



АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

DOI 10.51885/1561-4212\_2023\_3\_20

MPHTI 20.23.27

**М.Р. Айтжанова<sup>1</sup>, С.Б. Жапарова<sup>2</sup>**

Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, г. Кокшетау, Казахстан

<sup>1</sup>E-mail: madina0794e@gmail.com\*

<sup>2</sup>E-mail: zhaparova77@mail.ru

### АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЖАБАЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

### ҒАЖ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖАБАЙ ӨЗЕНІНІҢ БАССЕЙНІНДЕ КӨКТЕМГІ СУ ТАСҚЫНЫНЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНЫҢ АЛҒЫШАРТТАРЫН ТАЛДАУ

### ANALYSIS OF THE PREREQUISITES FOR THE OCCURRENCE OF SPRING FLOODING IN THE ZHABAI RIVER BASIN USING GIS-TECHNOLOGIES

**Аннотация.** Акмолинская область, расположенная в умеренном поясе, характеризуется ярко выраженным континентальным климатом. Это означает, что здесь происходят значительные сезонные изменения температуры и существует общий дефицит влаги. Лето здесь очень жаркое, а зима холодная, причем переходные сезоны довольно короткие. Весной, с наступлением тепла и интенсивного таяния снега, возникают наводнения и затопления на территории водосборов отдельных рек. Это приводит к значительным экономическим потерям для региона.

В работе представлены данные по оценке геоэкологических последствий затопленных территорий Акмолинской области и исследованы ГИС-методы прогнозирования и мониторинга паводка, проведены исследования почвы после затопления территории, рассмотрены показатели гранулометрического состава, влажности, реакции среды.

**Ключевые слова:** паводок; прогнозирование паводков; опасные гидрологические явления; геоинформационные системы; оценка риска

**Аңдатпа.** Қоңыржай белдеуде орналасқан Ақмола облысы айқын континенттік климатпен сипатталады. Бұл температураның айтарлықтай маусымдық өзгерістері бар екенін және жалпы ылғал тапшылығы бар екенін білдіреді. Жаз өте ыстық, ал қысы суық, өтпелі кезеңдер өте қысқа. Көктемде жылудың басталуымен және қардың қарқынды еруімен жекелеген өзендердің су жинау аймағында су тасқыны пайда болады. Бұл аймақ үшін айтарлықтай экономикалық шығындарға әкеледі.

Жұмыста Ақмола облысының су басқан аумақтарының геоэкологиялық салдарын бағалау және су тасқынын болжау мен бақылаудың ҒАЖ әдістері зерттелген, аумақты су басқаннан кейінгі топырақ зерттелген, бөлшектердің мөлшерінің таралу көрсеткіштері, ылғалдылық және қоршаған ортаға әсер ету көрсеткіштері берілген.

**Түйін сөздер:** су тасқыны; су тасқынын болжау; қауіпті гидрологиялық құбылыстар; геоақпараттық жүйелер; қауіп-қатерді бағалау

**Abstract.** Akmola region, located in the temperate zone, is characterized by a pronounced continental climate. This means that there are significant seasonal temperature changes and there is a general shortage of moisture. Summers are very hot here, and winters are cold, and the transitional seasons are quite short. In spring, with the onset of heat and intense melting of snow, floods and flooding occur in the catchment areas of individual rivers. This leads to significant economic losses for the region.

*The paper presents data on the assessment of the geoeological consequences of the flooded territories of the Akmola region and investigated GIS-methods for forecasting and monitoring floods, studied soils after the flooding of the territory, considered indicators of particle size distribution, humidity, and environmental response.*

**Keywords:** flood; flood forecasting; dangerous hydrological phenomena; geoinformation systems; risk assessment

*Введение.* Резко возрастающее количество гидрологических опасных явлений и чрезвычайных ситуаций природного характера вызывает актуальность изучения предпосылок и условий их образования, характеристик и особенностей пространственно-временного распространения, а также мониторинга и прогнозирования возможности их появления. Для улучшения анализа и оценки опасных гидрологических явлений необходимо использовать накопленные данные о природно-климатических условиях и применять современные технологии в области сбора, обработки, моделирования и представления пространственно-временных данных, а также ведения кадастра и мониторинга водных объектов [1]. Геоинформационные системы (ГИС) обладают возможностями для гидрологического моделирования, которые помогают анализировать различные характеристики водных явлений и определять потенциальные опасности [2].

С наступлением весны Акмолинская область подвергается воздействию весенних паводков вследствие повышения уровня воды в реках, что приводит к подтоплению полей, административных участков, жилых домов и к ухудшению качества состояния окружающей среды на данных территориях [3]. Исследование особенностей формирования опасных паводков на реках Акмолинской области необходимо для выработки решений по управлению рисками опасных природных явлений, определения возможностей их оперативного прогнозирования. По территории области протекает несколько рек, среди них наиболее крупные: Есиль, Нура, Колутон, Селеты, Жабай, Чаглинка и Кылшақты. Ежегодно Атбасарский район является объектом возможного возникновения весенних паводков вследствие повышенного уровня снеготаяния [4]. При повышении температуры воздуха, интенсивном снеготаянии и сильном солнечном излучении возникают паводки и затопления на территориях водосборов отдельных рек, что причиняет серьезные экономические убытки региону. Ситуация усложняется отсутствием достаточного количества гидрологических постов для полноценного мониторинга водных объектов, что затрудняет измерения весеннего стока и прогнозирование паводковых ситуаций.

Практическая значимость исследования обусловлена острой необходимостью управления паводковыми рисками в данном регионе.

Наводнение может вызвать разрушение различных конструкций в результате размыва и подмыва грунта. Оно может способствовать переносу опасных веществ, которые могут выливаться из поврежденных хранилищ, и приводить к загрязнению обширных территорий, ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки, образованию болот и возникновению пожаров из-за обрывов электрических кабелей и проводов. Кроме того, паводок может вызывать оползни, обвалы, аварии на транспорте и промышленных объектах [4]. Последствия наводнений имеют различный масштаб, который зависит от ряда факторов, включая продолжительность наводнения, скорость потока воды, площадь затопления, время года, населенность региона, уровень хозяйственной деятельности на затопленных участках, наличие защитных гидротехнических сооружений и готовности к паводку. Во время весеннего паводка происходит смыв иловых частиц почвы, а также органических остатков. Кроме того, легкорастворимые соли и другие вещества будут удалены из почвы [4].

В мировом масштабе для мониторинга паводковой опасности активно используется метод дистанционного зондирования, который обеспечивает синоптическое и частое наблюдение за земной поверхностью [5]. Часто охват земной поверхности осуществляется

спутниковым зондированием. Землю наблюдают от двух раз в день до почти 20-дневного интервала с помощью различных датчиков. Таким образом, можно получить покрытие затопленной территории до, во время и после паводка для картирования и мониторинга. Полученная информация может быть использована для борьбы с паводками, планирования противопаводковых мероприятий, зонирования поймы и т.д. Оконтуривание затопленной территории с использованием обычных методов является сложной, дорогостоящей и трудоемкой задачей. Может оказаться невозможным нанести на карту всю затронутую территорию из-за затрудненного доступа к затопленной территории и большего времени, затрачиваемого на обычное обследование [5]. Время пикового паводка и прохождения спутника могут не совпадать, и из-за отступления паводка может быть невозможно очертить напрямую максимальную степень паводка. Так как территория, с которой отступает паводок, имеет влажную почву, максимальная протяженность может быть очерчена косвенно. В сезон дождей небо часто затянуто облаками, поэтому изображения либо полностью затянуты облаками, либо видна только часть затопленной территории. Таким образом, на данный момент использование космического мониторинга с помощью космических снимков для анализа паводковой обстановки считается недостаточно эффективным.

Исследование данной проблематики с применением геоинформационных систем (ГИС) позволяет достичь более точного прогнозирования возможных паводков и эффективной оценки рисков, тем самым предотвращая негативные последствия. В свете этого, требуется всесторонняя оценка геоэкологического состояния затопляемых территорий, основанная на данных геоэкологического мониторинга, с использованием методов дистанционного зондирования и технологий геоинформационных систем. Это позволит получить более полную картину и понимание экологических последствий паводков и будет способствовать разработке эффективных мероприятий по предотвращению негативного воздействия.

Комплексный геоэкологический анализ и мониторинг с использованием дистанционных методов и ГИС-технологий являются неотъемлемой частью этого процесса. Они предоставляют надежную информацию для определения экологического статуса затопляемых территорий и позволяют осуществлять точное прогнозирование и оценку возможных рисков. Благодаря этому, можно разрабатывать и реализовывать эффективные стратегии и меры для снижения негативных последствий паводков и защиты окружающей среды [2]. Нами были проведены исследования на водосборной территории реки Жабай по гранулометрическому составу почвы после весеннего паводка и был проведен сравнительный химический анализ водоёмов реки Жабай.

*Материалы и методы исследования.* Для определения гранулометрического состава почв было использовано следующее оборудование: набор сит (с поддоном); весы лабораторные; стаканчики стеклянные; ступка фарфоровая; пестик; чашка фарфоровая; груша резиновая; нож; эксикатор; сушильный шкаф.

В ходе исследования были проанализированы фактические данные о тяжести последствий весеннего паводка, вызванного с таянием снега, в Атбасарском районе Акмолинской области. Внимание было уделено вопросу о необходимости применения ГИС-технологий для эффективного мониторинга и предупреждения весенних паводков. В результате проведенного анализа были исследованы факторы, оказывающие влияние на остроту последствий весенних паводков, и их связь с таянием снега в весенний период. Было выявлено, что использование ГИС-технологий играет значительную роль в эффективном мониторинге и предупреждении весенних паводков. Они позволяют собирать и анализировать разнообразные данные, включая информацию о топографии, гидрологических характеристиках и климатических условиях региона.

Применение ГИС-технологий позволяет более точно определять уязвимые зоны, прогнозировать потенциальные риски и разрабатывать соответствующие меры предупреждения и защиты от весеннего паводка. Они способствуют эффективному сбору, хранению и анализу данных, что обеспечивает более своевременное и точное принятие решений в области гидрологической безопасности.

Таким образом, исследование подтверждает необходимость использования ГИС-технологий в решении проблемы мониторинга и предупреждения весенних паводков, а также указывает на их важную роль в обеспечении безопасности и защиты территорий от негативных последствий паводков.

*Результаты и их обсуждение.* Проблема весеннего паводка актуальна для Акмолинской области ежегодно, однако в 2017 году паводок на реке Жабай достиг катастрофических масштабов, в связи с чем был введен режим ЧС. Согласно годовым отчетам ДЧС, только в Атбасарском районе наводнению было подвержено 10 населенных пунктов, подтоплено 454 дома. Казгидромет прогнозировал объем ожидаемого половодья на реке Жабай от 300-400 млн м<sup>3</sup>, в действительности прошло порядка 600 млн м<sup>3</sup>.

Проведен анализ гидрологических прогнозов для реки Жабай в период с 2017 по 2019 годы. В 2017 году был зафиксирован высокий уровень весеннего паводка, достигший отметки 6,1 м при критической отметке 3,45 м; объем влагозапасов на начало активного снеготаяния составлял 827 млн м<sup>3</sup>. В 2018 году, хотя уровень реки также поднялся до 3,6 м, затоплений домов не произошло, при этом на начало активного снеготаяния объем влагозапасов составлял 784 млн м<sup>3</sup>. В 2019 году также было отмечено поднятие уровня реки до 3,7 м; объем влагозапасов на начало активного снеготаяния составлял 427 млн м<sup>3</sup>.

Эти данные указывают на переменную степень влияния весеннего паводка в разные годы. В 2017 году высокий уровень реки привел к значительным затоплениям и значительному объему влагозапасов. В 2018 и 2019 годах, несмотря на поднятие уровня реки до критической отметки, затоплений домов не произошло, объем влагозапасов был относительно ниже. Это может свидетельствовать о различных факторах, влияющих на степень тяжести весенних паводков. В 2020 и 2021 годах превышения уровня воды в реке Жабай не наблюдались.

Для гранулометрического анализа на исследуемой территории был проведен сбор образцов почвы. При просеивании почвы потеря грунта была разделена по фракциям, пропорциональным их весу. Результаты гранулометрического анализа представлены на рис. 1. Эти данные позволяют оценить изменения уровня реки Жабай и объем влагозапасов на начало активного снеготаяния в указанные годы. Также проведенный гранулометрический анализ почвы помогает лучше понять состав и структуру почвенного слоя на исследуемой территории.

Анализ гранулометрического состава почвы показал, что наибольшую долю составляет песчаная фракция, которая составляет 49,39 % от общего объема пробы. Эти результаты указывают на то, что весеннее половодье будет оказывать влияние на изменение гранулометрического распределения в почвенном профиле.

Для оценки влагоудерживающей способности почвы и ее реакции на изменения водного режима во время половодья в ходе полевых исследований на затопленной территории была измерена гигроскопическая влажность почвы (рис. 2). Анализируя представленную диаграмму, можно сделать вывод, что наибольшее значение влажности почвы было зарегистрировано во втором слое по глубине, а по мере продвижения в глубину уровень влажности снижался. Это говорит о том, что второй горизонт является наиболее влажным, в то время как более глубокие слои имеют более

низкую влажность.

Информация, полученная из диаграммы, позволяет сделать выводы о вертикальном распределении влажности почвы на исследуемой территории. Эти данные могут быть полезны для понимания водного режима почвы на различных глубинах и его влияния на рост и развитие растений, а также для планирования агрономических мероприятий.

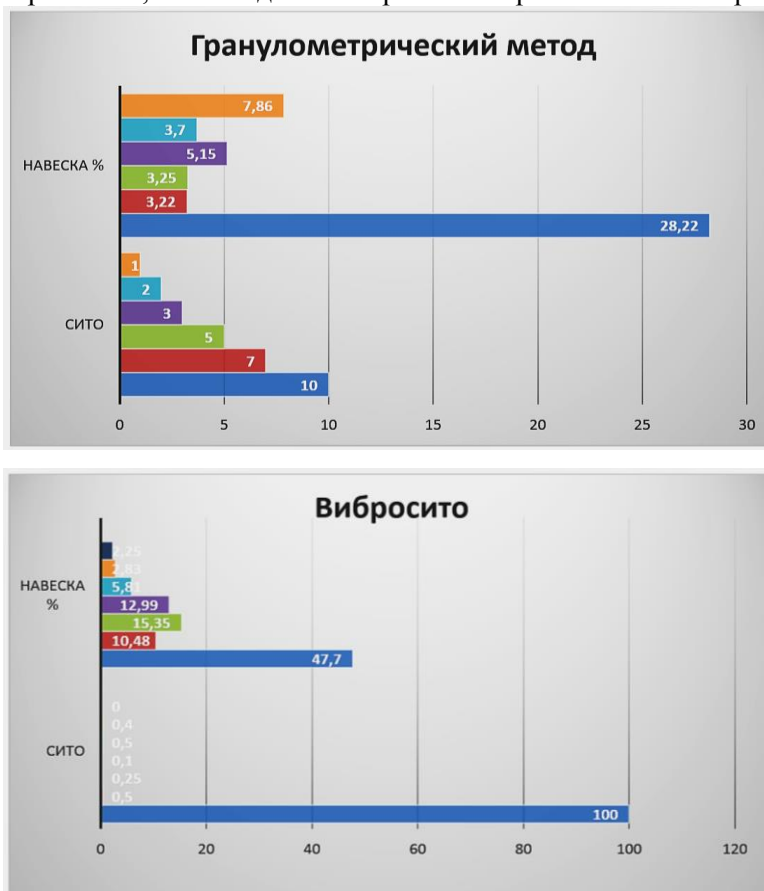


Рисунок 1. Результаты гранулометрического анализа

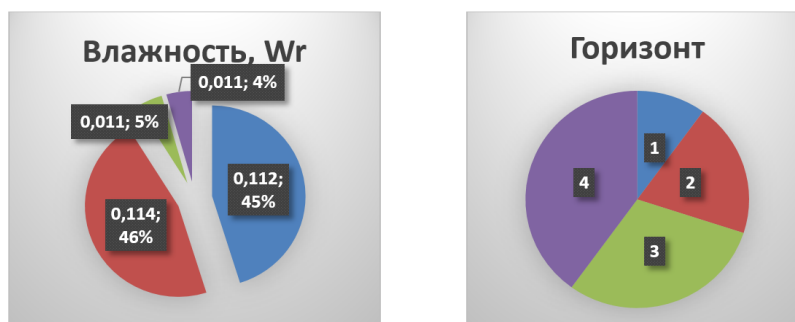


Рисунок 2. Влажность ( $W_g$ )

Таблица 1. Гигроскопическая влажность ( $K_g$ )

Горизонт	Гигроскопическая влажность, $K_g$

1	1,000123279
2	1,0011453094
3	1,0001099303
4	1,0001101375

Из представленных данных следует, что наибольшее значение гигроскопической влаги было зарегистрировано во втором слое почвы, начиная от поверхности. С увеличением глубины уровень гигроскопической влаги постепенно снижается. Это указывает на то, что второй горизонт является областью с наиболее высокой способностью почвы удерживать влагу, в то время как глубокие слои имеют более низкую гигроскопическую влагу.

**Таблица 2.** Коэффициент воздушно-сухой почвы (К)

Горизонт	Коэффициент воздушно-сухой почвы К
1	0,9998767252
2	0,9988560008
3	0,9998900818
4	0,9998898746

Геологическое основание ландшафта, рельеф и высокий уровень грунтовых вод оказывают значительное влияние на процессы эрозии и накопления в руслах рек.

Согласно исследованиям, скорость течения воды, состав русловых отложений и литологическая структура участка имеют важное значение для разрушения и размыва берегов реки во время паводков. Продолжительность затопления также оказывает влияние на качество почвы. Если продолжительность затопления не превышает 20...25 дней, то качество почвы на исследуемой территории может улучшаться. Однако продолжительные паводки могут привести к негативным изменениям в свойствах почвы. Кроме того, окружающая среда является одним из параметров, подверженных изменениям в результате затопления территории. Паводки могут привести к загрязнению воды и обширным территориальным изменениям, включая утрату биоразнообразия и нарушение экологического равновесия.

При выборе количества отобранных образцов следует руководствоваться государственными нормативными документами и рекомендациями по отбору образцов из природных сред.

Результаты измерения рН представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Средние значения рН в 2020 году по месяцам

Месяц в году	1,02	2,02	3,03	4,04	5,05	6,06	7,07
Показатели реакции среды	7,00	6,67	6,26	6,62	6,79	7,29	6,78

Анализ средних значений рН позволяет сделать следующие наблюдения: в марте 2020 года окружающая среда имела слабокислую реакцию, в июне – слабощелочную, в остальные месяцы – близкую к нейтральной. Динамика изменения рН представлена на рис. 3.

Был проведен сравнительный химический анализ водоемов реки Жабай (табл. 4). Химический анализ является обязательным для всех источников воды. В этом анализе изучаются физико-химические параметры воды, а также органолептические показатели. Результаты сравниваются с санитарными нормами, установленными СанПиН 2.1.4.1074-01.

Отклонение от максимально допустимых концентраций химических элементов в воде, регулируемых указанным документом, является причиной для признания воды непригодной или пригодной для питья и для экономических нужд: марганец – 0,1 мг/л; нефтепродукты – 0,1 мг/л; мышьяк – 0,05 мг/л; никель – 0,1 мг/л. Общая жесткость не должна превышать 7 мг-экв/л, общая инерализация – 1000 мг/л. Это всего лишь небольшая часть двух химических индикаторов, на самом деле их намного больше. Например, основная методология исследования водных ресурсов предполагает оценку 16 показателей. Расширенная техника проводится по более чем 30 показателям.

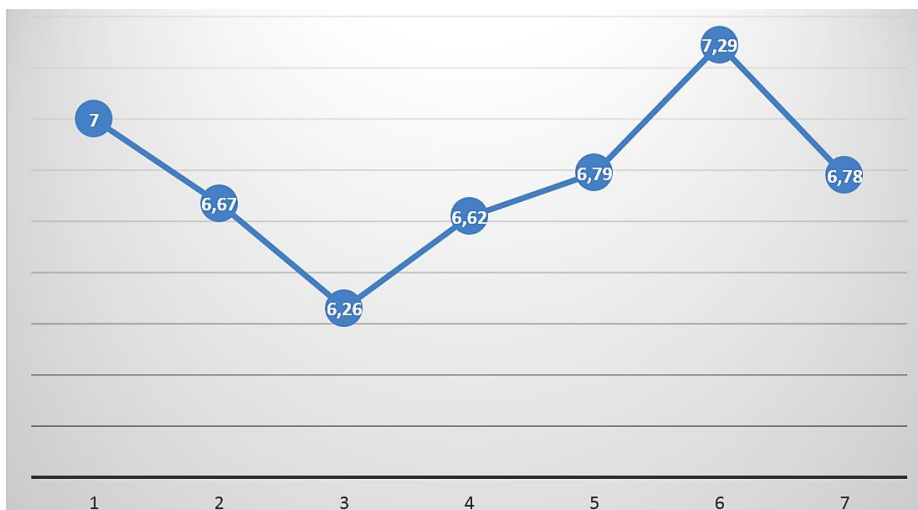


Рисунок 3. Динамика pH по месяцам

Таблица 4. Сравнительный химический анализ водоемов р. Жабай май 2021 г.

Показатель	Единицы измерения	ПДК	р. Жабай	
			г. Атбасар	с. Балкашино
pH		Нет	8,19	8,15
аммоний солевой (по N), NH <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,695	0,762
нитриты, азот нитритный, NO <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,08 (0,02 по N)	0,014	0,013
нитраты, азот нитратный, NO <sub>3</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	40,0 (9,1 по N)	0,57	0,646
ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	Нет	43	40
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	До 3 мгО <sub>2</sub> /л вкл.-3 Более 3 до 15 -2 Свыше 15 -1	1,46	1,63
железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,28	0,187
нефтепродукты (общее содержание углеводородов)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,01
взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	Нет	7,8	9,6
ПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	Нет	0,003	0,001

По результатам исследования видно, что нежелательными являются ионы хлора и

натрия, содовые воды (содержащие карбонаты натрия), ионы, приводящие к защелачиванию почв (воды с повышенным содержанием гидрокарбонатов).

Подтопление сельскохозяйственных культур в осенне-летний период имеет отрицательное влияние на их урожайность и может привести к полной потере урожая на исследуемой территории.

Результаты проведенных исследований подтверждают наличие значительного экологического риска, связанного с весенними паводками и их потенциальным воздействием на геоэкологическое состояние территории и критерии экологического качества почвы [5]. Параметры экологического качества почвы оценивают отсутствие химического и токсикологического загрязнения, а также его потенциальное влияние на почву, учитывая риск загрязнения [6]. Экологическое качество почвы также имеет прямую связь с воздействием на экосистемы и здоровье людей [7]. Эти критерии играют важную роль в оценке состояния окружающей природной среды, разработке методов контроля загрязнений и снижении связанных с ними рисков [8].

С целью обеспечения устойчивого развития и сохранения экологической устойчивости важно принимать во внимание результаты исследований, проводить регулярный мониторинг и разрабатывать эффективные стратегии управления рисками паводков и контроля загрязнений для минимизирования их воздействия на почву, экосистемы и здоровье людей. Чтобы избежать негативных последствий на окружающую среду и на экономику региона, необходимо проводить своевременный мониторинг для прогнозирования возникновения паводков. Сегодня это возможно с использованием IT-технологий.

Современный мониторинг паводков основывается на использовании ГИС-технологий для оценки и отслеживания метрических параметров паводков и их связи с важными объектами в пространстве и времени. Для организации непрерывного мониторинга паводков в бассейне реки Жабай предлагается разработать и внедрить ГИС-систему на основе программы ArcGIS[9].

ГИС-технологии в прогнозировании и моделировании природных явлений не являются новинкой и в Казахстане используются, но на данный момент они не применяются в водно-хозяйственном бассейне реки Жабай.

Важным аспектом ГИС-оценки паводков является получение производных данных, отражающих особенности опасности паводков. Для этого используется схема ГИС-оценки, которая основывается на топографических данных масштаба 1:100 000. Цифровая модель рельефа, полученная из векторных изолиний и отметок высот и глубин, служит основой для оценки высоты. Путем проецирования снимков Landsat на поверхность GRID создается наглядная и метрически точная цифровая модель местности, которая помогает принимать обоснованные территориальные решения [9].

Таким образом, ГИС-технологии предоставляют эффективные инструменты для мониторинга и оценки паводков, что позволяет принимать обоснованные решения и снижать риски, связанные с ними, на исследуемой территории.

Принято, что мониторинг и прогнозирование паводков с использованием ГИС-технологий связано с применением различных сложных аналитических процедур и обработкой большого количества статистической информации [9].

Первоначальным этапом является моделирование реки и оценка риска возникновения паводка. Для этого необходимо обладать обширным объемом информации [2]. Важно знать, что происходит в русле реки и какие участки имеют большую вероятность разлива. Также необходимо учитывать площадь водосбора, где может возникнуть значительное количество талой воды. Это требует данных о гидрологии местности, таких как осадки и



их интенсивность, снегозапасы, влажность почвы, а также морфологические характеристики почв и состояние флоры и фауны.

Для изучения опасных геологических явлений в бассейне реки Жабай требуются морфометрические исследования с использованием цифровых моделей рельефа (ЦМР) водосбора. ЦМР позволят определить зоны потенциального затопления во время паводков. Для этой цели можно воспользоваться космическими снимками, например спутниковыми снимками Landsat, которые доступны бесплатно. ЦМР предоставят достаточно информации о сети стока в водосборном бассейне и выявят участки, которые могут быть потенциально затоплены в прибрежных районах [10].

Доступны различные модели рельефа, включая SRMT и ASTER, которые широко используются в гидрологическом моделировании. Однако они не могут точно прогнозировать зоны затопления из-за неточностей в привязке поверхностей. При работе с такими данными необходимо проводить корректировки, так как невозможно учесть все объекты, такие как здания и растительный покров, находящиеся на поверхности [11].

Таким образом, для эффективного прогнозирования и оценки риска паводков необходимо провести моделирование реки и учесть множество факторов, таких как гидрологические данные и морфологические особенности местности. Правильное использование ЦМР и корректировка данных позволят получить более точные результаты и определить потенциально затопляемые участки на исследуемой территории [12].

Для создания более высокоточных ЦМР необходимо использование данных съемок с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) таких как GeoScan-201, DJI Phantom и др., которые могут обеспечить точность до 2...7 см [13]. Обычно для расшифровки снимков с БПЛА используются различные программы, но более удобной является ArcGIS [14]. Для этого в программе ArcGIS существует целый ряд инструментов группы «Гидрология» (Hydrology), которые позволяют выполнять различные операции, с помощью которых бассейн реки разделяется на долины притоков, которым присваиваются порядки в зависимости от интересующего метода – Стралера или Шерве. Так как в ЦМР присутствует информация о каждом пикселе, программа может создать растр направлений стока на основе алгоритма вычислений при разности высот ячеек растра с использованием фокальной статистики [15].

ArcGIS является мощным инструментом ГИС, который предоставляет значительные преимущества по сравнению с другими программами. Одно из его главных преимуществ состоит в возможности моделирования зон затопления не только на малых участках, но и на всей протяженности. Это особенно полезно при проведении пространственного анализа и оценке рисков паводков.

Для моделирования зон затопления в ArcGIS можно использовать результаты LIDAR-съемки. LIDAR (лазерное дистанционное зондирование) позволяет получить точные данные о высоте поверхности, что помогает в создании цифровых моделей рельефа с высокой точностью. Такие данные позволяют более точно определить зоны потенциального затопления и провести более надежный анализ рисков и последствий паводков. Использование ArcGIS в сочетании с LIDAR-съемкой обеспечивает возможность более точного и полного моделирования зон затопления, что важно для эффективного планирования и принятия мер по управлению рисками, связанными с паводками.

Программа ArcGIS обладает расширенным функционалом и возможностью создания реалистичного 3D-представления местности, что позволяет получать более информативное и наглядное изображение. Это дает возможность более глубокого исследования и визуализации данных. Использование ArcGIS при моделировании затопления позволяет расширить границы анализа и получить более точное представление о протекании

паводковой ситуации на всей территории, а также создать более реалистичное и понятное визуальное представление этой информации [16].

Результатом проделанной работы является растровая модель водосборного бассейна, разбитая на множественные объекты. Данный машинный способ выделения водоразделов требует ручной корректировки, т.к. на схеме можно наблюдать некоторые выделенные мелкие участки друг у друга внутри.

*Заключение.* Исследования показывают, что весенние паводки всегда оказывают негативное воздействие на затопленные территории, приводя к изменению геоэкологического баланса, нарушению рельефа, ухудшению плодородия почв, изменению биоценоза и разрушению природных образований.

Использование различных подходов и ГИС-технологий для моделирования зон затопления позволяет эффективно планировать и реализовывать противопаводковые мероприятия, предотвращая или минимизируя возможные угрозы. Современные информационные технологии обеспечивают полную и гибкую геоинформационную поддержку принятия решений в чрезвычайных ситуациях. В связи с этим, использование ГИС-технологий для определения зон затопления в бассейне реки Жабай становится стратегически важной необходимостью.

Проведенные исследования показывают необходимость активного использования ГИС-технологий при моделировании и предотвращении паводковых рисков. Это поможет сохранить геоэкологическое равновесие и защитить затопляемые территории от негативных последствий паводков.

#### Список литературы

1. Пузанов А.В., Зиновьев А.Т., Безматерных Д.М., Резников В.Ф., Трошкин Д.Н. Опасные гидрологические явления в бассейне Верхней Оби: современные тенденции и прогнозирование // Водное хозяйство России: сб. статей. – М., 2018. – № 4. – С. 69-77.
2. Сагинтаев Ж., Атанов С., Гафуров А. Обзор методов моделирования для оценки риска геологической опасности // Центральноазиатский журнал исследований воды. – 2017. – № 3(1). – С. 39-48.
3. Дорожная карта противопаводковых мероприятий на 2021-2023 годы. [Онлайн]. – Доступно: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer/documents/details/116470?lang=ru> (дата обращения: 10.05.2023).
4. Ломакина, С.С. Геоэкологический мониторинг поверхностных вод Северного Казахстана с использованием дистанционных методов и ГИС-технологий: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. – Омск, 2019. – 124 с.
5. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пономарчук А.И. Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач: практикум: учеб. пособие. – Пермь, 2014. – 91 с.
6. Авдеева Т.Н., Истомина М.Н., Кочарян А.Г., Лебедева И.П. Исследование генезиса современных наводнений и их экологических последствий // Безопасность энергетических сооружений: сб. статей. – М., 2004. – Вып. 12. – С. 436-448.
7. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. – М., 2003. – 352 с.
8. Дьяконов К.Н., Покровский С.Г. Теория и практика выделения природно-хозяйственных систем // География и природные ресурсы. – 2001, № 2, с. 16-21.
9. Дамберг В. Э. "Проблемы прогнозирования паводков и наводнений". Студенческий. – 2018, № 11-5(31), с. 66-70.
10. Elissavet Feloni, Ioannis Mousadis. Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach – The case of Attica region // Journal of Flood Risk Management. – 13(3) [Онлайн]. – Доступно: [https://www.researchgate.net/publication/335372759\\_Flood\\_vulnerability\\_assessment\\_using\\_a\\_GIS-based\\_multi-criteria\\_approach\\_-\\_The\\_case\\_of\\_Attica\\_region](https://www.researchgate.net/publication/335372759_Flood_vulnerability_assessment_using_a_GIS-based_multi-criteria_approach_-_The_case_of_Attica_region)
11. Андреев Д.В. Применение ГИС-технологий с целью определения затопления в Республике Саха (Якутия) // Успехи современного естествознания. – 2019. – №11. – С. 43-47.

12. Усачев В.Ф., Бурда Н.Ю. Наводнения и геоинформационные технологии / Государственный гидрологический институт [Онлайн]. – Доступно: <http://old.hydrology.ru/depart/dep/lgis/literature/28.pdf> (дата обращения: 10.05.2023).
13. Абрамов Н.Д. Использование ГИС-технологий при проведении экологической оценки территории // Современные проблемы территориального развития: эл. журн. – 2019. – № 2. [Онлайн]. – Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-gis-tehnologiy-pri-provedenii-ekologicheskoy-otsenki-territorii/viewer>
14. Авакян А.Б., Истомина М.Н. Наводнения как глобальная многоаспектная проблема // Вестник РАН. – 2002. – Том 72. – № 12. – С. 1-21.
15. Fernández, D.S. and Lutz, M.A. (2010) Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis // *Engineering Geology*, 111, 90-98. – <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>
16. Ștefan Bilașco, Gheorghe-Gavrilă Hognogi, Sanda Roșca, Ana-Maria Pop, Vescan Iuliu, Ioan Fodorean, Alexandra-Camelia Marian-Potra and Paul Sestras. Flash Flood Risk Assessment and Mitigation in Digital-Era Governance Using Unmanned Aerial Vehicle and GIS Spatial Analyses Case Study: Small River Basins. – 2022. – 14(10), 2481. – <https://doi.org/10.3390/rs14102481>

#### References

1. Puzanov A.V., Zinov'ev A.T., Bezmaternyh D.M., Reznikov V.F., Troshkin D.N. Dangerous hydrological phenomena in the Upper Ob basin: current trends and forecasting//Collected articles. Water industry in Russia. – M., 2018. – №4. – P 69-77.
2. Sagintaev ZH., Atanov S., Gafurov A. Overview of modeling methods for assessing the risk of geological hazard // *Central Asian Journal of Water Research* – 2017. – № 3(1). – P. 39-48.
3. Dorozhnaya karta protivopavodkovykh meropriyatij na 2021-2023 gody. – <https://www.gov.kz/memleket/entities/emerg/documents/details/116470?lang=ru> (data obrashcheniya: 10.05.2020).
4. Lomakina, S.S. Geoecological monitoring of surface waters of Northern Kazakhstan using remote methods and GIS technologies: dis. ... cand. of geogr. sciences: 25.00.36 / Lomakina Svetlana Sergeevna; [Place of defense: National Research Tomsk State University]. – Omsk, 2019. – 124 p.
5. SHihov A.N. Geoinformation systems: the use of GIS technologies in solving hydrological problems: workshop: textbook / A.N. SHihov, E.S. CHerepanova, A.I. Ponomarchuk; Perm. state nat. research un-t. – Perm', 2014. – 91 s.
6. Avdeeva T.N., Istomina M.N., Kocharyan A.G., Lebedeva I.P. Investigation of the genesis of modern floods and their ecological consequences // Collection of articles. Safety of power structures. – M., 2004. – issue 12. – P. 436-448
7. Vorobyov Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. Catastrophic floods of the beginning of the XXI century: lessons and conclusions. – M., 2003. – 352 p.
8. Diakonov K.N., Pokrovsky S.G. Theory and practice of allocation of natural and economic systems // *Geography and natural resources*. – 2001. – No. 2. – P. 16-21.
9. Damberg V.E. Problems of Forecasting Floods and Floods / V.E. Damberg // *Student*. – 2018. – № 11-5(31). – P. 66-70
10. Elissavet Feloni, Ioannis Mousadis. Flood vulnerability assessment using a GIS- based multi- criteria approach – The case of Attica region//*Journal of Flood Risk Management* 13(3) [Electronic resource]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/335372759\\_Flood\\_vulnerability\\_assessment\\_using\\_a\\_GIS-based\\_multi-criteria\\_approach\\_-\\_The\\_case\\_of\\_Attica\\_region](https://www.researchgate.net/publication/335372759_Flood_vulnerability_assessment_using_a_GIS-based_multi-criteria_approach_-_The_case_of_Attica_region)
11. Andreev D.V. The use of GIS technologies to determine flooding in the Republic of Sakha (Yakutia) // *Advances in modern natural science*. – 2019. – №11. – S. 43-47
12. Usachev V.F., Burda N.YU. Floods and geoinformation technologies / State Hydrological Institute. [Electronic resource]. – URL: <http://old.hydrology.ru/depart/dep/lgis/literature/28.pdf> (data obrashcheniya: 10.05.2023).
13. Abramov N.D. The use of GIS technologies in the environmental assessment of the territory // *Modern problems of territorial development: e-journal*. – 2019. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-gis-tehnologiy-pri-provedenii-ekologicheskoy-otsenki-territorii/viewer>
14. Avakyan A.B., Istomina M.N. Floods as a global multidimensional problem // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2002. – Vol. 72, no. 12. – Pp. 1-21.
15. Fernández, D.S. and Lutz, M.A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis // *Engineering Geology*, 111, 90-98. – <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>

16. Ștefan Bilașco, Gheorghe-Gavrilă Hognogi, Sanda Roșca, Ana-Maria Pop, Vescan Iuliu, Ioan Fodorean, Alexandra-Camelia Marian-Potra and Paul Sestras // Flash Flood Risk Assessment and Mitigation in Digital-Era Governance Using Unmanned Aerial Vehicle and GIS Spatial Analyses Case Study: Small River Basins. – 2022. – 14(10), 2481. – <https://doi.org/10.3390/rs14102481>