

На правах рукописи

**Алали Хозефа**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И  
ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ АЛ КАБИР  
АЛ ШАМАЛИ НА ОСНОВЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ**

Специальность 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и  
инженерная гидрология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва, 2024 г.

Работа выполнена на кафедре гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Научный руководитель: **Перминов Алексей Васильевич**,  
кандидат технических наук, доцент, и.о.  
заведующего кафедрой гидравлики, гидрологии и  
управления водными ресурсами ФГБОУ ВО  
«Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные  
оппоненты: **Фролова Наталья Леонидовна**  
доктор географических наук, профессор,  
заведующая кафедрой гидрологии суши  
географического факультета МГУ имени М. В.  
Ломоносова

**Глотко Анна Владимировна**  
кандидат технических наук, старший научный  
сотрудник отдела гидрологии речных бассейнов  
Института водных проблем Российской академии  
наук

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Московский  
государственный строительный университет» (НИУ  
МГСУ)

Защита состоится 25 февраля 2025 года в 12:30 часов на заседании  
диссертационного совета 35.2.030.07, созданного на базе ФГБОУ ВО  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени  
К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, учебный  
корпус № 28, аудитория 201, тел.: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции  
(отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке  
имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте университета  
[www.timacad.ru](http://www.timacad.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 35.2.030.07  
кандидат технических наук, доцент

Н.Б. Мартынова

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** В настоящее время Сирия переживает водный кризис, который не собирается ослабевать. Война в Сирии оказала разрушительное воздействие на водные ресурсы страны: более чем десятилетний конфликт привел к повсеместному разрушению объектов водоснабжения и значительному ограничению доступа к основным услугам, включая безопасную воду. До 2010 г. надежный доступ к безопасной воде имели 98% жителей городов и 92% жителей сельских населенных пунктов. Сегодня в Сирии только 50% систем водоснабжения и канализации функционируют должным образом.

Изменение климата также оказывает значительное влияние на водные ресурсы Сирии, а Ближний Восток является одним из регионов, наиболее пострадавших от глобального климатического кризиса. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), зимой 2020-2021 гг. сезон дождей в Сирии начался на два месяца позже обычного и закончился на два месяца раньше обычного. Кроме того, из-за экстремальной жары в апреле во многих местах пострадали посевы. Летом этого года в стране наблюдалась самая сильная за последние 70 лет засуха, и агентство ООН ожидает потерь не менее 75% полевых культур и до 25% орошаемых посевов на северо-востоке Сирии. Ситуация усугубляется сокращением объема воды из реки Евфрат, поступающей в Сирию из Турции. Глубокие изменения в гидрологии Сирии происходят уже несколько десятилетий в результате бесхозяйственности, войны, изменения климата, экономического роста, интенсивного водопользования и усиления конкуренции за воду через международные границы. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (FAO), к 2025 году объем доступных водных ресурсов на душу населения сократится вдвое.

В свете этих проблем гидрологическое моделирование играет все более важную роль в оптимизации управления водными ресурсами, особенно для речных бассейнов с данными различных временных масштабов. Эти модели являются перспективными инструментами для изучения различных инженерных проблем, связанных с водными ресурсами, таких как прогнозирование и планирование наводнений, оценка засухи, оценка количества и качества воды, а также гидрологических реакций в условиях изменчивости климата. С помощью этих моделей можно понять, как вода течет и распределяется в земных слоях и как различные компоненты земного слоя взаимодействуют с водой. Эта информация может быть использована для эффективного управления водными ресурсами и поддержания водного баланса в окружающей среде. В случае с бассейном р. АКАШ гидрологическое моделирование может дать ценные сведения о поведении реки и помочь в принятии решений, связанных с управлением водными ресурсами в регионе.

**Целью** данной работы является комплексное гидрологическое моделирование бассейна р. АКАШ на основе данных дистанционного зондирования, цифровых моделей рельефа и наземных измерений для получения

расчетных гидрографов стока разных периодов повторяемости, в интересах оптимизации управления и регулирования водными ресурсами данного объекта исследования.

Оценка потерь воды на испарение из водохранилища 16 Тишрин на р. АКАШ и разработать рекомендации по модернизации и эксплуатации водохранилища, в интересах минимизировать потери воды данного объекта исследования.

**Задачи исследования:**

1. Изучить характеристики территории Сирийской Арабской Республики по основанным климатическим, морфометрическим, гидрологическим и геологическим параметрам.

2. Проанализировать физико-географические характеристики бассейна р. АКАШ и собрать высококачественные данные, необходимые для гидрологического моделирования р. АКАШ, включая осадки, температуру, испарения, гидрологическую группу почвы и землепользование.

3. Разработать комплексный морфометрический и гидрологический анализ водосборных бассейнов р. АКАШ на основе ГИС-технологий и ЦМР.

4. Оценить объем воды, потерянной с поверхности зеркала водохранилища 16 Тишрин вследствие испарения без учета инфильтрации и с учетом инфильтрации, разработать рекомендации по модернизации и эксплуатации водохранилища 16 Тишрин.

5. Подготовить гидрологическую модель на основе метода числа кривых стока SCS-CN и единичного гидрографа для моделирования (дождь-сток) р. АКАШ на основе собранных данных и проверить ее пригодность для испытательного процесса, например: выбор оптимальной программы из программ геоинформационных систем; проверка бесплатных цифровых моделей рельефа и выбор оптимальных для процесса моделирования; исправление ошибок в спутниковых данных с использованием физических измеренных данных, затем запуск модели для получения гидрографа дождевого стока различных периодов повторяемости (2,5,10,20,25,50,75 и 100 лет).

6. Констатировать изменение землепользования на числа кривых стока SCS-CN.

**Объектом настоящего научного исследования** является водосборный бассейн р. АКАШ в САР и его гидротехническое сооружение.

**Предметом исследования** является процесс моделирования и использование ГИС-технологий и цифровых моделей рельефа как подход к повышению эффективности управления водными ресурсами и изучение влияния изменений элементов водного баланса на формирование речного стока.

**Научная новизна** – выполненных исследований заключается в решении ряда фундаментальных и научно-технических задач, открывающем возможность моделирования и прогнозирования стока рек и управление водными ресурсам.

В рамках решения конкретных задач впервые:

1. Исследованы теоретико-методические основы гидрологического моделирования с использованием ГИС-технологии и ЦМР. Освещаются

требования к научной достоверности данных, необходимых для гидрологического моделирования, а также рассматриваются источники данных, применяемые в гидрологическом анализе.

2. Построена гидрологическая модель реки АКАШ с использованием метода числа кривых стока SCS-CN в программе WMS & HEC-HMS для демонстрации влияния изменений землепользования на числа кривых стока SCS-CN и получения гидрографа дождей для разных периодов повторяемости (2,5,10,20,25,50,75 и 100 лет).

3. Раскрыты возможности применения ГИС-технологий и цифровых моделей рельефа для проведения гидрологических и морфологических анализов бассейна р. АКАШ в САР.

4. Разработана геоинформационная база данных водосборного бассейна, включающая морфометрические; климатические; гидрологические с использованием дистанционного зондирования и программных продуктов ГИС-технологий.

5. Проведена фактическая оценка водного баланса водохранилища 16 Тишрин по ГИС-технологии и методам ДЗ; а также, разработаны рекомендации по совершенствованию и модернизации эксплуатации водохранилища 16 Тишрин.

6. Проверен уровень точности данных глобальных цифровых моделей рельефа и программных продуктов ГИС-технологии для анализа речного бассейна р. АКАШ в САР.

**Теоретическая значимость данного исследования** заключается в формулировании и валидации параметров гидрологической модели, охватывающей различные физические и гидрологические явления в бассейне р. АКАШ. Эти параметры получены на основе ГИС-технологии и ДЗ, в дополнение к физическим измеренным данным. Кроме того, применение ГИС-технологии и ДЗ для моделирования гидрологических явлений, проливает свет на климатические закономерности, изменение землепользования и особенности почвы в исследуемом районе, а также оценивает практичность различных подходов к определению параметров модели.

В установлении базы данных в пределах водосборного бассейна, целью которой является достижение оптимизации управления водными ресурсами изучаемого бассейна.

В разработке теории расчетов потерь воды из водохранилища 16 Тишрин и оценка влияния землепользования на гидрографе стока.

#### **Практическое значение работы:**

1. Определение границ водосборного бассейна р. АКАШ с использованием цифровой модели рельефа.

2. Разработана морфометрическая и гидрологическая база данных для объекта исследования на основе геоинформационных систем и методов ДЗ.

3. Получение высококачественных данных об элементах водного баланса таких как (дождь, температура, влажность, испарение, землепользование и почва в разных периодах (1979-2023 Г)).

4. Подтверждение эффективного использования цифровой модели рельефа для определения ПОУ плотины 16 Тишрин и разработан метод оценки потерь воды из водохранилища вследствие испарения.

5. Разработана гибридологическая модель с использованием программы WMS и HEC-HMS для объекта исследования, и выполнена оценка изменения землепользования на числа кривых стока SCS-CN.

6. В освещении современных особенностей различных видов глобальных цифровых моделей рельефа и программные продукты ГИС чтобы, выбрать и определить наиболее точные ЦМР и соответствующие инструменты ГИС, подходящие для оптимизации процесса гидрологического моделирования бассейна р. АКАШ, для получения более точных и надежных результатов.

**Материалы и методы исследования.** Для решения поставленных задач диссертационного исследования, были применены следующие материалы ЦМР SRTM 30, данные о дождях CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), данные об испарении MOD16A2GF (MODIS Global Evapotranspiration/Fusion), данные FLDAS, данные спутника Sentinel-2, база данных почв (HWSD), данные компании ESRI для землепользования и физические измерения данных, для углубленного изучения гидрологической обстановки р. АКАШ.

Исследования основывались на двух основных методах решения предложенных задач:

Первый метод - уравнение водного баланса для определения количества испарения из водохранилища 16 Тишрин на р. АКАШ.

Второй метод основывался на гидрологической модели числа кривых стока SCS-CN (CN) и на показаниях единичного гидрографа для расчета гидрографа паводков различных периодов повторяемости р. АКАШ.

Обработка результатов выполнялась при помощи ЭВМ с использованием стандартных программ Microsoft Office, WMS, SNAP Desktop, Global Mapper, ArcGIS Pro, SAGAGIS, HEC-HMS, QGIS, Google Earth Pro, BaseCamp, HyfranPlus и Grapher.

**Степень разработанности темы исследования.** Существует множество исследований, подчеркивающих важность использования геоинформационных систем (ГИС) и данных дистанционного зондирования Земли в процессах гидрологического моделирования, например, работы Мотовилов Ю. Г.; Гельфан А. Н.; Коваленко В. В.; Пьянков С. В., Шихов А. Н.; Einfalt T. et al.; Zaitchik B.; Smith R.; Kite G. W.; Gunduz O.; Navascues B. A и других. Эти источники данных используются для создания баз данных по речным бассейнам и разработки гидрологических моделей, которые генерируют гидрологические результаты, включая гидрографы, речной сток и информацию, важную для управления водными ресурсами. Данной диссертации - пролить свет на несколько важнейших аспектов использования данных ГИС и цифровых моделей рельефа для сравнения с расчетными данными для бассейна реки АКАШ в САР, чтобы предложить стратегии повышения эффективности управления ресурсами в вышеупомянутом бассейне.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Результат районирования САР на различные бассейны, имеющиеся сопоставимые морфометрические, гидрологические, климатические, геологические и почвенные характеристики для обобщения, полученные результаты моделирование водосборного бассейна АКАШ на аналогичные бассейны в различных районах Сирийской Арабской Республики.

2. Результаты морфометрического и гидрологического анализа р. АКАШ в САР с использованием географической информационной системы и цифровых моделей рельефа, а также результаты анализа климатической информации CHIRPS за период с 1981 по 2023 гг. и MODIS об испарении за период с 2000 по 2022 гг. для водосборного бассейна р. АКАШ включая водохранилище 16 Тишрин. Этот анализ имеет решающее значение для оценки водных ресурсов и оптимизации управления водными ресурсами в бассейне.

3. Использование комплекса инструментальных и технологических методик, включая CFSR, ЦМР, QGIS, ArcGis Pro и другие, для построения региональной базы данных, облегчает решение проблем формирования речного стока на водосборах р. Акаш.

4. Результаты водного баланса водохранилища 16 Тишрин – определение объёма потерь воды на испарение без учета инфильтрации и с учётом инфильтрации и разработать рекомендации по эксплуатации водохранилища.

5. Результаты выбора глобальные ЦМР (SRTM 1, SRTM GL1, V3 ASTER, GMTED2010, PALSAR ALOS и GTOPO30) и программные продукты ГИС-технологии (SAGA GIS, WMS, ArcGIS Pro, GRASS GIS, ILWIS GIS, Surfer, Whitebox GAT, Global mapper), наиболее подходящий для водосборного бассейна.

6. Результаты Гидрографа дождя разных периодов повторяемости с использованием метода числа кривых стока SCS-CN и выявить влияние изменения землепользования на числа кривых стока SCS-CN для развития управления водными ресурсами в объекте р. АКАШ.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Основные результаты и выводы диссертационного исследования были представлены и доложены автором на следующих конференциях:

7-я Научно-практическая конференция «Творческая молодежь и инновационное развитие» (Бухара, Узбекистан, 2022г); VI Всероссийский научно-практический семинар, посвященный 120-летию со дня рождения Андрея Васильевича Михайлова «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства» (Москва, 2023г); VII Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований» (Комсомольск-на-Амуре, 2024г); XIV Национальная конференция с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения» (Саратов, 2024г); Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения Миловича Александра Яковлевича

(Москва, 2024г); Международной Летней школы на тему «Интеграция аграрной науки в мировое образовательное пространство» ЮКУ им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Республика Казахстан, 2024г) и VII Всероссийский научно-практический семинар «современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства» Москва, 22 мая 2024 года;

**Личный вклад автора.** Автор лично подготовил специальную базу данных для гидрологического моделирования бассейна реки АКАШ в САР, построил гидрологическую модель, проанализировал и интерпретировал полученные результаты, а также полностью написал текст диссертации, выводы и предложения.

**Публикации.** По теме диссертационных исследований опубликовано 18 научных работ, в том числе 5 статей в научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации, одна статья опубликована в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus и зарегистрированы три базы данных.

**Структура и объем диссертации.** Состоит из введения, 5 глав, заключения, список сокращений, список использованной литературы и 5 предложений, содержит 230 страниц, список литературы из 246 наименований, 57 рисунков, 33 таблицы.

### **Основное содержание работы**

**В введении** предоставлено концепция диссертационной работы такие как: актуальность темы; цель и задачи исследования; объект и предмет исследования; научная новизна; методы исследования; степени её разработанности; практические и теоретические значимость; положения, выносимые на защиту; степень достоверности и апробация результатов.

В **первой главе** подробно излагаем принципы и концепции гидрологического моделирования, рассматривается их историческое развитие, присущие им проблемы и последние достижения в области инженерной гидрологии, рассматривали работы ряда ученых (Мотовилов Ю. Г., Гельфан А. Н., 2018; Мотовилов Ю. Г., 2016; Гарцман Б. И., 2008; Магрицкий Д. В., 2014; Devia G. K., Ganasri B. P., 2015; Sui Sood A., Smakhtin V., 2015 и др.) и их роли в развитии науки о гидрологии, далее перечислим наиболее известные модели гидрологического моделирования такие как на основе физических действий; статистические модели; модели в основании сведений дистанционного зондирования и концептуальные методы. Кроме того, более детально излагали применение ГИС-технологии, ДЗ и ЦМР в гидрологическом моделировании.

Изложено использование, источники и требование к данным (данные о климате; данные о свойствах почвах и горных пород и данные о земельном покрове и землепользовании) в гидрологической модели.

Метод числа кривых стока SCS-CN, предназначенный для определения приблизительного объема поверхностного стока, возникающего в результате выпадения осадков в конкретной географической области, привлекают внимание к международной научной литературе и в исследовательских проектах. Модель

основана на понятии числа кривых стока SCS-CN, которое выражает взаимосвязь между количеством инфильтрации и количеством поверхностного стока после определенного количества осадков. Примечательно, что влиятельные десятилетия развития ГИС-технологии и качества спутниковые снимки (ЦМР) играла важную роль в развитии методов чисел кривой стока, позволяющих точно определить площадь водораздельного бассейна с помощью цифровых моделей рельефа, а также внесло большой вклад в определение времени концентрации и времени до пика.

Данная глава освещает актуальные проблемы водных ресурсов САР и подчеркивает критическую важность применения современных гидрологических технологий. Эти технологии необходимы для оптимизации управления водными ресурсами, обеспечения водоснабжения и создания цифровой инфраструктуры для будущих исследований в области инженерной гидрологии.

Особое внимание уделяется водосборному бассейну р. АКАШ, где с 1985 года происходят интенсивные экономические преобразования, включая строительство водохранилища 16 Тишрин для ирригации и защиты от наводнений. Учитывая высокий ежегодный прирост населения (2,1%) в этом регионе, разработка стратегий устойчивого управления водными ресурсами становится первостепенной задачей.

Во **второй главе** рассматривается вопрос районирования САР в зависимости от природно-хозяйственных условий, с целью найти подобных бассейнов для обобщения результатов гидрологического моделирования бассейн р. АКАШ на остальные аналогичные бассейны.

В результате исследования вопроса районирования САР по нескольким факторам, получили следующие результаты:

1. Сирия разделена на семь бассейнов: (Бассейн Тигра и Хабура; Бассейн Евфрата; Прибрежный бассейн; Бассейн Барада; Бассейн Ярмук; Бассейн Оронта; Бассейн Бадиа).

2. Сирия разделена на пять климатических зон (влажный; умеренно влажный; умеренно сухой; сухой; засушливый).

3. Сирия разделена на семь основных типов почв (Красная средиземноморская почва; Грумозольные почвы; Чернозёмы почвы; Сероземные пустынные почвы; Гипсоносные почвы; Аллювиальные почвы; Почвы подземных вод).

4. Сирия морфологически разделена на несколько основных регионов (Прибрежный регион; Прибрежные горы; Прибрежное плато; Регион Бадиа аль-Шам; Долина Евфрата; Северо-восточная часть; Пустыня Аль-Хаммад).

Исходя из вышеизложенного можно обобщать результаты исследований принимаемых на р. АКАШ на остальные бассейны, находящиеся в прибрежном районе благодаря сходству по факторе (климатические; морфометрические; геологические и тип почвы).

Также в этой главе подробно рассмотрены особенности водосборного бассейна р. АКАШ и его гидротехническое сооружение (водохранилище 16

Тишрин) так как является объектом гидрологического моделирования. Особенное внимание уделено природным факторам, формирующим сток реки бассейна Ал Кабир Ал Шамали, в результате исследование получили следующие факторы:

1. Река АКАШ - важнейший источник воды в прибрежном бассейне. Ее протяженность по территории Сирии составляет 56 км, а площадь водосборного бассейна 1096 км<sup>2</sup>, что составляет 21,44% от общей площади прибрежного бассейна. Ее максимальный расход составляет 40 м<sup>3</sup>/с, и она быстро течет до района строительства плотины 16 Тишрин (Один из важных проектов на реки АКАШ — самая важная плотина в области Латакия и на сирийском побережье). После этого спуск реки становится простой уклон и продолжается до устья в средиземное море (рисунок 1).

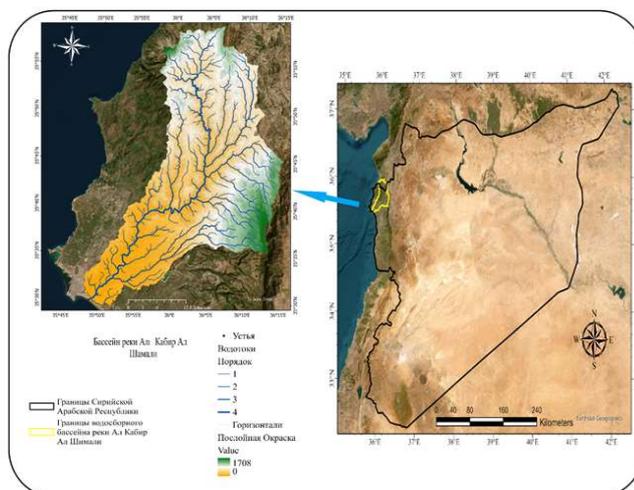


Рисунок 1 – Географическое положение бассейна реки АКАШ (построен автором в программе ArcGIS Pro)

## 2. Климатические характеристики реки АКАШ:

– В бассейне средиземноморский климат, расчетное среднегодовое количество осадков в бассейне в последние 42 года 883,8 мм. Распределение осадков в течение года различается. Зимний сезон считается самым дождливым, а летний - наименее дождливым. С другой стороны, среднее количество осадков меняется в зависимости от топографической высоты. В горных районах среднее количество осадков примерно на 50% больше, чем в прибрежных равнинных районах.

– Температура бассейна колеблется от 0°C до 30°C, причем самые высокие температуры отмечаются в летний сезон. Колебания температуры в бассейне являются одной из основных причин изменчивости речного стока. Высокие температуры в летний сезон приводят к увеличению суммарного испарения и снижению доступности воды.

– Относительная влажность в исследуемом районе высокая из-за большого количества осадков и расположения на Средиземном море; где среднегодовая влажность 71,71%.

– На территории бассейна р. АКАШ оценивается потенциальное испарение по 144 мм/мес. а эвапотранспирация по 41 мм/мес.

3. По берегам реки от истока до плотины 16 Тишрин раскинулись леса, занимающие почти 85% общей площади. Это в северной и северо-восточной части, где растёт дуб, сосна, ель. Однако в холмистой местности, окружающей водохранилище 16 Тишрин, в основном распространено выращивание табака, а также различные фруктовые деревья, такие как яблоки, персики, инжир и груша. В пределах бассейна оценивается более 270 застроенных территорий, помимо большого количества промышленных, экономических и туристических объектов и оливковых прессов (таблица 1).

Таблица 1 – Процент землепользования в пределах бассейн р. АКАШ

Вид землепользования	Процент %, из общей площади водосборного бассейна
Бесплодная земля	0,3
Застроенная территория	11,4
Сельскохозяйственные культуры	7,3
Пастбища (Кустарник)	45,2
Смешанный лес	34,7
Вода	1,1

4. Что касается свойств почвы бассейна реки АКАШ (рисунок 2), как показано на карте часть номер 1 и 3 почва глины (светлая), а номер 2 почвы суглинок. Почва водосборного бассейна относится к гидрологическим группам D & B, где группа (B) почвы имеют умеренную скорость просачивания, когда они полностью влажные, и умеренную скорость переноса воды, а группа (D) почвы имеют очень низкую скорость фильтрации, когда они полностью влажные, и очень низкую скорость переноса воды.

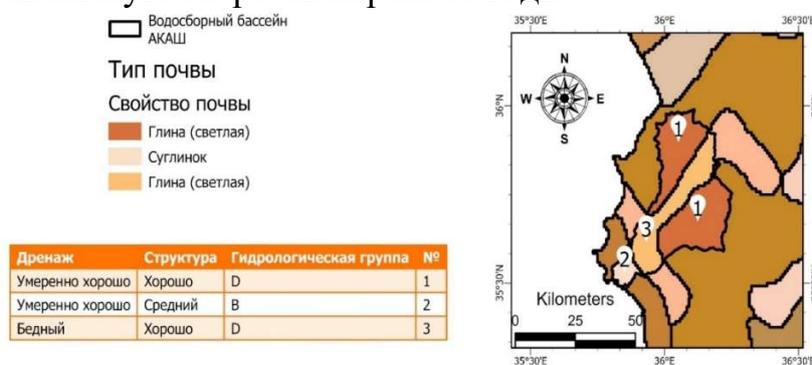


Рисунок 2 – карта свойства почвы объекта исследования (построен автором в программе ArcGIS Pro)

В **третьей главе** с целью раскрыть возможности ГИС-технологий; ЦМР и расширить знания об объекте исследования р. АКАШ были выполнены морфометрический и гидрологический анализ в программе SAGA-GIS, WMS и на основные законы математики и географии.

Анализ речных бассейнов основывается на комплексном изучении морфометрических параметров, включающих оценку геометрических характеристик бассейна через коэффициенты округлости, удлинения и формы. Топографический анализ территории, дополненный исследованием гидрографической системы, позволяет определить иерархическую структуру водотоков и их количественные параметры. Применение ГИС-технологий, в

частности SAGA-GIS, обеспечивает расчёт важнейших гидрологических индексов, характеризующих особенности рельефа, инсоляции, эрозионных процессов и влажностного режима территории.

**В четвертой главе** исследуются новые подходы для расчёта водного баланса из водохранилища 16 Тишрин на р. АКАШ с использованием данных ЦМР, физические измерение данные и технология ГИС:

**Во-первых,** рассматриваются эмпирической обеспеченности среднегодовых расходов воды, результаты расчёта излагают чёткое представление о обеспеченными значениями годового притока в водохранилище 16 Тишрин в млн куб. м. (рисунок 3).

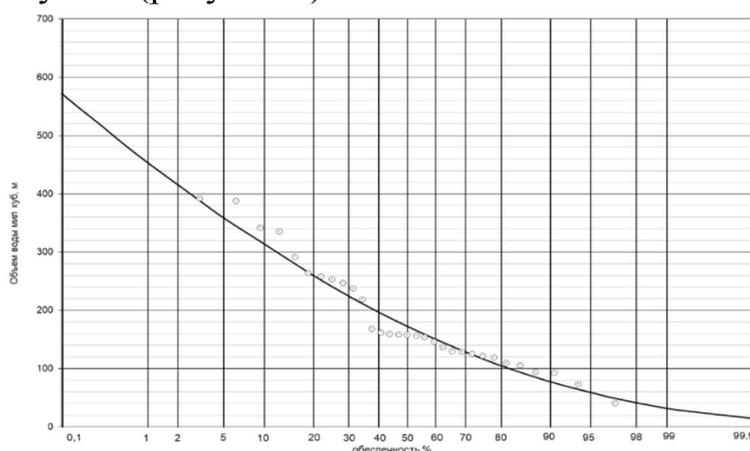


Рисунок 3 – Эмпирическая обеспеченность среднегодовых расходов воды в водохранилище 16 Тишрин

**Во-вторых,** излагаются диаграммы «площадь-объем-уровень» (ПОУ) водохранилища 16 Тишрин. Используя, ГИС-технологии и данные цифровой модели рельефа (ЦМР) высокого разрешения (SRTM) 30, где применяли две различные методологии в рамках QGIS (первый способ без изменения в структуре ЦМР, а второй с изменением в структуре ЦМР) для выведения математических зависимостей. Ошибки в ЦМР (уровень, объем), также были исправлены путем корректировки данных и сравнения их с данными, измеренными на водохранилище (таблица 2).

Таблица 2 – Коррекция и отклонение данных цифровых моделей рельефа от физических измерений данных.

Способ решение	Ошибка в высоте ЦМР (м)	Ошибка в объеме ЦМР (МЛН КУБ. М.)	Отклонение (%) объем SRTM без исправления от физических измеренных данных, у НПУ (74.65 М)	Отклонение (%) объем SRTM после исправления от физических измеренных данных, у НПУ (74.65 М)
Первый способ (без изменения структуры ЦМР)	2,65	183,7	87,51	0
Второй способ (с изменением структуры ЦМР)	2,65	185,6	89,70	0,2

**В-третьих**, рассматриваются батиграфическая и объёмная характеристики водохранилища 16 Тишрин, целью освещения морфометрии водохранилища определяет следующий этап исследования - точную количественную оценку потерь воды в результате испарения водохранилища 16 Тишрин. Это позволит понять годовой водный баланс и минимизировать потери на испарение, чтобы оптимизировать доступность воды.

**В-четвёртых**, с целью оценить потери воды на испарение из водохранилища 16 Тишрин использовали ежедневные данные о количестве осадков CHIRPS; данные об испарении MODIS; спутниковые данные Sentinel-2 для оценки площади зеркала водохранилища с использованием алгоритма MNDWI. А также использовали следующие формулы для расчёта чистой скорости испарения ввиду того, что фактическая скорость испарения не может достигать 100% потенциального испарения из-за локального накопления влажного воздуха над водохранилищем; расчет месячного объема потерь воды на испарение из водохранилища; площадь зеркала водохранилища; количество осадков, выпавших на поверхность водохранилища и последняя формула принята для расчёта фактических потерь на испарение с поверхности водохранилища, результаты расчетов представлены в таблице 3.

$$\text{Расчет чистой скорости испарения} = 0.8 \times PET - P, \quad (1)$$

где: PET – потенциальная испаряемость, мм; P – количество осадков, мм.

$$V = X \times H, \quad (2)$$

где: V – объем испарившейся воды, млн. м<sup>3</sup>; X – площадь зеркала водохранилища, км<sup>2</sup>; H – уровень испаряемой воды, м.

$$\text{MNDWI} = \frac{\text{Green} - \text{MIR}}{\text{Green} + \text{MIR}}, \quad (3)$$

где: Green – зеленый канал Sentinel-2; MIR – инфракрасный канал Sentinel-2.

$$V(P) = \frac{\text{СРЗНАЧ}(P)}{1000} \times X \times \frac{1000000}{1000000}, \quad (4)$$

где: V(P) – количество выпавших осадков на поверхности водохранилища; млн. м<sup>3</sup>; СРЗНАЧ (P) – среднемесячное количество осадков для водохранилища 16 Тишрин, мм; X – площадь зеркала водохранилища, км<sup>2</sup>.

$$V(PET) = \frac{\text{СРЗНАЧ}(PET)}{1000} \times X \times \frac{1000000}{1000000}, \quad (5)$$

где: V(PET) – фактические потери на испарение с поверхности водохранилища, млн. м<sup>3</sup>; СРЗНАЧ (PET) – Среднемесячное потенциальное испарение, мм; X – площадь зеркала водохранилища, км<sup>2</sup>.

Таблица 3 – Результаты расчета потерь воды на испарение из водохранилища 16 Тишрин за гидрологический год (2021 – 2022 гг.)

Месяц	Осадки CHIRPS Прес. (мм)	Испарение MODIS PET (мм)	Количество выпавших осадков на поверхности водохранилища (млн куб. м)	Фактические потери на испарение с поверхности водохранилища (млн куб. м)	Испарение - Осадки (млн куб. м)	Объем воды в водохранилище (млн куб. м)	Уровень воды в водохранилище (м)	Площадь зеркала водохранилища (км <sup>2</sup> )
Окт.	66,49	146,81	0,5	0,9	0,4	138,9	69,5	7,9
Ноя.	84,09	98,22	0,8	0,7	0	158,9	71,9	9,0
Дек.	178,03	65,71	1,3	0,4	-0,9	131,8	69,0	7,5
Янв.	189,36	63,12	1,5	0,4	-1,1	138,8	69,4	7,9
Февр.	129,71	78,06	1,4	0,7	-0,7	192,4	75,5	10,9
Март	95,56	131,07	0,9	1	0,1	168,2	72,9	9,6
Апр.	69,43	169,98	0,5	1	0,5	130,2	68,6	7,4
Май	24,80	226,75	0,3	1,8	1,6	177,5	73,9	10,1
Июнь	5,88	249,92	0,1	2	1,9	175,7	73,6	10,0
Июль	4,47	257,88	0	1,9	1,9	163,4	72,3	9,3
Авг.	0,07	231,88	0	1	1	97,3	64,8	5,5
Сен.	23,40	188,87	0,2	1,3	1,1	152,2	71,2	8,7
Σ	871,29	1908,27	7,5	13,2	5,7			

Следующий шаг в исследовании был направлен для расчета общих потерь воды из водохранилища 16 Тишрин с учетом инфильтрации следующим способом:

1. Объект исследования находится в хороших гидрологических условиях, значит принимаем фильтрации равным 30 мм/месяц.

2. Объем потерь воды из водохранилища 16 Тишрин на инфильтрации вычисляется следующим образом:

$$W_{\text{инф}} = 0,001 \times \Pi_{\text{и}} \times X \quad (6)$$

где:  $\Pi_{\text{и}}$  – Потеря воды на инфильтрацию принимается 30 мм/месяц в зависимости от гидрологических условий объекта исследования 16 Тишрин, мм;  
 $X$  – площадь зеркала водохранилища 16 Тишрин, км<sup>2</sup>.

Потеря воды из водохранилища 16 Тишрин значительная из-за испарения и инфильтрации.

Испарение составляет 5,7 млн куб. м. в год, а потери на фильтрацию добавляют еще 3,1 млн куб. м., что приводит к общей потере воды в размере 8,8 млн куб. м. в год.

На основе комплексных расчетов мы выявили три оптимальных уровня воды в водохранилище 16 Тишрин, при которых минимизируются потери от испарения. При достижении этих уровней (73,50 м, 73,90 м и 74,50 м) горизонтальное расширение водной поверхности минимально, что снижает нагрев воды солнечным излучением и, соответственно, испарение.

Экспериментальные данные показывают следующую динамику: при уровне 73,50 м площадь составляет 1006,82 га, при 73,90 м - 1029,74 га, при 74,50 м - 1051,22 га. Поддержание воды именно на этих отметках, особенно в засушливые периоды, обеспечит оптимальное накопление воды в данном водохранилище и в вышележащих водохранилищах (рисунок 4).

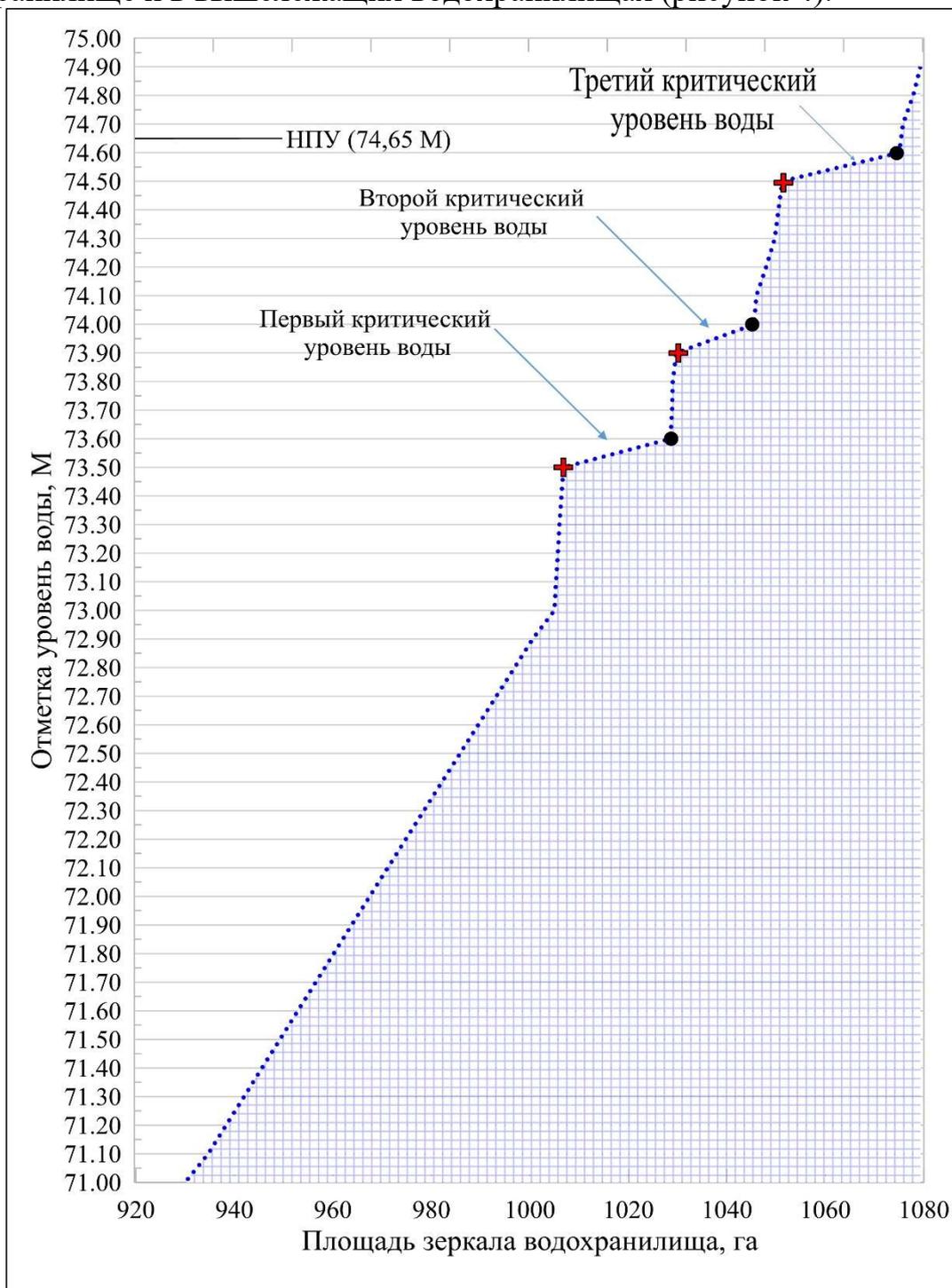


Рисунок 4 – Диаграмма, показывающая изменения площади на разном уровне воды от 71 до 75 метр (Построен автором по программе Grapher)

**В пятой главе** исследовалось моделирование дождевого стока используя метод числа кривых стока SCS-CN и программы WMS и HEC-HMS, для этого

проводились многие исследования, первое исследование определить наилучшие программные продукты ГИС для определения границ водосборного бассейна р. АКАШ, в результаты расчета можно разделить программные продукты на три группы: первая группа содержит программы Surfer, GRASSGIS, ArcGIS Pro и вторая группа WMS, SAGAGIS, Global mapper, а третья группа Whitebox GAT, ILWISGIS. Первая группа дала наилучшие результаты по вычислению длины, затем вторая и третья, используя программу ArcGIS Pro определили границы водосборного бассейна.

Второе исследование – выбрать подходящий ЦМР для р. АКАШ, в исследовании изучались точность и разрешение шесть последних глобальных ЦМР для использования в гидрологическом моделировании. Эти модели включают SRTM1, ALOS PALSAR, GMTED2010, GTOPO 30, ASTER V3 и SRTM GL1. По расчетам данные SRTM1 и ASTER V3 наиболее подходящие для водосборного бассейна р. АКАШ.

После завершения исследований, сбора и обработки спутниковых данных, был выполнен первый расчёт в программе WMS - определили числа кривых стока SCS-CN, результат расчета отображается на рисунок 5. Бассейн был разделен на суббассейны в зависимости от изменений в землепользовании и уклонов речной сетей на 20 суббассейнов, данные о числах кривых стока SCS-CN, время концентрации и время до пика необходимые для моделирования дождевого стока представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Числа кривых стока SCS-CN и морфометрические характеристики суббассейна р. АКАШ

№	Название суббассейна	Площадь Км <sup>2</sup>	CN	Периметр Р, км	Время до пика (час)	Время добегаания (час)
1	Гюзельарт	62,21	80,72	51,72	1,40	2,89
2	Кесаб	78,96	78,54	61,13	1,69	3,29
3	Хаят	108,13	77,98	71,30	1,967	5,87
4	Нисибин	19,24	77,27	36,28	0,852	2,54
5	Рабия	16,74	77,48	34,4	1,219	3,16
6	Курт	11,124	78,16	28,22	0,994	1,93
7	Кафрия	25,55	78,13	34,85	0,829	1,96
8	Гмам	124,37	77,53	94,64	2,566	7,96
9	Касмин (водохранилище 16 Тишрин)	87,49	80,52	71,56	2,451	6,26
10	Аль Джундерья	68,37	76	63,72	2,918	6,34
11	Латакия	35,912	63,03	42,04	4,612	1,19
12	Мадждал Салех	57,07	78,25	52,33	1,978	4,14
13	Аль Хаффа	50,85	78,45	63,66	2,208	4,80
14	Аль Шилфатия	35,96	79,05	37,05	1,728	4,13
15	Сальма	60,15	77,88	49,43	1,726	3,46
16	Кабани	40,73	78,17	43,62	1,517	3,31
17	Кинсабба	61,87	77,61	63,69	1,876	3,98
18	Дуброк	33,41	77,74	49,95	1,636	3,30
19	Ханбушие	60,77	78,94	61,51	2,033	5,03
20	Туффахия	37,45	77,7	43,42	1,238	3,38

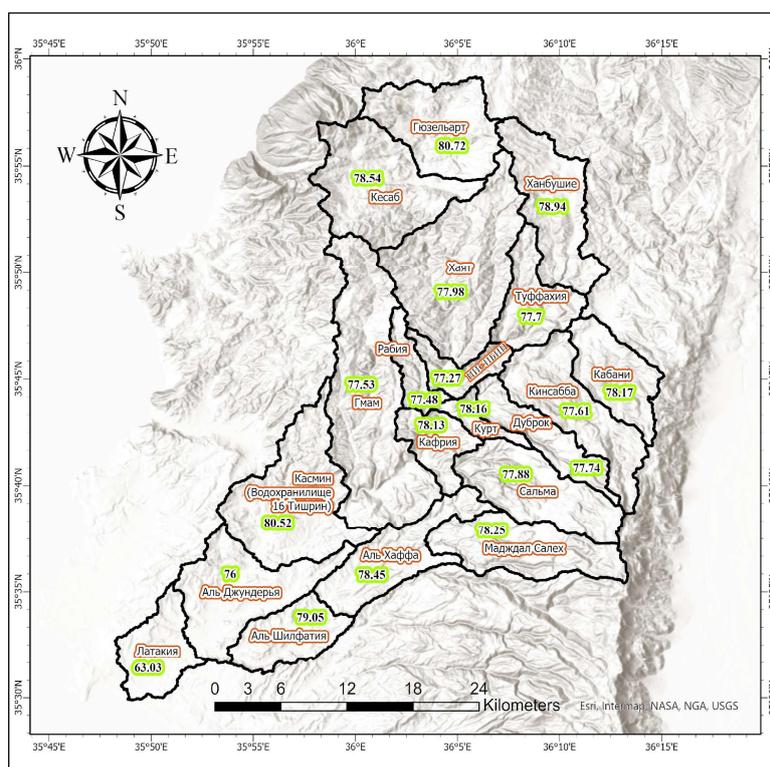


Рисунок 5 – Карта числа кривых стока SCS-CN водосборного бассейна (карта построена автором по программе ArcGIS Pro)

Следующий шаг по лозья методом Muskingum – был определен характер участка р. АКАШ и ее притоки (таблица 5)

Таблица 5 – Характер участка р. АКАШ и ее притоки методом Muskingum-Cunge (RD)

Участок Реки	Длина (М)	Склон (М/М)	Коэффициент Маннинга	Ширина (М)	Боковой уклон канала	Форма	Индексный поток (м <sup>3</sup> /с)
7R	3144,2	0,004330	0,2652	34,460	0,111	Трапеция	20
9R	1187,7	0,009560	0,1598	19,990	0,037	Трапеция	20
12R	5414	0,004740	0,2190	20,186	0,046	Трапеция	20
13R	9072,7	0,003630	0,2668	24,570	0,202	Трапеция	20
15R	12523,3	0,003900	0,2390	30,343	0,175	Трапеция	20
18R	9880	0,005760	0,3202	19,732	0,127	Трапеция	20
19R	7986,9	0,001040	0,2653	19,828	0,057	Трапеция	20
20R	3240,6	0,002680	0,2805	17,328	0,047	Трапеция	20

Последний шаг обработка данных о дождях, по расчету глубины дождя разных периодов повторяемости (2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 лет) с помощью программы статистического анализа HyfranPlus, были применены различные статистические распределения (Log-Normal, Normal, Log Pearson Type III, Pearson Type III, Gumbel, Exponential) и сделан вывод, что метод (Pearson Type III) является оптимальным для объекта исследования, способ распадаения осадков SCS II 24 часа наиболее подходящий для р. АКАШ, предполагается что дождь выпал в течение 24 часов и что более 50% осадков выпало всего за два часа.

После обработки и сбора всех данных в программе HEC-HMS, получаем гидрограф бассейн р. АКАШ за разные периоды повторяемости (рисунке 6).

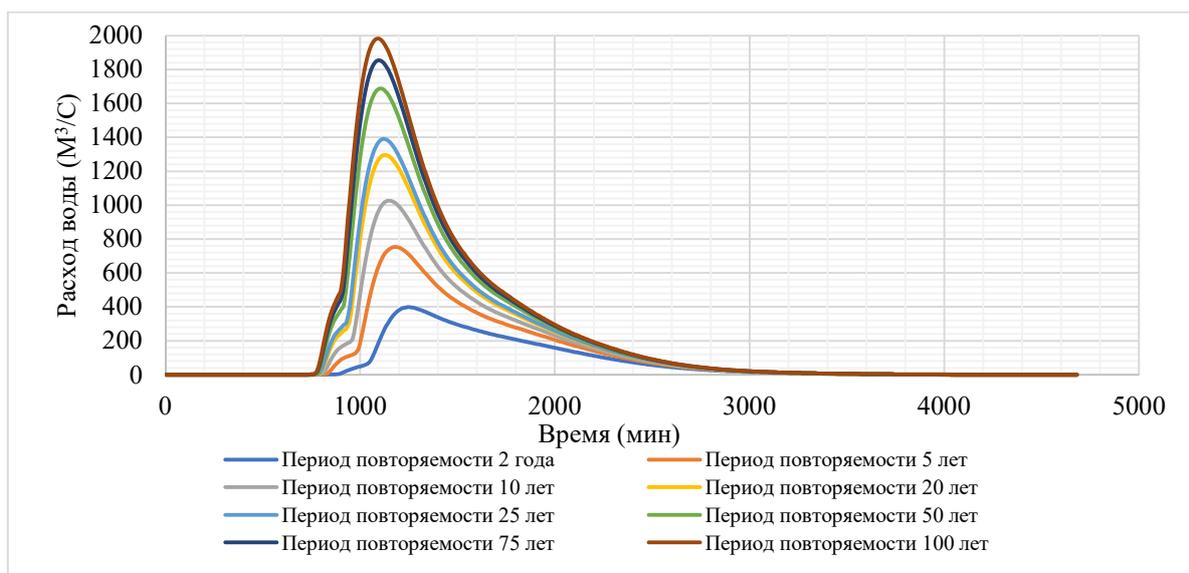


Рисунок 6 – Гидрограф ливневого стока за периоды повторяемости для всего бассейна р. АКАШ

В результате исследования о влиянии изменения землепользования на числа кривых стока SCS-CN в разных суббассейнов водосборного бассейна р. АКАШ получилось, что в объекте исследования снижается числа кривых стока SCS-CN по всем суббассейнам, это приводит к уменьшению поверхности стока в результате дождей (таблица 6).

Таблица 6 – Изменение кривой чисел в зависимости от изменения землепользования в разные года.

№	Название суббассейна	Изменение числа кривых стока SCS-CN в зависимости от изменения землепользование							
		2000 Г.	2002 Г.	2005 Г.	2008 Г.	2013 Г.	2017 Г.	2020 Г.	2022 Г.
1	Гюзельарт	80,8	78,7	81	80,1	80,5	80,9	80,9	80,72
2	Кесаб	79,7	78,5	79,3	79,2	80,3	78,5	78,5	78,54
3	Хаят	80,2	78,3	78,6	79	80,1	77,9	77,9	77,98
4	Нисибин	80,4	78,6	77,6	81,2	80,3	77,3	77,3	77,27
5	Рабия	80,7	79,5	78,6	79,4	80	77,3	77,3	77,48
6	Курт	79,4	80,3	79,9	81	81,6	78,2	78,2	78,16
7	Кафрия	79,5	79,5	78,4	80,8	80,6	77,8	77,8	78,13
8	Гмам	80,3	79,3	78,6	78,7	79,7	77,5	77,5	77,53
9	Касмин (водохранилище 16 Тишрин)	82,6	83,5	81,2	83,7	81,9	80,3	80,3	80,52
10	Аль Джундерья	78,4	80,9	73,9	82,3	74,4	75	75	76
11	Латакия	68,1	70,2	59,5	71,7	62,4	64,2	64,2	63,03
12	Мадждал Салех	78,7	79,1	78,3	80,7	80,7	78,2	78,2	78,25
13	Аль Хаффа	79,7	82,7	78,8	81,6	79,9	78,3	78,3	78,45
14	Аль Шилфатия	79,7	82,1	77,2	84,2	77,6	78,9	78,9	79,05
15	Сальма	78,5	78,8	78,4	80,4	81,0	78	78	77,88
16	Кабани	78,3	78,4	79	82	81,3	78	78	78,17
17	Кинсабба	78,3	78,6	78,5	81,1	82	77,6	77,6	77,61
18	Дуброк	78,3	78,6	78,7	81	81,4	77,7	77,7	77,74
19	Ханбушие	79,1	79,5	79,5	81,2	80,2	79	79	78,94
20	Туффэхия	79,8	78,7	78,6	80	81,4	77,7	77,7	77,7

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водный кризис в Сирии обусловлен комплексом факторов: полузасушливым климатом, политической нестабильностью и зависимостью от трансграничных водных источников. Для решения этой проблемы было проведено масштабное исследование с применением современных технологий.

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Применение ГИС-технологий и методов ДЗ открывает значительные перспективы в решении водных проблем САР. Страна сталкивается с комплексом серьезных вызовов, включающих климатические изменения, военные действия, утрату гидрологических данных и зависимость от трансграничных водных источников.

Географическое положение Сирии в юго-западной части Азии с выходом к Средиземному морю определяет многообразие её ландшафта. Проведенный комплексный анализ различных параметров показал, что бассейн р. АКАШ в прибрежной зоне демонстрирует характеристики, типичные для всего побережья страны. Эта репрезентативность позволяет распространить результаты исследования на другие прибрежные бассейны Сирии, что существенно расширяет практическую значимость полученных данных.

2. Критические гидрологические компоненты р. АКАШ были подвергнуты тщательному анализу. Он включал в себя изучение моделей землепользования, почвенных профилей и преобладающих климатических переменных.

3. Комплексный морфометрический и гидрологический анализ водосборного бассейна был проведен с использованием ГИС-технологий и ЦМР. Исследование выявило ключевые характеристики бассейна: площадь (1096 км<sup>2</sup>), периметр (204,60 км), длина главного потока (86,824 км), перепад высот (0-1700 м) и общая протяженность русел (811,014 км).

Дополнительно были определены важные гидрологические параметры, включая индексы конвергенции, инсоляции, охраны, топографической влажности, а также факторы LS, глубины долины, базовый уровень сети каналов и другие. Эти данные формируют фундаментальную основу для дальнейшего гидрологического моделирования и анализа морфометрии бассейна.

4. На основании выполненных расчетов эмпирических среднегодовых притоков воды в водохранилище 16 Тишрин, при обеспеченности 5% объем воды равно 361,23 млн куб. м., при 10% 311 млн куб. м.

На основании выполненных расчетов ошибка в высоте ЦМР объекта исследования равно 2,65 м.

На основании выполненных расчетов потерь воды на испарение из водохранилища 16 Тишрин, ежегодно потери составляют 5,7 млн куб. м., и потери могут достигнуть 8,8 млн куб. м с учетом фильтрации.

5. Сравнительный анализ различных программных продуктов ГИС на объекте исследования показал, что ArcGIS, SAGA-GIS, WMS и GRASS GIS являются наиболее подходящими инструментами для данного исследования.

Критерии отбора основывались на минимальном процентном отклонении данных программных продуктов от физически измеренных данных, что позволяет гарантировать, что такие расхождения не окажут существенного влияния на общие результаты исследования.

Сравнительный анализ различных глобальных ЦМР на объекте исследования показал, что ASTER V3 и SRTM1 являются наиболее подходящими спутниковые изображения для данного исследования. Критерии отбора основывались на проверке степени совпадения высот в этих моделях с реальными высотами, измеренными и взятыми из GPS. Это сделано с использованием трех статистических показателей, а именно диапазона, стандартного отклонения и корреляции, с использованием программы BaseCamp, ARCGIS PRO & SAGA\_GIS.

Сегментация водосбора на 20 суббассейнах была обусловлена различиями в использовании земель и наклоне ручья. Используя данные о почве, классификации землепользования и ЦМР в программе WMS, были рассчитаны числа кривых стока SCS-CN для каждого суббассейна. Кроме того, были определены такие гидрологические параметры, как время добегания и время пикового потока. Для расчета сопротивления русла использовался метод Muskingum-Cunge (RD). Далее в ходе исследования была выбрана модель интенсивности осадков (тип II). С использованием программы HyfranPlus, сделали сравнительный анализ различных типов распределения (Log-Normal, Normal, Log Pearson Type III, Pearson Type III, Gumbel, Exponential) показано, что метод (Pearson Type III) является оптимальным для объекта исследования. После этого была запущена модель HEC-HMS для моделирования дождевого стока в бассейне с получением максимальных расходов (в м<sup>3</sup>/с) и объемов стока (в млн куб. м) для указанных периодов возврата (2,5,10,20,25,50,75,100 лет).

6. Исследование бассейна реки АКАШ с применением метода SCS-CN выявило существенное снижение числа кривых стока в суббассейнах, что является прямым следствием изменений в землепользовании. Данные изменения привели к улучшению инфильтрации и снижению риска наводнений, одновременно трансформировав характер доступности и качества водных ресурсов в регионе.

При проектировании инфраструктуры и планировании землепользования крайне важно учитывать полученные результаты для обеспечения устойчивого управления водными ресурсами. В текущих условиях, характеризующихся отсутствием полноценных гидрологических, метеорологических и геологических данных, наиболее эффективным решением представляется интеграция методов инженерной гидрологии с математическим моделированием и прогнозным анализом гидрологических процессов в речных бассейнах.

перспективы дальнейшей разработки темы включают следующие основные направления:

### **1. Методологические аспекты:**

– Внедрение современных программ гидрологического моделирования (DWAT, MIKE FLOOD);

- Создание прогностических моделей с учетом климатических изменений;
- Оптимизация методов оценки и минимизации водных потерь.

## **2. Практическое внедрение:**

- Мониторинг эффективности эксплуатации водохранилища на критических отметках (73,50; 73,90; 74,50 м);
- Создание адаптивных алгоритмов управления с учетом сезонных изменений;
- Масштабирование методологии на другие гидротехнические сооружения региона;

Реализация этих мер позволит оптимизировать управление водными ресурсами региона с учетом экологических и социально-экономических факторов.

### ***Список работ, опубликованных по теме диссертации, по списку ВАК***

1. Алали Хозефа. Испарение воды из водохранилища 16 Тишрин в Сирии: измерение объема и оценка экономических последствий / Алали Хозефа, А.В. Перминов // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 314–331. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-314-331>.

2. Алали Хозефа. Морфометрический анализ бассейн реки Ал Кабир Ал Шамали в Сирии с использованием изображения ASTER (цифровая модель рельефа) на основе ГИС-Технологии / Алали Хозефа, А. В. Перминов, С. Н. Редников, Алсадек Елиас Садек // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 46-58. – EDN YTMFDM.

3. Алали Хозефа. Использование современных ГИС-технологий при анализе гидрологических данных для реки Ал Кабир Ал Шамали в Сирии / Алали Хозефа, А. В. Перминов // Гидротехническое строительство. – 2024. – № 4. – С. 49-54. – DOI 10.34831/EP.2024.57.90.006. – EDN MVOLRE.

4. Алали Хозефа. Мониторинг водохранилища 16 Тишрин с использованием ГИС-технологий и дистанционного зондирования / Алали Хозефа, А. В. Перминов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2024. – № 1. – С. 11-16. – DOI 10.32962/0235-2524-2024-1-11-16. – EDN AKHRPC.

5. Алали Хозефа. Оценка точности глобальных цифровых моделей рельефа для гидрологического анализа: пример Сирии и России / Алали Хозефа // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14, № 3. С. 501–512. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-3-501-512>. EDN: TNXRYF.

### ***Список работ, опубликованных по теме диссертации, по списку Scopus***

6. Alali Hothefa. Use of Modern GIS Technologies in the Analysis of Hydrological Data for the Alkabeer Alshamali River in Syria / Alali Hothefa, A. V. Perminov // Power Technology and Engineering. – 2024. – Vol. 58, No. 3. – P. 458-462. – DOI 10.1007/s10749-024-01840-9. – EDN ZRYDTW.

### ***Патенты и свидетельства***

7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621641 Российская Федерация. «Спутниковые данные (MODIS) о эвапотранспирации и суммарной испаряемости водосборного бассейна реки Ал Кабир Ал Шамали в САР»: № 2024621203: заявл. 29.03.2024: опубл. 15.04.2024 / Алали Хозефа, А. В. Перминов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». – EDN BTHUXQ.

8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024622638 Российская Федерация. «Спутниковые данные (CHIRPS) об осадках водосборного бассейна реки Ал Кабир Ал Шамали в САР»: № 2024622109: заявл. 23.05.2024: опубл. 18.06.2024 / Алали Хозефа, А. В. Перминов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». – EDN EHGZDA.

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024623709 Российская Федерация. «Показатели стока спутниковых данных FLDAS – бассейн реки Ал Кабир Ал Шамали в САР»: № 2024622170: заявл. 23.05.2024: опубл. 22.08.2024 / Алали Хозефа, А. В. Перминов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева». – EDN DJYDAM.

### ***В сборниках научных трудов и материалах конференций***

10. Алали Хозефа. Водный баланс: принципы и важность / Алали Хозефа // Сборник материалов международной традиционной 7-я научно-практическая конференция на тему «Творческая молодежь и инновационное развитие», Издательство: «ДУРДОНА». Бухарский институт управления природными ресурсами НИУ «ТИИИИМСХ», Бухара. – 2022. – С. 1268- 1272.

11. Алали Хозефа. Геоинформационные системы в исследовании гидрологических характеристик рек и озер / Алали Хозефа // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2024. – № 44. – С. 34-36. – DOI 10.26160/2474-5901-2024-44-34-36. – EDN SZGQKF.

12. Alali Hothefa. State of Syria's environment and natural resources / Alali Hothefa // Материалы XIV Национальной конференции с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения», Саратов, 25–26 апреля 2024 года, 2024. – pp. 276-280. – EDN OGTCRY.

13. Алали Хозефа. Оценка программных продуктов ГИС для задач гидрологического анализа по результатам опроса специалистов / Алали Хозефа // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы VII Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2024 года.

– Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2024. – С. 272-275. – EDN XMSWUG.

14. Алали Хозефа. применение гидрологических моделей для прогнозирования и управления водными ресурсами / Алали Хозефа // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы VII Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2024 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2024. – С. 449-452. – EDN HRPUCZ.

15. Алали Хозефа. Пересечение гидрологического моделирования и управления окружающей средой / Алали Хозефа // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича: Сборник статей, Москва, 03–05 июня 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. – С. 66-71. – EDN RVBROC.

16. Алали Хозефа. Исследование гидрологических процессов бассейна реки Ал Кабир Ал Шамали в Сирийской Арабской Республике с применением ГИС технологий: презентация / Алали Хозефа // Сборник Международной летней школы на тему «Интеграция аграрной науки в мировое образовательное пространство», ЮКУ им. М. Ауэзова: материалы международной научной конференции, г. Шымкент, Республика Казахстан., 3-14 июня 2024 г. – С. 222-257.

17. Алсадек Елиас Садек/ Гидравлические исследования эффективности водобойных устройств за шахтным водосбросом по рассеиванию водной энергии гидроузла Тишрин в САР / Алсадек Елиас Садек, Н. В. Ханов, Д. В. Козлов, Алали Хозефа // Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства: Сборник тезисов докладов VII Всероссийского научно-практического семинара, Москва, 22 мая 2024 года. – Москва: Издательство: МИСИ-МГСУ, 2024. – С. 144-145. – EDN PITAHA.

18. Алали Хозефа. Использование современных ГИС-технологий при анализе гидрологических данных для реки ал-Кабир ал-Шамали в Сирии / Алали Хозефа, А. В. Перминов // Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства: Сборник тезисов докладов VI Всероссийского научно-практического семинара, Москва, 24 мая 2023 года. – Москва: Издательство МИСИ-МГСУ, 2023. – С. 174-175. – EDN IEJZIU.