



***«РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОЙ
ОСНОВЫ РАСЧЕТА ВОЛНЫ
ПРОРЫВА, ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВОЗМОЖНЫХ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ И
ОБЪЕКТОВ ПОПАДАЕМЫХ В
ДАННЫЕ ЗОНЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ
РАЗРУШЕНИЯ ТЕЛА ПЛОТИНЫ
ВОДОПОДПОРНОГО
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО
СООРУЖЕНИЯ»***

Шенбергер Игорь - Менеджер проекта, заместитель начальника отдела водных ресурсов и нормирования, руководитель группы оценки водных ресурсов и стандартов качества поверхностных вод



ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ НИР И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проект выполняется в рамках реализации:

**Программы 254 «Эффективное управление водными ресурсами»,
Подпрограммы 103 «Охрана и рациональное использование водных
ресурсов»**

**в соответствии с Договором № 11 от 19 апреля 2019 года и с
Дополнительным соглашением №11/1 от 18 октября 2019 года с РГУ
Комитет по водным ресурсам МЭГиПР Республики Казахстан в
соответствии нормативными документами в сфере использования и охраны
водных объектов, предотвращения вредно воздействия вод.**

Целью проекта является:

**разработка методической основы (алгоритма) расчета зон затопления и определения
объектов попадаемых в данные зоны в результате возможного разрушения тела
плотины водоподпорного гидротехнического сооружения**

Основными объектами исследований являлись:

**ложе и плотина Кызылагашского водохранилища, русло и пойма реки Кызылагаш от
плотины до сел Кызылагаш и Актоган включительно**

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЗНАЧИМОСТЬ ПРОВОДИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- **Практика эксплуатации плотин и других гидротехнических сооружений речных гидроузлов показала, что сооружения, создающие водохранилища и воспринимающие напор воды, могут привести при авариях к возникновению чрезвычайных ситуаций на больших территориях с человеческими жертвами и огромными материальными ущербами.**
- **Мировой опыт показывает возросшую вероятность аварий гидротехнических сооружений и прежде всего из-за прохождения паводков, превышающих расчетные проектные значения уровней воды (недостаточен срок наблюдений за экстремальными паводками, климатические и антропогенные воздействия на сток).**
- **Среди техногенных катастроф по тяжести последствий и величине ущерба одно из первых мест занимают гидродинамические аварии, возникающие при разрушении плотин. Эта ситуация связана как со слабой изученностью природных условий, так и с интенсивной застройкой речных долин в нижнем бьефе водохранилищ.**
- **Частой причиной аварий является старение сооружений и не восстановление их износа, из-за отсутствия должного надзора. Резкое ухудшение качества обслуживания большинства гидроузлов в последнее десятилетие и несвоевременный ремонт их водопропускных сооружений приводят к увеличению частоты аварий.**
- **Примером тому могут служить разрушение плотины на р.Кызылагаш в Аксуском районе Алматинской области.**

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЗНАЧИМОСТЬ ПРОВОДИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные усилия по предупреждению и уменьшению риска аварий ГТС и возникающих вследствие их ущербов должны быть направлены на:

- совершенствование систем прогнозирования и оповещения;**
- выполнение фундаментальных научных исследований, направленных на решение прикладных задач предупреждения, предотвращения и ликвидации последствий аварий ГТС в результате техногенных и природных катастроф.**

В этом плане представляется очень важным развитие технологий, основанных на современных компьютерных моделях.

Применяемые в настоящее время в Казахстане методики по оценке и прогнозированию вероятных последствий в результате возможных аварий на ГТС требуют усовершенствования на основе использования современных, инновационных подходов и использования современного программного обеспечения.

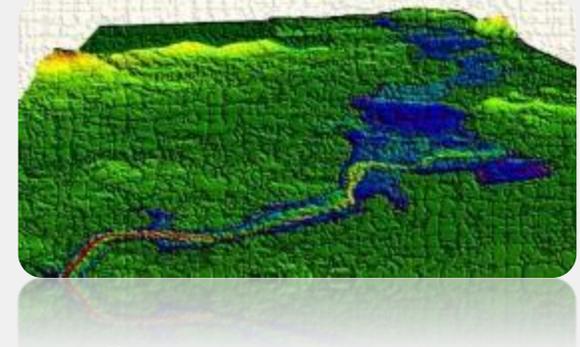
Поэтому актуальность применения современных компьютерных программ для моделирования зон затоплений, последствий гидротехнических аварий, прорыва плотин, прогноза паводков и половодий в сложной системе рек и каналов для целей предупреждения ЧС гидрометеорологического характера не вызывает сомнения. Более того, использование подобных программных комплексов позволит перейти от точечных оценок риска наводнений к площадным, что существенно улучшит надежность планируемых мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и антропогенного характера.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При решении большинства практических задач необходимо создание систем гидрологического прогнозирования, позволяющих вычислять ход изменения расходов и уровней во всех интересующих створах речного бассейна (знать гидрографы стока в разных створах). Решение этих задач имеет практический интерес для таких отраслей как гидроэнергетика, мелиорация, судоходство, водоснабжение, рыбное и лесное хозяйство, рекреация и др.

Особое значение имеет прогноз возникновения наводнений, приводящих к затоплению населенных пунктов и других важных объектов. Основными характеристиками наводнений являются максимальные уровни и расходы воды. Другими характеристиками, имеющими большое значение для прогноза возможных последствий, своевременного принятия соответствующих мер и проектирования гидротехнических сооружений являются:

- скорость течения
- время распространения волны паводка
- скорость продвижения гребня волны
- скорость подъема уровня воды
- объем наводнения
- площадь, слой и продолжительность затопления местности.



Непосредственный ущерб от наводнений зависит от высоты и скорости подъема уровней воды, продолжительности их состояния, времени года, степени освоенности и экономического развития территории, плотности населения, от своевременности прогноза и принятия предупредительных мер, от наличия и эффективности защитных противопаводковых гидросооружений.

Своевременное предупреждение и эвакуация населения, обоснование и создание защитных инженерных сооружений зависит от наличия гидрометрической информации, эффективности методов прогноза опасных уровней воды. Большую пользу в организации защитных мероприятий могут дать гидравлические модели бассейнов рек, которые позволяют заблаговременно произвести прогноз прохождения по реке паводка как естественной, так и техногенной природы и оценить его последствия. В настоящее время благодаря возможностям численного моделирования с использованием современных ЭВМ решение задач о распространении волны паводка представляется достаточно реальным и точным.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С 30-40 гг. XX века для решения инженерных задач гидравлики открытых потоков (в гидравлике и гидротехнике), как правило, применялись **(1) физические модели** (гидравлические, воздушные).

Полученные с их помощью результаты являлись основой для принятия проектных решений. Однако с ростом количества и размеров инженерных сооружений, увеличением количества и качества задач требовалась все более тесная их увязка с экономикой региона в целом, и гидравлические модели достигли пределов сферы своего применения. Помимо необходимости правильно запроектировать сооружение и дать прогноз режима течения вблизи него, стало необходимо рассмотреть это сооружение с гидравлической и экономической (управленческой) точек зрения как составную часть комплексного плана развития и использования бассейна реки или его части. Особенно остро встали задачи прогноза наводнений и определения их последствий.



Для решения таких задач стали применять **(2) математическое** (численное, компьютерное) моделирование. Математическая модель – это система математических соотношений, описывающих изучаемый процесс или явление.

Процесс составления математической модели называется математическим моделированием. Как и другие виды моделей, математическая модель представляет задачу в упрощенном виде и описывает только те свойства и закономерности, которые наиболее важны для данного объекта или процесса. Математическая модель позволяет осуществлять многосторонний количественный анализ. Изменяя исходные данные, критерии, граничные условия, каждый раз можно получить оптимальное для заданных условий решение и определить дальнейшее направление поиска.

Появление ЭВМ (2.1) позволило разработать методы расчетов и прогнозирования водного режима рек, находящихся как в естественном, так и в зарегулированном состоянии, путем **численного решения** уравнений нестационарного движения. Основная проблема при этом заключается в определении численных значений коэффициентов уравнений (гидравлических, гидрометрических и гидравлических характеристик русел).



В последнее время появился термин **(3) simulation – имитационное моделирование (имитация)**, которое представляет собой процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии (сценарии), обеспечивающие функционирование данной системы (Роберт Ю. Шеннон).

В отличие от традиционного аналитического моделирования принцип имитационного моделирования основывается на том, что математическая модель воспроизводит процесс функционирования во времени, причем имитируются события, протекающие в системе с сохранением логики их взаимодействия.

Для создания имитационной модели речной (канальной) системы необходимо знать: гидравлику, численные методы, используемые в вычислительной гидравлике, дифференциальное и интегральное исчисления, программирование, принципы обработки данных.

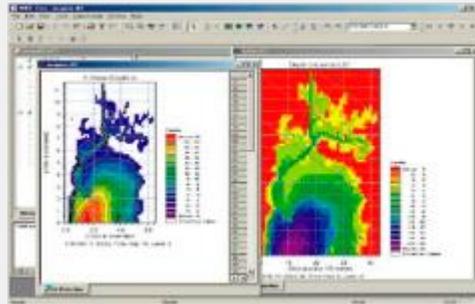
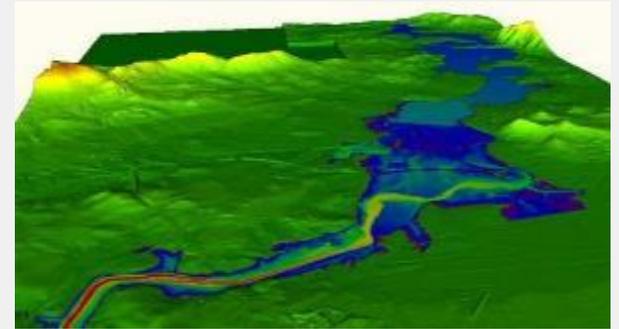
ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Моделирования зон затоплений, последствий гидротехнических аварий, прорыва плотин, прогноза паводков и половодий на основе ПО Mike by DHI

Для решения задач связанных с моделированием зон затоплений, последствий гидротехнических аварий, прорыва плотин, прогноза паводков и половодий в сложной системе рек и каналов наша компания использует следующее программное обеспечение (далее ПО):

MIKE 11 - программный комплекс для моделирования зон затоплений, последствий гидротехнических аварий, прорыва плотин, прогноза паводков и половодий в сложной системе рек и каналов.

MIKE 21 - Профессиональный программный продукт для моделирования течений, волн, переноса примесей и качества воды в открытых водных пространствах, эстуариях и прибрежных зонах морей.



MIKE FLOOD - программный комплекс для детального моделирования карт затоплений, последствий гидротехнических аварий, течений, волн, переноса примесей в открытых водоемах и системах рек и каналов. Комбинированный пакет, использующий преимущества одномерных и двумерных технологий.

MIKE SHE - Интегрированная компьютерная технология для анализа, прогноза и управления водными ресурсами и решения экологических проблем при совместном рассмотрении гидрологических процессов в подземных и поверхностных водах.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Прогноз затоплений и подтоплений;
- Моделирование противопаводковых мероприятий;
- Оперативное регулирование во время паводка;
- Анализ и последствия любых паводков и наводнений;
- Детальные модели прорыва плотин и анализ последствий прорыва;
- Разработка планов по смягчению последствий наводнения или/и прорыва плотин, дамб;
- Чрезвычайные ситуации связанные с наводнениями или/и прорывами плотин и дамб: планирование путей эвакуации

Совмещение результатов модельных расчетов MIKE FLOOD с ГИС технологией позволяет получать карты глубин, площадей и длительности затопления территории, а также карты сравнительного анализа.

Возможности MIKE FLOOD позволяют создавать карты затоплений, отвечающие различным периодам повторяемости паводковых событий.

Данное ПО разработано компанией DHI Water & Environment (Датский гидравлический институт), которая является одним из ведущих в мире разработчиков компьютерных программ данного типа.

Группа наших сотрудников, прошла курс обучения работе в комплексе гидродинамического моделирования MIKE by DHI и имеет сертификаты.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В работе использовались доступные фондовые материалы, материалы натуральных исследований прошлых лет, проектные материалы:

- мониторинга за гидрологическим режимом водотоков и водоемов РГП «Казгидромет»;
- проектные данные ПК «Институт Казгипроводхоз» по Кызылагашской плотине;
- данные Института Географии РК;
- собственные материалы КАПЭ.

Основным фактическим материалом, положенным в основу разработки Проекта, являются :

- данные полевых экспедиционных исследовательских работ по бассейну реки Кызылагаш которые были проведены сотрудниками ТОО «КАПЭ» в июне - июле 2019 года,
- а также общепризнанная в глобальном масштабе цифровая модель рельефа WorldDEM компании Airbus Defence and Space GmbH, представляющая собой самую точную спутниковую модель рельефа

По выбранному водохозяйственному сооружению исполнителями проекта была собрана, проанализирована и систематизирована вся основная информация, которая впоследствии легла в основу разработки гидродинамической модели и данного отчета, включая:

- общую физико-географическую характеристику проектной территории;
- гидрологические и водохозяйственные данные про рассматриваемому объекту;
- общую характеристику сооружений Кызылагашского водохранилищного гид-роузла.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Принятые для расчета технические показатели водохранилища и сооружения

Водохранилище			
1.	Ёмкость водохранилища	ед. изм.	
	Полная	млн.м ³	42,65
	полезный объём	млн.м ³	36,95
	мёртвый объём	млн.м ³	5,7
2	Отметка НПУ	м БС	627,9
3	Отметка ФПУ	м БС	628,7
4	Отметка ГМО	м БС	604,45
5	Площадь зеркала водохранилища при НПУ	га.	337
6	Площадь зеркала водохранилища при ФПУ	га	370,3
7	Площадь зеркала водохранилища при ГМО	га	70,3
8	Паводковый водоприток к водохранилищу 0,1% обеспеченности	м ³ /сек	396
10	Паводковый водоприток к водохранилищу 1% обеспеченности	м ³ /сек	245
11	Паводковый водоприток к водохранилищу 10% обеспеченности	м ³ /сек	89
12	Особо редкий водоприток к водохранилищу 0,01% обеспеченности	м ³ /сек	654

Плотина			
1	Тип плотины :		Каменно-земляная с ядром
2	Длина плотины по гребню	м	310
3	Максимальная высота от скального основания	м	55,5
4	Отметка гребня	м БС	631
5	Ширина гребня	м	8
6	Заложение откосов		
7	Верхнего	м	2,5
8	Нижнего	м	2,3
9	Заложение откосов ядра	м	0,4
10	Ширина плотины по низу	м	235
11	Отношение ширины плотины по низу к высоте	м	4,9

ПОЛЕВЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

В июне-июле 2019 года сотрудниками ТОО «КАПЭ» были выполнены полевые натурные исследования водоподъемной плотины, а также русла и поймы реки Кызылагаш с применением современного высокоточного оборудования: высокоточной съемки с помощью современного беспилотного летательного аппарата (далее БПЛА) и наземной топогеодезической съемки.

Полевые исследования выполнялись в два этапа:

- (1) рекогносцировочное обследование проектной территории с целью уточнения объемов полевых работ, уточнения границ территории съемки беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) в горной и долинной частях реки Кызылагаш, уточнения маршрутов движения, мест возможного подъезда к водному объекту и мест взлета и посадки БПЛА;**
- (2) основная полевая экспедиция с проведением гидрографических и топогеодезических изысканий на местности и аэрофотосъемочных работ для построения цифровой модели рельефа местности.**

ПОЛЕВЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Для проведения полевых работ были использованы современные приборы и оборудование:

- ✓ беспилотная авиационная система (БАС) Supercam 350S, позволяющая производить аэрофото и видео съемки местности с высоким пространственным разрешением и;
- ✓ высокоточный GPS приемник Trimble R-9s для топогедезических работ.

Съемка проводилась в течении нескольких дней в одно и тоже время суток для обеспечения одинаковых условий освещенности по всей территории съемки.

Соблюдение одинаковых условий высокой освещенности обеспечило получение качественных исходных материалов к построению цифровой модели местности (ЦММ), особенно для условий пересеченной (горной) местности.

БЕСПИЛОТНАЯ АВИАЦИОННАЯ СИСТЕМА (БАС) И АВИАЦИОННЫЕ (АЭРОФОТОСЪЕМОЧНЫЕ) РАБОТЫ

Система БАС, позволяет проводить авиационные работы в круглосуточном режиме в широком диапазоне погодных условий. Высокий уровень эксплуатационной гибкости и способности выполнения поставленных задач обеспечивается благодаря технологиям последнего поколения.

Территория съемки была разделена на две основные части, возвышенная часть – горная часть р. Кызылагаш с новой дамбой и низинная часть – участок вдоль руса реки северо-восточнее с.Кызылагаш и с.Актоган. Площадь района работ составила – 36,7 км².

Аэрофотосъемка проводилась на высоте 500 м. Перекрытие кадров для данной высоты полета составляет: продольное – 80%, поперечное – 60%, расстояние между проходами БПЛА – 235 м.



ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ



Для обеспечения геодезической точности проведенных работ и корректной привязки ЦММ и КВ изыскательской группой использовался современный GNSS комплекс геодезического класса точности Trimble R9s. Обеспечение точности измерений обеспечивалось использованием корректировочного спутникового сигнала Trimble RTX.

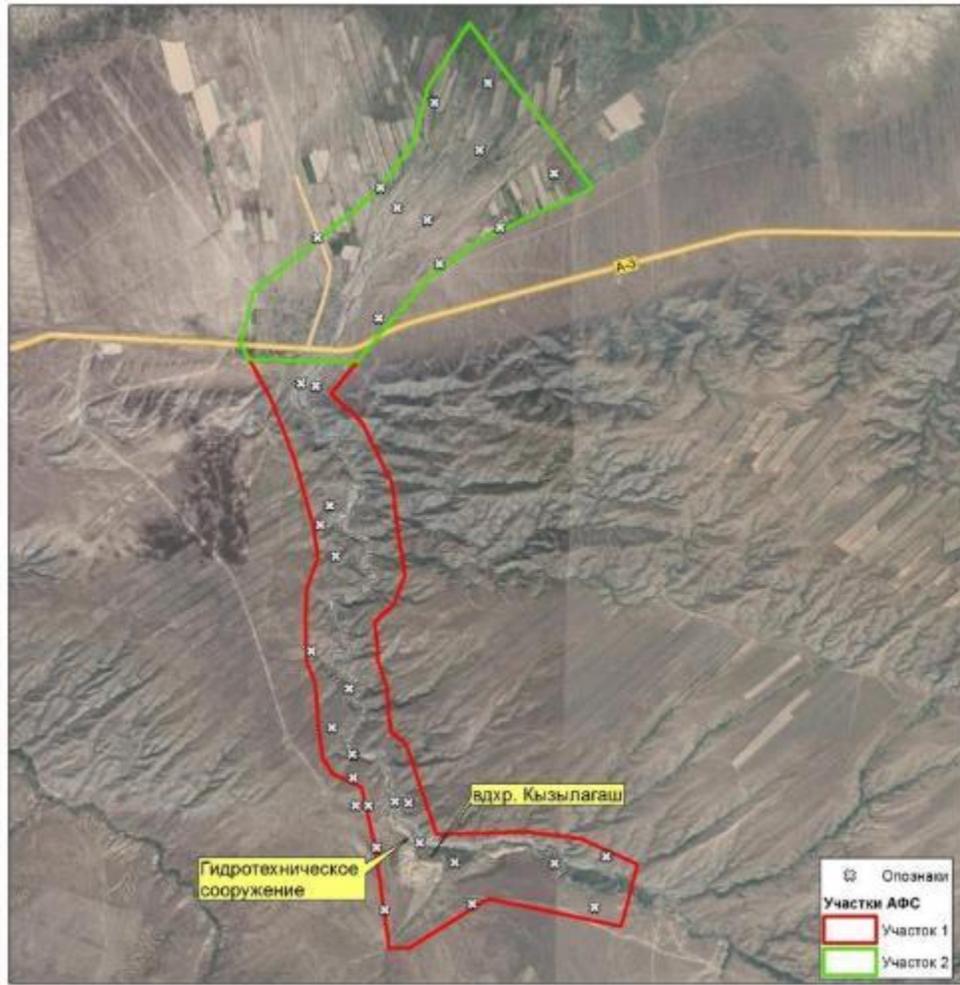
Для геодезического сопровождения аэрофотосъемки выполнялось планово-высотное обоснование. Точки планово-высотного обоснования для аэрофотосъемки используется как опознавательные знаки (опознаки) для привязки аэрофотоснимков и наиболее точного построения ЦММ и КВ.

Размещение точек съемочного обоснования (опознаков) выбиралось предварительно на основе использования общедоступной ЦММ SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission — Программа топографической радиолокационной съемки "Шаттл").

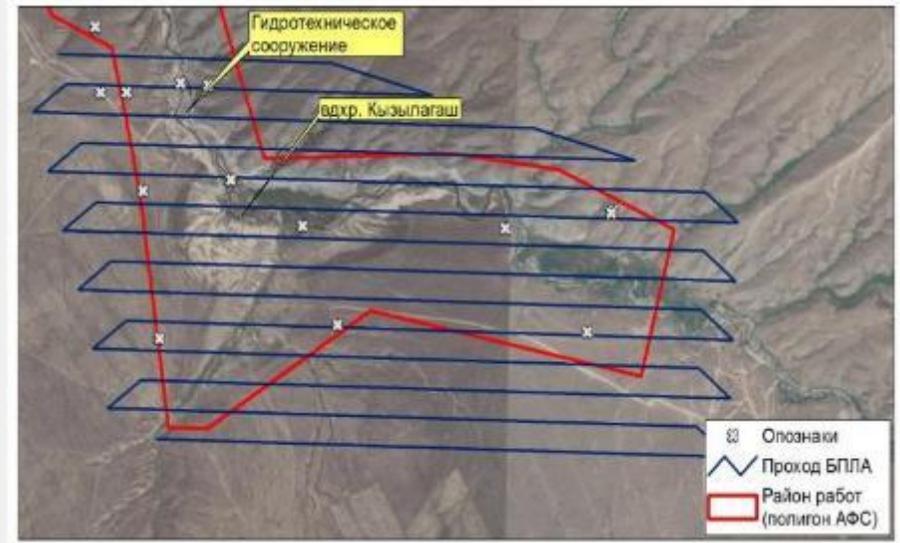
На ее основе, для более правильного размещения опознаков были построены карты уклонов поверхности Земли и экспозиций склонов.

Так же на участке проведения работ выполнялась топографическая съемка отдельных элементов ситуации и рельефа. В частности произведена геодезическая съемка построенного гидротехнического сооружения на р. Кызылагаш, мостовой переход через р. Кызылагаш на автодороге Алматы - Оскемен и выборочно элементы рельефа по всей длине участка изысканий.

ПОЛЕВЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

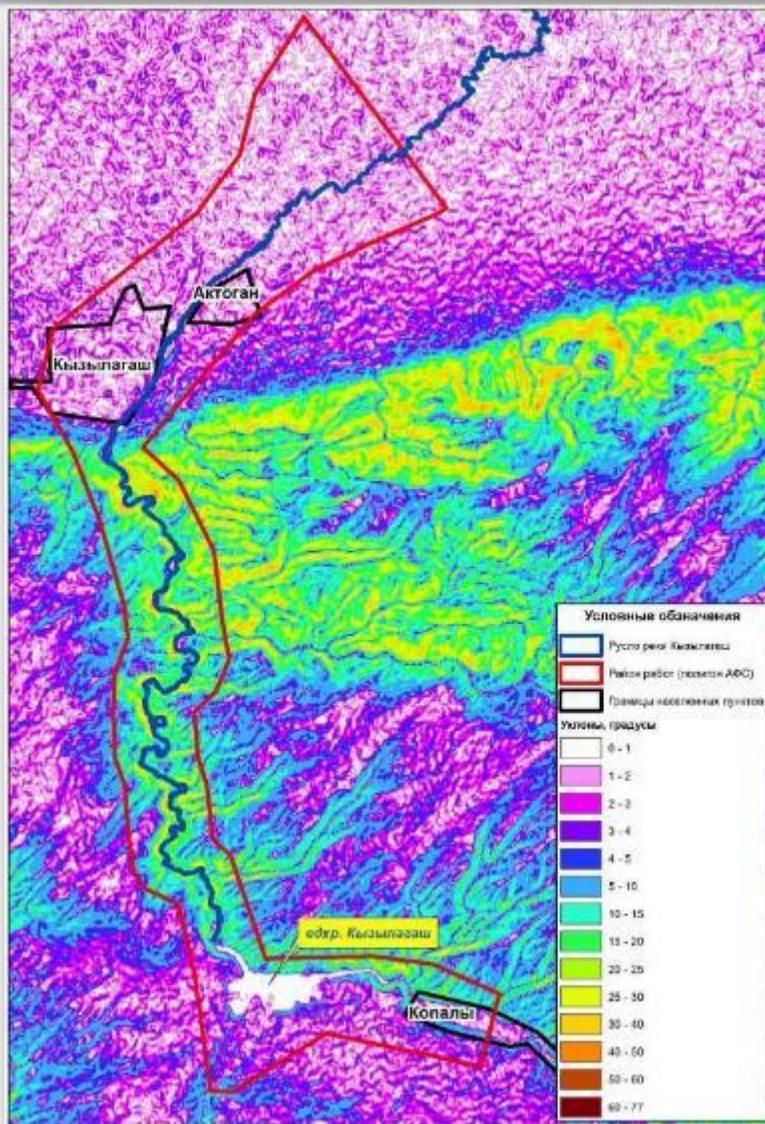


Карта-схема размещения знаков наземного обоснования (опознаков)

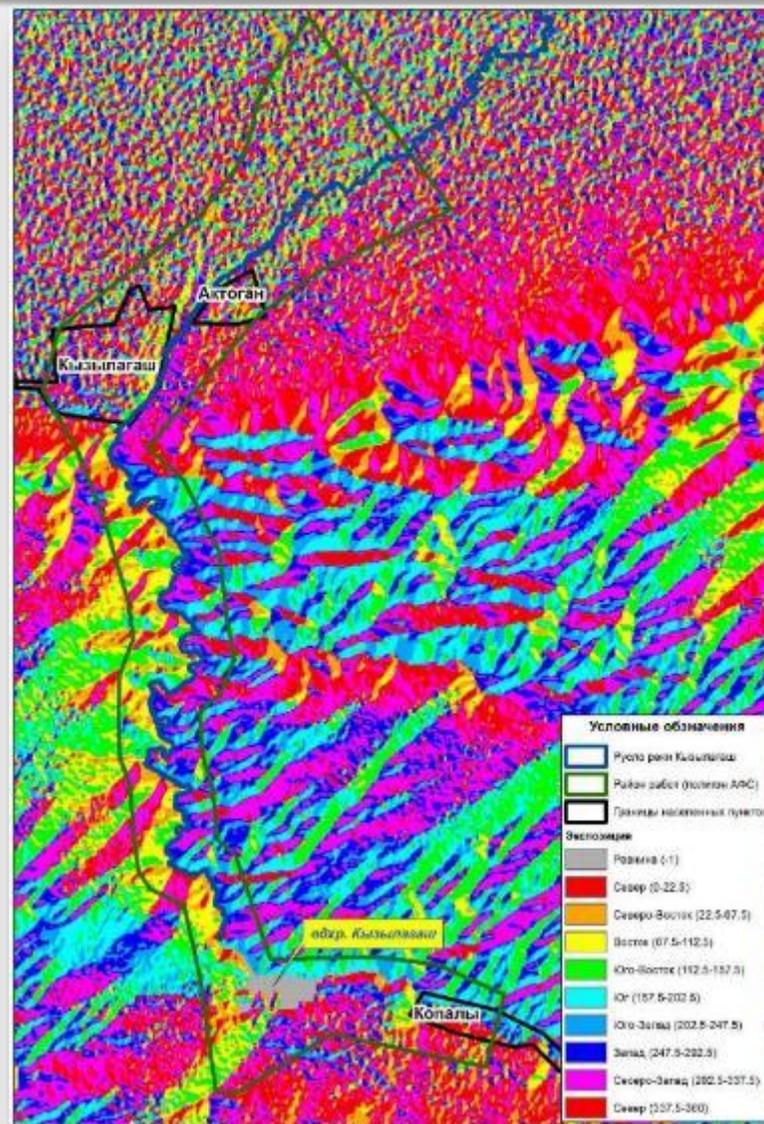


Пример схемы маршрута полета БПЛА

ПОЛЕВЫЕ ИЗЫСКАНИЯ



Карта-схема уклонов поверхности
Земли в бассейне р. Кызылагаш



Карта-схема экспозиций склонов в
бассейне р. Кызылагаш

ПОЛЕВЫЕ ИЗЫСКАНИЯ



Полевой лагерь



Топогеодезические работы методом RTK при помощи сервисов RTX (с прибором Trimble R-9s)



Запуск БПЛА



Посадка БПЛА с помощью парашюта

ПОЛЕВЫЕ ИЗЫСКАНИЯ



Чаша водохранилища на р. Кызылагаш



**Вид на нижний бьеф водохранилища на р.
Кызылагаш**



**Ущелье реки Кызылагаш в горной части
ниже плотины**



**Русло и пойма реки Кызылагаш в районе
населенных пунктов при выходе из ущелья**

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для построения гидродинамической модели авторами выполнен ряд водохозяйственных и гидрологических расчетов, которые включали в себя:

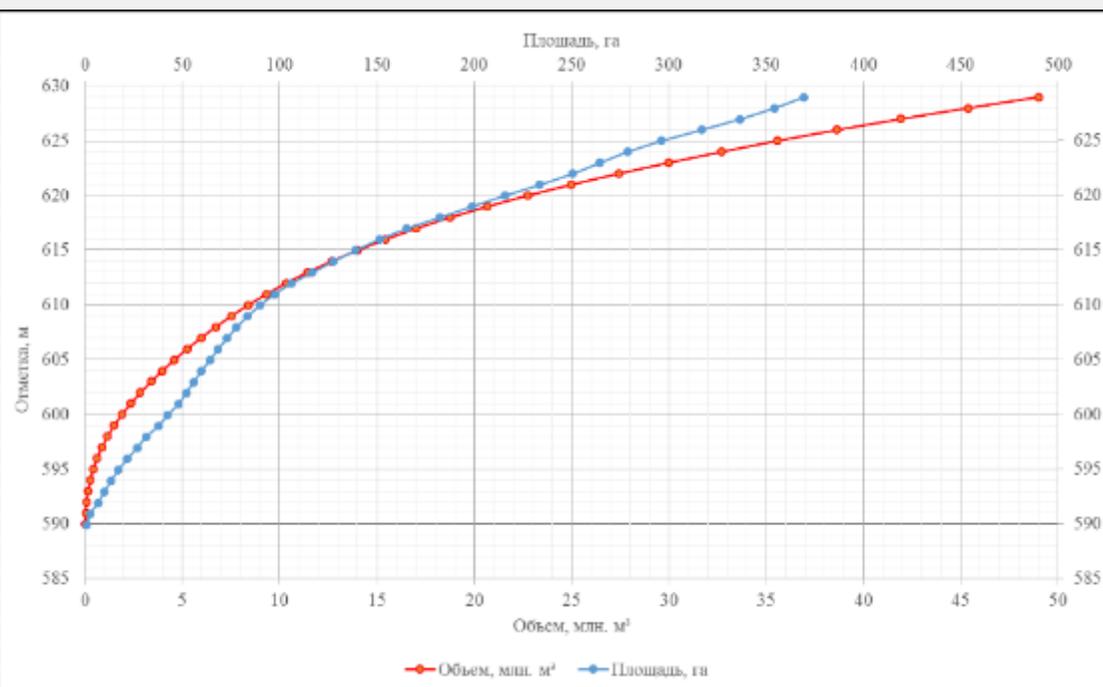
- расчет основных гидрологических характеристик стока и определение водного режима реки Кызылагаш (параметры среднегодового, максимального и вегетационного стока различной обеспеченности; закономерности внутригодового распределения стока; определение расчетных гидрографов и т.д.);
- расчет сценариев притока воды к Кызылагашскому водохранилищу различной обеспеченности (смоделированные суточные и часовые гидрографы весенне - летнего половодья);
- уточнение основных топографических характеристик Кызылагашского водохранилища на основе высокоточной съемки с помощью беспилотного летательного аппарата.

Река Кызылагаш является рекой с весенне-летним половодьем. Основным источником питания реки являются талые воды сезонных снегов и грунтовый сток. Дождевые осадки только частично дополняют снеговое питание в период половодья. Водный режим реки, главным образом, зависит от количества осадков, выпавших зимой и интенсивности их таяния.

Гидрографы половодья р. Кызылагаш имеют многовершинную форму, что объясняется неодновременным таянием снега на различных высотах и наложением дождевых паводков на сток половодья.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

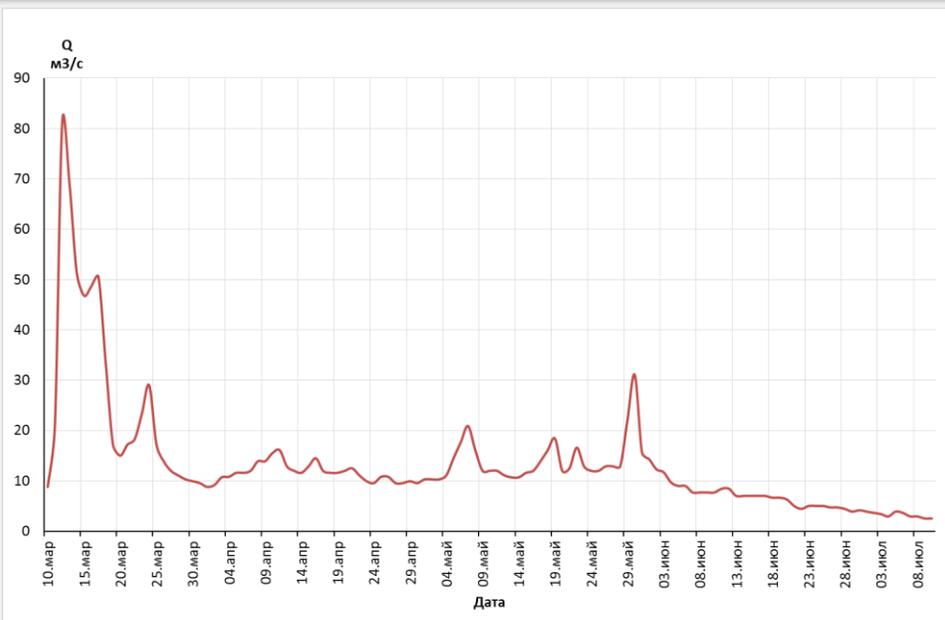
№ пп	Отметка, м	Площадь, м ²	Площадь, га	Объем, м ³	Объем, млн. м ³
1	629	3 695 166	369,52	48 993 867	48,99
2	628	3 543 956	354,40	45 368 530	45,37
3	627	3 366 656	336,67	41 911 565	41,91
4	626	3 167 469	316,75	38 643 922	38,64
5	625	2 963 205	296,32	35 580 262	35,58
6	624	2 788 483	278,85	32 707 677	32,71
7	623	2 646 570	264,66	29 991 802	29,99
8	622	2 504 805	250,48	27 416 210	27,42
9	621	2 336 987	233,70	24 992 092	24,99
10	620	2 157 861	215,79	22 745 163	22,75
11	619	1 986 660	198,67	20 672 734	20,67
12	618	1 822 202	182,22	18 769 420	18,77
13	617	1 654 321	165,43	17 031 538	17,03
14	616	1 511 961	151,20	15 451 864	15,45
15	615	1 389 438	138,94	14 001 797	14,00
16	614	1 276 222	127,62	12 669 949	12,67
17	613	1 168 066	116,81	11 448 179	11,45
18	612	1 060 572	106,06	10 334 138	10,33
19	611	972 309	97,23	9 318 484	9,32
20	610	899 322	89,93	8 383 575	8,38
21	609	835 430	83,54	7 516 896	7,52
22	608	779 358	77,94	6 710 029	6,71
23	607	730 200	73,02	5 955 730	5,96
24	606	684 454	68,45	5 248 899	5,25
25	605	640 819	64,08	4 586 275	4,59
26	604	598 190	59,82	3 967 059	3,97
27	603	557 280	55,73	3 389 532	3,39
28	602	519 957	52,00	2 851 686	2,85
29	601	480 185	48,02	2 349 867	2,35
30	600	424 741	42,47	1 897 262	1,90
31	599	377 061	37,71	1 496 549	1,50
32	598	313 300	31,33	1 151 015	1,15
33	597	267 356	26,74	861 268	0,86
34	596	217 414	21,74	618 724	0,62
35	595	172 123	17,21	424 278	0,42
36	594	133 609	13,36	271 397	0,27
37	593	99 089	9,91	157 055	0,16
38	592	67 213	6,72	72 442	0,07
39	591	28 443	2,84	26 297	0,03
40	590	9 444	0,94	7 877	0,01



Уточненные топографические характеристики Кызылагашского водохранилища по данным съемки БПЛА

Одними из важных составляющих для создания гидродинамической модели прорыва являются данные по характеристикам емкости водохранилища.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ



**Гидрограф – модель половодья (1969 г.) р.
Кызылагаш - с. Кызылагаш**

Для получения расчетных гидрологических характеристик объемов весенне-летнего половодья в створе плотины использованы наблюдаемые данные на р. Кызылагаш у с. Кызылагаш за расчетный период в 42 года.

Для построения расчетных гидрографов весенне-летнего половодья различной обеспеченности для моделирования возможных гидродинамических аварий Кызылагашской плотины за модель был принят гидрограф 1969 года, который имеет наибольшую величину объема и неблагоприятную форму гидрографа для трансформации. Согласно кривой обеспеченности, половодье 1969 г. по своему объему соответствует половодью 2,6% обеспеченности, а по максимальному расходу – 4,8% обеспеченности

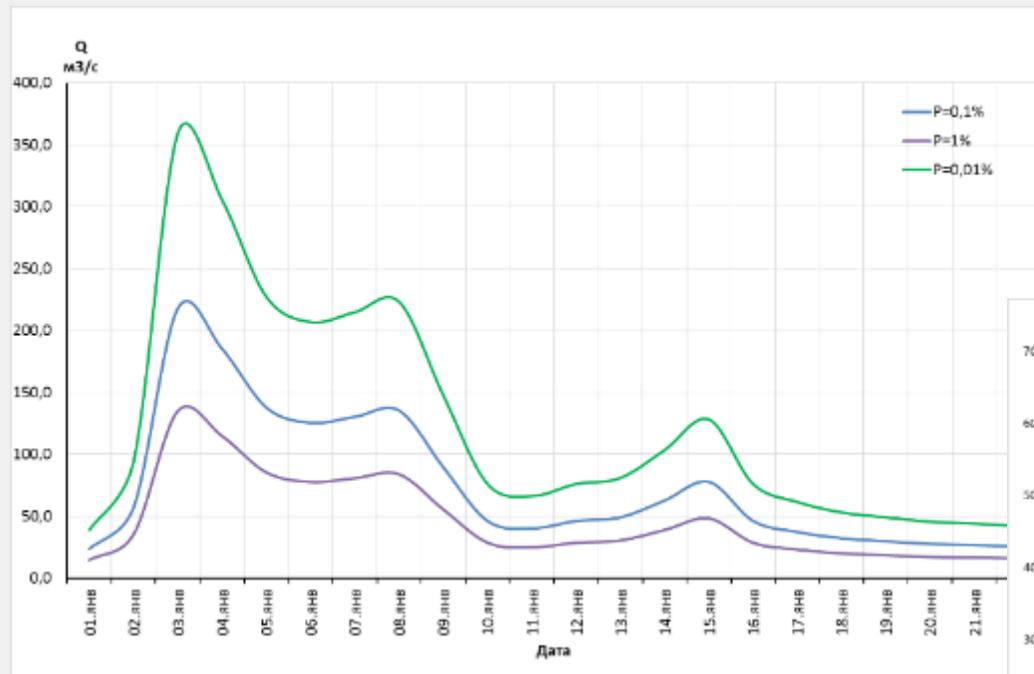
Переход от гидрографа – модели к расчетному гидрографу осуществляется тремя методами в зависимости от режима реки. При сложной форме гидрографа - модели и отсутствия сведений о расчетном объеме основной волны половодья согласно СНиП РК МСП 3.04.-101-2005 используются два коэффициента: $K1$ и $K2'$.

$$K1 = Q_p \text{ ср} / Q_m \text{ ср},$$

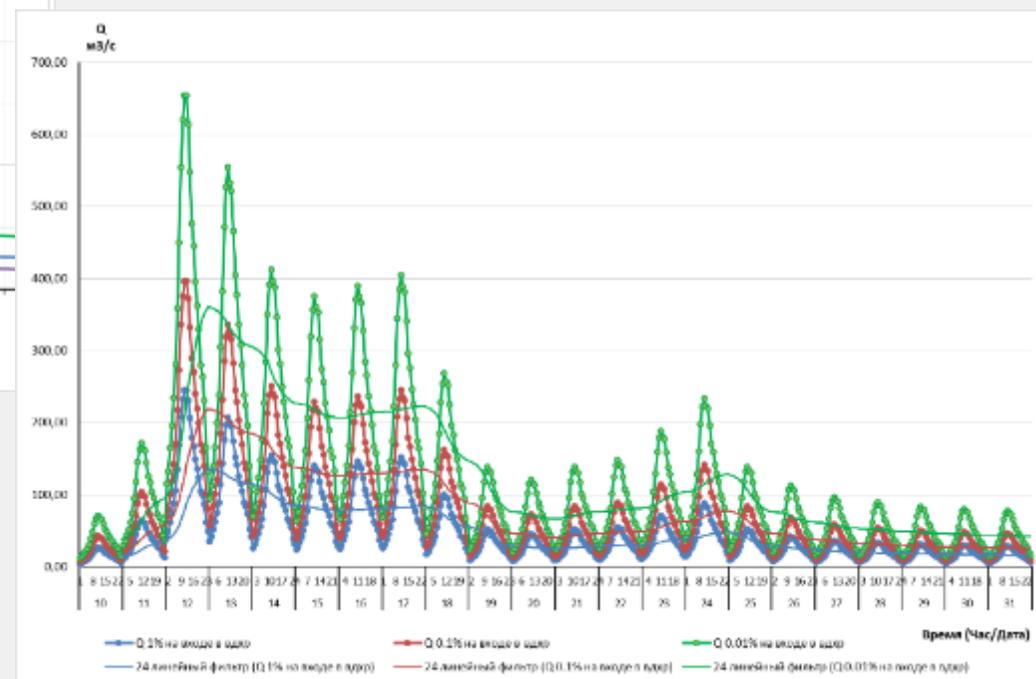
$$K2' = [h_p - h_m^*(q_p \text{ ср} / q_m \text{ ср})] / (h_m - h_m^*) F / F_m$$

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для рек, на которых максимальный расход половодья более чем в 1,5 раза превышает максимальный среднесуточный расход, к которым согласно проведенного анализа относится и река Кызылагаш, дополнительно строится гидрограф внутрисуточного хода стока..



Расчитанные по формулам суточные смоделированные гидрографы весенне - летнего половодья р. Кызылагаш - с. Кызылагаш



Часовые смоделированные гидрографы весенне - летнего половодья р. Кызылагаш - с. Кызылагаш

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОРЫВА КЫЗЫЛАГАШСКОЙ ПЛОТИНЫ

Рельеф, как один из компонентов природных комплексов, играет важную роль в формировании всех гидрологических и гидравлических процессов. Поскольку все процессы и явления, изучаемые в гидрологии и гидравлике, напрямую зависят от свойств и структуры поверхности, на которой они происходят, актуально звучит вопрос о необходимости построения корректной модели этой поверхности и способах её применения.

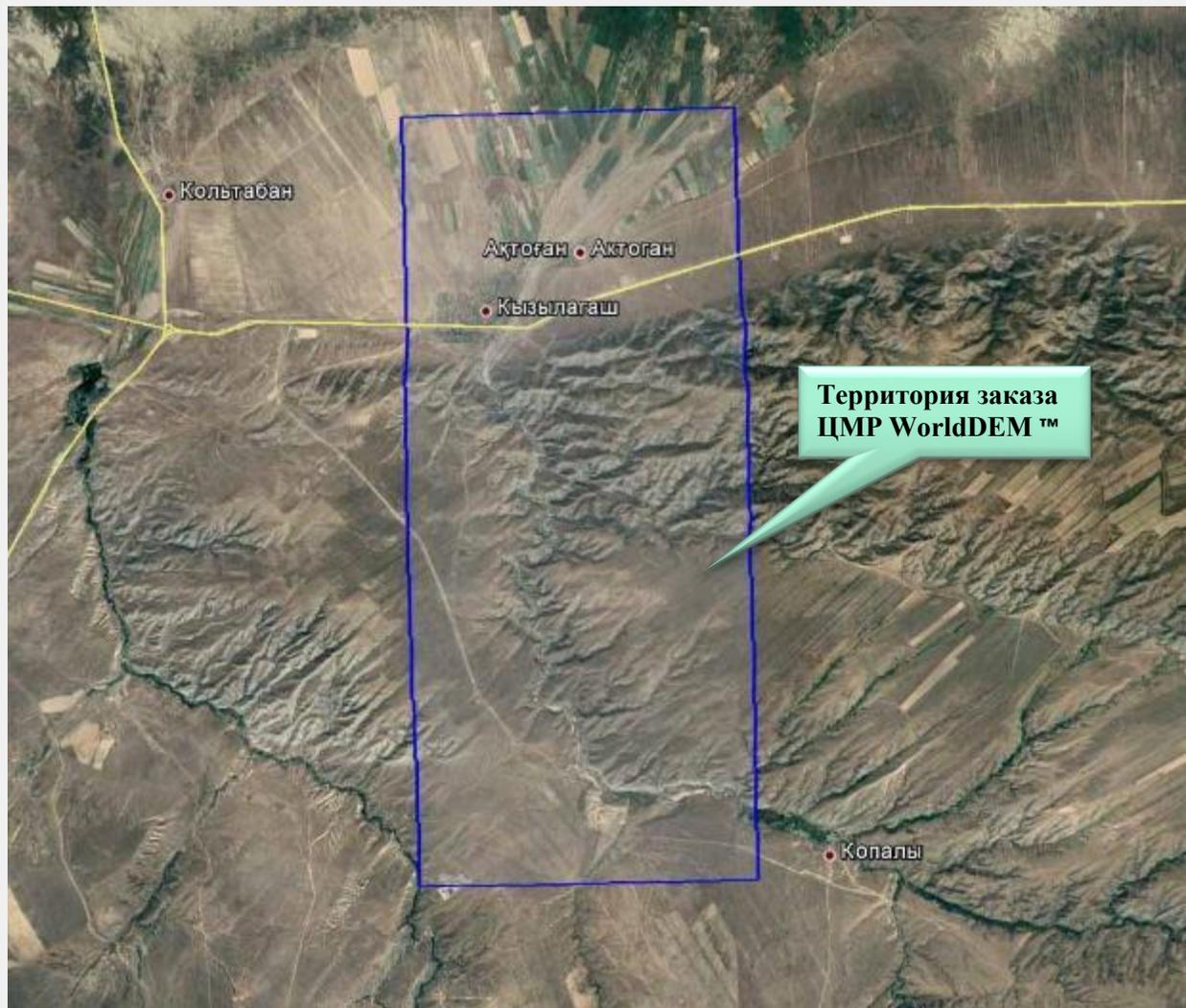
Поэтому, для разработки методической основы моделирования волны прорыва очень важным является вопрос оценки возможностей использования различных исходных данных по рельефу речного бассейна - цифровых моделей рельефа (местности) различного разрешения и различной точности.

В данном проекте для этих целей использовались два основных источника данных о подстилающей поверхности, рельефе бассейна реки Кызылагаш:

- общепризнанная в глобальном масштабе цифровая модель рельефа WorldDEM компании Airbus Defence and Space GmbH, представляющая собой на современном этапе самую точную спутниковую модель рельефа;
- данные полевых изысканий, проведенные сотрудниками ТОО КАПЭ с применением БПЛА и наземной топогеодезической съемки. На основе этих данных получены данные по рельефу местности.

Обе эти цифровые модели рельефа местности в последующем легли в основу построения модели.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОРЫВА КЫЗЫЛАГАШСКОЙ ПЛОТИНЫ



Границы территории бассейна р. Кызылагаш для покупки ЦМР WorldDEM™

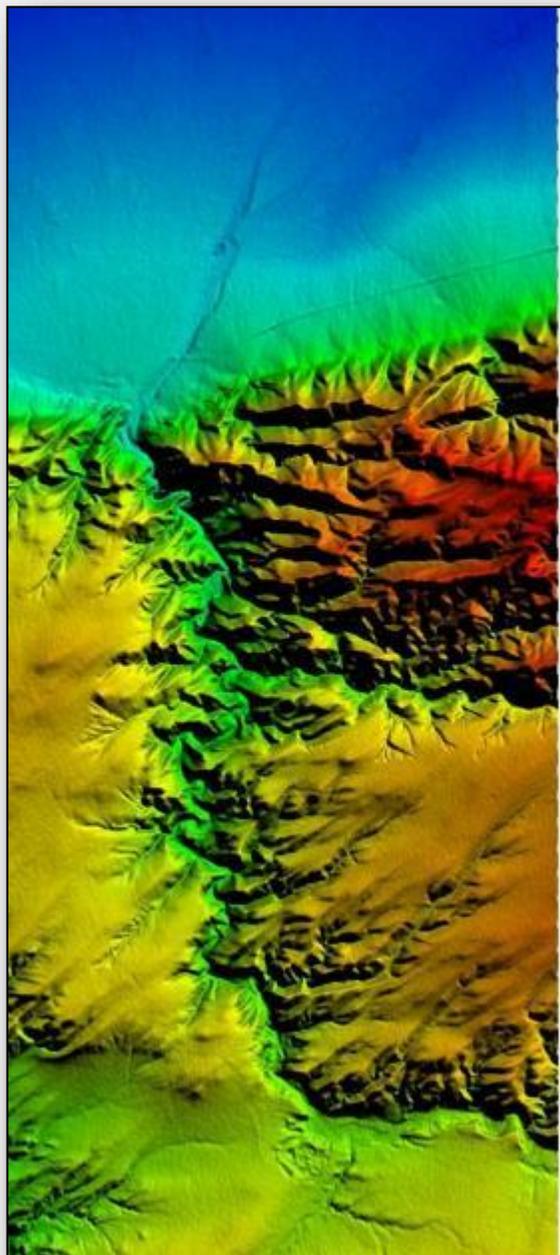
Для выполнения Проекта и оценки возможностей применения различных источников данных была приобретена цифровая модель рельефа WorldDEM™ компании Airbus Defence and Space GmbH на территорию бассейна реки Кызылагаш площадью 106 км²

Продукты WorldDEM™ основаны на радиолокационных спутниковых данных, полученных во время Миссии TanDEM-X. Сбор данных начался в январе 2011 года и был завершён к середине 2015 года

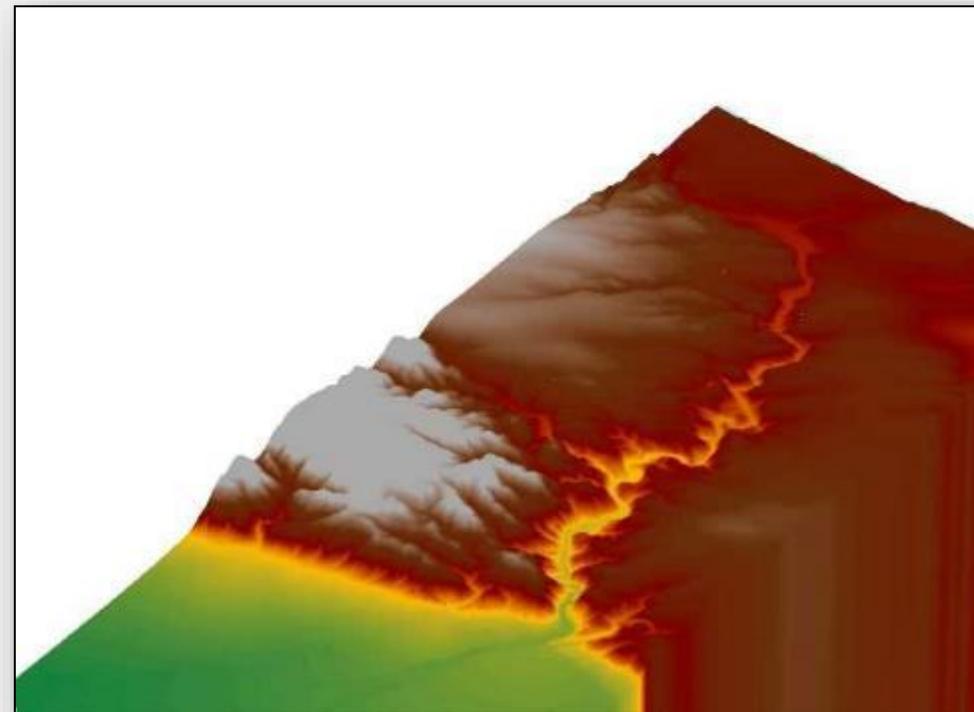
На сегодняшний день WorldDEM превосходит все существующие ЦМР, полученные по данным дистанционного зондирования Земли:

- ✓ относительная точность по высоте — 2 м, абсолютная — 4 м;
- ✓ размер ячейки сетки 12x12 м;
- ✓ доступность на всю земную поверхность — 148,5 млн. км².
- ✓ достоверная информация о рельефе в любой точке земного шара;
- ✓ глобальная однородность данных, полученных в течение 4,5 лет.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОРЫВА КЫЗЫЛАГАШСКОЙ ПЛОТИНЫ

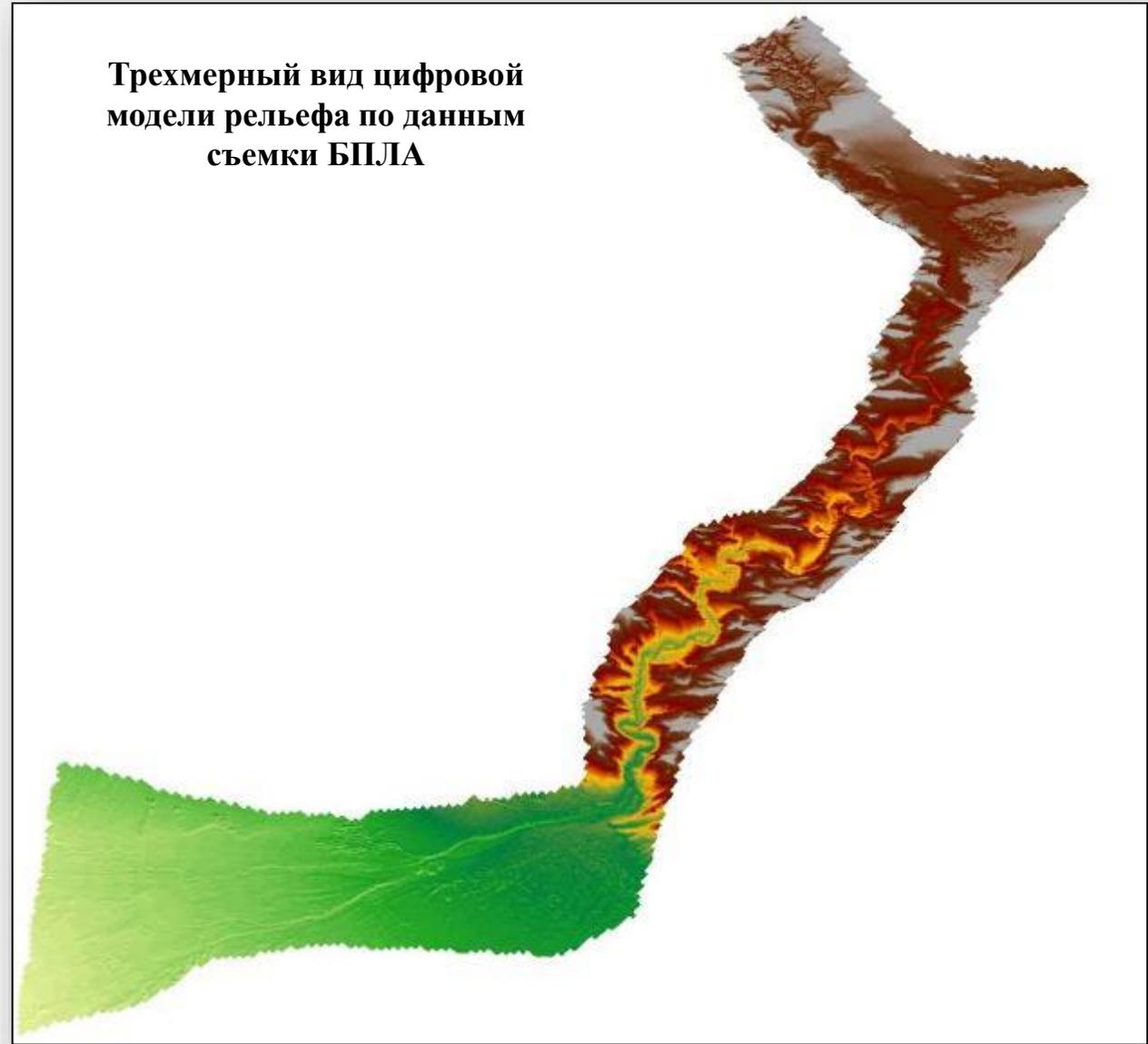


Карта-схема
цифровой модели
рельефа местности
по данным
WorldDEM™



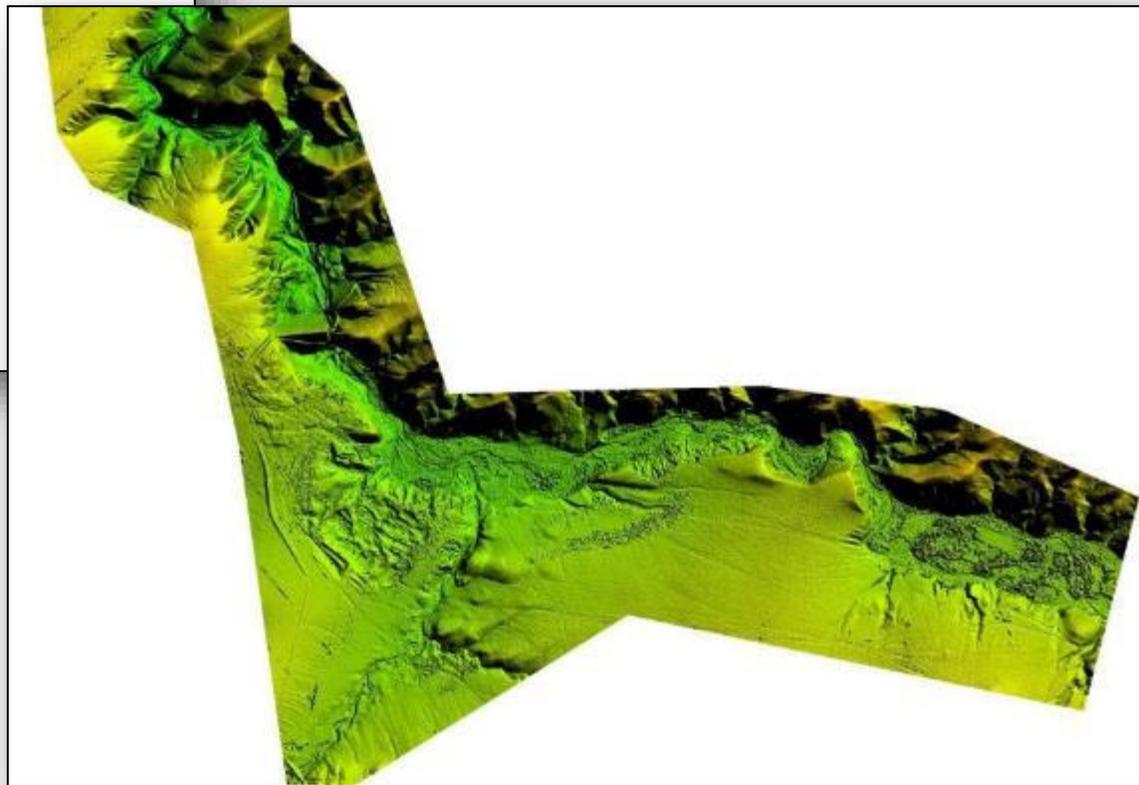
Трёхмерный вид цифровой модели
рельефа ЦМР WorldDEM™

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОРЫВА КЫЗЫЛАГАШСКОЙ ПЛОТИНЫ

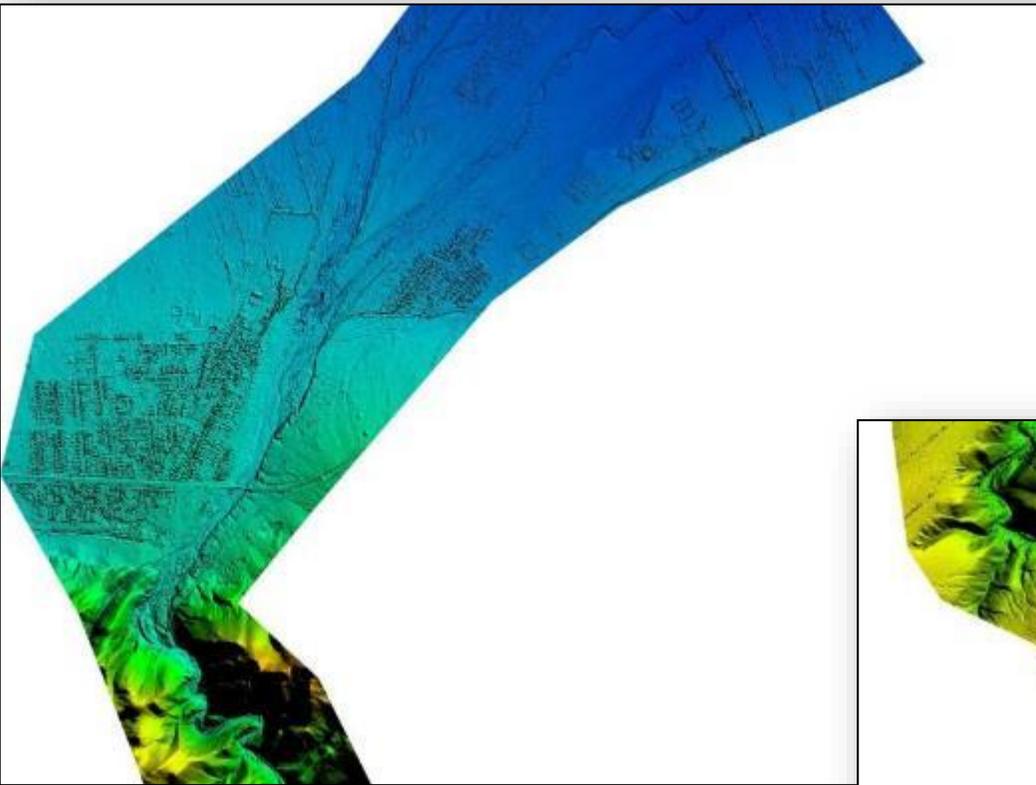


РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОРЫВА КЫЗЫЛАГАШСКОЙ ПЛОТИНЫ

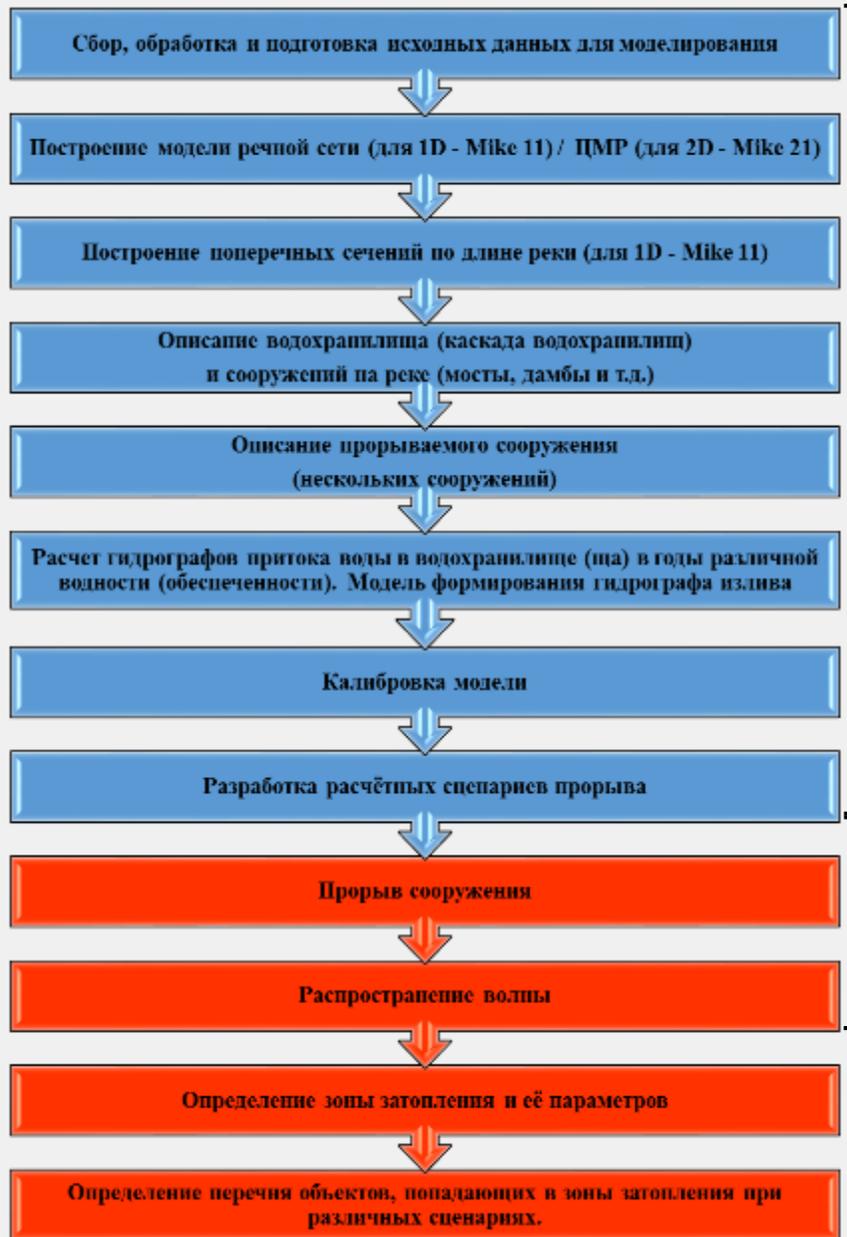
Карта-схема цифровой модели местности по результатам съемки с БПЛА в районе п.Кызылагаш



Карта-схема цифровой модели местности по результатам съемки с БПЛА в районе плотины



РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ



Алгоритм расчета распространения волны прорыва при гидродинамической аварии

Разработка алгоритма расчета распространения волны прорыва при гидродинамической аварии является важной задачей, т.к. от правильности его составления зависит конечный результат. В рамках данного проекта был разработан алгоритм расчета распространения волны прорыва при гидродинамической аварии, состоящий из 3-х основных блоков:

Первый блок состоит из восьми стадий и называется «создание гидравлической модели реки», т.е. по сути непосредственная разработка самой модели с применением специального программного обеспечения на основе использования методов аппарата математической статистики, математического моделирования, имитационного моделирования, речной гидравлики и физики природных процессов.

Второй блок – это непосредственно само моделирование на основе полученной модели и разработанных и принятых сценариев (вариантов) развития ситуации. При этом, обычно, с помощью модели просчитываются самые неблагоприятные сценарии, при самых неблагоприятных сочетаниях различных факторов, влияющих на моделируемую систему.

Третий блок – это полученные результаты моделирования речной системы, включая определение перечня объектов, попадающих в зоны затопления при различных сценариях.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ

• Уравнение неразрывности

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

• Уравнение количества движения (динамическое движение)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial(\alpha Q^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0$$

1D

Разработка компьютерной модели реки базируется на гидродинамическом модуле данного программного комплекса, который реализует неявную разностную схему расчета неустановившегося движения воды в водотоках основанную на уравнениях Сен-Венана



• Уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = Q_s - e$$

• Уравнение количества движения (сохранения импульса сил) вдоль оси x

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{g \sqrt{\frac{p^2}{h^2} + \frac{q^2}{h^2}} \cdot \frac{p}{h}}{C^2} - fVV_x - \frac{h}{\rho_w} \cdot \frac{\partial p_a}{\partial x} - \Omega q - \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \cdot h \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \cdot h \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right) = S_{ix}$$

• Уравнение количества движения (сохранения импульса сил) вдоль оси y

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{g \sqrt{\frac{p^2}{h^2} + \frac{q^2}{h^2}} \cdot \frac{p}{h}}{C^2} - fVV_y - \frac{h}{\rho_w} \cdot \frac{\partial p_a}{\partial y} - \Omega p - \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \cdot h \cdot \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \cdot h \cdot \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right) = S_{iy}$$

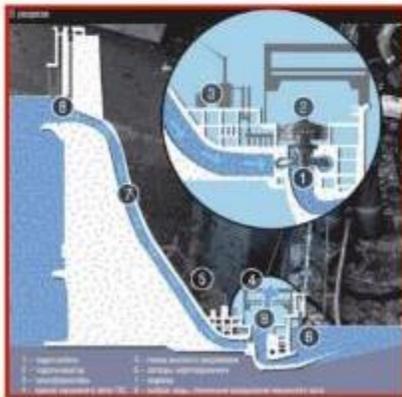
2D



РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ

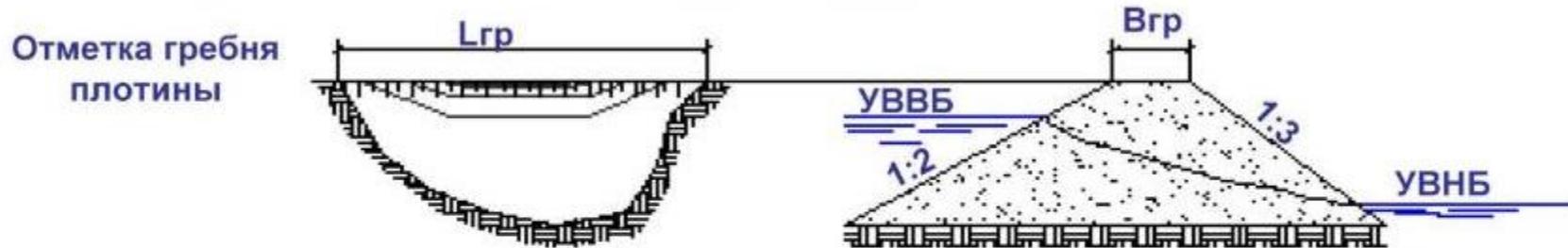
- *гидрологические данные (данные о расходах и уровнях на постах измерений);*
- *данные по шероховатостям русла и поймы;*
- *поперечные сечения русла и поймы (для 1D модели);*
- *карты местности - топогеодезические и батиметрические данные по предполагаемой проектной территории (водохранилища, каскада водохранилищ, реки и ее пойма, территории населенных пунктов и т.д.);*
- *цифровые модели рельефа (местности) пойменных территорий (для 2D модели)*
- *данные по сооружениям на реке и режиме их работы.*



РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ

Поверхностный размыв тела плотины

- **Размеры прорываемого сооружения**



- **Материал тела плотины:**

- ✓ Размер частиц D60;
 - ✓ Плотность частиц;
 - ✓ Пористость;
 - ✓ Критическое напряжение на сдвиг;
 - ✓ Коэффициент боковой эрозии.
- **Начальные условия развития прорана;**
 - **Ограничения развития прорана.**



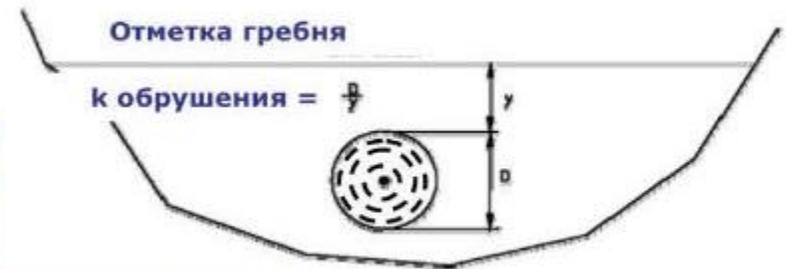
Развитие прорана во времени рассчитывается программой на основании данных о материале тела плотины.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ

Глубинный размыв тела плотины



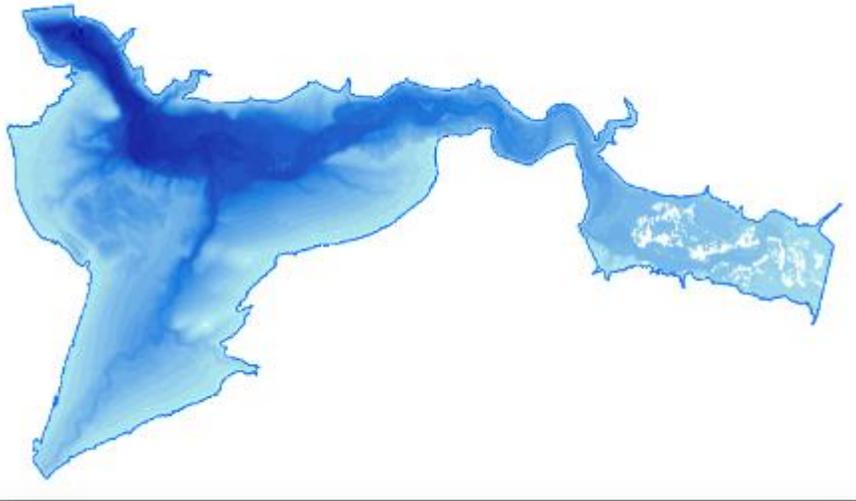
Развитие прорана \Rightarrow Обрушение



- **Размеры прорываемого сооружения**
- **Материал тела плотины;**
- **Параметры размываемого отверстия:**
 - ✓ **Начальная отметка оси отверстия;**
 - ✓ **Начальный диаметр;**
 - ✓ **Шероховатость;**
 - ✓ **Коэффициент обрушения K;**
 - ✓ **Коэффициент боковой эрозии.**
- **Коэффициент выносимого материала после обрушения.**

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ

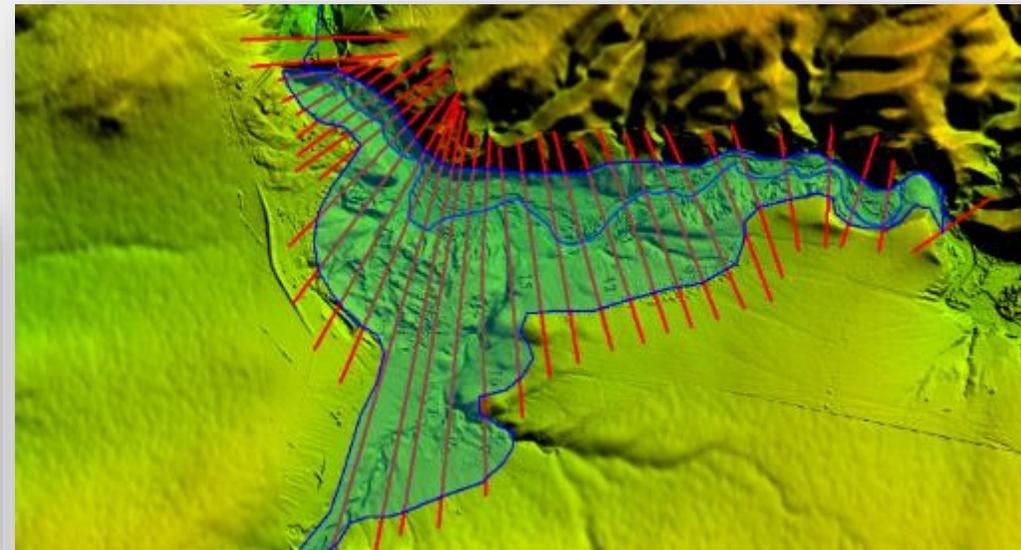
Описание водохранилищ



Одним из важных этапов при создании модели распространения волны прорыва при гидродинамической аварии является правильное описание водохранилищ (ща), которые создают напор воды .

В этом плане, существует два способа описания водохранилищ для построения модели прорыва при гидродинамической аварии:

- Ёмкость накопителя описывается батиграфической характеристикой $F_v=f(h)$ и $W_v=f(h)$;
- Ёмкость водохранилища описывается поперечными сечениями.



СЦЕНАРИИ ВОЗМОЖНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЙ

Для разработки сценариев для моделирования возможных гидродинамических аварий Кызылагашской плотины были проанализированы и использованы сочетания основных факторов, влияющих на образование и прохождение волны прорыва водохранилища (подсценарии):

- 1. Сценарии уровня наполнения водохранилища на момент прихода паводков различной обеспеченности.**
- 2. Сценарии притока воды к Кызылагашскому водохранилищу различной обеспеченности.**
- 3. Сценарии образования и развития размыва тела плотины (прорана).**
- 4. Варианты (сценарии) использования различных исходных данных по топографии и батиметрии рельефа местности**

Сочетание различных вариантов (сценариев) указанных выше факторов позволяет провести всесторонний анализ возникающих ситуаций и их последствий.

При этом важным является рассмотрение сочетания самых неблагоприятных вариантов (подсценариев) и их сочетаний. Например, для моделирования особенно важно и значимо просчитать сценарии при максимальном наполнении водохранилища и максимальных притоках воды в этот момент к створу водохранилища.

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

Создание компьютерной гидродинамической модели расчета распространения волны прорыва выполнялось в несколько этапов

Создание одномерной гидродинамической модели на основе поперечных сечений рельефа местности (Mike 11)



Создание двумерной гидродинамической модели на основе цифровой модели рельефа местности (Mike 21)



Объединение двух моделей (Mike Flood)

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

Одномерная гидродинамическая модель на основе поперечных сечений рельефа местности (Mike 11)

Создание компьютерной модели начиналось с оцифровки планового положения речной сети. В процессе оцифровки установлены точные значения расстояний между соседними пикетами.

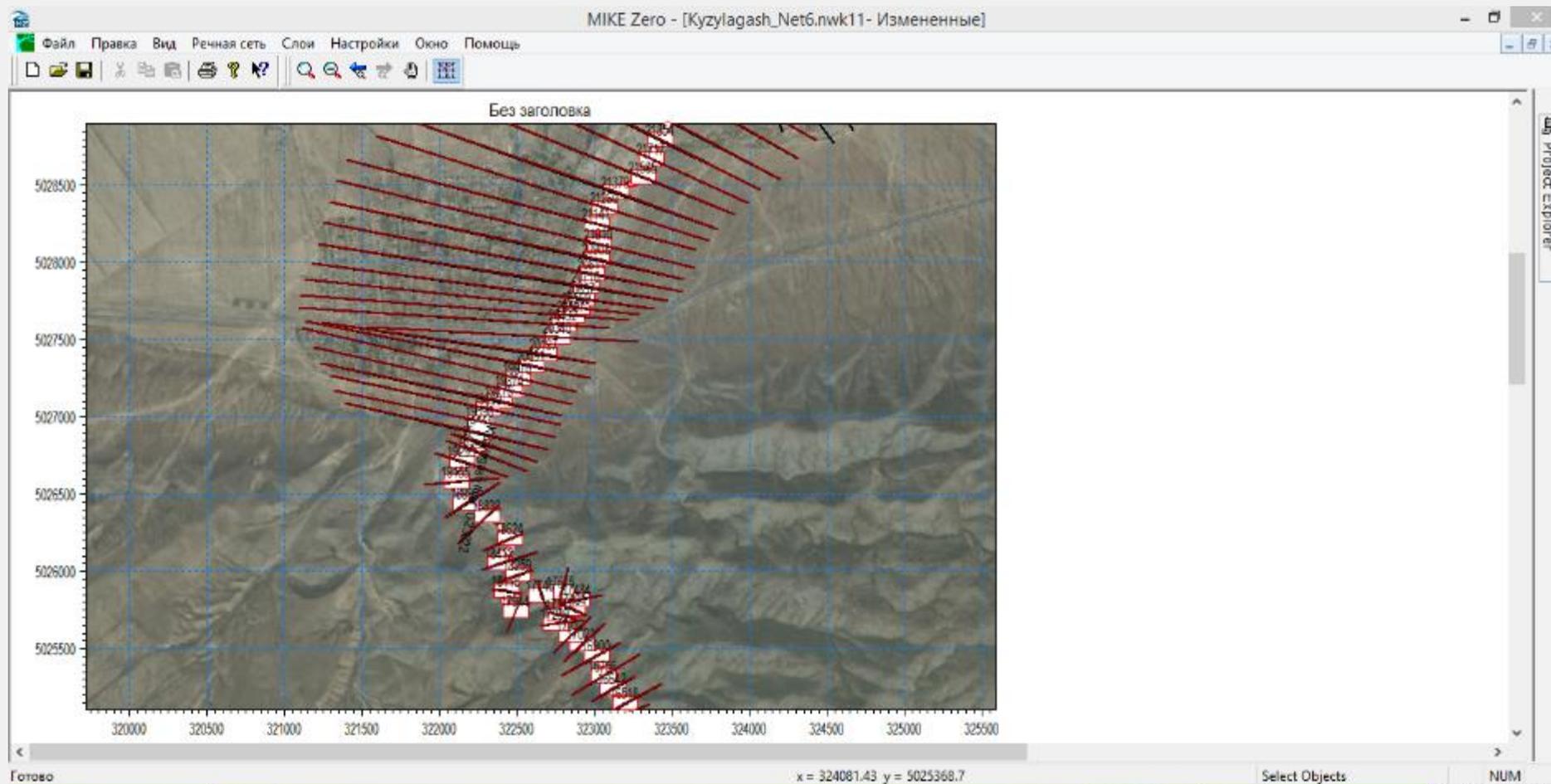
Ввиду высокой нестационарности характера распространения затоплений, необходимо описывать топографию речной сети по возможности детальнее, используя как можно больше поперечных сечений, особенно там, где наблюдается частая перемена параметров сечений. Ввиду этого, основываясь на анализа рельефа местности, всего для рассматриваемого участка местности было построено 175 поперечных сечений. Расстояние между поперечниками составляет от 50 до 200 м, в зависимости от характера рельефа. Поперечные сечения наносились в репрезентативных местах местности, чтобы максимально отразить все особенности строения рельефа.

Также при нанесении поперечных сечений, при определении их ширины, учитывался тот факт, что крайние их отметки (левая и правая) должны быть заведомо выше наблюдаемого на этом участке максимального уреза воды во время прохождения паводков или половодий.

Для каждого расчетного пикета был выполнен расчет всех гидравлических характеристик поперечников для принятых уровенных режимов (площадь сечения, ширина поверху, гидравлический радиус, гидравлическая расходная характеристика).

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

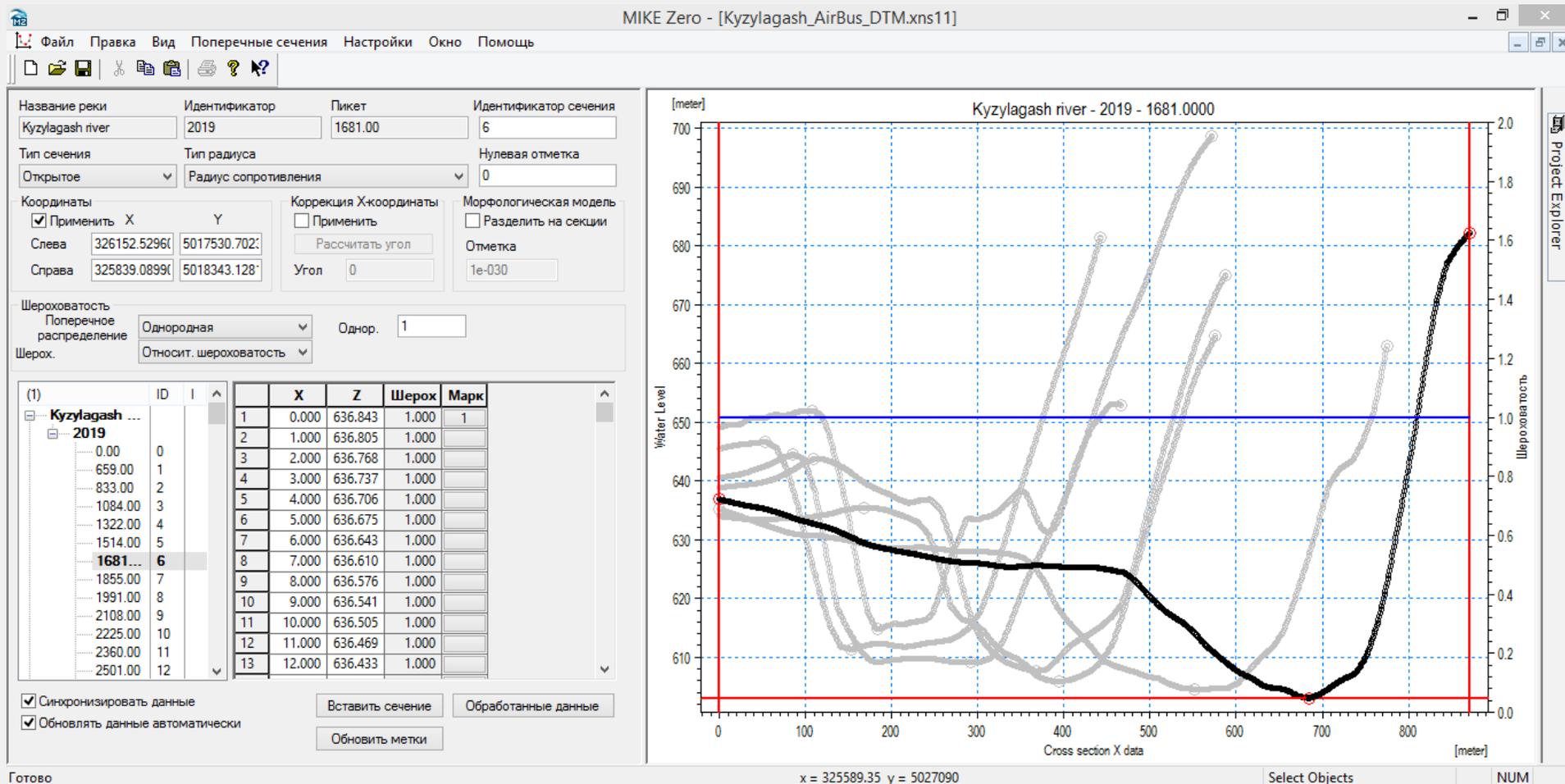
Одномерная гидродинамическая модель на основе поперечных сечений рельефа местности (Mike 11)



Графический вид построения модели речной сети р.Кызылагаш в программном комплексе MIKE

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

Одномерная гидродинамическая модель на основе поперечных сечений рельефа местности (Mike 11)

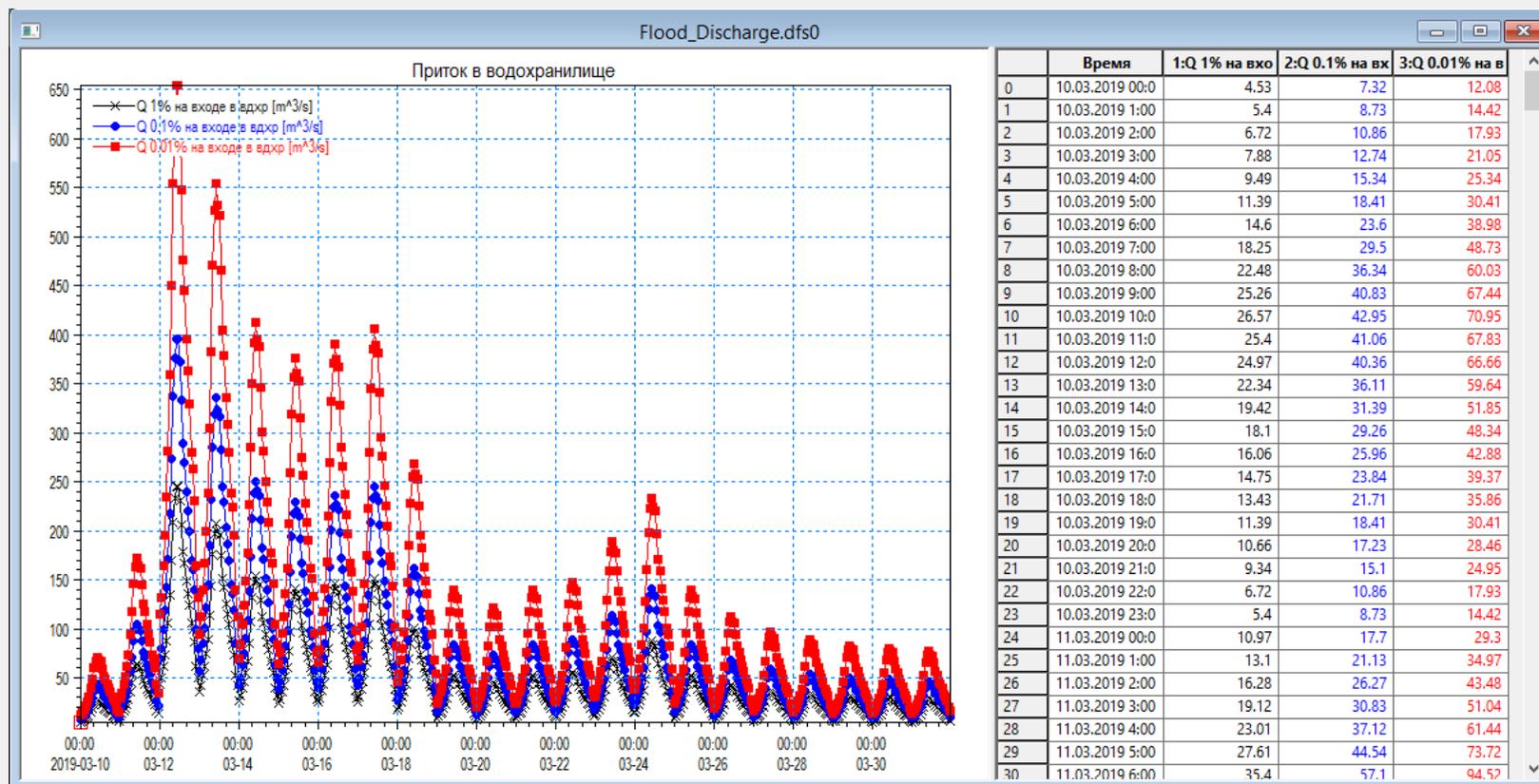


Построение поперечных сечений по длине реки Кызылагаш в программном комплексе MIKE

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

Одномерная гидродинамическая модель на основе поперечных сечений рельефа местности (Mike 11)

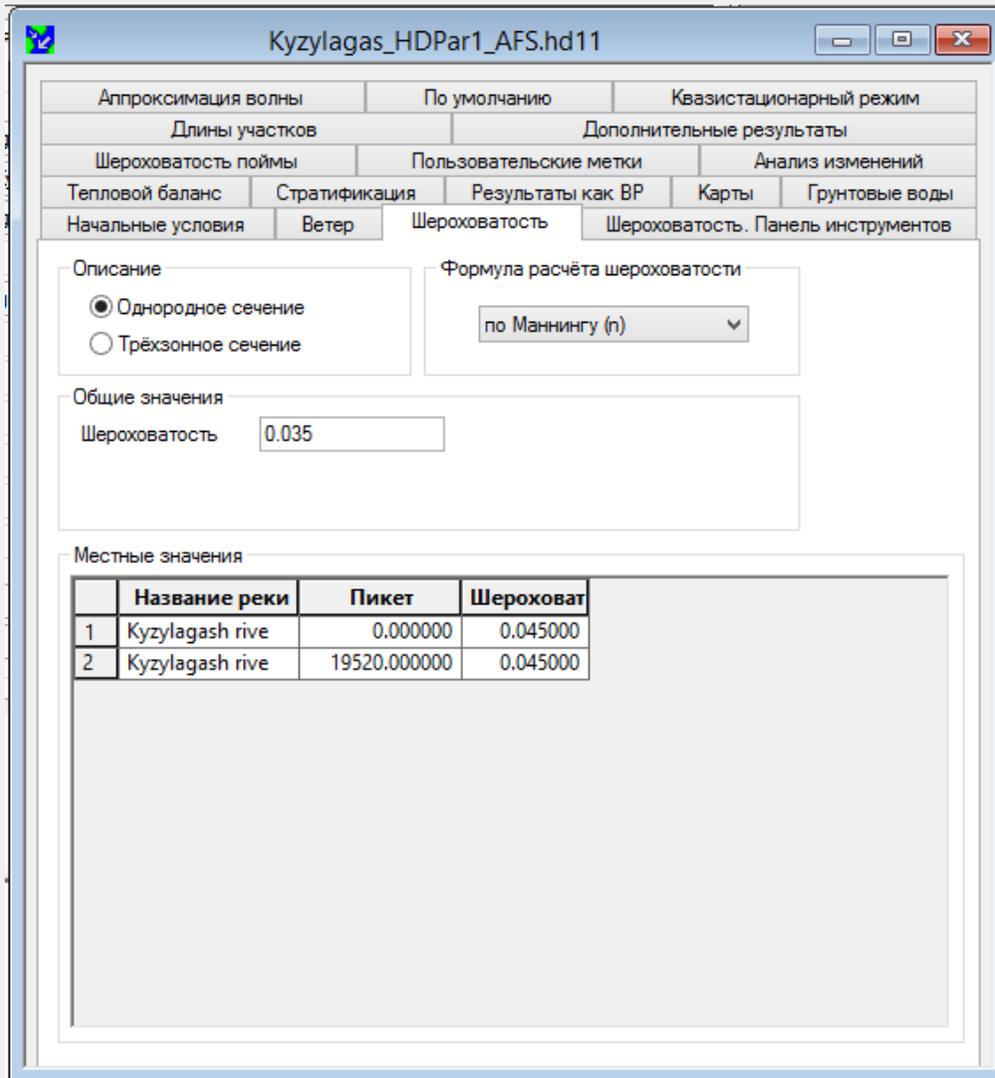
Далее были определены и введены граничные условия для модели. В начальной точке они заданы в виде гидрографа расходов по реке. А граничные условия в конечной точке принимаются в виде функциональной зависимости $Q=f(h)$.



Верхние граничные условия

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

Одномерная гидродинамическая модель на основе поперечных сечений рельефа местности (Mike 11)



Далее были заданы начальные условия и базовые коэффициенты шероховатости, которые в дальнейшем уточнялись при калибровке. Калибровка проводилась для условий естественного состояния реки.

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

Одномерная гидродинамическая модель на основе поперечных сечений рельефа местности (Mike 11)

Крутыегидр_NetB_AFS_11.2

Поперечные сечения

№	Q	Н. водосл.	Н. прор.	Н. водосл.	Ширина	Площадь
1	0	62.5	62.5	62.5	10	0
2	2.0642	626.156	626.185	626.805	10	1.07218
3	3.3282	626.477	626.477	626.243	10	3.26402
4	3.6824	626.705	626.705	626.394	10	4.44705
5	76.744	629.632	629.027	626.318	10	6.3686
6	77.414	629.341	629.341	626.374	10	6.71094
7	30.753	629.628	629.62	626.808	10	5.36423

Проект

№	Имя	Пикет	Идентификация	Тип	Канал	IP1	IP2	IPF
1	Крутыегидр_п	4500	gate	Водослив с гидротехническими параметрами	Нет	0.5	1	1

В табличном виде файла речной сети были заданы основные характеристики сооружений прорываемой плотины :
 параметры водосливного сооружения;
 параметры контролирующего (регулирующего) сооружения;
 параметры прорываемого сооружения (параметры прорыва)

Крутыегидр_NetB_AFS_11.2

Сооружения

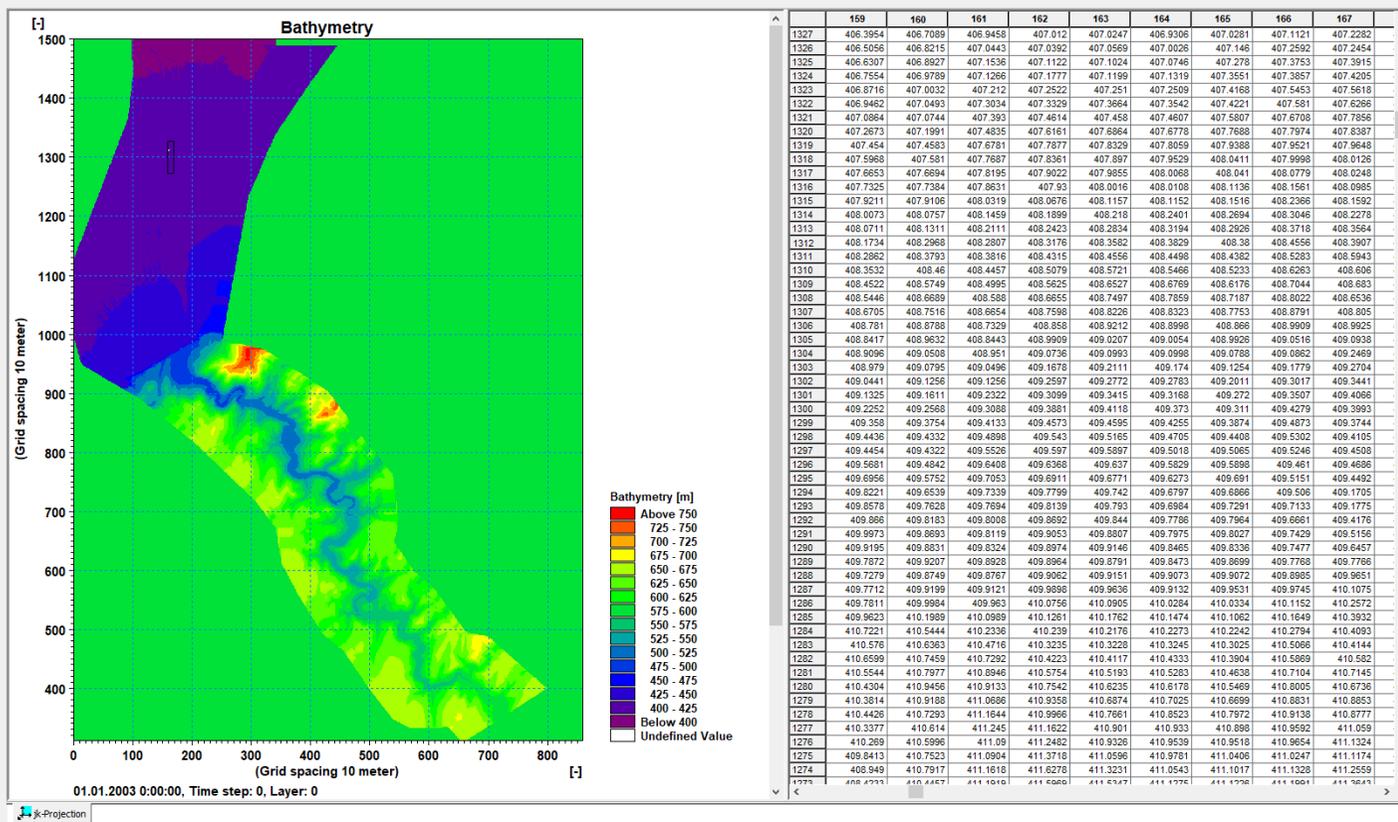
№	Имя	Пикет	Идентификация	Тип	Канал	Коэфф. затопления	Ширина затопления	Отметка затопления	Масс. затопления	IP1	IP2	IPF
1	Крутыегидр_п	4500	gate	Глубинный	Нет	0.03	5	636.64	0.003	0.5	1	1

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

Двухмерная гидродинамическая модель на основе цифровой модели рельефа местности (Mike 21)

Описание топографии - самая важная часть работы над созданием двумерной модели. Топографические данные – это и есть поверхность, по которой будет происходить растекание воды в модели. Для описания этой поверхности (Цифровой Модели Рельефа) нужно сгенерировать специальный сеточный файл, где каждой ячейке будет присвоена своя отметка поверхности.

Сгенерированный специальный сеточный файл (файл батиметрии) в программном комплексе Mike (вся территория проекта)

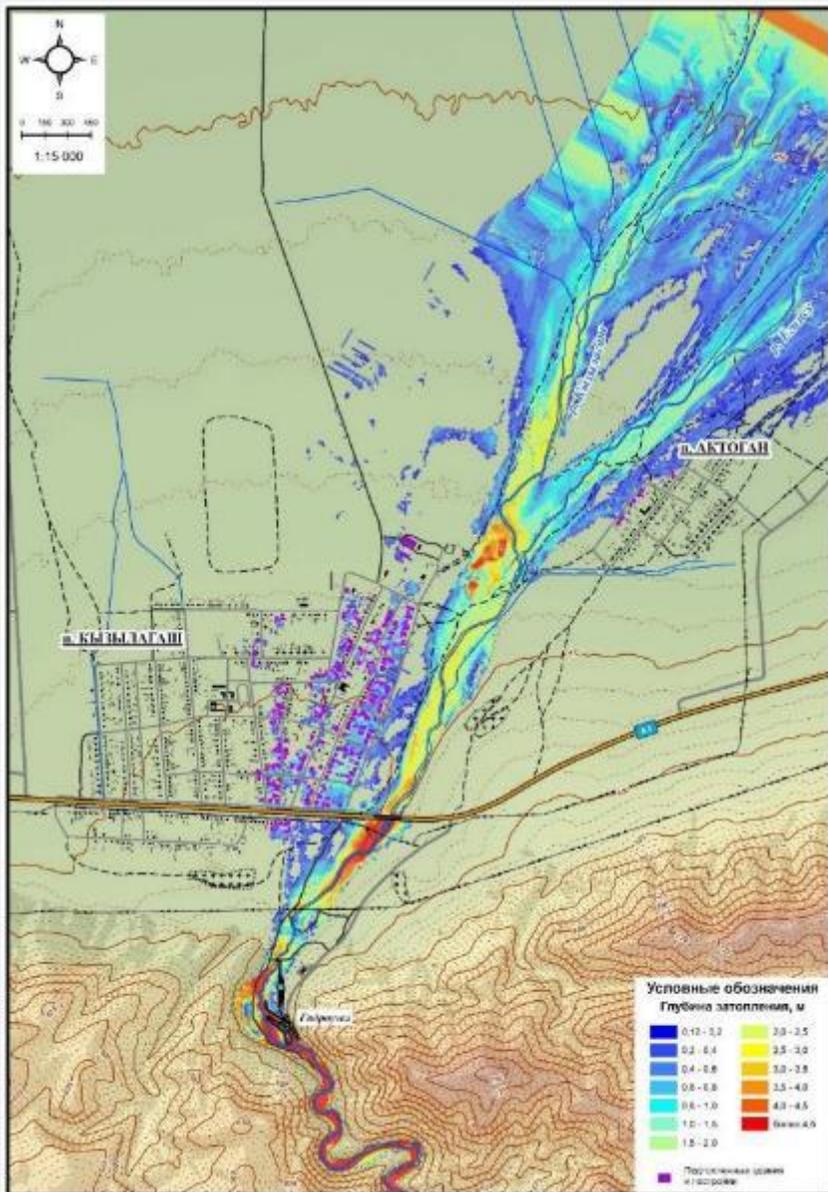


РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРОРЫВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ СЦЕНАРИЕВ

Отображение результатов моделирования

На основе проведенного гидродинамического моделирования были построены карты на основе использования данных дистанционного зондирования Земли (космоснимков), базовых топографических карт и высокоточных данных воздушной съемки с применением беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

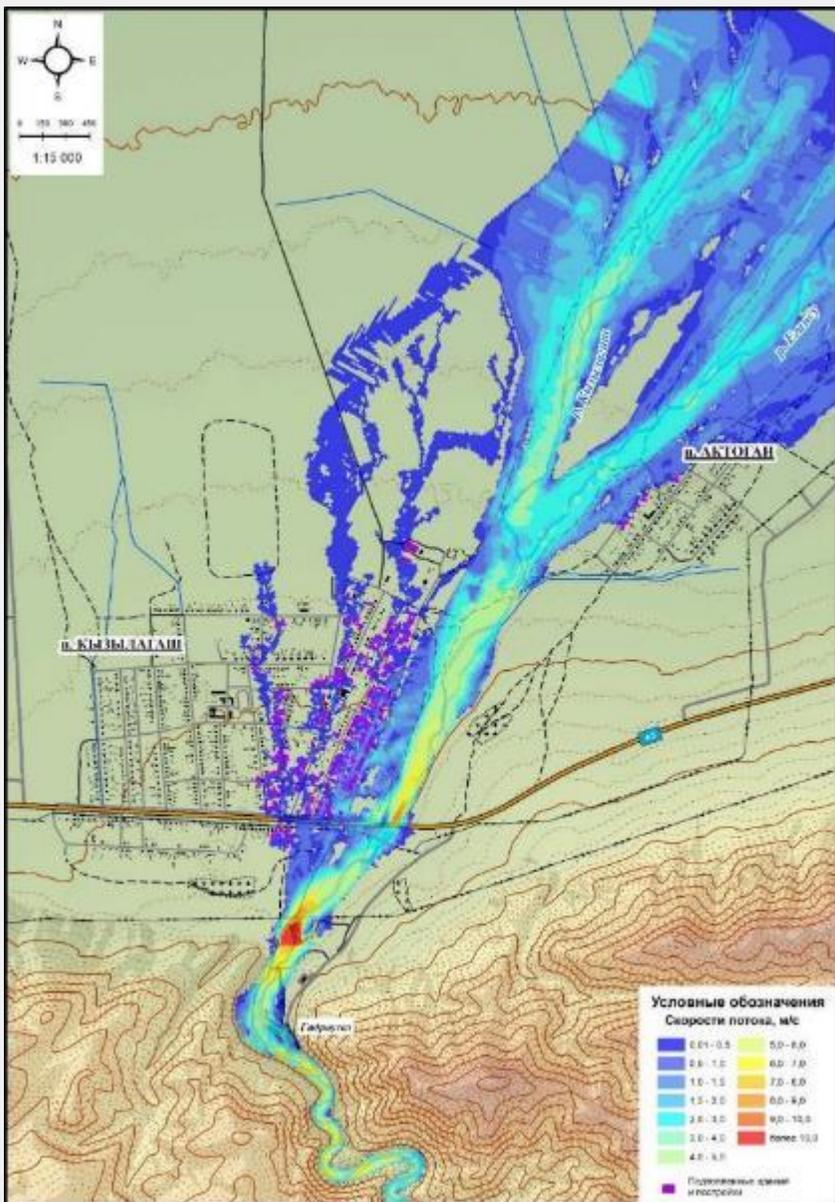
При этом определялись не только границы максимальных разливов (затоплений), но динамика их изменения во времени и в пространстве, т.е. все основные характеристики потока, указанные ранее.



Пример карты глубин затопления при прорыве Кызылагашской плотины при сценарии прихода максимального паводка обеспеченностью 0,01%.

РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРОРЫВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ СЦЕНАРИЕВ

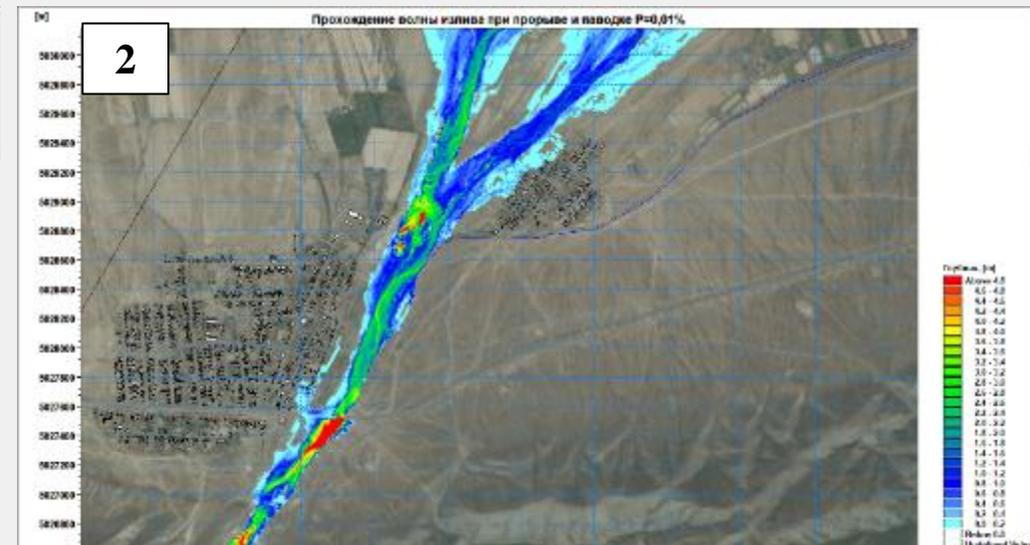
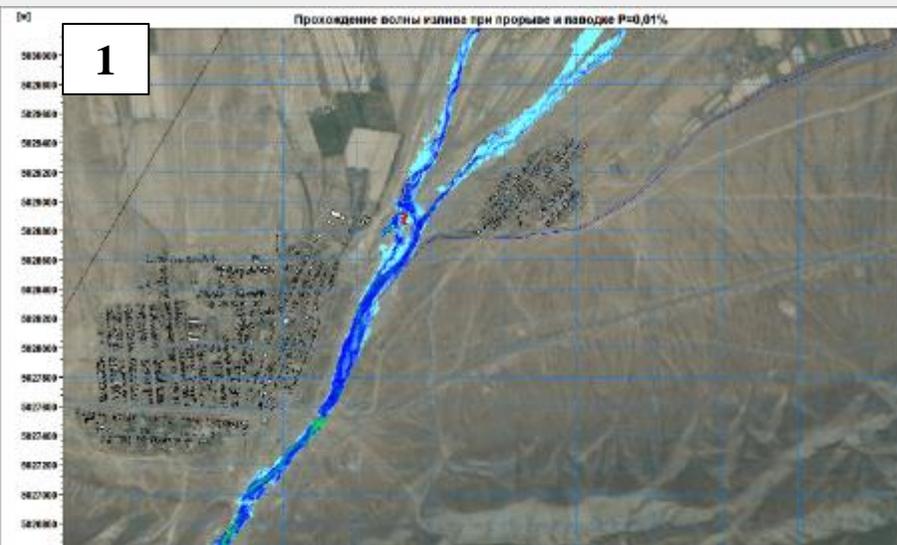
Отображение результатов моделирования



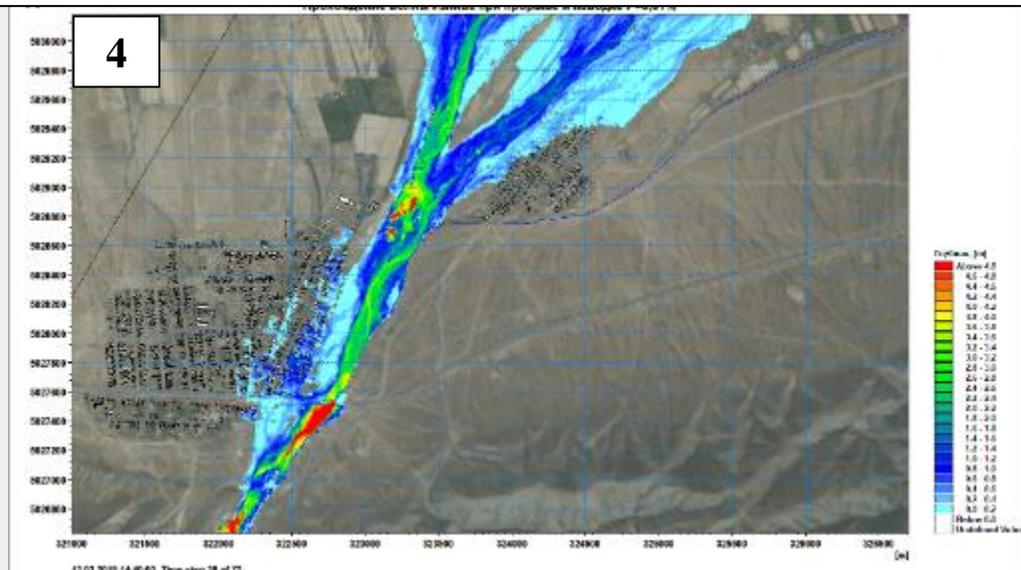
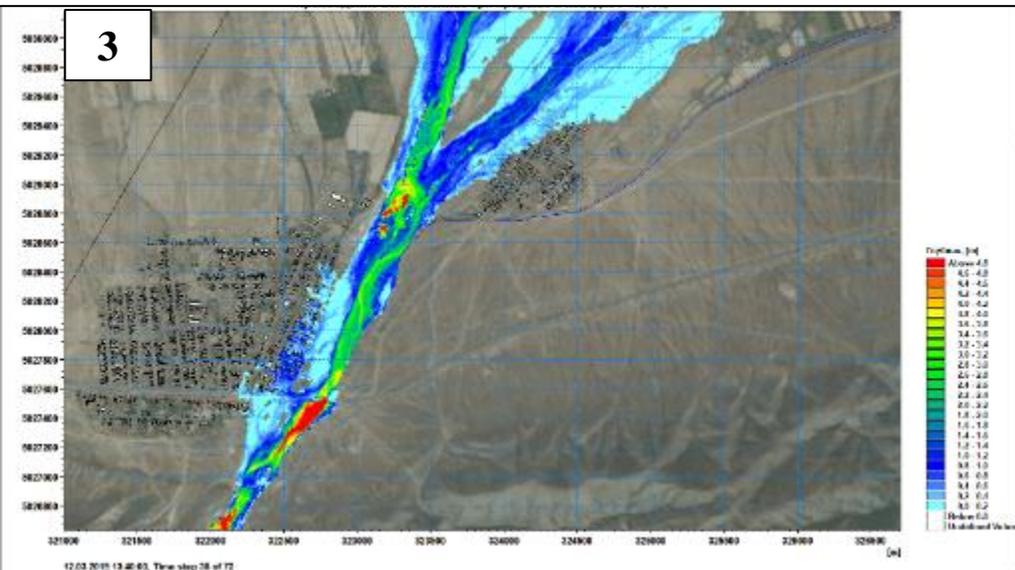
Пример карты скоростей течения затопления при прорыве Кызылагашской плотины при сценарии прихода максимального паводка обеспеченностью 0,01%.

РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРОРЫВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ СЦЕНАРИЕВ

Отображение результатов моделирования



Прохождение волны излива при прорыве при приходе максимального паводка обеспеченностью 0,01%.

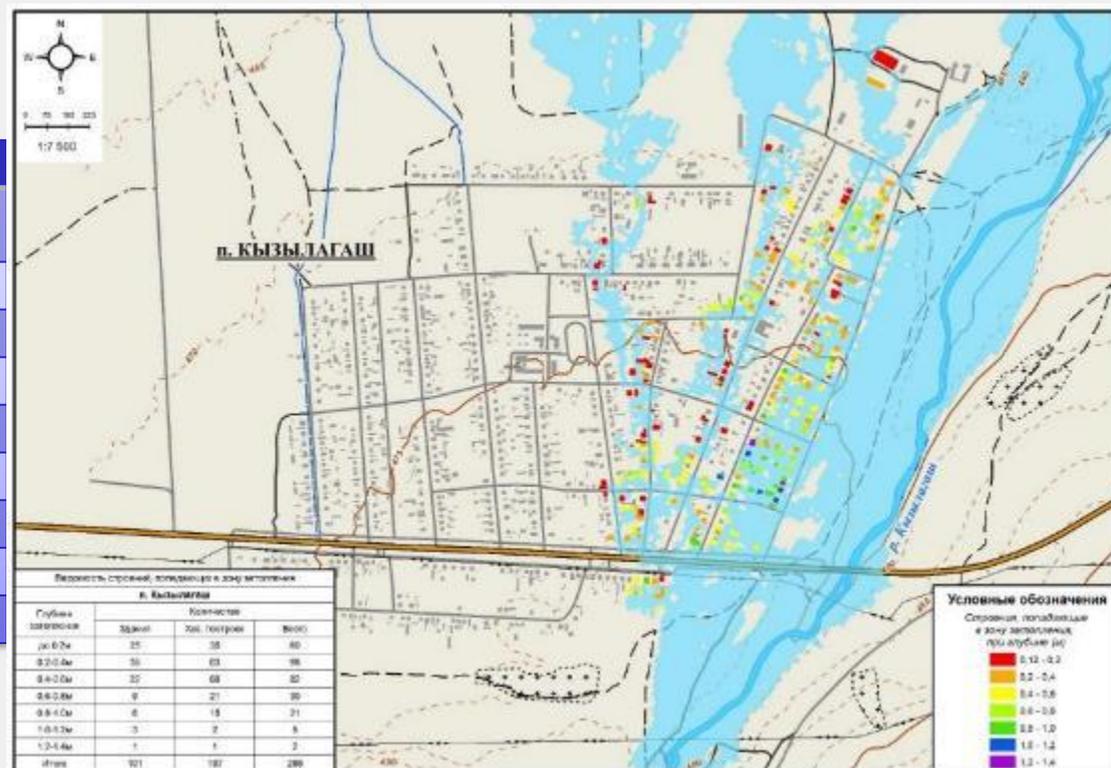


РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРОРЫВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ СЦЕНАРИЕВ

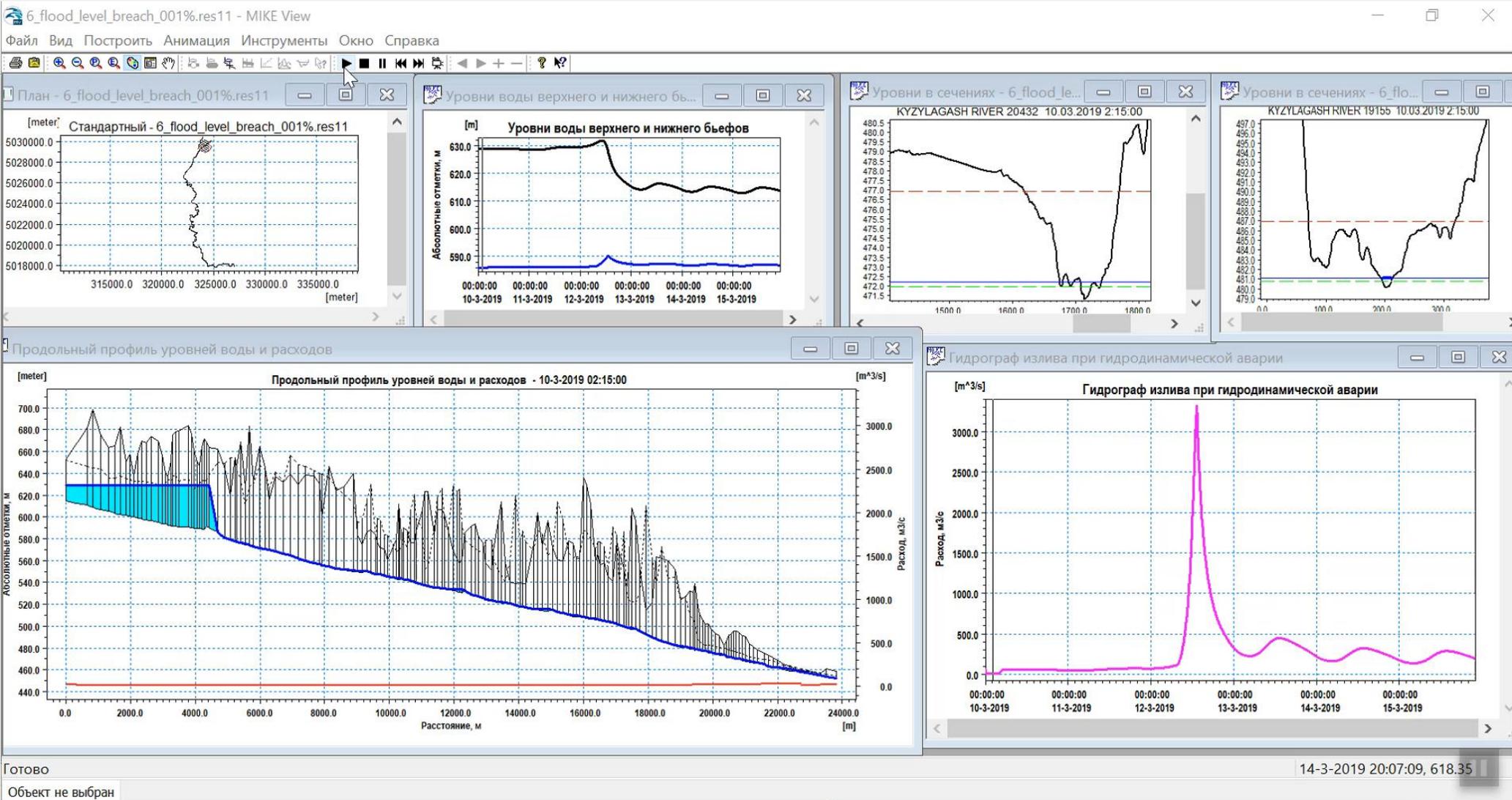
Отображение результатов моделирования

На основе проведенного гидродинамического моделирования и последующего картографического анализа с использованием данных дистанционного зондирования Земли (космоснимков) и высокоточных данных воздушной съемки с применением беспилотного летательного аппарата (БПЛА) был определен перечень объектов, которые попадают в зоны затопления при различных сценариях возможных гидродинамических аварий Кызылагашской плотины

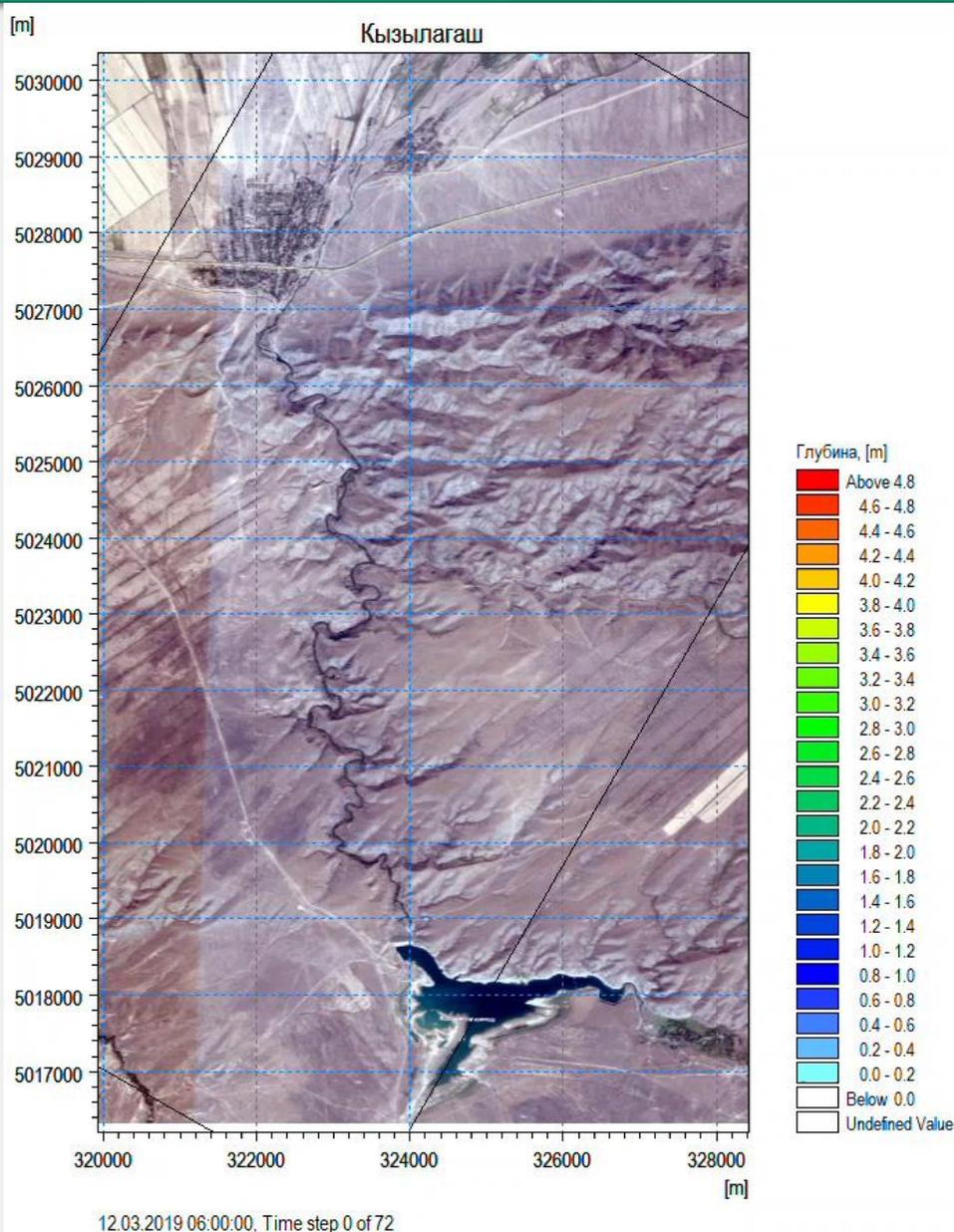
Глубина затопления	Количество		
	Зданий	Хоз. построек	Всего
до 0.2м	25	35	60
0.2-0.4м	35	63	98
0.4-0.6м	22	60	82
0.6-0.8м	9	21	30
0.8-1.0м	6	15	21
1.0-1.2м	3	2	5
1.2-1.4м	1	1	2
Итого	101	197	298



РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРОРЫВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ СЦЕНАРИЕВ



РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРОРЫВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ СЦЕНАРИЕВ



Отображение результатов
моделирования

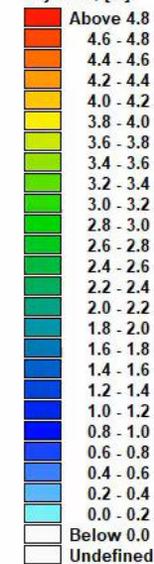
РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРОРЫВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ СЦЕНАРИЕВ

[m]

Прохождение волны излива при прорыве и паводке $P=0,01\%$



Глубина, [m]



12.03.2019 09:00:00, Time step 21 of 72

РЕКОМЕНДАЦИИ (ВАРИАНТЫ) ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОСТАВЕ ЕИАСУВР

Основным назначением Единой информационно-аналитической системы по управлению водными ресурсами Республики Казахстан является информационно-аналитическое обеспечение функций Комитета водных ресурсов МЭГПР РК в области управления использованием водных ресурсов и охраны водного фонда.

Единая информационно-аналитическая система по управлению водными ресурсами

Основной целью создания и внедрения системы являлось повышение эффективности управления использованием водных ресурсов, организация единого информационного пространства и единой информационно-технологической инфраструктуры, включающей государственные информационные ресурсы, а также средства, обеспечивающие их функционирование.

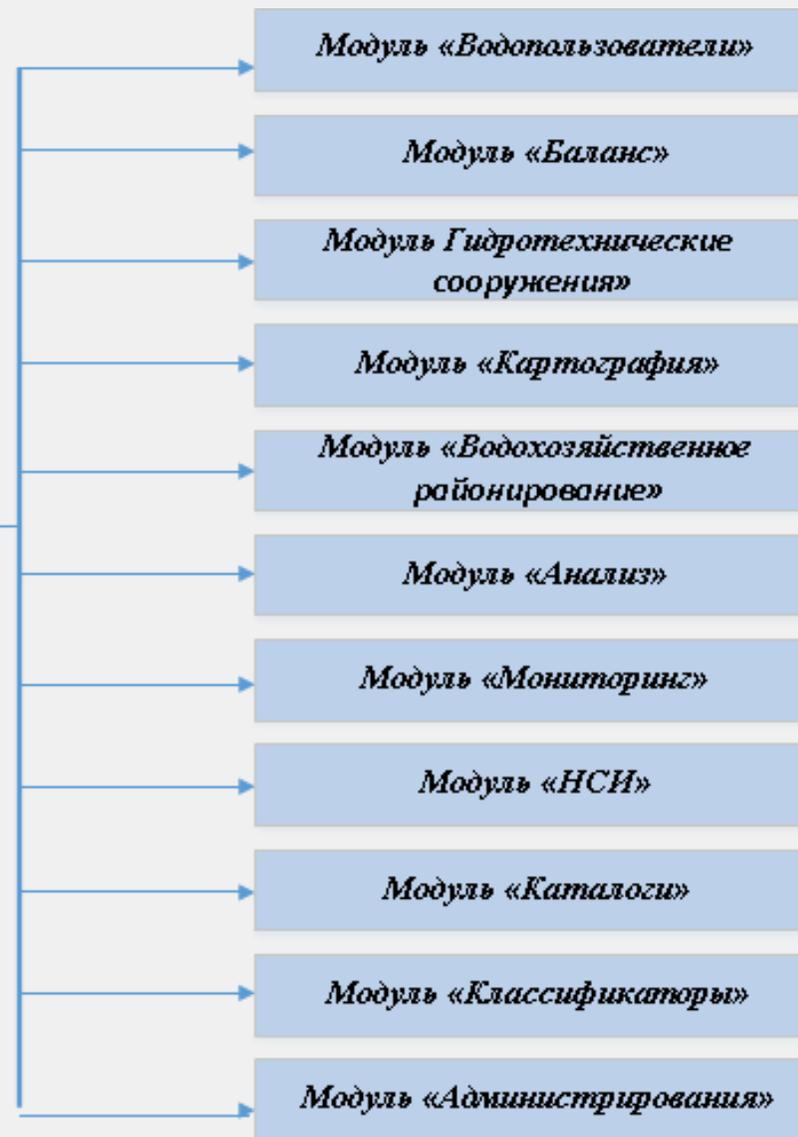


РЕКОМЕНДАЦИИ (ВАРИАНТЫ) ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОСТАВЕ ЕИАСУВР

Основным назначением Единой информационно-аналитической системы по управлению водными ресурсами Республики Казахстан является информационно-аналитическое обеспечение функций Комитета водных ресурсов МЭГПР РК в области управления использованием водных ресурсов и охраны водного фонда.

Единая информационно-аналитическая система по управлению водными ресурсами

Основной целью создания и внедрения системы являлось повышение эффективности управления использованием водных ресурсов, организация единого информационного пространства и единой информационно-технологической инфраструктуры, включающей государственные информационные ресурсы, а также средства, обеспечивающие их функционирование.



РЕКОМЕНДАЦИИ (ВАРИАНТЫ) ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОСТАВЕ ЕИАСУВР

Существующее на сегодняшний момент программное обеспечение для расчета зон затопления в результате возможного разрушения тела плотины является отдельным и независимым ПО.

Ввиду этого прямое использование программ и программных кодов, встраивание их в разработанную единую информационно-аналитическую систему по управлению водными ресурсами Республики Казахстан не представляется возможным.

Однако, возможно использование результатов моделирования. Использование результатов моделирования необходимо предусмотреть в специальном Модуле «Гидротехнические сооружения», где предусмотреть дополнительный подраздел в разделе водохранилища с названием «Прорыв водоподпорного сооружения». Данный подраздел также должен быть связан с такими модулями как «Картография» для отображения графических результатов моделирования, «Каталоги», «Классификаторы» и «Мониторинг».

РЕКОМЕНДАЦИИ (ВАРИАНТЫ) ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОСТАВЕ ЕИАСУВР

Основными данными, которые необходимо заносить в ЕИАСУВР являются следующие:

- Общие основные характеристики водохранилища и сооружений на нем, включая: общее описание, топографические характеристики, параметры плотины и сооружений, имеющиеся проектные данные (проекты строительства, реконструкции водохранилища) и т.д.;
- Общие картографические материалы по водохранилищу и нижележащей территории по которой будет проходить волна прорыва (данные из модуля «Картография»);
- Описание основных сценариев (вариантов) протекания ситуации при прорыве гидротехнического сооружения (гидродинамической аварии) в зависимости от конкретного сооружения;
- Описание основных гидрологических данных прорываемого сооружения (использование данных из модуля «Мониторинг»), в частности смоделированные гидрографы (часовые и суточные) половодья и/или паводков различной обеспеченности, соответствующие различным сценариям (вариантам);

РЕКОМЕНДАЦИИ (ВАРИАНТЫ) ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОСТАВЕ ЕИАСУВР

Основными данными, которые необходимо заносить в ЕИАСУВР являются следующие:

- Картографические материалы результатов моделирования, включая:
 - динамические карты (серия карт во времени) границ зон затопления при прорыве гидротехнического сооружения (гидродинамической аварии) для различных сценариев (вариантов) протекания ситуации;
 - динамические карты (серия карт во времени) глубин и скоростей течения воды во время прохождения волны прорыва
 - характеристики волны прорыва в отдельных репрезентативных поперечных сечениях;
 - карты сравнительного анализа различных сценариев (вариантов).
- Анимационные ролики прохождения волны прорыва для различных сценариев (вариантов) протекания ситуации;
- Перечни объектов, попадающих в зоны затопления при различных сценариях. При этом в модуле должны быть предусмотрены функциональные возможности для геоинформационного анализа на основе использования входных данных по различным характеристикам прорывов (динамические карты) на основе использования имеющихся картографических данных из модуля «Картография».

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

WhatsApp: 8 708 971 91 12

E-mail:

igor_sh77@mail.ru

shencogroup77@gmail.com