DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018

Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House "Universal"
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.

Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

Издательство Универсал
Тбилиси 2018

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე–5 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018

რედაქტორები
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

გამომცემლობა "უნივერსალი"
თბილისი 2018

УДК 551.311.8
ББК 26.823

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე–5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).
Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman’s book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

Проектирование и строительство селезащитных сооружений в Казахстане. Современный этап 2008-2018

Т.В. Бакарасова, Ю.Н. Зиневич, Е.К. Хожаназаров

Проектно-изыскательский институт ТОО «Казгидро», Алматы, Казахстан, kazgidro@yandex.kz

Цель настоящего доклада – краткая информация о состоянии работ по проектированию и строительству объектов селе – и инженерной защиты в Республике Казахстан за последнее десятилетие.

Селезащитные сооружения, Казахстан, плотина, селевой поток, наносоводный поток, тросово-сетчатая конструкция

Design and construction of mud protection facilities in Kazakhstan. The present stage 2008-2018

T.V. Bakarassova, Y.N. Zinevich., Y.K. Khozhanazarov

Design–research company «Kazhydro» LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan, kazgidro@yandex.kz

The purpose of this report is a summary of the state of work on the design and construction of mud protection facilities and engineering protection in the Republic of Kazakhstan in recent decades.

mudflow protection facilities, Kazakhstan, mud dam, debris flows, silt flow, cable-mesh composition

В Казахстане в горах Заилийского и Джунгарского Алатау, Алтая, Каратау, Кетменя, Тарбагатая располагается около 300 селевых бассейнов.

Рис. 1. Карта Казахстана с селеопасными территориями.

Для селеопасных районов Республики Казахстан ранее были разработаны карты селевой опасности (рис. 2), на основе которых планируется работы по селезащите.

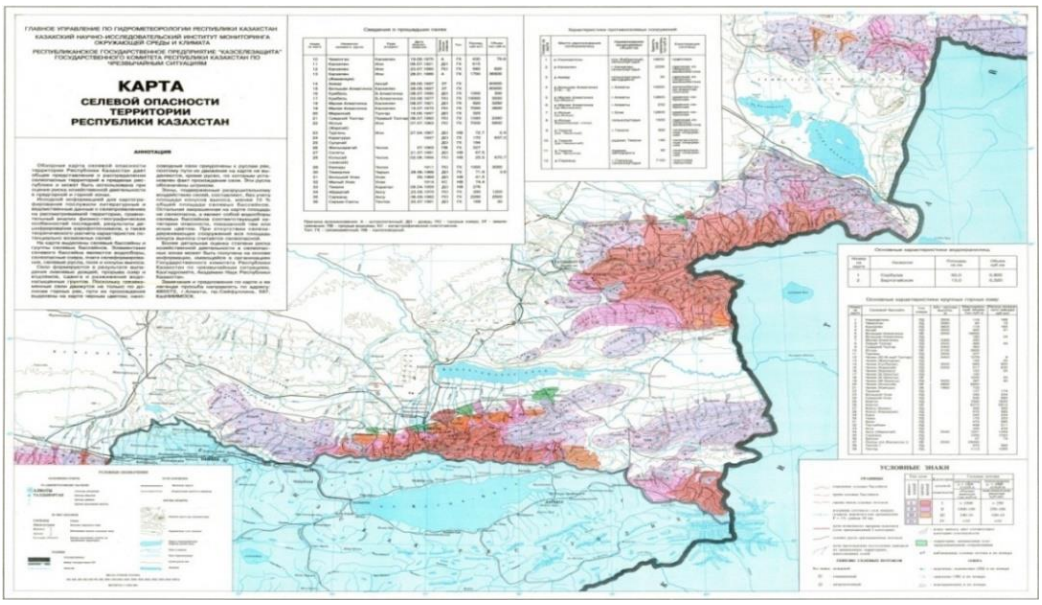

Рис. 2. Карта селевой опасности Казахстана.

Эти работы имеют важное значение, так как за последние 70 лет было 800 случаев катастрофических селей с человеческими жертвами, из них 5 селей включены в перечень мировых селевых катастроф (составлен ООН, 1996 г.).

Город Алматы основан в 1854 году у подножья Заилийского Алатау как укрепление Заилийское, впоследствии Верное. Алматы расположен на конусах селевых выносов двух горных рек: Малой и Большой Алматинок (ныне Киши и Улкен Алматы). Они берут начало у ледников на высоте 3400-3600 метров над уровнем моря и протекают в узких, глубиной до 1000 метров, долинах. Площадь бассейнов обеих рек до выхода из гор составляет соответственно 120 и 250 квадратных километров, длина – 17 и 26 километров, площадь оледенения – 11 и 40 квадратных километров. Максимальные расходы паводков, вызываемых таянием ледников и ледниковыми осадками, не превышают 30-50 кубометров в секунду. Однако по долинам рек эпизодически проходят грязекаменные селевые потоки с расходами в сотни раз большими. В основном сели распластываются в высокогорной зоне. И только потоки объемом более одного миллиона кубометров достигают предгорной равнины, городских и сельских построек.

Селевая катастрофа на озере Иссык 7 июля 1963 года, стала началом строительства селезащитных сооружений, которые могли бы надежно защитить город Алматы от селей. В 1964 г. Казахский филиал «Гидропроекта» (ныне ТОО «Казгидро») был определен головной проектной организацией СССР по проектированию объектов селезащиты. В 1973 г. было организовано Главное Управление при Совмине КазССР – «Казселезащита». Сейчас оно является подразделением МВД Республики Казахстан, и выполняет функции Заказчика и Балансодержателя всех селезащитных объектов на территории РК, т.е. выполняет их эксплуатацию.

За более чем 50–летний период, в Казахстане построено около 100 селезащитных и защитных сооружений. Примерно 90% этих сооружений выполнено по нашим проектам. За период с 2008 г. по 2018 г., ТОО «Казгидро» разработало проектную документацию по 12 объектам селе- и инженерной защиты (часть из них уже построена или находится в стадии строительства).

Кратко рассмотрим основные из этих объектов.

Комплекс селезащитных сооружений на трансграничной с Китаем реке Хоргос (в стадии строительства).

Река Хоргос является правобережным притоком р. Или. Её бассейн расположен в Панфиловском районе Алматинской области и на территории КНР. По руслу реки на значительном участке проходит государственная граница между РК и КНР. В верховьях бассейна насчитывается 18 моренных и приледниковых озер различного объёма и прорывной опасности. Селевые потоки и катастрофические наносоводные паводки в русле реки Хоргос возможны как при прорыве озер, так и при выпадении интенсивных осадков. Так, например, в июле 2007 года наносоводный паводок затопил территорию таможни «Коргас» (рис. 3), а в июне 2010 года сверхрасчетный форс-мажорный наносоводный паводок с расходом до 450 м^3/с (по меткам высоких вод), частично разрушил защитные дамбы в районе МЦПС (рис. 4).

Рис. 3. Затопление территории таможни паводковыми водами.

Рис. 4. Размыв верхового откоса берегоукрепительной дамбы в июне 2010 года в районе МЦПС.

После паводка 2010 года, было принято решение о необходимости строительства комплекса селезащитных сооружений, цели и задачи которого:

- Мониторинг потенциально опасных моренных озер в верховьях р.Хоргос с целью предотвращения их прорыва и образования селей гляциального генезиса. Мониторинг возможных селевых проявлений в русле р.Хоргос и ее притоках для своевременного оповещения органов власти, населения и адекватного реагирования.
- Инженерная защита населенных пунктов, территорий и объектов инфраструктуры, расположенных вдоль русла р.Хоргос, в т.ч. таких стратегически

важных для Республики Казахстан, как Международный центр приграничного сотрудничества (МЦПС), комплекс таможни «Коргас» и приграничного комплекса «Восточные ворота».

- Обеспечение транспортной доступности в верхнюю часть бассейна реки Хоргос (до озера Казанколь), для строительства и эксплуатации защитных сооружений. Автодорога также будет использоваться пограничной службой и позволит освоить этот уникальный и красивейший горный район Казахстана.

Масштаб проекта – международный и межгосударственный.

В состав комплекса (рис. 5) входят:

- селезадерживающая плотина Чукурбулак (начальная фаза строительства);
- система автоматизированного мониторинга селеопасных моренных озёр и речных потоков (далее САМ) (в стадии строительства);
- каскады стабилизирующих сооружений на боковых притоках реки Хоргос;
- берегоукрепительная дамба длиной 5.1 км (построена в 2016 году);
- патрульно-тракторная дорога вдоль русла р. Хоргос (в стадии строительства).

Основной в этом комплексе является селезадерживающая плотина Чукурбулак (рис. 6), которая предназначена для аккумуляции водных и наносоводных паводков и задержания твердых составляющих селевых потоков в бассейне реки Хоргос.

Максимальная высота плотины 51 м, общая длина плотины по гребню составляет 534 м, левобережная часть грунтовой плотины (КНР) - 188.0 м, правобережная часть грунтовой плотины (РК) - 262.0 м, ширина бетонной части – 84 м, ширина селесбросного фронта составляет 62 м. Ёмкость селехранилища при отметке 1340 м с составит около 10.0 млн.м^3 .

Проектирование плотины существенно усложняется необходимостью постоянного согласования технических решений с китайской стороной. Согласование осуществляется с 2013 года и подходит к стадии завершения.

В 2015 году построена берегоукрепительная дамба (рис.7) длиной 5.1 км, которая предотвращает размыв правого берега реки Хоргос и проходящих вдоль берега реки автодороги и пограничных контрольно-заградительных систем. Высота дамбы – 3-6 м, ширина по гребню - 6 м, насыпь дамбы – валунно-гравийно-галечниковые грунты. Верховой откос с уклоном 1: 1.5 облицован монолитным железобетоном с устройством упорного бруса фартука с заглублением на 3.5 м.

В 2018 году начат монтаж оборудования по САМ селеопасных моренных озер, чтобы осуществить оперативную передачу информации об опасных природных явлениях с целью своевременного предупреждения органов управления и оповещения населения. Эта система решает задачи контроля как селевой, так и паводковой обстановки в бассейне реки Хоргос.

Селезадерживающие плотины в бассейнах рек Аксай и Улькен Алматы ниже устья притока Аюсай (стадия проектирования)

Река Аксай, протекающая в горном ущелье, является правым притоком р. Каскелен. Река берёт начало на высотах 3 900-4 200 м в ледниках северного склона Илейского Алатау. Бассейн р. Аксай, как в прошлом, так и в настоящее время, является активным селеносным бассейном. Почти во всех долинах крупных притоков Аксай наблюдаются оползни и обвалы, а также неустойчивые осыпи рыхлого материала, размываемого ручьями.

Бассейн реки Улькен Алматы расположен на северном склоне центральной части хребта Заилийского Алатау в пределах высот 1 200÷4 400 м.

Рис. 5. Ситуационная схема комплекса селезащитных и берегоукрепительных сооружений в бассейне реки Хоргос. Цифрами обозначены: 1 - берегоукрепительная дамба, 2 - стабилизация опасных притоков (сетчато-тросовые барражи на р. Ойжайлау), 3 - служебно-эксплуатационное здание, 4 - патрульно-тракторная дорога от пл.Чукурбулак до озера Казанколь, 5 - подъездная дорога Баскунчи - г/у «Достык», 6 - технологическая дорога, 7 - селезадерживающая плотина Чукурбулак, 8 - стабилизация селеопасных притоков на р. Каскабулак, 9 - стабилизация селеопасных притоков на р. Коксай, 10 - стабилизация селеопасных притоков на р. Улькен Казан, 11 - стабилизация селеопасных притоков на р. Нанзышокы, 12 - система автоматизированного мониторинга (САМ).

Рис. 6. Вид на селезадерживающую плотину Чукурбулак с нижнего бьефа.

Рис.7. Вид на берегоукрепительную дамбу.

Река Улькен Алматы образуется слиянием двух ветвей: восточной - р. Озерная и западной – р. Проходная, которые берут начало у Б. Алматинских ледников на высотах 3700 м и 3600 м соответственно. Река Аюсай – левый приток р. Улькен Алматы, впадает в неё в 2.9 км ниже ручья Мраморный. На всем протяжении русло загромождено грубообломочным материалом осыпей, оползней, оплывин, обломками древесных пород. При впадении в р. Улькен Алматы, р. Аюсай образовала широкий конус выноса селевых отложений.

Большие скорости течения, крутые склоны долин, скопления на них рыхлообломочных четвертичных отложений создают опасность формирования селевых потоков в обоих этих бассейнах.

Цель и задача Проектов селезадерживающих плотин на реках Аксай и Улькен Алматы – инженерная защита территории, которая является частью государственного национального природного парка, где функционирует много зон отдыха, кафе и рестораны, здания каскада ГЭС и дорога к санаторию. В воскресные дни, в селеопасной зоне одновременно может находиться более 5 тысяч человек отдыхающих – жителей и гостей южной столицы и обслуживающего их персонала.

Селезадерживающие плотины предназначены для аккумуляции водных и наносоводных паводков и задержания твёрдых составляющих селевых потоков в бассейнах рек.

Таблица. 1. Состав сооружений и параметры

Селезадерживающая плотина Аксай		Селезадерживающая плотина Аюсай	
Максимальные расходы наносоводных селевых паводков в створе плотины:		Максимальные расходы наносоводных селевых паводков в створе плотины:	
максимальный 0,01% обеспеченности	158 м^3/с	максимальный 0,1% обеспеченности	98 м^3/с
максимальный 0,1% обеспеченности	102 м^3/с	максимальный 1% обеспеченности	61,1 м^3/с
Селехранилище:		Селехранилище:	
Расчетный объем	4.56 млн. м^3	Расчетный объем	2,3 млн. м^3
Площадь	12,37 га	Площадь	15 га
Железобетонная часть плотины, в том числе:		Железобетонная ячеистая плотина, в том числе:	Высота (по селесбросу) 37.6 м, ширина 68 м, длина 127м
поверхностный водосброс	Ширина – 30 м Высота – 3 м Пропускная способность 160 м^3/с	поверхностный водосброс	Ширина – 46 м Высота – 3 м Пропускная способность 390 м^3/с
Водовыпуск (две нитки)	Ширина 1.5 м, Сечение пропускных отверстий галереи 1.5х1.8 м	Водовыпуск (две нитки)	Ширина 1.5 м, Сечение пропускных отверстий галереи 1.1х0.6м
		правобережный и левобережный устои	Служат для сопряжения бетонной и земляной частей плотины
проходная галерея для водопровода	Ширина - 2.0 м, Высота -2,0 м Протяженность - 436,45 м		
Земляная плотина	Высота 75 м, длина по гребню 264.1 м, ширина по гребню-10 м, ширина по основанию – 443 м	Земляная плотина	Высота 41.1 м, длина по гребню 330.2 м, ширина по гребню -10м, ширина по основанию – 209 м

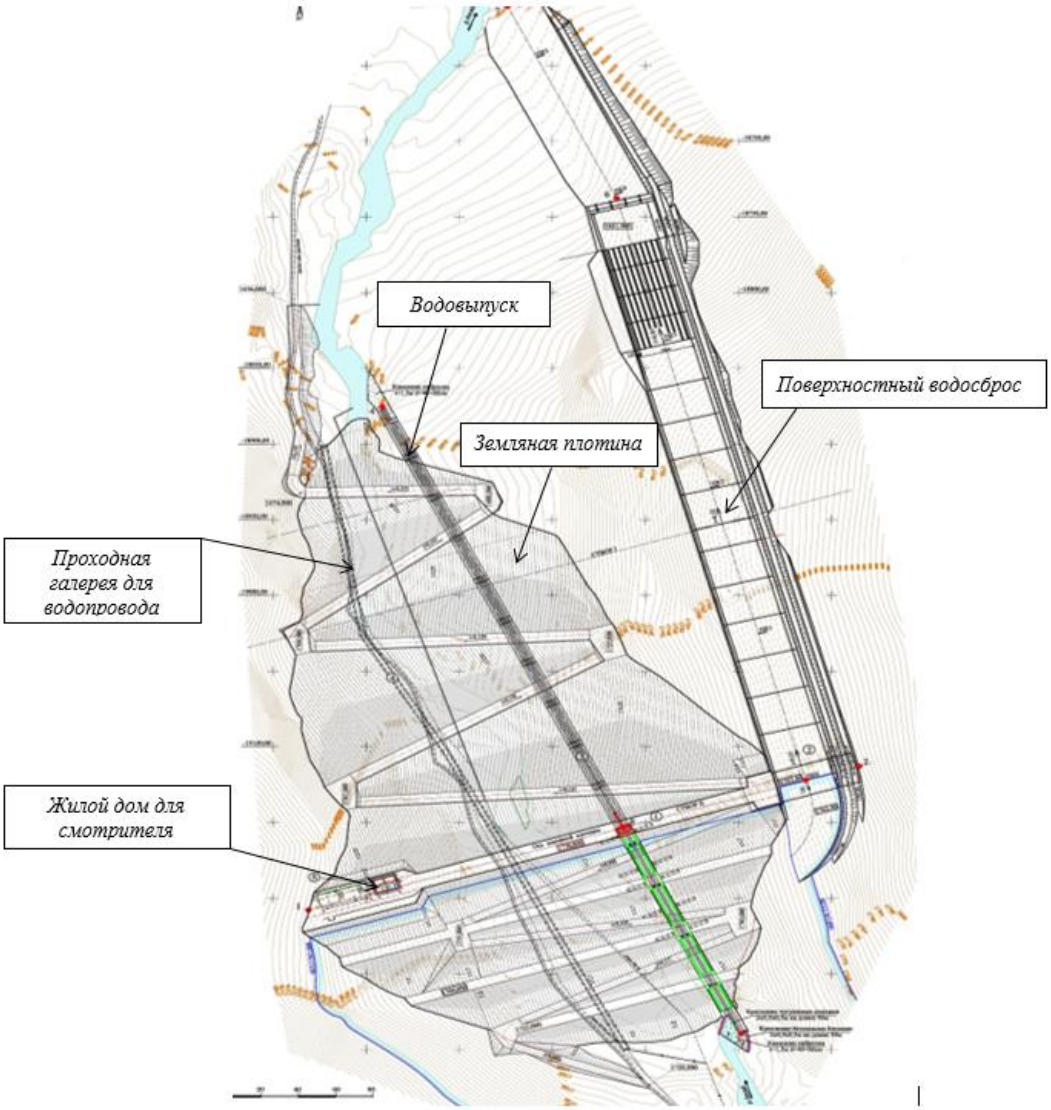

Рис. 8. План сооружений селезадерживающей плотины на р. Аксай.

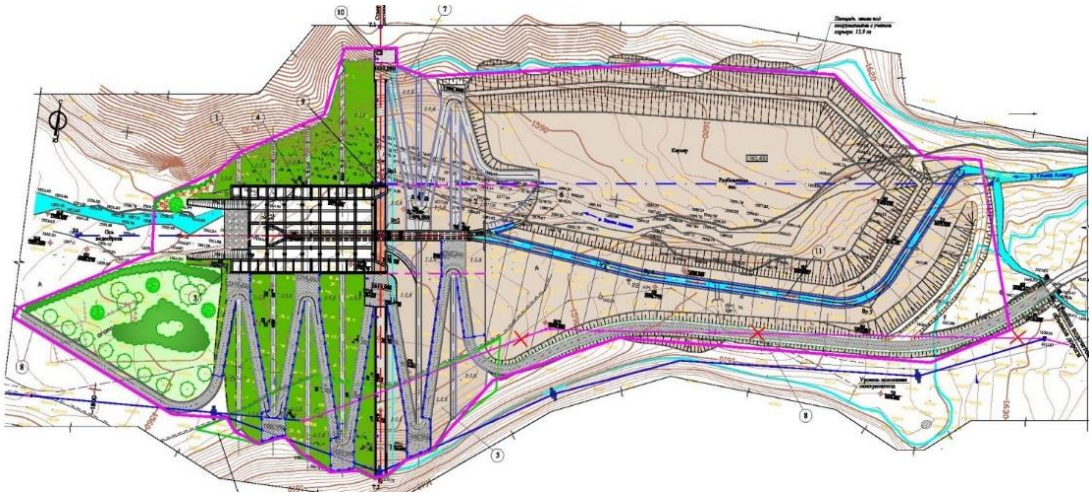

Рис. 9. План сооружений селезадерживающей плотины Аюсай на р. Улькен Алматы. Условные обозначения: 1 - ячеистая водосливная плотина, 2 – водовыпуск, 3 - левобережный устой, 4 - правобережный устой, 5, 6, 7 - земляная плотина, 8 - автомобильная дорога, 9 - трансформаторная подстанция, 10 - караульное помещение, 11 - подводящий канал водовыпуска.

Каскады сетчатых селезадерживающих барражей на реках Бедельбай и Батарейка в бассейне р. Киши Алматы (построены в 2014 году)

На наиболее селеопасных притоках р. Киши Алматы (бывшая р. Малая Алматинка), расположенных ниже плотины Медеу в 2014 году был построен каскад селезадерживающих барражей (всего 9 сооружений).

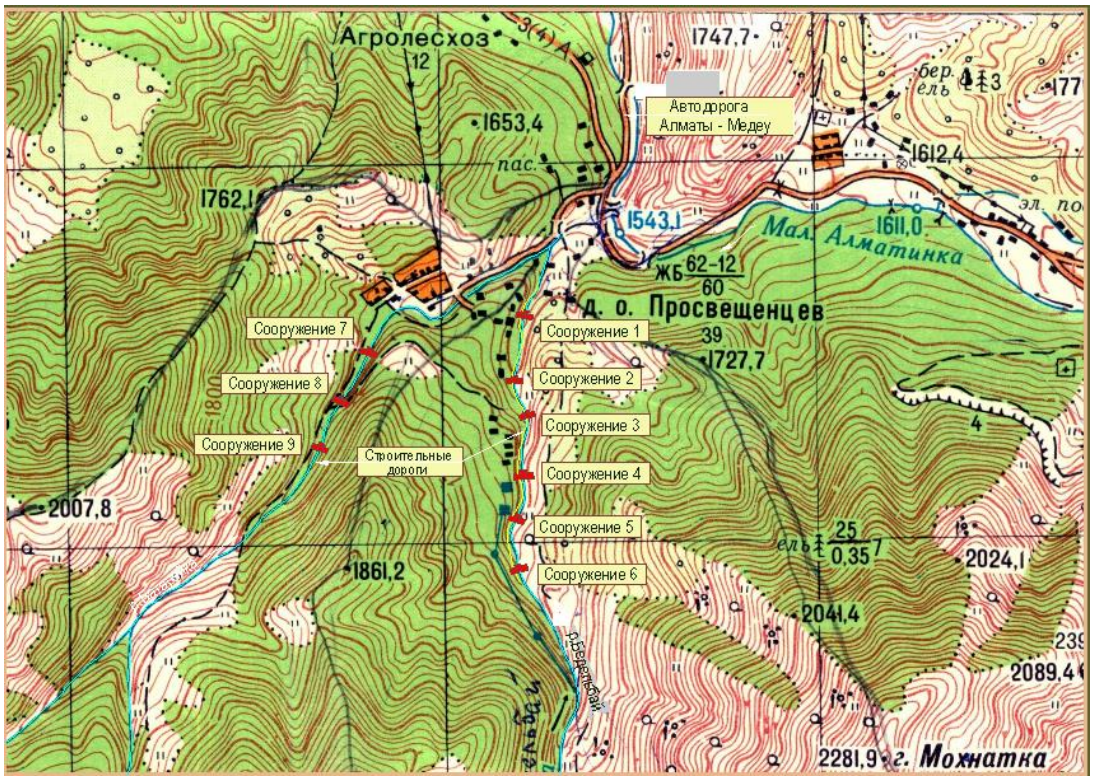

Рис. 10. Ситуационная схема расположения селезадерживающих барражей

Общая концепция строительства каскада защитных сооружений на нижних участках рек Бедельбай и Батарейка заключается в сочетании элементов активных и пассивных методов селезащиты. С одной стороны сооружения можно рассматривать как селезадерживающие, способные полностью или частично задержать селевой поток расчетной обеспеченности (пассивная селезащита), а с другой стороны, их строительство является начальным этапом осуществления полной стабилизации русел этих притоков р.Киши Алматы (активная селезащита).

Тросово-сетчатая конструкция представляет собой систему основных и вспомогательных тросов (канатов) диаметром соответственно 30 и 18 мм и оцинкованной стальной сетки 200×200 мм. Троса надежно заанкерены в железобетонное основание сооружения и имеют зажимы-компенсаторы, позволяющие воспринимать динамические нагрузки от селевого потока. Длина тросов и площадь сетки подобраны таким образом, чтобы крупнообломочный материал селя, задержанный тросово-сетчатой системой, формировал каменную плотину-завал с устойчивым низовым откосом. Тросово-сетчатая система крепится жестко к анкерам, установленным в монолитной фундаментной плите, и посредством специальных приспособлений, для натяжения тросов к анкерам, в боковых плитах-устоях. Монолитная фундаментная плита опирается на зубья, которые бетонируются по грунтовым анкерам типа «Титан» диаметром 50 мм и длиной 6 м. Анкера типа «Титан» устанавливаются в 2 ряда в нижнем бьефе и в центральной части сооружения с шагом 1.0 м с цементацией грунтов и приваркой усами к арматуре. Дополнительно устраивается крепление нижнего бьефа укладкой крупного камня за низовым зубом.

Рис.11. Сетчатые селезадерживающие барражи на р. Батарейка

Реконструкция селезащитной плотины Мынжилки на р. Киши Алматы (в стадии строительства)

Существующая селезащитная плотина Мынжилки была построена в 1980 г. в верховьях реки Киши Алматы на отметках 3 000-3 030 м. Её створ расположен в конце высокогорной троговой долины Мынжилки, которая находится у концевых морен ледников Туюксу и Молодёжный.

Плотина является одним из элементов комплекса селезащитных сооружений в бассейне р. Киши Алматы и предназначена для предотвращения возникновения селей гляциального типа, защиты от селей верхней части русла реки Киши Алматы и продления срока службы селехранилища плотины Медеу. За прошедшие годы в результате интенсивного таяния и отступления ледников идёт формирование новых прорывоопасных моренных озёр и внутриледниковых полостей, которые при внезапном опорожнении могут вызвать катастрофические селевые потоки. Из-за изменения климата участились продолжительные ливневые осадки, превышающие среднегодовые нормы прошлых лет, которые могут вызвать сели ливневого происхождения.

За 35-летний период эксплуатации, селехранилище частично заполнилось наносами, а гидротехнические сооружения объекта нуждаются в ремонте.

Перечисленные выше обстоятельства и вызвали необходимость реконструкции селезащитной плотины Мынжилки.

Ёмкость селехранилища, образованного плотиной, составила 233 тыс. м^3.

При реконструкции плотины компоновка и состав сооружений определяются расположением сооружений существующей плотины. При этом максимально используются (с учётом ремонта) существующие сооружения, что минимизирует объёмы работ и, соответственно, стоимость реконструкции. Плотина наращивается (с увеличением высоты над гребнем существующей плотины на 5.0 м) в сторону верхнего бьефа. При этом, основанием новой части плотины служат гребень и верховой откос существующей плотины и частично естественная поверхность земли.

В состав сооружений объекта при его реконструкции вошли:

1. земляная плотина (плотина из грунтовых материалов);

2. водовыпуск, две дублирующие друг друга обетонированные трубы в теле плотины с наклонными лотками-водоприёмниками по верховому откосу плотины;

3. аварийный водосброс с водосливным оголовком автоматического действия в гребне плотины, быстротоком по низовому откосу плотины, водобойным колодцем и отводящим каналом в нижнем бьефе плотины;

4. служебное здание с гаражом, расположенное на правом берегу ниже оси плотины.

Основные параметры новой плотины:

- длина по гребню 300.0 м;
- ширина гребня 6.0 м;
- заложение низового и верхового откосов 1:2.5;

максимальная высота по оси плотины:

- над верховым откосом существующей плотины 9.0 м;
- с учётом высоты существующей плотины 23.0 м.

Рис. 12. Вид на плотину с нижнего бьефа.

Устройство защитных сооружений и укрепление скальных грунтов на опасных участках автодороги ГЭС-1–БАО в бассейне реки Улькен Алматы (построены в 2017 г.)

В составе этих мероприятий было включено устройство защитных сооружений и укрепление скальных грунтов на опасных участках автодороги ГЭС1-БАО в Бостандыкском районе г. Алматы.

Участки укрепления были определены для реализации защитных мероприятий, как наиболее опасные для производственного персонала, населения и туристов, автотранспорта, проезжающего по автодороге ГЭС1-БАО на головной узел каскада ГЭС на р. Улькен Алматы, базу астрофизического института, погранзаставу и космостанцию. На этих опасных участках ежегодно, в периоды снеготаяния и ливневых осадков, происходят оползни и камнепады, перекрывающие автодорогу и потенциально опасные для жизни людей.

В мировой практике крепления опасных откосов и защиты от камнепадов и обвалов в последнее время широкое распространение получили тросово-сетчатые системы, закрепленные на поверхности откоса анкерами различного типа и конструкции.

Такие системы применяются во многих странах Европы и Азии. В Японии лидирующую позицию в этой области занимает фирма «Tokyo Rope MFG», которая разработала для крепления скальных откосов универсальную тросово-сетчатую-анкерную систему - анкерную систему “Mighty Net”.

Такая система имеет ряд преимуществ, а именно:

- с помощью закрепляющих анкеров и тросов сетка плотно прилегает к поверхности откоса, облегая все выступы и впадины откоса, и тем самым полностью стабилизирует склон;

• по опыту эксплуатации подобных систем их срок службы не менее 50 лет.

• плотно прилегающая сетка способствует быстрому восстановлению природной растительности (трава, кустарник и т.д.) и уже через несколько лет, закрепленный сеткой скальный откос, приобретает вид естественного природного склона.

Рис. 13. Правый борт долины р. Кумбельсу. Участок № 1 до реконструкции

Рис. 14. Правый борт долины р. Кумбельсу. Участок № 1 после реконструкции

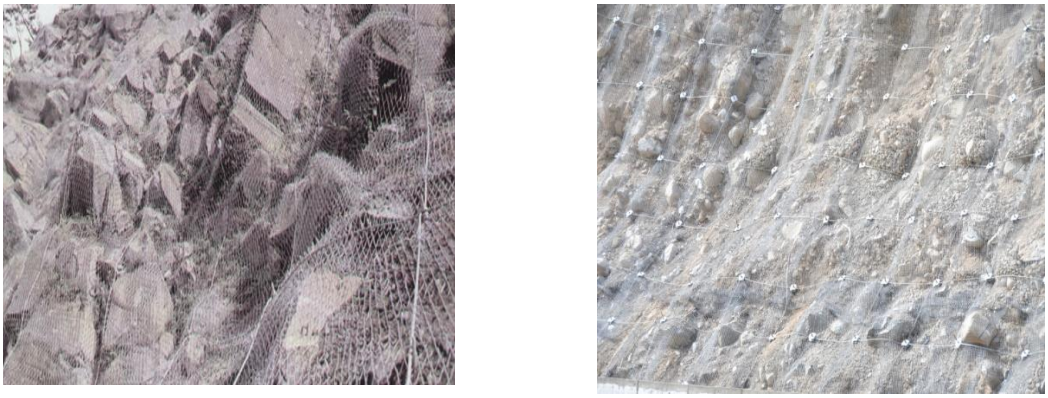

Рис. 15. Крепление сетками системы “Mighty Net”.

Система крепления стальных откосов “Mighty Net” рассчитана на удержание на скальном откосе крутизной 70° (принято с запасом) на участке 2×2 м скальной отдельности весом до 2.4 тонны.

Сетки системы “Mighty Net” являются гибкими и поставляются на стройплощадку рулонами различной ширины, поэтому их можно устанавливать с плотным прилеганием к рельефу укрепляемого откоса.

После установки сеток вся площадь крепления подлежит засеву методом напыления семенной травяной смеси, что обеспечит прорастание трав и кустарников в последующие годы.

Аналогичное укрепление опасных скальных откосов было выполнено в районе плотины Медеу и канатной дороги Медеу-Шымбулак в 2017 году. Назначение объекта – крепление скальных откосов на наиболее опасных участках. Крепление скальных откосов защитит сооружения плотины Медеу (служебную дорогу по низовому откосу плотины, водоприемники, выходной портал и быстроток постоянного эксплуатационного водосброса), участки автодороги, гондольной дороги Медеу-Шымбулак и обеспечит безопасность работников эксплуатации этих объектов и многочисленных туристов.