







Научная статья

СОВРЕМЕННЫЕ НАТУРНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ УЧАСТКОВ БАССЕЙНОВ РЕК БУКТЫРМА, ЕСИЛЬ И ЖАЙЫК

Алия А. Нурбаcina¹ , Жанат Т. Салаватова^{1,2*} , Жанибек Ж. Смагулов¹ , Кайрат М. Кулебаев¹ ,
Ахан Б. Мырзахметов¹ 

¹ Институт географии и водной безопасности, Алматы, Казахстан; aliya.nurbatsina@gmail.com (ААН), salavatova.07@gmail.com (ЖТС), zh.zh.smagulov@mail.ru (ЖЖС), kairat.kulebayev@mail.ru (КМК), ahan_myrzahmetov@mail.ru (АБМ)

² Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, факультет географии и природопользования, Алматы, Казахстан; salavatova.07@gmail.com (ЖТС)

Автор корреспонденции: Жанат Т. Салаватова, salavatova.07@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

полевые исследования, гидрометрические и рекогносцировочные работы, аэрофотосъемка, профиль реки, расход воды, зоны подтоплений

АБСТРАКТ

В данной работе представлены результаты полевых исследований, проведенных в бассейнах рек Буктырма, Есиль и Жайык в рамках проекта по оценке современных и прогнозных гидрологических изменений бассейнов рек Казахстана на основе моделирования (на примере рек Буктырма, Есиль, Жайык). Одним из основных результатов проводимого научного исследования являлась разработка алгоритма и получение поперечных профилей, ортофотопланов в исследуемых бассейнах, которые будут использоваться для разработки и построения карт площадей затопления пойм рек по отдельным характерным участкам, при помощи гидравлического моделирования. В процессе создания карт будут использоваться цифровые модели рельефа, которые были получены путем аэрофотосъемки местности беспилотным летательным аппаратом. Для определения зоны наводнений были нанесены поперечные профили по длине рек и получены характеристики гидрологических процессов в местах их проявлений. Результаты работы вносят значительный вклад в понимание динамики режима исследуемых рек Казахстана и обеспечивают необходимыми инструментами для управления водными ресурсами и минимизации последствий гидрологических явлений.

По статье:

Получено: 26.05.2025

Пересмотрено: 06.08.2025

Принято: 18.09.2025

Опубликовано: 01.10.2025

Для цитирования:

Нурбаcina А., Салаватова Ж., Смагулов Ж., Кулебаев К., Мырзахметов А. Современные натурные гидрологические исследования характерных участков бассейнов рек Буктырма, Есиль и Жайык // Гидрометеорология и экология, 118 (3), 2025, 8-21.

1. ВВЕДЕНИЕ

В рамках реализации проекта «Оценка современных и прогнозных гидрологических изменений бассейнов рек Казахстана на основе моделирования (на примере рек Буктырма, Есиль, Жайык)» в летне-осенний периоды 2023 и 2024 годов были проведены полевые работы по обследованию отдельных типичных речных русел запада, востока и севера Казахстана, включающие инструментальные измерения, использованные для сопоставления и верификации расчётных значений расходов и уровней воды, полученных в результате моделирования

Целью полевых исследований являлось проведение комплекса работ, включавших рекогносцировочные, гидрометрические и топогеодезические мероприятия. В рамках полевых изысканий осуществлялось определение уровней высоких вод, измерение расходов, построение поперечных профилей русел, а также аэрофотосъемка территорий в пределах речных бассейнов. Полученные данные использовались для верификации результатов численного моделирования и последующей разработки карт зон подтопления.

В результате проведения полевых топографо-геодезических исследований была собрана пространственная информация о рельефе, гидрографической сети и морфологических особенностях исследуемой территории. Полученные данные легли в основу построения топографических планов и продольных/поперечных профилей водных объектов, включая русла рек, пойменные участки и прилегающие береговые зоны, с учетом

их характеристик [1]. Такие работы позволили получить детальные съемки местности, которые в дальнейшем будут использоваться при разработке карт подтоплений.

Бассейны рек Буктырма, Есиль и Жайык были выбраны как регионы, характеризующие различные географические особенности формирования речного стока, а также находящиеся под активным антропогенным влиянием. Эти регионы являются вододефицитными, располагаемые водные ресурсы ограничены для использования в отраслях экономики, т.е. существует большая вероятность возникновения конфликтов на почве водообеспечения. Региональное повышение температуры воздуха и изменение количества осадков по отдельным сезонам года приводят к изменениям водного режима рек. В условиях быстро меняющегося климата процессы затопления в виде половодий и паводков наносят значительный экономический ущерб, а также в свете неопределенностей водохозяйственного развития на территориях соседних стран, для Казахстана очевидно возникновение новых водных угроз, в том числе водного дефицита для отдельных регионов [2...5].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования.

Река Буктырма. является наиболее многоводным правобережным притоком р. Ертис. Сток реки и её основных притоков формируется на территории Казахстанского Алтая [6], находящейся на территории Восточно-Казахстанской области. Длина Буктырмы составляет 336 километра, площадь водосбора – 12 660 км². Начало река берет из озера Буктарминского (Шангин), на высоте 2600 метров с хребта Южного Алтая, впадает в Буктарминское водохранилище. Основными притоками являются: Белая Берель, Сарымсақты, Тургусун и др. Средний годовой расход воды 214 м³/с. Бассейн реки Буктырма селеопасен. В бассейне р. Буктырма формируется до 25 % (8,31 км³) местных водных ресурсов [6]. Ежегодно в период половодья и паводков в бассейне реки Буктырма подвергаются подтоплению и эрозионному воздействию (размывы берегов рек) территории населенных пунктов, участки дорог, мостовые переходы, линии связи и гидротехнические сооружения [7...8]. Река Буктырма селеопасная, часто происходит превышение опасных отметок крупными реками Восточного Казахстана, в том числе и в бассейне реки Буктырма [9]. Половодье на реках определяет особенности питания и водного режима горных рек. Эти особенности зависят от высотных условий водосбора, ориентации хребтов и других факторов. В частности, они выражаются в наличии или отсутствии ледникового питания, различиях в изменчивости годового стока, в его внутригодовом распределении и степени зарегулированности [10] В нижнем течении реки имеются объекты энергетической промышленности, река и ее притоки используются для орошения и водоснабжения населенных пунктов. Высшая точка бассейна находится на высоте 4506 м над уровнем моря, устье реки Буктырма лежит на 4 км ниже [11]

Река Есиль – основная водная артерия Северо-Казахстанской и Акмолинской областей, площадь Есильского речного бассейна 177 тыс. км², на территории нашей республики – 113 тыс. км². Исток находится в горах Нияз, в верхнем течении река протекает по узкой долине в северо-западном и западном направлении, ниже г. Астана происходит расширение долины на юго-запад, далее на север (перед г. Державинск) и северо-восток (г. Петропавловск). Питание реки Есиль снеговое. Рассматриваемый в проекте бассейн реки Жабай является правым притоком р. Есиль. Сток реки имеет сильно выраженную сезонную и многолетнюю неравномерность. Многолетняя изменчивость водных расходов может достигать десятков и даже сотен раз, что существенно затрудняет эффективное хозяйственное использование речных ресурсов. В 2014 году произошло одно из самых больших наводнений в истории Атбасара, из-за резкого потепления и хлынувших степных талых вод. В апреле 2017 года в Атбасаре из-за высокого уровня воды (6.1 метра при критическом в 3.45 м), дождя и ветра, создающего волну, город также подвергся подтоплению [12...14]

Река Жайык является трансграничной, охватывает территории России и Казахстана. Река стекает с хребта Уралтау Южно-Уральской горной системы и несет свои воды с севера на юг, впадает в Каспийское море у г. Атырау. Общая длина р. Жайык составляет 2534 км, в пределах Казахстана – 1084 км. Общая площадь бассейна – 872 тыс. км², в пределах

Казахстана – 641 тыс. км². На территории Казахстана расположено нижнее течение р. Жайык и водосборные площади ее левобережных притоков: Ор, Елек (с крупным притоком Кобда), Шынгырлау. В целом бассейн р. Жайык асимметричен: левобережная (условно южная) его часть по площади в 2 раза превышает правобережную (условно северную), однако правые притоки водоноснее [15].

Методы.

Для эффективного решения поставленных задач и достижения целей исследования использовался интегрированный подход, основанный на сочетании различных научных методов, направленных на комплексное изучение сложных природных процессов. Этот подход включает несколько этапов [16].

Исследование включало последовательную реализацию этапов, охватывающих как подготовительную, так и практическую и аналитическую деятельность. На предварительном этапе исследования осуществлялся сбор и анализ информации, полученной из картографических материалов, литературных источников, а также данных дистанционного зондирования Земли.

Собранная информация позволило сформировать обобщённое представление о гидрографических и морфологических особенностях исследуемой территории. Особое внимание при подготовке к полевым работам уделялось изучению методических рекомендаций, регламентирующих применение измерительного оборудования и беспилотных летательных аппаратов в условиях полевых исследований. На этапе натурных наблюдений выполнялись замеры уровней паводковых вод, определение расходов и построение морфологических профилей водотоков. Заключительная стадия включала камеральную обработку собранных данных, по результатам которой были получены количественные и пространственные характеристики исследуемых гидрологических объектов [1].

Полевые исследования водотоков проводились с целью сбора первичных данных, получаемых непосредственно на гидрологических постах, а также для получения натурной информации в меженьный период. В рамках работ были выполнены гидрометрические измерения расходов воды с использованием прибора ИСВП-ГР-21М1 (гидрометрическая вертушка) совместно с преобразователем ИСО-1, предназначенного для определения средней скорости потока в соответствии с методическими рекомендациями [17]. Одновременно осуществлялись топографические съёмки, включавшие измерение абсолютных отметок рельефа, уровней воды, а также определение среднего уклона руслового участка и построение поперечных профилей. Кроме того, выполнялись работы по исследованию морфологических особенностей русел с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проведённая аэрофотосъёмка позволила получить ортофотопланы (плановое изображение с верхней проекции) и цифровые модели местности (ЦММ), обеспечивающие высокоточное отображение пространственной структуры исследуемых участков, используемые для дальнейшего пространственного анализа [1, 17].

Полевые работы начинаются с рекогносцировки участка местности. Данный вид работ был выполнен в соответствии с «Наставлениями гидрометеорологическим станциям и постам» [16]. Перед выбором участка для исследований, было проведено детальное изучение района с использованием доступных литературных и архивных материалов, а также других источников, с целью подготовки к рекогносцировочному обследованию реки. В результате предварительного анализа материалов по исследуемой территории были подготовлены: основные особенности гидрологического режима, гидрографические и морфометрические характеристики участка, перечни существующих и ранее действовавших гидрологических постов.

Перед началом гидрометрических работ, опираясь на собранные данные и доступные картографические материалы, а также с использованием программы Google Earth, предварительно были определены перспективные участки рек на карте. Затем проведена рекогносцировка на местности, в ходе которой выбран участок, наиболее подходящий для выполнения исследований. На рисунках 1...3 представлены карты расположения исследуемых гидрологических постов.



Рисунок 1. Карта расположения исследуемых гидрологических постов бассейна реки Буктырма

Карта расположения шести гидрологических постов, отобранных для проведения полевых исследований в бассейне реки Буктырма (рисунок 1). Точки наблюдений размещены с учётом морфометрических особенностей русловой сети и пространственного распределения притоков, что позволяет охватить ключевые гидрологические характеристики бассейна.



Рисунок 2. Карта расположения исследуемых гидрологических постов бассейна реки Есиль

Расположение пяти гидрологических постов, отобранных для мониторинга водного режима в бассейне реки Есиль (рисунок 2). Пункты наблюдений включают участки на реке Жабай (с. Балкашино, г. Атбасар), а также на реке Есиль в пределах населённых пунктов г. Астана, с. Волгодоновка и на притоке Мойылды (с. Николаевка).

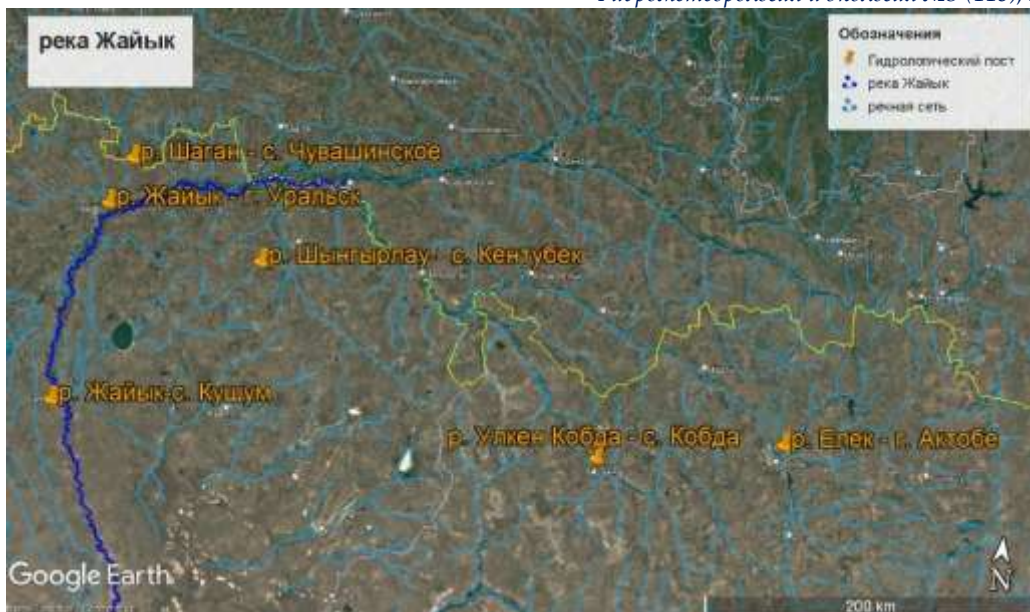


Рисунок 3. Карта расположения исследуемых гидрологических постов бассейна реки Жайык

Схема размещения шести гидрологических постов, отобранных для полевых наблюдений в бассейне реки Жайык (рисунок 3). Посты расположены на ключевых участках русловой сети, включая как основное течение реки, так и её притоки, что позволяет учесть пространственную изменчивость стока в пределах бассейна. Размещение постов направлено на охват различных физико-географических зон, в том числе участков с разной степенью антропогенного влияния.

В процессе полевых исследований осуществлялась уточнённая выборка потенциальных точек для размещения поперечных сечений и установки базовых станций GNSS. Для размещения спутниковых станций в зонах русловых гидрографических съёмок отбирались наиболее подходящие участки, обеспечивающие оптимальные условия для стабильного спутникового сигнала. Обычно это были открытые территории, такие как не покрытые лесом холмы, высокие подпойменные террасы и другие участки с минимальными преградами для видимости спутников.[1, 18, 19]

Исследование типичных русел рек бассейнов Есиля, Жайыка и Бухтармы осуществлялось посредством инструментальных измерений в комплексе с материалами аэрофотосъёмки, полученными с применением БПЛА. Одновременно с топографическими работами проводились съёмочные полеты, предварительно сопровождаемые установкой наземных маркеров для обеспечения пространственной привязки.

Для последующей трансформации изображений и построения ортофотоплана исследуемой территории выполнялась геодезическая привязка опорных точек (маркеров) к государственной геодезической сети либо к стационарной базовой станции с известными координатами. В качестве опорных элементов использовались устойчиво распознаваемые контурные точки местности, хорошо идентифицируемые на всех перекрывающихся участках аэрофотоснимков. Их выбор обеспечивал высокую точность пространственного позиционирования, достигающую до 0,1 мм в масштабе итогового плана. Привязка снимков к местности осуществлялась параллельно с проведением наземных топографо-геодезических работ, что способствовало согласованности данных и повышению точности результирующих продуктов дистанционного зондирования [1, 20]

Промерные работы, направленные на измерение глубин, проводились с целью определения морфологических характеристик руслового дна и выявления особенностей его рельефа. В результате этих работ были построены поперечные профили в пределах гидроствора, на основе которых рассчитывалась площадь поперечного сечения русла в конкретной точке. Следует учитывать, что значения глубин, зафиксированные в разные временные моменты в одной и той же точке, могут различаться в связи с изменением уровня воды. При выполнении промеров на протяжённых участках водотока временные колебания

уровня могут существенно повлиять на сопоставимость полученных данных. С целью нивелирования данного эффекта, все измеренные глубины в завершении работ приводятся к единому расчётному (условному) уровню, зафиксированному на определённый момент времени [21].

Для последующего картографирования зон потенциального подтопления планируется использование гидравлической модели HEC-RAS 5.0.1, предназначенной для выполнения расчётов гидродинамики потоков, транспортировки наносов и оценки гидрохимических параметров водных объектов [22]. Работа в программной среде начинается с построения цифровой модели руслового участка, ввода исходных геометрических и гидрологических данных, после чего выполняется первичный расчёт, сопровождающийся последующим анализом его достоверности. Программный модуль HEC-RAS позволяет моделировать динамику потока как в поперечном, так и в продольном направлении, что обеспечивает высокую детализацию оценки поведения водотока при различных сценариях. В работах Калашникова О. Ю., Нурбацина А. А., Ниязов Д. Б. было применено гидравлическое моделирование с HEC-RAS, которое показывает степень опасности подтоплений в городе Атбасар [23].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Летно-съёмочные работы осуществлялись с применением квадрокоптеров моделей Autel EVO II Pro Rugged Bundle и Autel EVO Lite. Управление полетами производилось посредством специализированного программного обеспечения Autel Explorer, обеспечивающего выполнение автоматизированных миссий по заранее заданным маршрутам. Указанные БПЛА осуществляли сбор аэрофотоматериалов высокого разрешения с геопривязкой каждого снимка (рисунок 4). Встроенные модули глобального позиционирования (GPS) обеспечивали навигацию в автоматическом режиме и фиксацию координат с позиционной точностью в диапазоне от 3 до 15 метров, что соответствовало требованиям к съёмке для последующей ортотрансформации. [1, 20, 24].



Рисунок 4. Использование ПО Autel Explorer для автоматического управления дроном Autel EVO II PRO RUGGED BUNDLE

С учетом погодных условий и размеров площади съёмки, аэрофотосъёмка осуществлялась на высотах от 60 до 100 метров, при этом средняя площадь охвата одного объекта составляла от 200 до 1300 гектаров (рисунок 5).

Для аэрофотосъёмки было установлено продольное перекрытие не менее 80 % и поперечное перекрытие не менее 70 % от площади снимка [20].

Для обработки аэрофотоснимков с квадрокоптера и построения цифровых моделей рельефа использовалось программное обеспечение Agisoft Metashape Professional [25...26]. В процессе фотограмметрической обработки было использовано около 5000 снимков, полученных в бассейнах рек Буктырма, Есиль и Жайык. Был использован набор перекрывающихся снимков местности с дрона, у каждого снимка была GPS-координата, которая позволяет точно на местности посадить снимок. Так же для улучшенной точности использовались опорные точки.



Рисунок 5. Ортофотоплан участка, подвергающийся затоплению в бассейне р. Жабай – г. Атбасар, с привязкой к географическим координатам

В результате фотограмметрической обработки были предоставлены ортофотоплан и цифровая модель местности для дальнейшей верификации спутниковых снимков с данными, полученными инструментальным и фотограмметрическим путем. В качестве примера представлен фрагмент аэрофотосъемки река Буктырма – с. Лесная Пристань (рисунок 6).



Рисунок 6. Фрагмент из ортофотоплана р. Буктырма – с. Лесная Пристань

Как отмечалось ранее, измерения расходов воды на исследуемых водотоках выполнялись с применением прибора ИСВП-ГР-21М1 в комплекте с преобразователем ИСО-1. Указанное оборудование предназначено для определения осредненной скорости водного потока в открытых природных и искусственных руслах, в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 15126–80 ([14, 17, 27]).

Под камеральной обработкой полевых материалов в рамках данного проекта понимается анализ и оценка результатов топографо-геодезических работ, а также аэрофотосъемки (включая фотограмметрическую обработку). Кроме того, она охватывает оценку результатов измерений морфометрических характеристик рек, измерений расходов воды и гидрофизических исследований водных объектов.

Затопления во время паводков и половодий на территории нашей страны – частое явление. В горных районах страны, опасность выхода из берегов можно отметить в бассейне

реки Буктырма [28]; на равнинной части исследуемых районов, можно выделить села Атбасар и Кобда, на реках Жабай и Улкен Кобда, соответственно [29...30]. В связи с частым затоплением близлежащих сел рекой Хамир, в частности в селах Путинцево и Малеевск [31...32] и селе Атбасар рекой Жабай [29, 33] была проведена аэровизуальная фотосъемка местности с использованием дрона Autel EVO Lite+ Premium Bundle/Orange. Произведена съемка устья реки Хамир, в месте впадения в реку Буктырма, и съемка реки Жабай около города Атбасар (рисунок 7).

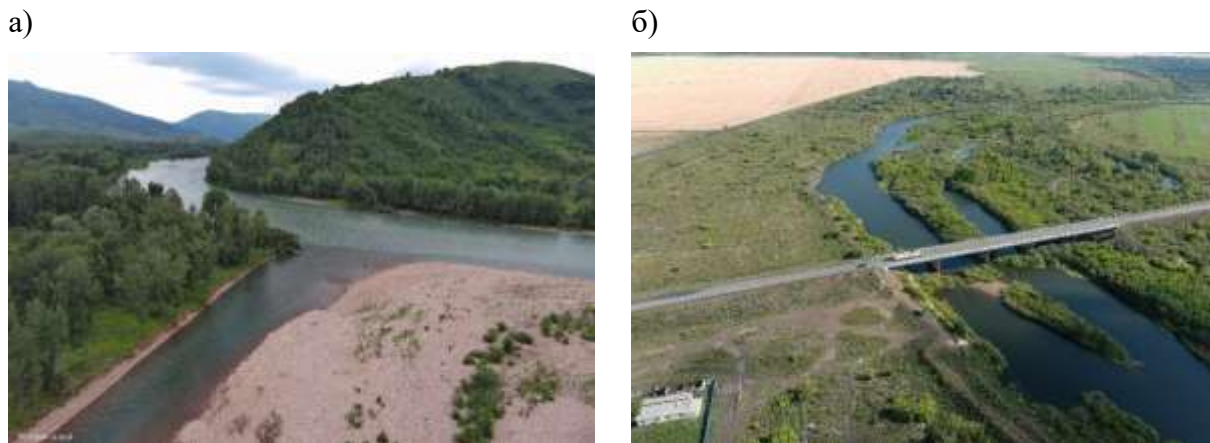


Рисунок 7. Фотографии слияния рек Хамир и Буктырма (а) и реки Жабай (б), полученные с использованием дрона Autel EVO Lite+ Premium Bundle/Orange (фото авторов)

В ходе проведения работ дополнительно также определялись: средний уклон участка русла реки, представляющий собой отношение превышения верхней точки участка от условного гидроствора над нижней, определяемого по разности высотных отметок, к соответствующей длине водотока; поперечный профиль участка водотока - поперечный разрез русла по условной линии, перпендикулярной водотоку, характеризующей форму и уклоны дна и берегов, с обозначением высотного положения водной поверхности; извилистость водотока, представляющую собой отношение длины водотока к прямой, соединяющей конечные точки участка [18,21](рисунки 8...10).

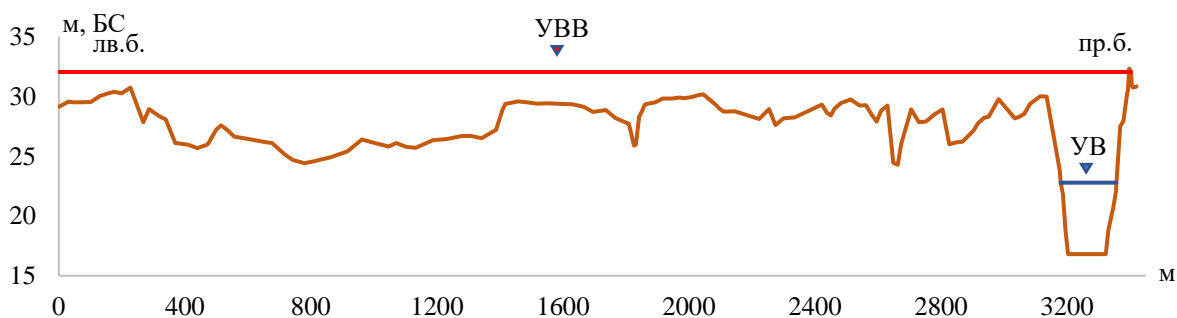


Рисунок 8. Поперечный профиль р. Жайык – г. Уральск

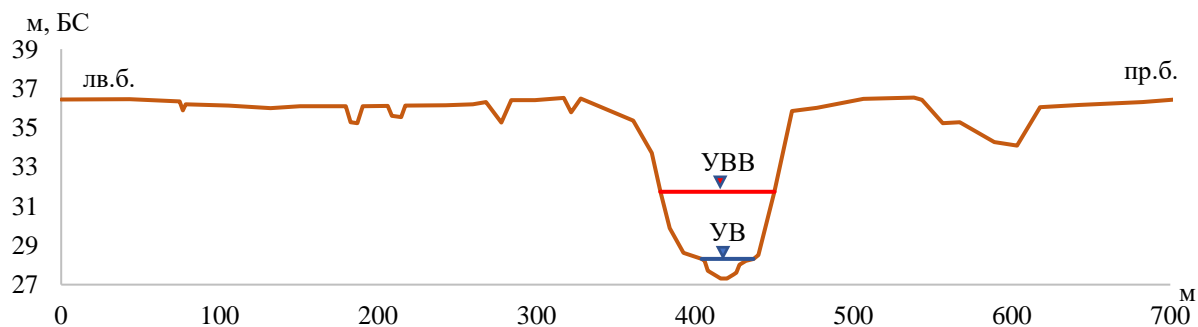


Рисунок 9. Поперечный профиль р. Шаган – с. Чувашинское

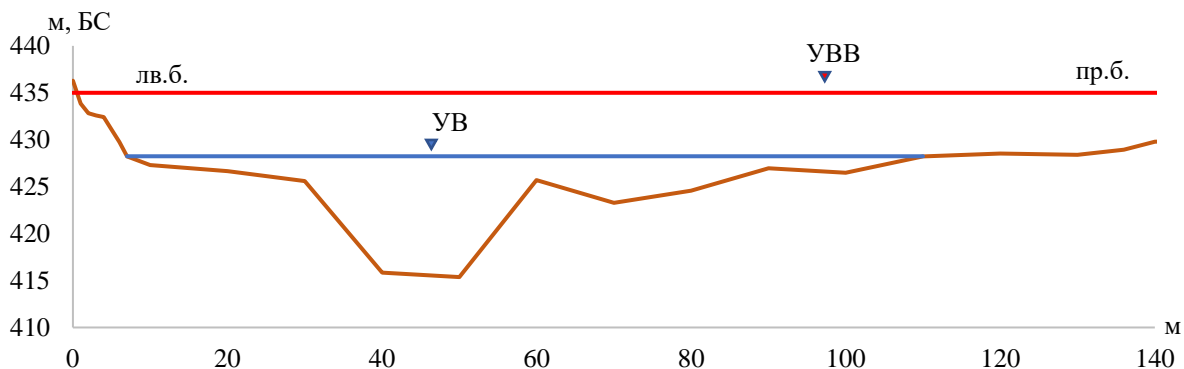


Рисунок 10. Поперечный профиль р. Буктырма – с. Лесная Пристань

Основные измеренные морфометрические характеристики исследуемых постов

Аэрофотоснимки и профили створов рек представляют собой ключевые исходные данные для гидравлического моделирования в программном комплексе HEC-RAS. Их высокая точность позволяет формировать детальные цифровые модели местности и создавать геометрическую модель речной системы, необходимую для корректного расчёта параметров потока и анализа затоплений. При этом профили створов обеспечивают сведения о глубине, ширине и форме русла, что критически важно для определения характеристик гидравлического потока.

В ходе полевых наблюдений было установлено, что расходы воды на равнинных реках Западного Казахстана варьировали в широком диапазоне: от 147 м³/с на реке Жайык в районе села Кушум до минимальных значений 0,12 м³/с, зафиксированных на реке Шынгырлау (с. Кентубек) и реке Деркул (с. Белес). В пределах равнинных водотоков Северного Казахстана значения расходов воды колебались от 1,41 м³/с на гидропосту реки Жабай вблизи села Атбасар и до 0,03 м³/с на реке Есиль в районе села Волгоновка. Русло реки Мойылды вблизи села Николаевка в период наблюдений оказалось полностью пересохшим. На реках горного типа были зафиксированы более высокие значения расходов: от 307 м³/с на реке Буктырма (с. Лесная Пристань) до 98 м³/с на реке Аксу в районе одноимённого населённого пункта (таблица 1).

По данным, зафиксированным наблюдателями гидрологических постов, за последние десятилетия в западных регионах страны прослеживается тенденция к повышению количества атмосферных осадков. Особенно заметное уменьшение отмечено в последние два года, в течение которых атмосферные осадки снизились около 1,5 раза в северном регионе по сравнению с многолетними средними значениями. В то время как в восточном регионе страны количество атмосферных осадков в 1,5 раза увеличились, что и подтверждается исследованиями группой экспертов [34...35].

Рабочие моменты полевых работ представлены на рисунке 11.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненного комплекса работ, включающего полевые исследования на водотоках (реках), были проведены инструментальные измерения с применением современных приборов и оборудования. Были определены основные морфометрические характеристики, такие как расход и уровень воды, средний уклон участка русла реки, поперечный профиль участка водотока.

Для получения цифровой модели рельефа с высоким разрешением на гидрологических постах р. Жабай - г. Атбасар и р. Буктырма - с. Лесная Пристань была проведена аэрофотосъёмка с применением беспилотника, охватившая до 1300 гектаров. По проведенным аэрофотосъёмочным работам были построены ортофотопланы исследуемой местности. Параллельно выполнялись топографические работы с использованием современного спутникового приёмника GNSS. После камеральной обработки, были получены точные координаты местности и отметки высот, по которым были построены поперечные профили створа. Топогеодезические измерения и аэрофотосъёмка исследуемых

участков послужили основой для подготовки исходных данных, необходимых для гидравлического моделирования. На базе полученных ортофотопланов и цифровых моделей рельефа в среде ArcGIS сформирована геометрическая основа речного русла, обеспечивающая пространственную привязку и точность расчётов. Эти материалы используются в программном комплексе HEC-RAS для воспроизведения пространственной изменчивости потоков и построения карт зон возможного затопления.

Таблица 1

Морфометрические характеристики створов исследуемых рек

№ пп	Река - створ	Уровень воды над 0 поста, см	Скорость, м/с		Ширина по уровню воды, м	Глубина, м		Площадь водного сечения, м ²	Расход воды, м ³ /с
			Ср., V _{ср.}	Наиб., V _{max}		Средн., h _{ср.}	Наиб., h _{max}		
Бассейн реки Есиль									
1	р. Есиль – г. Астана	668							
2	р. Есиль – с. Тургень	144	0.26	0.38	11	0.14	0.22	1.57	0.40
3	р. Есиль – с. Волгодоновка	94	0.07	0.08	4	0.12	0.16	0.46	0.03
4	р. Мойылды-с. Николаевка		Русло пересохло						
5	р. Жабай – г. Атбасар	162	0.13	0.27	8	0.7	0.85	5.59	0.74
6	р. Жабай – с. Балкашино	-36	0.05	0.14	9	0.81	1.15	7.26	0.38
Бассейн реки Жайык									
7	р. Жайык – г. Уральск	24							
8	р. Жайык – с. Кушум	43	0.38	0.74	100	1.75	3.48	175	66.5
9	р. Елек – с. Актобе	97	0.26	0.36	21	0.54	0.9	11.3	2.91
10	р. Улкен Кобда – с. Кобда	217	0.08	0.12	26	0.33	0.53	8.71	0.74
11	р. Чаган – с. Чувашинское	453	0.04	0.09	13,6	0.53	1.05	7.31	0.32
12	р. Деркул – с. Белес	253	0.01	0.03	7	3.34	4.68	134	1.01
13	р. Шынгырлау – с. Кентубек	283	0.01	0.03	8	0.38	0.49	9.84	0.12
Бассейн реки Буктырма									
14	р. Буктырма – с. Берель	130	2.18	3.53	40	0.83	2.71	36.4	79.3
15	р. Буктырма – с. Барлык (Печи)	91	1.07	1.87	105	1.15	1.54	129	162
16	р. Буктырма – с. Лесная Пристань	316	1.15	2.10	107	1.82	5.1	195	225
17	р. Аксу – с. Аксу	91	0.82	1.29	54	0.54	0.92	29.2	24
18	р. Черновая – с. Аккайнар (Черновая)	233	0.5	0.84	13,7	0.22	0.35	3.06	1.74
19	р. Хамир – с. Малеевск	122	0.49	0.56	57	1.04	1.40	59.8	30

Полевые исследования проводились в период летне-осенней межени в бассейнах равнинных рек Есиль и Жайык и в период окончания весеннего половодья на горных реках в бассейне реки Буктырма. Обобщая полевые исследования, можно сделать вывод, что последние годы были более засушливыми на западе страны и более влажные годы на востоке страны.

Применение вышеизложенных методик проведения полевых работ и натурных измерений будет полезна научно-исследовательским институтам и университетам для проведения исследований, экологическим организациям и природоохранным ведомствам, предприятиям водного хозяйства для управления водными ресурсами



Рисунок 11. Рабочие моменты проведенных полевых работ.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании получены авторами из открытых баз данных РГП «Казгидромет».

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация – ААН, ЖТС; управление данными –ЖЖС, АБМ.; формальный анализ – КМК, ЖЖС; методология – АБМ, ЖТС; программное обеспечение - АБМ, ЖЖС; отслеживание – ААН, КМК; визуализация – ААН, ЖТН; написание исходного текста – ЖТС, АБМ; написание и редактирование окончательного текста – ААН.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование было финансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP 19678734 «Оценка современных и прогнозных гидрологических изменений бассейнов рек Казахстана на основе моделирования (на примере рек Буктырма, Есиль, Жайык)»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мырзахметов А, Достоева А., Исақан Г., Қанай М., Салаватова Ж. Обзор полевых обследований отдельных типичных речных русел юга и юго-востока Казахстана // География и водные ресурсы.-2021.С.66-74
2. Didovets I., Krysanova V., Nurbatsina A., et al. Attribution of current trends in streamflow to climate
3. Alimkulov S., Tursunova A., Kulebaev K., Zagidullina A., Myrzahmetov A., Saparova A. Resources of river runoff of Kazakhstan // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 8, No. 6. – P. 2242–2250. – DOI: 10.35940/ijeat.F8626.088619.
4. Plekhanov P. A., Medeu N. N. Extreme Hydrological Phenomena in the Esil River Basin... // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 7. – DOI: 10.12911/22998993/109880.
5. Алимкулов С. К., Турсунова А. А., Сапарова А. А. Ресурсы речного стока Казахстана в условиях будущих климатических и антропогенных изменений // Гидрометеорология и экология. – 2023. – № 1. – С. 57–69. – DOI: 10.54668/2789-6323-2021-100-1-57-69.

6. Чигринцев А. Г., Бурлибаева Ш. М. Минимальный сток рек в бассейне р. Бухтарма // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2018. – Т. 50, № 3. – С. 24–37.
7. Болдырев В. И. Реки восточного Казахстана // Природные условия и естественные ресурсы Восточного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1978. – С. 106–120.
8. Таукенов Т. Р., Ержанова Ж. С. Половодья и паводки на реках бассейна р. Бухтарма... // The latest research in modern science. – 2018. – С. 17–25.
9. Гальперин Р. И., Аvezова А., Медеу Н. Н. Много воды – тоже плохо... // География и водные ресурсы. – 2016. – № 1. – С. 31–40.
10. Шульц В. Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 691 с.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. – Т. 15. – 316 с.
12. Ресурсы поверхностных вод. Ақмолинская обл. КазССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1958. – Вып. 1. – 435 с.
13. Makhmudova L., Moldakhmetov M., Mussina A., Sambetbayev D., Zharylkassyn A. Flood hazard assessment in the Yesil River basin // AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society. – 2023. – Vol. 72, No. 8. – P. 1499–1511. – DOI: 10.2166/aqua.2023.060.
14. Региональный экологический центр Центральной Азии. Изменение климата и гидрология в Центральной Азии. – 2019. – URL: <https://carecесо.org/>... (дата обращения: 22.05.2025).
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – Т. 12, Вып. 2. – 510 с.
16. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 243 с.
17. Минприроды РФ. Определение гидрографических характеристик... – М.: Росгидромет, 2018. – 179 с. – URL: <https://meganorm.ru/>... (дата обращения: 22.05.2025).
18. Наставление по рекогносцировочным гидрографическим исследованиям рек. Ч. 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1949. – 167 с.
19. Минэкономики РК. Геодезические работы в строительстве. – 2015. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35922550 (дата обращения: 22.05.2025).
20. Алимкулов С., Мырзахметов А. Гидрографическая сеть Республики Казахстан // Исследования. – 2023. – № 4 (100). – С. 247–257. – DOI: 10.37884/4-2023/27.
21. Методические указания по гидрологической практике. – Бишкек, 2012. – 16 с.
22. Brunner G. W. HEC-RAS River Analysis System User's Manual. Version 5.0. – U.S. Army Corps of Engineers, 2016. – 962 p.
23. Калашникова О., Нурбаццина А., Ниязов ДЖ. Оценка рисков наводнений... // Центральноазиатский журнал исследования климата и устойчивого развития. – 2023. – Т. 2, № 1. – С. 22–45. – DOI: 10.29258/CAJSCR/2023-R1.v2-1/22-45.rus.
24. Мингражданавиации СССР. Руководство по аэрофотосъемочным работам. – М.: Воздушный транспорт, 1988. – 319 с. – URL: <https://meganorm.ru/>... (дата обращения: 22.05.2025).
25. Agisoft. Руководство пользователя Agisoft Metashape: Professional Edition. Версия 1.8. – Agisoft LLC, 2022. – 105 с.
26. Agisoft. Aerial data processing with GCPs: Orthomosaic & DEM generation [Электронный ресурс] // Agisoft Freshdesk. – URL: <https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000153696> (дата обращения: 25.07.2025).
27. Государственный комитет РФ по строительству и ЖКХ. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: 2004. – 72 с. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294815/4294815038.pdf> (дата обращения: 22.05.2025).
28. Кудайбергенов А. Река Бухтарма вышла из берегов в ВКО // 365info.kz. – 2016. – 7 июня. – URL: <https://365info.kz/2016/06/reka-buhtarma-vyshla-iz-beregov-v-vko> (дата обращения: 22.05.2025).
29. Sputnik. Наводнение в Атбасаре... // Sputnik.kz. – 2017. – 15 нояб. – URL: <https://ru.sputnik.kz/>... (дата обращения: 22.05.2025).
30. Журсин Ж. В Актобинской области подтоплены дома в селе Кобда... – 2023. – 14 марта. – URL: <https://rus.azattyq.org/a/32317159.html> (дата обращения: 22.05.2025).
31. Вааль Т. Подъем уровня воды в ВКО будет продолжаться... // Vlast.kz. – 2015. – 28 апр. – URL: <https://vlast.kz/>... (дата обращения: 22.05.2025).
32. Сосновская О. Аким ВКО Даниал Ахметов: Повторения паводка 2015 года не будет // Altainews.kz. – 2017. – 21 апр. – URL: <https://altainews.kz/>... (дата обращения: 22.05.2025).
33. Косенов А. 120 домов подтоплено в Атбасаре // Tengrinews.kz. – 2014. – 10 апр. – URL: <https://tengrinews.kz/events/120-domov-podtopleno-v-atbasare-253388/> (дата обращения: 22.05.2025).
34. РГП «Казгидромет». Ежегодный бюллетень мониторинга климата Казахстана. – 2022. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/>... (дата обращения: 22.05.2025).
35. РГП «Казгидромет». Ежегодный бюллетень мониторинга климата Казахстана. – 2023. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/>... (дата обращения: 25.07.2025).

REFERENCES

1. Myrzakhmetov, A., Dostayeva, A., Isakhan, G., Kanay, M., & Salavatova, Zh. (2021). Review of field surveys of individual typical river channels of the south and southeast of Kazakhstan. *Geography and water resources*, (3), 66-74 [in Russian]
2. Didovets, I., Krysanova, V., Nurbatsina, A., Fallah, B., Krylova, V., Saparova, A., ... & Hattermann, F. F. (2024). Attribution of current trends in streamflow to climate change for 12 Central Asian catchments. *Climatic Change*, 177(1), 16. <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03673-3>
3. Alimkulov, S., Tursunova, A., Kulebaev, K., Zagidullina, A., Myrzahmetov, A., & Saparova, A. (2019). Resources of river runoff of Kazakhstan. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 2242–2250. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F8626.088619>
4. Plekhanov, P. A., & Medeu, N. N. (2019). Extreme hydrological phenomena in the Esil River Basin: Genesis, general patterns of manifestation. *Journal of Ecological Engineering*, 20(7). <https://doi.org/10.12911/22998993/109880>
5. Alimkulov, S. K., Tursunova, A. A., & Saparova, A. A. (2023). Kazakhstan river flow resources under uncertainty. *Hydrometeorology and Ecology*, (1), 57–69. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-100-1-57-69> [in Russian]
6. Chigrinec, A. G., & Burlibaeva, Sh. M. (2018). Minimum river flow in the Buktyrma river basin. *Vestnik KazNU. Seriya geograficheskaya*, 50(3), 24–37. [in Russian]
7. Boldyrev, V. I. (1978). *Rivers of eastern Kazakhstan. Natural conditions and resources*. Alma-Ata: Nauka. [in Russian]
8. Taukenov, T. R., & Erzhanova, Zh. S. (2018). Floods and erosion processes in the Buktyrma river basin. In *The latest research in modern science: experience, traditions and innovations* (pp. 17–25). [in Russian]
9. Gal'perin, R. I., Avezova, A., & Medeu, N. N. (2016). Lots of water is also bad... *Geografija i vodnye resursy*, (1), 31–40. [in Russian]
10. Shul'c, V. L. (1965). *Rivers of Central Asia*. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
11. *Resursy poverhnostnyh vod SSSR*. (1959). *Altai and Western Siberia* (Vol. 15, Pt. 1). Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
12. *Resursy poverhnostnyh vod rajonov...* (1958). *Akmola region of the Kazakh SSR* (Issue 1). Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]

13. Makhmudova, L., Moldakhmetov, M., Mussina, A., Sambetbayev, D., & Zharylkassyn, A. (2023). Flood hazard assessment in the Yesil River basin. AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society, 72(8), 1499–1511. <https://doi.org/10.2166/aqua.2023.060>
14. The Regional Environmental Centre for Central Asia. (2019). Climate change and hydrology in Central Asia: Case study of river basins. – URL: <https://carececo.org/main/ckh/publications/izmenenie-klimata-i-gidrologiya-v-tsentralnoy-azii-issledovanie-otdelnykh-rechnykh-basseynov/> [in Russian]
15. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. (1970). Lower Volga and Western Kazakhstan, Ural-Emba region (Vol. 12, Issue 2). Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
16. Nastavlenija Gidromet. (1973). Hydrological observations and work on large and medium rivers (Issue 6, Part 1). Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
17. Ministerstvo prirodnyh resursov RF. (2018). Determination of hydrographic characteristics by cartographic method (179 p.). <https://meganorm.ru/Data2/1/4293730/4293730221.pdf> [in Russian]
18. Nastavlenie po rekognoscirovochnym... (1949). Manual on reconnaissance hydrographic studies of rivers: Field work (Part 1). Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
19. Ministerstvo nacional'noj jekonomiki RK. (2015). Geodetic works in construction. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35922550 [in Russian]
20. Alimkulov, S., & Myrzahmetov, A. (2023). Hydrographic network of the Republic of Kazakhstan. Issledovaniya, rezultaty, (4) (100), 247–257. <https://doi.org/10.37884/4-2023/27> [in Russian]
21. Metodicheskie ukazaniya. (2012). Guidelines for educational practice in hydrology. Bishkek, 15–16 p. [in Russian]
22. Brunner, G. W. (2016). HEC-RAS river analysis system: User's manual (Version 5.0). U.S. Army Corps of Engineers.
23. Kalashnikova, O., Nurbacina, A., & Nijazov, J. (2023). Flood and flash flood risk assessment for sustainable development in the Zhabay river basin (Kazakhstan). Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research, 2(1), 22–45. <https://doi.org/10.29258/CAJSCR/2023-R1.v2-1/22-45.rus> [in Russian]
24. Ministerstvo grazhdanskoj aviacii SSSR. (1988). Aerial Photography Handbook. Moscow: Vozdushnyj transport. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293786/4293786503.pdf> [in Russian]
25. Agisoft LLC. (2022). Agisoft Metashape: Professional Edition, version 1.8 – User manual.
26. Agisoft LLC. (n.d.). Aerial data processing with GCPs: Orthomosaic & DEM generation. Agisoft Freshdesk. Retrieved July 25, 2025, from <https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000153696>
27. Gosudarstvennyj komitet RF. (2004). Determination of the main calculated hydrological characteristics (72 p.). URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294815/4294815038.pdf> [in Russian]
28. Kudajbergenov, A. (2016, June 7). The Bukhtarma River overflowed its banks in East Kazakhstan. 365info.kz. –URL: <https://365info.kz/2016/06/reka-buhtarma-vyshla-iz-beregov-v-vko> [in Russian]
29. Sputnik. (2017, November 15). Flooding in Atbasar: Cheaper to relocate people. Sputnik.kz. – URL: <https://ru.sputnik.kz/20171115/navodnenie-v-atbasare-deshevle-pereselit-lyudej-chem-stroit-dambu-3776302.html> [in Russian]
30. Zhursin, Z. (2023, March 14). Houses flooded in Kobda village, rescuers opened highway. rus.azattyq.org. – URL: <https://rus.azattyq.org/a/32317159.html> [in Russian]
31. Vaal', T. (2015, April 28). Water level in East Kazakhstan to rise until April 30. Vlast.kz. – URL: https://vlast.kz/novosti/podem_urovnja_vody_v_vko_budet_prodlzhatsja_do_30_aprelja_kchs-10836.html [in Russian]
32. Sosnovskaja, O. (2017, April 21). Akim of East Kazakhstan: No repeat of 2015 flood. Altainews.kz. – URL: <https://altainews.kz/ru/stati/5366-akim-vko-danial-ahmetov-povtoreniya-pavodka-2015-goda-ne-budet.html> [in Russian]
33. Kosenov, A. (2014, April 10). 120 houses flooded in Atbasar. Tengrinews.kz. – URL: <https://tengrinews.kz/events/120-domov-podtopleno-v-atbasare-253388/> [in Russian]
34. Republican State Enterprise «Kazhydromet». (2022). Annual bulletin of monitoring the state and change of climate in Kazakhstan. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/ezhegodny-byulleten-monitoringa-sostoyaniya-i-izmeneniya-klimata-kazahstana> [in Russian]
35. Republican State Enterprise «Kazhydromet». (2023). Annual bulletin of monitoring the state and change of climate in Kazakhstan. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/ezhegodny-byulleten-monitoringa-sostoyaniya-i-izmeneniya-klimata-kazahstana> [in Russian]

БҰҚТЫРМА, ЕСІЛ ЖӘНЕ ЖАЙЫҚ ӨЗЕНДЕРІ БАССЕЙНДЕРІНІҢ СИПАТТАМАЛЫҚ УЧАСКЕЛЕРІН ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТАБИҒИ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Алия А. Нурбацина¹, Жанат Т. Салаватова^{1,2*}, Жанибек Ж. Смагулов¹, Кайрат М. Кулебаев¹, Ахан Б. Мырзахметов¹

¹ География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан; aliya.nurbatsina@gmail.com, salavatova.07@gmail.com, zh.zh.smagulov@mail.ru, kairat.kulebayev@mail.ru, ahan_myrzhametov@mail.ru

² әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, География және табиғатты пайдалану факультеті, Алматы, Қазақстан; salavatova.07@gmail.com

Автор корреспонденциясы: Жанат Т. Салаватова, salavatova.07@gmail.com

ТҮЙІН СӨЗДЕР

далалық зерттеулер, гидрометриялық және барлау жұмыстары, аэрофототүсірілім, өзен профилі, су ағыны, су басу аймақтары

АБСТРАКТ

Бұл жұмыста модельдеу негізінде (Бұқтырма, Есіл, Жайық өзендерінің мысалында) Қазақстан өзендері бассейндерінің қазіргі заманғы және болжамды гидрологиялық өзгерістерін бағалау жобасы шеңберінде Бұқтырма, Есіл және Жайық өзендерінің бассейндерінде жүргізілген далалық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Жүргізілген ғылыми зерттеудің негізгі нәтижелерінің бірі гидравликалық модельдеу көмегімен жекелеген сипаттамалық учаскелер бойынша өзендердің

Мақала жайында:

Жіберілді: 26.05.2025

Қайта қаралды: 06.08.2025

Қабылданды: 18.09.2025

Жарияланды: 01.10.2025

жайылмаларын су басу алаңдарының карталарын әзірлеу және салу үшін пайдаланылатын алгоритмді әзірлеу және зерттелетін бассейндердегі көлденең профильдерді, ортофотопландарды алу болды. Карталарды жасау процесінде ұшқышсыз ұшу аппаратымен аймақты аэрофототүсірілім арқылы алынған цифрлық рельеф үлгілері пайдаланылатын болады. Су тасқыны аймағын анықтау үшін өзендердің ұзындығы бойынша көлденең профильдер жасалды және олардың көріну орындарындағы гидрологиялық процестердің сипаттамалары алынды. Жұмыс нәтижелері Қазақстанның зерттелетін өзендері режимінің динамикасын түсінуге елеулі үлес қосады және су ресурстарын басқару және гидрологиялық құбылыстардың салдарын барынша азайту үшін қажетті құралдармен қамтамасыз етеді.

HYDROLOGICAL SURVEYS OF TYPICAL BASIN AREAS OF BUKTYRMA, ESIL, ZHAYIK RIVERS

Aliya Nurbatsina¹, Zhanat Salavatova^{1,2*}, Zhanibek Smagulov¹, Kairat Kulebayev¹, Akhan Myrzakhmetov¹

¹ Institute of Geography and Water Security, Almaty, Kazakhstan; aliya.nurbatsina@gmail.com, salavatova.07@gmail.com, zh.zh.smagulov@mail.ru, kairat.kulebayev@mail.ru, ahan_myrzakhmetov@mail.ru

² al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Almaty, Kazakhstan; salavatova.07@gmail.com

Corresponding author: Zhanat Salavatova, salavatova.07@gmail.com

KEY WORDS

field research,
hydrometric and reconnaissance
work,
aerial photography,
river profile,
water flow,
floodplains

About article:

Received: 26.05.2025

Revised: 06.08.2025

Accepted: 18.09.2025

Published: 01.10.2025

ABSTRACT

This paper presents the results of field studies conducted in the Buktyrma, Esil and Zhayik river basins as part of a project to assess current and projected hydrological changes in Kazakhstan's river basins based on modelling (using the Buktyrma, Esil and Zhayik rivers as examples). One of the main results of the scientific research was the development of an algorithm and the acquisition of cross-sectional profiles and orthophoto plans in the studied basins, which will be used to develop and construct maps of river floodplain inundation areas for individual characteristic sections using hydraulic modelling. Digital terrain models obtained by aerial photography of the area using unmanned aerial vehicles will be used in the process of creating maps. To determine the flood zone, cross-sections were plotted along the length of the rivers and the characteristics of hydrological processes at the sites of their occurrence were obtained. The results of the work contribute significantly to the understanding of the dynamics of the studied rivers in Kazakhstan and provide the necessary tools for water resource management and minimisation of the consequences of hydrological phenomena.

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).