехнических сооружений и водности водохранилищ. В последние годы, в основном вследствие изменения климата, в Заречной группе Якутии, как и в других регионах, наблюдаются непредвиденные катастрофические объемы весеннего половодья на малых реках и летне–осенние дождевые паводки. Анализ природно-климатических условий показывает, что наблюдающееся в последние десятилетия региональное повышение температуры более чем на 2,5 °С привело к заметному увеличению суммы атмосферных осадков, а также к повышению водности малых рек [3]. Изменившиеся природно-климатические условия начали воздействовать на основания гидромелиоративных объектов, построенных на мерзлых грунтах, активизировались криогенные процессы на акваториях водохранилищ, что существенно понизило прочность гидротехнических сооружений вследствие чего и водообеспеченности сельскохозяйственного производства. Разрушения низконапорных гидромелиоративных объектов в основном связаны с непредвиденными объемами паводковых вод, которые существенно превышали принятые при проектировании гидрологические параметры малых рек, а также с деградацией многолетнемерзлых пород, слагающих основания сооружений.

Цель исследования. На примере типичного низконапорного гидроузла Заречной группы Якутии рассмотреть возможность совершенствования конструктивных решений существующих гидромелиоративных объектов на основе обоснования и разработки мер повышения водообеспеченности в условиях меняющегося климата.

Материалы и методы исследования. Гидроузел Кытта–Куруетэ построен в 2004 году по проекту ГУП «ЯкутТИСИЗ» для создания водоема в русле реки Татта в целях обеспечения хозяйственно–бытовой водой населения и социальных объектов, а также сельскохозяйственного производства Ожулунского наслега Чурапчинского улуса. Расположен в среднем течении р. Татта. Состоит из:

– грунтовая плотина, длиной 710 м, высотой 3,5 м, шириной по верху 4,5 м. Заложение откосов 1:2.

– уровеньный автоводосброс из монолитного железобетона. Пропускная способность 21 м³/сек.

Территория Ожулунского наслега составляет 62,6 тыс. га, из них земель сельскохозяйственного назначения – 5,8 тыс. га, в том числе пашни – 1067 га, сенокосных угодий – 3 817 га. Население – 1 171 чел. 16 фермерских хозяйств, 25 индивидуальных предпринимателей. Количество крупного рогатого скота – 2 051 гол., лошадей – 1 338 гол. Имеются Аграрный техникум, средняя общеобразовательная школа, детский сад, центр досуга, предприятия торговли, ЖКХ и др. [4].

Гидроузел находится в 1 км восточнее от с. Дябыла Ожулунского наслега Чурапчинского улуса. Расстояние от г. Якутска составляет 180 км. Расположен в Лено-Амгинском междуречье Центральной Якутии в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Данная территория обладает резко континентальным климатом. Зима холодная и малоснежная, лето короткое, на большей части засушливое с относительно высокими температурами. Средняя годовая температура воздуха изменяется в пределах от минус 7 до 12°C, которая протяжении 5 месяцев в году имеет положительное значение. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C отмечается в начале мая, а осенью – в начале октября. Годовая амплитуда колебаний среднемесячных температур воздуха доходит до 100°C. Среднегодовое количество осадков колеблется от 200 до 250 мм. Наименьшее количество осадков выпадает зимой, что обусловливается антициклональным состоянием погоды. Наибольшее количество осадков выпадает в летнее время. На теплый период (апрель-октябрь) приходится 75–85 % годового количества. За летние месяцы (июнь-август) выпадает 115–130 мм. В морфологическом отношении район является громадным невысоким плато с пологими водоразделами и широкими речными долинами, с небольшими высотами от 130 до 400 м. Река Татта – левый приток р. Алдана, впадает в него на 271 км от устья. Длина реки 414 км, площадь водосбора – 10200 км². Средняя высота водосбора – 260 м. Склоны водосбора имеют незначительный уклон от 5 до 10 %. Речная сеть развита, впадает 12 крупных и 15 притоков, длиной менее 10 км. Бассейн реки залесен на 85 %, основная древесная порода – лиственница. Для бассейна характерно наличие глубоких замкнутых понижений – аласов и термокарстовых озер, значительно сокращающих действующую площадь водосбора, что приводит к уменьшению удельной величины стока по мере увеличения общей площади водосбора. Основным источником питания является поверхностный сток от снеготаяния. Весеннее половодье начинается в первой декаде мая и продолжается в течение 30-50 дней до середины июня. Летне-осенняя межень может прерываться участвовавшими в последнее время дождевыми паводками. Мощность многолетнемерзлых пород изменяется от 100 до 450 м. Температура грунтов составляет минус 0,8–3,5°C. Слой сезонного оттаивания в зависимости от рельефа и других условий колеблется от 1 до 3 м. Температурный режим многолетнемерзлых пород до глубины 15-20 м сильно изменяется в зависимости от геолого-геоморфологических условий. Повышение и локальное неравномерное изменение температур связано с различиями в растительном покрове, влажностном режиме пород, а также с циркуляцией неглубоко залегающих подземных вод и наличием связанных с ними наледей. В связи с потеплением климата происходит резкая активизация термоденудационных процессов, которая показывает деградацию мерзлой толщи сверху. Дополнительным фактором к этим является тепловое воздействие водохранилищ на гидротехнические сооружения, которое отрицательно влияет на устойчивость оснований сооружений. При этом

изменяется схема статической работы сооружения и его основания, коренным образом меняется фильтрационный режим и другие параметры.

Для детального проведения исследований выполнен анализ статистических данных, источников литературы по изменению климата, ее влиянию на инженерные сооружения и агроэкосистемы в криолитозоне. Проведено техническое обследование объектов на местах. Изучена и анализирована официальная документация по мониторингу за состояниями гидротехнического сооружения. При анализе состояния гидротехнического сооружения применены положения действующих нормативно–правовых документов по строительству, эксплуатации и мониторингу состояния гидротехнических сооружений и водных объектов.

Результаты исследования и их обсуждение.

В целях определения возможности совершенствования конструктивных решений существующего гидротехнического сооружения (уровневого автоводосброса) нами проведено обоснование мер повышения водообеспеченности в условиях меняющегося климата, заключающееся в следующем:

- детальное обследование состояния узлов, конструктивных элементов сооружения;
- анализ геокриологических условий основания сооружения.

На момент первоначального обследования в 2016 году гидроузел Кытта–Куруетэ находился в неудовлетворительном состоянии. За время эксплуатации произошло разрушение, просадка ниже проектных отметок уровневого автоводосброса, имеется многочисленные трещины и деформации железобетонных конструкций, крошение бетона, коррозия арматуры. Происходит фильтрация под сооружением. Плотина просела, отметка и ширина гребня не соответствуют проектным параметрам (рис. 1 а).



Рис. 1. Уровневый автоводосброс гидроузла Кытта–Куруетэ:
а) Июль 2016 г.; б) Май 2021 г.

При демонтаже существующего сооружения выявлено, что противофильтрационная стена из монолитного железобетона заложена до

глубины 173,0 м (в пределах слоя сезонного оттаивания). Исходя из этого, можно предположить, что одной из основных причин разрушения являются фильтрационные потоки под сооружением, спровоцировавшие оттаивание многолетнемерзлых грунтов основания, просадку (разрушение) сооружения.

В геологическом отношении площадка гидротехнического сооружения до исследованной глубины 10,0 м сложена верхнечетвертичными озерно-аллювиальными отложениями (рис. 2). Геологический разрез представлен суглинками, супесями, песками мелкими и средней крупности, залегающими в виде слоев различной мощности. С поверхности эти отложения перекрыты насыпными грунтами, представленными суглинистым грунтом до глубины 0,6–1,2 м. Основную часть вскрытого разреза составляют глинистые грунты, представленные суглинками и супесями. Суглинки распространены с поверхности до глубины 3,7–5,3 м и в интервалах 9,5–10,0 м. Супеси залегают в средней части разреза. Мощность супесей 1,7–3,2 м, суглинков 2,0–5,3 м. Грунты коричневого цвета. По данным лабораторных определений суглинки, супеси повсеместно с примесью органических веществ, в нижней части слабозаторфованы и слабозасолены. Грунты слоя сезонного оттаивания при промерзании обладают пучинистыми свойствами. По степени пучинистости суглинки сильнопучинистые. Температурный режим грунтов основания стабильный и характеризуется распространением низких значений отрицательных температур и составляет на глубине 10 м от $-0,6^{\circ}\text{C}$ до $-0,7^{\circ}\text{C}$. Мощность слоя сезонного оттаивания, определенная нормативной глубиной сезонного оттаивания, рассчитанной по формулам [5] составляет 2,9 м. В период бурения грунтовые воды на прибрежных скважинах не обнаружены. Но в летне-осенний период возможно появление сезонных надмерзлотных вод, периодически действующих в слое сезонного оттаивания. Питание вод происходит за счет инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков, а их расход - испарением.

**ПАСПОРТ
Скважины № 3**

Масштаб 1:100

Абсолютная отметка устья 178,20 м БС

Глубина №№ ИГЭ	Разрез скважины	Описание грунтов	Глубина подошвы слоя, в м.	Мощность слоя, в м	Абсолютная отметка подошвы слоя, в м	Уровень грунт. воды абс.отметка дата		Сведения о мерзлоте в день бурения	Суммарная влажность грунтов, д.ед.	Температура грунтов в С° на 07.10.2016 г.																				
						появления	установления																							
1,0		насыпной галечниковый грунт с песчаным заполнителем	0,25	0,25	177,95	Г	ру	нт	о	в																				
		Насыпной суглинистый грунт коричневого цвета с примесью органических веществ, талый.	0,95	0,95	177,00						та	0,23	+1,5																	
2,0		Суглинок леглый, пылеватый, коричневый с примесью органических веществ, засоленный, талый, тугопластичной консистенции до гл. 2,5 м, ниже - пластичномерзлый, слабодыстый со слоистой криотекстурой. Прожилки и линзы льда до 1-2 мм.	5,30	4,10	172,90						е	р	а	ж	е															
3,0																та	0,25	+0,3												
4,0		Суглинок леглый, пылеватый, коричневый с примесью органических веществ, засоленный, талый, тугопластичной консистенции до гл. 2,5 м, ниже - пластичномерзлый, слабодыстый со слоистой криотекстурой. Прожилки и линзы льда до 1-2 мм.	5,30	4,10	172,90											е	р	а	ж	е										
5,0																					та	0,34	-0,6							
6,0		Суглинок пылеватый, коричневый с примесью органических веществ, засоленный, пластичномерзлый, слабодыстый со слоистой криотекстурой. Прожилки льда до 1-2 мм.	8,50	3,20	169,70																е	р	а	ж	е					
7,0																										та	0,36	-0,7		
8,0		Суглинок пылеватый, коричневый с примесью органических веществ, засоленный, пластичномерзлый, слабодыстый со слоистой криотекстурой. Прожилки льда до 1-2 мм.	8,50	3,20	169,70																					е	р	а	ж	е
9,0																														
9,0		Песок средней крупности, серый, твердомерзлый, массивной криотекстурой.	9,60	1,10	168,60	е	р	а	ж	е																				
10,0																														
10,0		Суглинок леглый, пылеватый, коричневый, слабозатвердевший, твердомерзлый, льдистый со слоистой криотекстурой. Прожилки и линзы льда до 1-2 мм.	10,0	0,40	168,20						е	р	а	ж	е															
10,0																														
10,0		Суглинок леглый, пылеватый, коричневый, слабозатвердевший, твердомерзлый, льдистый со слоистой криотекстурой. Прожилки и линзы льда до 1-2 мм.	10,0	0,40	168,20											е	р	а	ж	е										
10,0																														

Рис. 2. Паспорт скважины № 3.

Анализ полученных данных в ходе технического обследования объектов на местах в соответствии с положениями действующих нормативно-правовых документов по строительству, реконструкции и эксплуатации гидротехнических сооружений показывает, что основными причинами разрушения уровневого автоводосброса являются:

- увеличение слоя сезонного оттаивания многолетнемерзлых грунтов;
- недостаточная глубина устройства противодиффузионной стенки (менее глубины увеличенного вследствие потепления климата слоя сезонного оттаивания), спровоцировавшая фильтрационные потоки под сооружением;
- недостаточное количество несущих свай, повлекших просадку сооружения;
- малая пропускная способность сооружения, не учитывающая увеличение водности малых рек.

На основании полученных данных в целях определения возможности совершенствования конструктивных решений по модернизации существующего гидротехнического сооружения, нами предложены следующие меры повышения водообеспеченности в условиях меняющегося климата, заключающиеся в реконструкции уровневого автоводосброса (рис. 3):

- увеличение пропускной способности 5 %-ной обеспеченности до 24,5 м³/сек. Тип водослива – с широким порогом, трапецеидального профиля. Конструкцию элементов водосбросного сооружения в целях экономичности, упрощения конструкции и технической надежности принять облегченной с контрфорсами;
- устройство дополнительной противофильтрационной стенки;
- глубину заложения противофильтрационных стенок принять превышающей слой сезонного оттаивания;
- установка дополнительных несущих свай;
- укладка под сооружением и откосами теплоизолирующего слоя (экструдированный пенополистирол);
- устройство противопучинистой отсыпки из песчано–гравийной смеси под днищем и откосами сооружения.

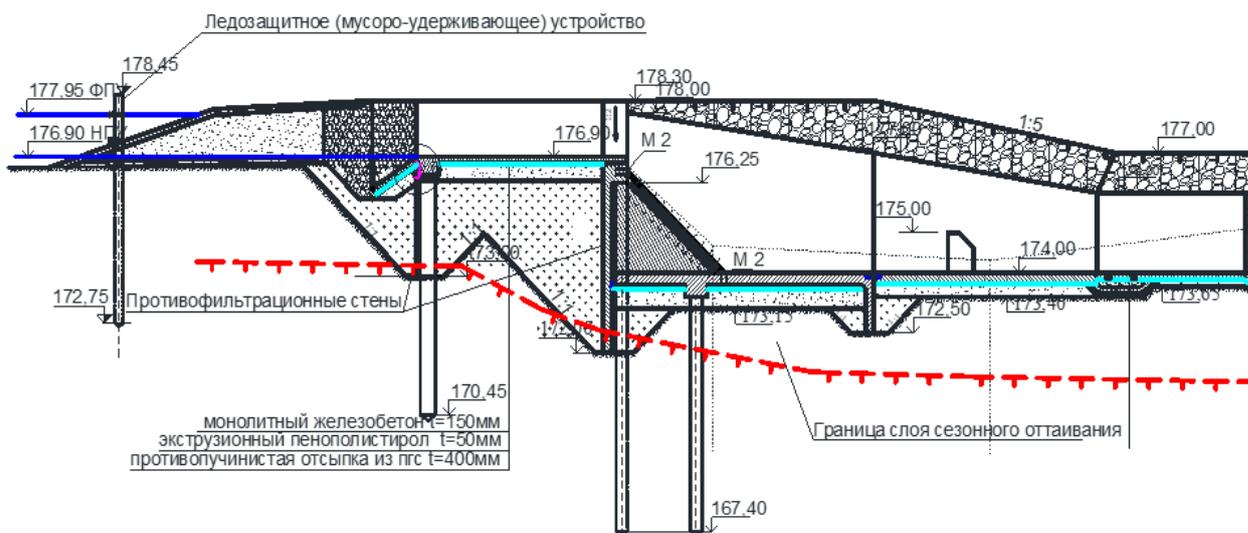


Рис. 3. Продольный разрез уровневого автоводосброса гидроузла Кытта–Куруетэ

Данное сооружение реконструировано в летне-осенний период 2017 года и с 2018 года исправно пропускает весеннее половодье и летне-осенние паводки р. Татта, обеспечивая водными ресурсами сельскохозяйственное производство Ожулунского наслега (рис. 1 б).

Выводы

Вследствие потепления климата, наблюдающегося в последние годы, произошли изменения, отрицательно влияющие на устойчивость мерзлых

оснований гидромелиоративных объектов, в частности на данном сооружении:

- увеличение слоя сезонного оттаивания многолетнемерзлых грунтов вследствие чего, произошли превышения параметров устойчивости сооружений, заложенных при первоначальном проектировании (недостаточная глубина заложения противofильтрационной стенки, малое количество несущих свай, процессы пучения грунта);

- увеличение водности малых рек, превышающая заложенную первоначальную пропускную способность сооружения.

В целях повышения водообеспеченности в условиях меняющегося климата внедрены дополнительные меры по совершенствованию конструктивных решений существующего гидротехнического сооружения, заключающиеся:

- в увеличении пропускной способности сооружения;
- совершенствования противofильтрационных, теплоизолирующих и противопучинистых мер;
- применения облегченных, упрощенных, надежных конструкций.