НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА

ХУДЖАНДСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

На правах рукописи

УДК 551.58(584.3)+551.583.4

БАХТИЁРОВ Зулфиёр БАХТИЁРОВИЧ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЯНЬ-ШАНСКОЙ И ПАМИРО-АЛАЙСКОЙ ГОРНЫХ СИСТЕМ)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата технических наук
по специальности **25.00.30** – Метеорология, климатология, агрометеорология

Научный руководитель:
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Кодиров Анвар Саидкулович

Худжанд – 2023 г.

Оглавление

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И (ИЛИ) УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 4

ВВЕДЕНИЕ 6

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ 10

ГЛАВА 1. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ, ЕЁ ЗНАЧИМОСТЬ В НАУКЕ 18

1.1. Оценка состояния развития дендрохронологических исследований 18

1.2. Особенности изучаемых объектов 21

1.3. Методологические определения 25

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ 29

2.1. Методы исследования 29

2.2. Физико-географическая характеристика территории 30

2.3. Выборка и данные из годичных колец деревьев 36

2.4. Гидрологические и климатические данные 54

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ 56

3.1. Статистические данные древесно-кольцевой хронологии и гидроклиматические сигналы 56

3.2. Анализ корреляционных связей хронологий древесных колец с гидро-климатическими факторами в условиях климатических изменений 63

3.3. Характеристика моделей гидроклиматических реконструкций на основе радиального прироста деревьев 76

3.4. Анализ влияния гидроклиматических циклонов 88

3.5. Связь синоптических процессов земли с областью исследования 94

ГЛАВА 4. ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА ДЕРЕВА 99

4.1. Воздействия гидрологических и климатических параметров на радиальный

прирост 99

4.2. Особенности реконструкции вековой изменчивости климата с температурой поверхности воды в Мировом океане 107

4.3. Характеристики движения и образования воздушных масс..... 110

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 115

Основные научные результаты диссертации..... 115

Рекомендации по практическому использованию результатов исследований:..... 117

СПИСОК литературы 118

Список публикации соискателя ученой степени по теме диссертации 140

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И (ИЛИ) УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

AC1	–	Автокорреляция первого порядка
ARS	–	Auto Regressive Standardization
ARSTAN	–	Arstan Chronology
CE	–	Coefficient of Efficiency
CRU	–	Climatic Research Unit
DEM	–	Digital Elevation Model
ECFS	–	Евразийский центр продовольственной безопасности
EPS	–	Expressed Population Signal
IFPRI	–	Международный исследовательский институт продовольственной политики
ITRDB	–	International Tree Ring Data Bank
KNMI	–	Королевский Нидерландский метеорологический институт
MC	–	Mean Correlation
MS	–	Mean Sensitivity
MSL	–	Mean Segment Length
R	–	Correlation Coefficient
RE	–	Reduction of Error
SD	–	Standard Deviation
SNR	–	Signal-to-Noise Ratio
SST	–	Sea-Surface Temperature
ST	–	Sign Test
STD	–	Standard Chronology
SWAT	–	Soil and Water Assessment Tool
АЛТ	–	Алтай
АЧК	–	Ачике
БП	–	Береза плосколистная
БТ	–	Бейтун
ВСМ	–	Вусиман
ВСМ	–	Вусимуан
ДКХ	–	Древесно-кольцевая хронология
ЕШ	–	Ель Шренка
ЖМН	–	Жимунай
ЙБЖ	–	Йингбажа
ЙБЖ	–	Йингбажа
ИЛМ	–	Индийский летний муссон
ККМВ	–	Коэффициенты корреляции между видами
КОШ	–	Китайский округ Шаван
КТШ	–	Китайский Тянь-Шань
ЛАК	–	Линейная аппроксимирующая кривая

ЛТ	–	Лунтай
МЗ	–	Можжевельник Зеравшанский
МП	–	Можжевельник полушаровидный
МСА	–	Мульти-спектральный анализ
МТ	–	Можжевельник Туркестанский
САК	–	Североатлантические колебания
СР	–	Сосна Роксбурга
ТГНЛ	–	Тиеганлике
ТДК	–	Тропосферные двухлетние колебания
ТЕ	–	Тополь Евфратский
ТИК	–	Таджикистан Искандаркуль
ТПМ	–	Температура поверхности моря
ТПШ	–	Таджикистан Памиро-Алай Шахристан
ТТТ	–	Таджикистан Тянь-Шань Табошар
ТТШ	–	Таджикский Тянь-Шань
ХБК	–	Хабакхе
ХБХ	–	Хабахе
ЧЛ	–	Чиала
ШТЖ	–	Шенгтайжа
ШХК	–	Шазихекоу
ЭНЮК	–	Эль-Ниньо-Южного колебания
ЭХД	–	Эхедацяо
ЮАЛМ	–	Южноазиатский летний муссон

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследований по теме диссертации

Климатические изменения, происходящие в последние десятилетия, ставят вопрос о причинах их возникновения. Расчеты глобального изменения климата основаны на наборе и использовании инструментальных данных о погоде и косвенных источниках климатической информации. В то же время нельзя исключать того, что наблюдаемые климатические колебания укладываются в рамки естественных климатических колебаний, которые не раз происходили в прошлом. Существуют обоснованные сомнения в том, что современные численные климатические модели, основанные на короткой серии наблюдений, правильно учитывают внутренние и внешние факторы, влияющие на физические процессы в климатической системе. Выходом из этой ситуации является использование косвенных индикаторов изменения климата с высоким временным разрешением, а затем анализ прошлых уровней естественной изменчивости климата, возможно, на протяжении тысячелетий.

Эта засушливая местность сильно зависит от талых вод трансграничных рек с истоками в горах Тянь-Шаня и Памиро-Алая на западе. Объекты водоснабжения относительно развиты, но резкий рост спроса на водные ресурсы оказывает давление на водоснабжение Центральной Азии. Долгосрочные данные о водных ресурсах, необходимы для поддержки будущего планирования водных ресурсов. Однако отсутствие долгосрочных данных о речном стоке по-прежнему ограничивает нашу способность оценивать масштабы изменения рек и вероятность засухи.

Многочисленные исследования прошлого века показали, что годичные кольца деревьев в разных географических регионах коррелируют с региональными и местными климатическими переменными, измеряемыми

современными приборами, которая предлагает одно из возможных решений краткосрочного характера имеющихся в настоящее время данных о речных стоках. Корреляция между годовыми кольцами деревьев и речным стоком хотя и не является прямой причинно-следственной связью, возникает потому, что деревья включают в свои годовые кольца те же климатические переменные, что и речной сток, включая осадки, эвапотранспирацию, инфильтрацию почвы.

Существует множество исследований реконструкций температуры, осадков, засухи, связанных с шириной кольца деревьев можжевельника. В Таджикистане интерес к дендрохронологии был затронут мельком в 30-е годы прошлого века А. В. Гурским, но успеха оно не возымело. Позднее в том же XX веке советскими учеными были сделаны серии работ посвященные радиальному приросту деревьев, в XXI веке крайне мало исследований в области реконструкции засушливости, землетрясений и климатических связей кольцевой хронологии, а в Туркестанском Хребте и подавно отсутствуют реконструкции, которые бы объясняли климатические аномалии, кроме некоторых работ.

Необходимо признать важность проблем, связанных с изменением климата, сокращением лесов и незначительными исследованиями в области дендрохронологии в Таджикистане. В последнее время восстановление лесов уменьшилось, когда как значительно возросла неконтролируемая вырубка лесов, поскольку прекратилось обеспечение сельского населения углем, древесиной, электроэнергией и другими видами энергии. Сильно пострадали лесные массивы вблизи населенных пунктов, лесные защитные пояса вдоль дорог, не охраняемые на государственном уровне. За период 1990-1998 гг. количество деревьев вне лесов сократилось в 1,7 раза. Неконтролируемая вырубка и вырубка лесов под выращивание сельскохозяйственных культур привели к разрежению древесного покрова и исчезновению лесов на больших территориях. Из-за вырубки лесов поглощение CO_2 лесами и деревьями за пределами лесов неуклонно снижается с

1990-х годов. В период 1990-1998 гг. поглощение CO_2 лесами уменьшилось на 35 %.

Основываясь на наблюдениях гидрометеорологических станций и согласно другим международным отчетам обнаружено повышение температуры и тенденции варьируются в зависимости от регионов и с течением времени, хотя осадки на поверхности суши, как правило, увеличились к северу от 30° широты (С) за последнее столетие и уменьшились в большей части тропиков с 1970-х годов, что говорит об уменьшении притока 2 крупных рек (Иртыш и Тарим), которое приводит к нехватке воды у населения.

Поэтому Тянь-Шанские и Памиро-Алайские горы были выбраны как вероятная возможность широкого изучения проблем восстановления лесов, глобального потепления, изменения климата и палеоклиматической реконструкции на основе ширины древесных колец. Результаты исследования могут пролить новый свет на поднятые вопросы.

Исследование ширины древовидного кольца и построение хронологии дендроклиматологии для этих областей должно дать представление о влиянии (прошлых, нынешних и, возможно, будущих) климатических условий на речной сток. Оценка характеристик стока рек в условиях изменения климата дает четкую картину прошлых и нынешних климатических условий и, в конечном итоге, может помочь предвидеть возможные будущие климатические изменения.

Степень изученности и достоверности научной проблемы, теоретическая и методологическая основы исследований

Достоверность результатов исследования подтверждается обширным фактическим (экспериментальным) материалом: 6 пробных площадок, более 400 деревьев, 756 образцов керна. В работе использованы современные методы обработки данных и анализа результатов исследований, в том числе математико-статистический анализ с помощью компьютерных программ DENDROCLIM,

Microsoft Excel, Matlab, R Studio, IBM SPSS Statistics, Tsap, CDendro, COFECHA, ARSTAN. Хронология древесных колец широко используется для восстановление динамики изменений климата исторических записей на протяжении веков и тысячелетий Feng Chen, Zhang Heli, Zhang Ruibo, Qing He, Shulong Yu, Bjorn E. Gunnarson, Rob Wilson, Vladimir Myglan, Laurent Astrade, Yves Bégin, Keith R. Brifa, P.D. Jones, Krusic, P.J., Esper, Jan, Grissino-Mayer, Henri D, Гурская Марина, Агафонов Леонид, Шиятов С.Г. Мыглан В.С., Жарникова О.А., Малышева Н.В., Наурзбаев М.М. Meko, David M Edward R. Cook, Kevin J. Anchukaitis, Ганнибал Б.К., Ловелиус Н.В., Халимов А., Мамаджонов Ю. М., Кобулиев З.В., Кодиров А., Ахмадов А., Рахимов И. и другие. Анализ и оценка работ показывают, что вопросы исследовании изменений водных экосистем под воздействием климатических факторов на основе дендроклиматических исследований изучены недостаточно.

Связь темы диссертационной работы с научными программами

Работа выполнена в рамках международных и национальных стратегий, программ и проектов, включая принятой программы «Изучение точных, естественных и математических наук, рассчитанное на 2020-2040 годы»; «Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года», от 1 декабря 2016 года, № 636; «Программа среднесрочного развития Республики Таджикистан на 2021-2025 годы, от 30 апреля 2021 года», №168; «Десятилетия действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 гг.; «Программа по изменению климата в Центральной Азии и Синьцзяне (Таджикско-Китайская международная программа научно-технического сотрудничества, 2010DFA92720)». В связи с процессами изменения климата, повышения глобальной температуры и уменьшения объема ледников, а также маловодьем и засухой, ученым в области водных ресурсов, гидроэнергетики и экологии необходимо проанализировать ситуацию, найти и предложить способы

контроля и возможной адаптации от последствий глобального потепления климата.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цели и задачи исследования

Цель данной диссертационной работы заключается в моделировании воздействий климатических факторов и реконструкция гидрологического режима реки на основе дендроклиматических анализов; для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Сбор и обработка дендрохронологических записей и постройка хронологии;
2. Оценка влияния гидроклиматических условий (т.е. температуры, осадков, снежно-водного эквивалента и речного стока).
3. Моделирование долгосрочной гидроклиматической тенденции и продемонстрировать достоверность хронологии;
4. Придание географического представления реконструированных гидроклиматических параметров.

Предмет и объект исследования

Предметом исследования являются особенности применения дендрохронологического метода для динамики роста, состояния, датировки и реконструкции климата прошлых столетий для разных гидроклиматических условий.

Объектом выступают образцы древесин (кернов), взятых из следующих видов живых деревьев: Ель Шренка (ЕШ), Можжевельник Туркестанский/Зеравшанский/полушаровидный (МТ/МЗ/МП), Тополь Евфратский (ТЕ) и Береза плосколистная (БП).

Методы исследования

Данное исследование проводилось на основе общенаучных принципов

объективности, непротиворечивости, однородности и историчности. Для достижения цели диссертации и решения поставленных в ней задач был применён комплексный междисциплинарный подход, основанный на гуманитарных, естественных и точных методах.

Сбор дендрохронологических образцов – кернов взятых из живых деревьев. Далее проводили регистрацию и выявления колец, возможные сдвиги, постройку линейной регрессии и негативной экспоненты, корреляционные связи. Для оценки адекватности и придания географической эффективности реконструированных моделей в лаборатории анализировались в соответствии со стандартными процедурами Международного Банка Древесно-кольцевых данных и пакетом специализированных программ (полуавтоматическая установка LINTAB VI вместе с программой TSAPWin Scientific 4.80, COFECHA v 6.06, ARSTAN 41d, DendroClim 2002, IBM SPSS Statistics и климато-исследовательский сайт КНМИ).

Научная новизна исследования

Установлены специфичные влияния некоторых основных климатических факторов и гидрологических параметров на прирост древесно-кольцевой хронологии.

Построены 24 новых длинно-периодных древесно-кольцевых хронологий (*ДКХ*) на основании живой древесины.

Смоделированы записи исторических гидроклиматических данных и определены экстремальные годы.

Разработана методика для упрощения обработки и анализа дендрохронологических данных и созданы 2 новых инструмента: «буроизвлекатель» и «керновыталкиватель» – по уменьшению затрат силы, времени и ресурсов во время взятия образцов в полевых условиях.

Практическая значимость

Разработана методика для упрощения обработки и анализа дендрохронологических данных на основе програмного обеспечения CooRecorder, Cdendro.

Создан инструмент «буроизвлекатель» по уменьшению затрат силы, времени и ресурсов во время взятия образцов в полевых условиях.

Изобрён инструмент «керновыталкиватель» по сокращению ущерба возрастному буру и облегчению процесса сбора проб.

Созданная модель реконструкции многолетней хронологии даёт возможность более детально изучить условия произрастания деревьев, оценить риск стихийных бедствий и цикличность особо опасных явлений в природе (засухи, периоды с повышенной влажностью, морозные зимы, землетрясения и т.п.).

Установленые специфичные влияния некоторых основных климатических факторов и гидрологических параметров могут служить практической основой для прогнозирования динамики речного стока, частоты и интенсивности засух, волн тепла и холода, ливневых дождей и способность изучать воздействия, не связанные с окружающей средой (антропогенные факторы).

Теоретическая значимость

Реконструкция изменений гидрометеорологических условий в прошлом и подготовка прогнозов на будущее – важнейшая научная задача для малоизученного в палеонтологическом отношении региона Таджикистана.

Экономически эта работа также полезна и может быть использована в лесном, сельском хозяйстве, гидрометеорологических службах изучаемой территории и, более того, применима к отраслям экономики и другим, зависящим от погоды.

Положения, выносимые на защиту

Восстановление записей речного стока прошлых столетий на основе годичного прироста дерева на период сентябрь-август в Памиро-Алайских горах *(ТИК)*.

Произведение реконструкции осадков по определению влияния гидрологического контроля в май-июньском периоде в Китайском Тянь-Шане *(КОШ)*.

Представление исторических климатических данных связи кольцевой хронологии с ранними летними осадками в период апрель-август в Памиро-Алайских горах *(ТПШ)*.

Реконструирование минимальной температуры прохладных летних месяцев на период июнь-сентябрь в Тянь-Шанских горах *(ТТТ)*.

Установление специфичных влияний некоторых основных климатических факторов и гидрологических параметров, характерных для исследовательской территории.

Построение древесно-кольцевой хронологии для всех регионов исследования на основе корреляции Пирсона с гидрометеорологическими данными.

Отрасль исследования

Диссертация соответствует паспорту номенклатуры специальностей ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология, в частности по пунктам 3, 6, 13, 15 и 16.

Этапы исследования

Включали сбор и подготовку образцов, и их анализ. Затем проводили корреляционный анализ хронологии годичных колец вместе с гидроклиматическими параметрами и далее моделировали хронологии прошлых

столетий по результатам для каждого места исследования.

Реализация результатов исследований

Результаты работы внедрены:

В учебных процессах лабораторий: «Водных ресурсов и гидрофизических процессов», «Климатологии, гляциологии и моделирования водных ресурсов», «Качество воды и экологии» по дисциплинам «Экология», «Мониторинг окружающей среды», «Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов», «Рациональное использование и охрана водных ресурсов», «География – охрана природы» и «Гидрология суши» в Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ);

В научно-исследовательский процесс лаборатории «Интродукция и дендроиндикация растений» Худжандского Научного Центра НАНТ, Лаборатории изменения окружающей среды в засушливых землях и Лаборатории экологии пустынь и оазисов Синьцзянского Института экологии и географии Китайской Академии наук, Лаборатории международных рек и трансграничной экологической безопасности, Института международных рек и экологической безопасности, Юньнаньского университета;

При прогнозе гидрологических явлений и мониторинге окружающей среды в Центре по гидрометеорологии Согдийской области Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.

Личный вклад автора

Автор провел ряд экспедиционных работ, в результате было собрано 756 образцов керна, подготовлено к измерению дендрохронологических материалов около 402 живых деревьев, на основании которых построено 24 ДКХ; проведены: обработка гидрологических и климатических данных, дендроклиматический

анализ, формулирование научных положений и выявление закономерностей влияния климатических параметров, построены модели реконструкции.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов

Основные полученные результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на республиканских и международных конференциях:

– *международных:* 3-я конференция Немецко-китайского совместного исследовательского центра экологии и окружающей среды засушливых регионов (MEECAL); «Управление экосистемами и изменениями окружающей среды в засушливых землях Центральной Азии», (2016 г., Урумчи, Китай); научный фестиваль Шелкового пути 2016, (2016 г., Карамай, Китай); 10-й Синьцзянский молодежный академический ежегодник «Центральноазиатский экологический форум», (2016 г., Урумчи, Китай); Международный аспирантский форум по ресурсам и окружающей среде в рамках совместной разработки крупного проекта «Один пояс, один путь», (2017 г., Урумчи, Китай); форум, посвященный 60-летию Синьцзянского отделения Академии наук Китая в Урумчи, (2017 г., Урумчи, Китай); Пятый китайский симпозиум по годичным кольцам деревьев «Древовидные кольца - экология севера - изменения климата и окружающей среды», (2018 г., Харбин, Китай); Четвертая ежегодная международная конференция по сельскому хозяйству, продовольственной безопасности и питанию в Евразии с докладом в Международном исследовательском институте продовольственной политики (IFPRI) о глобальной продовольственной политике за 2019 г., (2019 г., Москва, Россия); Практический семинар Евразийского центра продовольственной безопасности ЕЦПБ/ECFS), Группа Всемирного банка, Представительство Всемирного банка, (2019 г., Москва, Россия); II Конференция Евразийского боксерского парламента при поддержке Международного Конгресса предпринимателей-производителей

«Здоровый климат спорта и планеты», (2019 г., Челябинск, Россия); Международная конференция «Оценка устойчивости взаимосвязи «вода-энергия-продовольствие» для орошаемого земледелия: междисциплинарные подходы для Центральной Азии» (WEFCA), (2019 г., Ташкент, Узбекистан); Седьмая республиканская конференция по дендрохронологии, (2019 г., Сишуанбаньна, Китай); Международная научная конференция «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры», посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси, (2022 г., Минск, Беларусь); Международный семинар по изменению климата и экологической безопасности, организованного Хуайиньским педагогическим университетом, (2022 г., Хуайинь, Китай).

– *республиканских:* Республиканская научно-практическая конференция «Проблемы развития естественных, точных и математических наук и внедрение их результатов в производство», (2021 г., Худжанд, Таджикистан); Республиканская научная конференция «Биоразнообразие горных экосистем Памира в связи с изменениями климата», (2021 г., Хорог, Таджикистан); Республиканская научно-методическая конференция «Проблемы методики преподавания математических, точных и естественных наук в высшем профессиональном учебном заведении: теория и практика», (2022 г., Худжанд, Таджикистан).

Опубликование результатов диссертации

Основные положения диссертации опубликованы в виде 20 научных работ, из них 4 статьи в международном научном издании, входящем в базу данных компании «Scopus», 3 статьи в научных изданиях, опубликованы в журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией (ВАК) при Президенте Республики Таджикистан, из которых 2 единоличных, 10 статей в материалах международных журналов, 6 в материалах международных и республиканских

конференций и 3-х актов внедрения в учебный процесс и в научную деятельность.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 149 страницах, состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы (189 источников, из них 6 на китайском, 26 на русском и 157 на английском языках); иллюстрирована 48 рисунками, содержит 8 таблиц и 3 схемы. Приложение включает акты внедрения и справки.

ГЛАВА 1. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ, ЕЁ ЗНАЧИМОСТЬ В НАУКЕ

1.1. Оценка состояния развития дендрохронологических исследований

Хронология древесных колец широко используется для реконструкции высоко- и низкочастотных колебаний температур вегетационного периода на протяжении веков и тысячелетий [1]. Таджикистан является одним из самых сухих регионов Центральной Азии, испытывая быстрый рост населения с 2010 по 2020 год. Однако отсутствие долгосрочных записей о речных стоках по-прежнему ограничивает нашу способность точно оценивать колебания стока и вероятность экстремальных засух [1-3].

Бóльшая часть населения Центральной Азии сосредоточена в оазисах; цепь же крупных городов располагается вдоль гор, как и цепь столичных регионов, соответственно, расположены в нижней части горного пояса Тянь-Шань-Алая от Казахстана до Таджикистана. Эта засушливая местность сильно зависит от талых вод трансграничных рек с истоками в горах Тянь-Шаня и плато Памир на западе.

Климатическая информация в кольцах, однако, может быть проанализирована сама по себе, чтобы дать представление о том, каким был климат в прошлом и каким он скорее всего, будет в будущем [2]. История популяции многих видов деревьев в Европе и Северной Америке [3, 4] по сравнению с другими континентами, такими как Центральная Азия, относительно хорошо изучена с акцентом на долгосрочные климатические изменения в мире [5, 6], в Центральной Азии [7] и в Таджикистане, с предложениями по повышению температуры [8] на основе набора метеорологических данных. Как упоминали [9] кольца деревьев играют важную роль в реконструкции прошлого климата в мире.

Дендроклиматология в горах Тянь-Шаня была изучена по характеристике роста и развития деревьев, реконструкциям прошлых тысячелетий [10-15]. Есть многочисленные работы, которые показали, что рост деревьев контролируется

набором климатических условий, например, реконструировали: весенние осадки в Западных Непальских Гималаях с 1840 года [16], а для юго-восточного Тибетского нагорья (Китай) – среднюю минимальную температуру августа с 1630 года, на основе максимальной плотности поздней древесины [17]. Изменения относительной влажности вегетационного периода и возможное воздействие на луга Хулунбуйра наблюдали следующие авторы [18, 19] для центральной Внутренней Монголии (Китай), реконструируя засуху на основе ширины кольца дерева. Реконструкция стока верхнего бассейна реки Фэньхэ в Северном Китае выполнена с 1799 года [20], также была представлена регенерация и защита пустыни Прибрежного леса *Тополя Евфратского (TE)* в засушливых районах [21]. Многотысячелетняя реконструкция 1436-летней истории использования почвенной влаги и растительного водопользования на основе ширины колец дерева из Чилиана *Можжевельника Туркестанского (MT)* в северо-восточном бассейне Кайдам (Китай) была показана в этой работе [22]. Произведена была ещё одна реконструкция из Западных Гималаев (Индия) теплового индекса, полученного из роста колец *Сосны Роксбурга (CP)* [23]. Для четкого описания климата прошлого предложено использовать несколько параметров колец дерева, включая ширину, плотность, клеточные, радиоактивные, стабильные соотношения изотопов и другие [24].

Управление водными активами превращается в бесспорно сложное задание в связи с ростом населения на планете и регулярно возрастающими запросами на расширение водной системы [25]. Даже более влажная восточная половина исследуемого округа не застрахована от усиления запросов на водообеспечение. Качество сигнала атмосферы, определяемого по кольцам деревьев, различается в зависимости от их видовой принадлежности и от специфики условий участков территории; это делает накопление различных примеров из данных участков основополагающим при использовании древесных колец в качестве

климатического индикатора. Хотя такие оценки скудны из-за отсутствия точных данных, особенно в отношении забора и возврата воды в сельском хозяйстве, всё же они являются наилучшими критериями оценок первичного стока. Антропогенное влияние напрямую влияет на забор воды из рек для различных целей и, к несчастью, из-за этого нарушается водный баланс [26].

Влияние гидрологических изменений на рост пойменных деревьев может смещаться в зависимости от топографических компонентов в пойме из-за контрастов в высоте, текстуре почвы, дренаже и влажности почвы [27]. Однако, когда условия наводнения изменяются плотинами или дамбами, растительностью, осадками и взаимозависимыми с ними факторами [28, 29], то гидрологические изменения могут влиять на поверхностный и подземный уровень воды в окрестностях, поскольку доступность воды в корневой зоне наиболее важна для развития пойменных деревьев [30].

В настоящее время имеется ограниченное число источников, сохранивших информацию об изменениях климата: лимнические отложения, палинологические, лихеометрические, ледниковые отложения и др. [31-34]. Однако не все из них позволяют с высоким временным разрешением (год, сезон) реконструировать изменчивость условий окружающей среды в течение длительного временного интервала. Что касается континентальных регионов Евразии, то дендрохронологические ряды отвечают требованиям. Древесная растительность на верхней границе своего роста чувствительна к изменениям.

Среди наиболее широко используемых методов имитационного программного моделирования для прогнозирования стока и выхода отбросов включают модель (Soil and water assessment tools - SWAT). Эта модель уже широко используется во всем мире [35-37]. ArcSWAT – это физически обоснованная масштабная модель водораздела, созданная для оценки влияния качества и количества поверхностных и грунтовых вод и прогнозирования воздействия на

окружающую среду и на методы управления земельными ресурсами при изменении климата [38]. Значительные части модели изображают методы, связанные с освоением водных ресурсов, ростом загрязнений окружающей среды – почвенные (пестицидами), атмосферные и другие загрязнения [39]. Однако ArcSWAT в диссертации использована только для того, чтобы выделить и показать гидрологическое моделирование основных рек областей исследования.

Есть несколько работ, исследующих плотины и реконструкции стока в Алтайских горах Китая [27, 30, 40-45], также реконструкции осадков [46] и относительной влажности [47]. Климатическая реакция древесных колец обнаруживает поздние модели потепления, однако, как правило, некоторые исследования по *TE* наблюдались в пойме бассейна реки Иртыш и, в частности, влияние влажности почвы на прирост колец [22, 48, 49].

Научные труды объясняют элементы, влияющие на развитие деревьев в прямой общей модели, где разнообразие в ширине кольца дерева опирается на эти работы [50]:

- Возрастной тренд дерева
- Климатические амплитуды
- Локальные эндогенные нарушения
- Экзогенные возмущения
- Неизученные факторы изменчивости

1.2. Особенности изучаемых объектов

Ель Шренка (*ЕШ*) – это деревья, достигающие высоты до 60 м, диаметр стволов может достигать до 2 м, имеют тускло-коричневую кору, которая густо шелушится; её крона цилиндрическая или узко пирамидальная. Может выращиваться к северу-обращенных склонах, прохладных оврагах на высоте 1200-3500 м, может быть найдена в Синьцзяне, Казахстане и Кыргызстане. Древесина используется для строительства, самолетов, машин, столбов и

древесной массы, а танин извлекается из коры. Вид также культивируется для лесоразведения и в качестве декоративного. В возвышающихся глубинах гор Тянь-Шаня *ЕШ* энергичная, высокая и прямая, вечно зеленая, карабкающаяся, полная «бесконечности» как зеленое здание вдоль гор и построенная Великая стена. Ветер, снег, звук, волны – почти все удерживается этими величественными деревьями. Из гор Тянь-Шаня Ель (Снежные сосны - синоним*),* как говорят, более 4000 лет назад мигрировали с Цинхай-Тибетского нагорья, на северо-западе, которого превратились в уникальные и впечатляющие деревья [51].

Можжевельник Туркестанский Комаров, произрастает на большей части Китая (Синьцзян), а также в соседних регионах, включая юго-восточный Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан и юго-западную Монголию, возможно, достигая северного Афганистана и Пакистана [52]. Этот диапазон будет включать горы Тянь-Шаня и Алтая, Памир и Тарбагатай [53]. Кроме того, фотограф Владимир Динец добавляет: «Можжевельник Туркестанский и полушаровидный образуют обширные редколесья или даже леса в некоторых других регионах, от Закавказья до Синьцзяна. Они во многих регионах вырубаются на дрова при достижении предельного возраста, но во многих других они находятся под строгой защитой».

Кроме того, [55] указывает, что сообщество Можжевельника*,* по-видимому, более устойчиво к высыханию, чем многие родственные виды (*Сосна, Ель, Пихта)* и некоторые широколиственные породы. Основываясь на его отчете, *МТ* может выживать на более низких высотах и на более сухих участках, чем другие менее приспособленные растения. Как подчеркивает автор [56], *МТ* растёт на Кураминском хребте на 1300 м н.у.м. и выше. Наибольшее количество эндемиков встречается на абсолютных высотах 1400–4000 м, преимущественно в можжевеловых лесах и в их экотональной зоне [57], где *МТ* занимает около 150 тыс. га. Можжевеловые леса являются хорошими регуляторами поверхностного

стока, предотвращая эрозию почв в горах и долинах, а также поглотителями CO_2. *МТ* может жить более пяти веков [58].

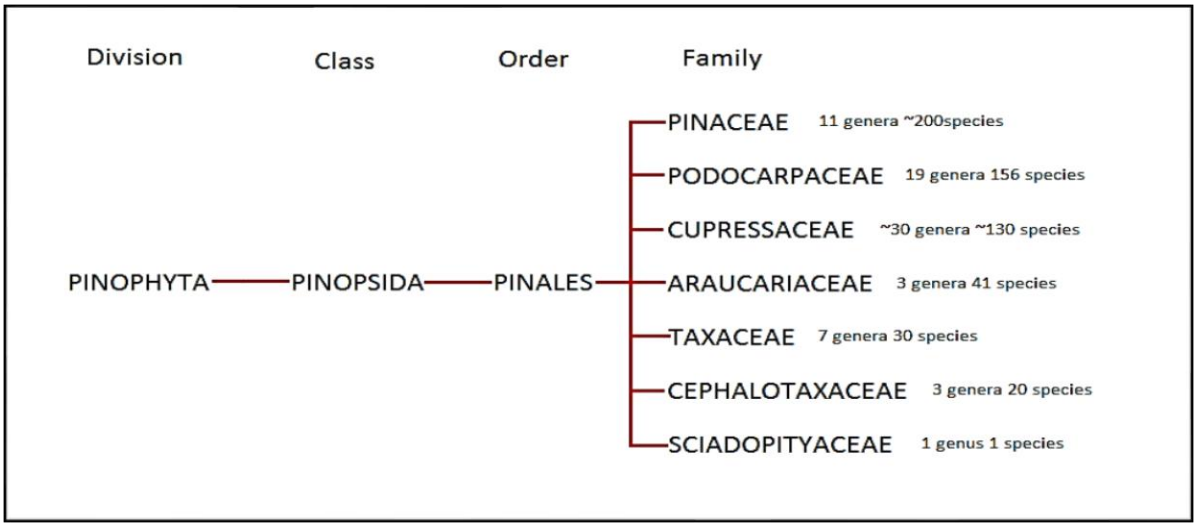

Рисунок 1.1. - Филогенетика Pinophyta (Хвойные), на основе кладистического анализа молекулярных данных [54]

МТ и *ЕШ* – разные роды деревьев, но они оба принадлежат к разделу сосудистых наземных растений *Pinophyta* (Хвойные), которые принадлежат одному классу *Pinopsida* (Сосновые) и к одному порядку *Pinales* (Сосновые или Хвойные). *МТ* – хвойные растения семейства *Cupressaceae* (Кипарисовые). *ЕШ* – хвойные вечнозелёные деревья семейства *Pinaceae* (Сосновые).

Лесные активы Синьцзяна состоят из многочисленных видов Тополя (латинское название: *Populus L.* – род растений). Корневая система очень широкая и разветвленная. Тополь может расти как на поверхностных влажных почвах, так и глубоко на менее влажных почвах. Корни дают богатое корневое потомство, регулярно при невероятно большом отрыве от материнского дерева – до 20 метров. Существует около 100 видов Тополя, статистика показывает, что большая часть его видов в мире обитает в Китае, где насчитывается около 62 видов [59]. Быстрый рост Тополя продолжается до 40-60 лет, после чего замедляется. Некоторые виды живут до 120-150 лет, но обычно растения рано поражаются различными грибковыми заболеваниями. В целом, тополь живет до 60-80 лет [59-61].

ТЕ (Populus euphratica Olivier) туловище обычно прямое, кора фурроидная или гладкая, часто серая или коричневая. Пойменные леса, образующие густые насаждения вдоль берега реки Иртыш, вероятно, являются клонами, образованными из бегунов родительского дерева [62, 63]. В Центральной Азии наиболее органично полезными, финансово значимыми, социальными, сравнивающими рекреационные, эстетические ценности и разнообразие биологических сообществ, являются пойменные леса [26, 64]. С одной стороны, они варьируются в значительном регулярном активе для человеческой популяции, опять же они дают естественные преимущества, например, сохранение ландшафта, ветрозащитные полосы, фиксация песка и безопасность почвы и берега реки [45, 51, 65].

Берёза плосколистная Сукачев *(Betula platyphylla Sukaczev*) – деревья высотой до 30 м; кора серовато-белого цвета. Умеренные широколиственные леса, обитают: в затененных, сухих, солнечных склонах, болотах, образуя обширные, чистые насаждения или смешанные с Клёном, Лиственницей, Елью, Липой и другими видами Берёзы; 700-4200 м н.у.м. [51].

ТЕ и *БП* они принадлежат к двум видам рода и семейства, но оба они имеют одну кладу (группа организмов, содержащая общего предка).

*Eurosids (*Розиды*)* или *Fabids* (Фабиды*)* [67] более четверти [68] клада делится на 16-20 отрядов, в зависимости от окружности и классификации. Эти роды, в свою очередь, вместе составляют около 140 семейств [69]).

БП (Betula platyphylla) – порядок *Fagales* (букоцветные), семейство *Betulaceae* (березовые), включает шесть родов лиственных, орехоносных деревьев и кустарников, включая березы, ольху, лещину, грабов, лещину-граб и хмель-граби, насчитывающих в общей сложности 167 видов [70]. В прошлом семейство часто делилось на два семейства: *Betulaceae* (*Alnus* (Ольха), *Betula* (Берёза)) и *Corylaceae* (Лещина) и остальные.

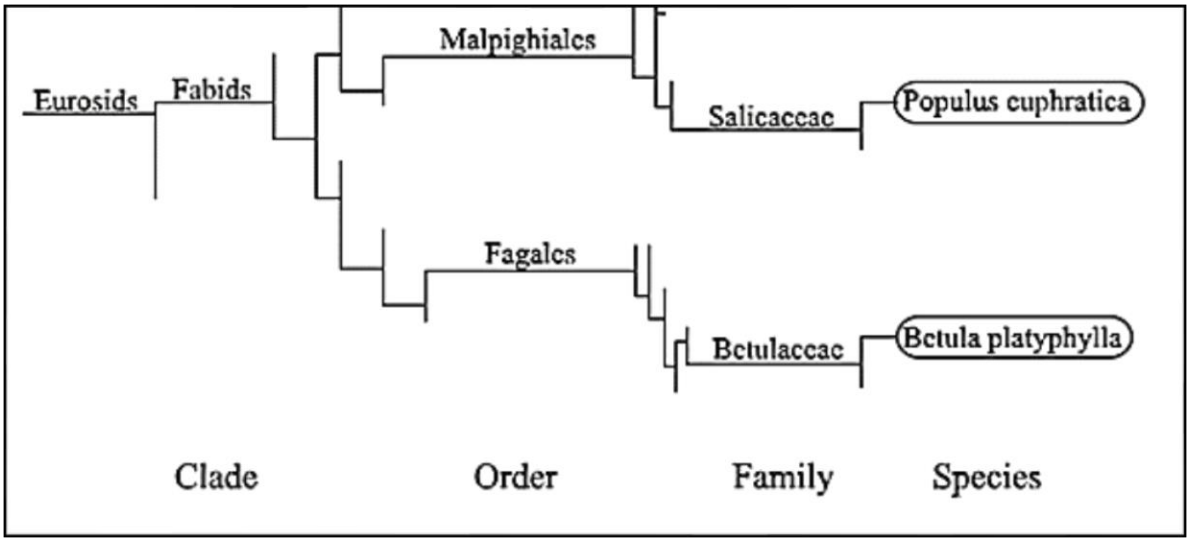

Рисунок 1.2. - Филогенетика *Eurosids* (Розидов) [66]

ТЕ – порядок Malpighiales (Мальпигиецветные), семейство *Salicaceae* (Ивовые), традиционное семейство (Ивовые в узком смысле), включало Иву, Тополь, Осину. *С*емейство содержит 56 родов и около 1220 видов [70].

1.3. Методологические определения

Дендрохронология (от греч. δένδρον – дерево, χρόνος – время, λόγος – слово, учение) отслеживается датировкой годовых слоев роста древесины и связанными с ними событиями, исследованием влияния факторов окружающей среды на величину роста древесины, анатомическое строение годовых слоев и их химический состав, а также анализом информации, содержащейся в годовых слоях с целью реконструкции состояния окружающей среды [2, 71]. В зависимости от множества факторов, которые действовали летом (сезон, температурный режим, количество осадков и т.д.), толщина годичных колец в разные годы жизни деревьев различна, а толщина годичных колец, растущих в один и тот же год у деревьев одной породы, растущих в одной местности, примерно одинакова [72]. Дендроклиматология – еще один аспект дендрохронологии, связывает различия в годовом росте с климатическими факторами с целью улучшения понимания прошлых, настоящих и будущих

отношений между климатом и ростом деревьев [72-74].

ЕШ (Fisch. et Mey) – уникальный вид деревьев в горах Тянь-Шаня, который очень удобен для дендроклиматологического анализа и дает очень хорошие результаты, что уже подтверждено [75-78]. *ЕШ* была выбрана для дальнейшего изучения и разработки хронологии древесных колец в префектуре Тачэнг, уезд Шавань, Синьцзяно-Уйгурском регионе, Китай, результаты которой показаны в этой работе [79].

Существует множество исследований реконструкций температуры, осадков, засухи, связанных с шириной колец дерева *МТ* В Таджикистане интерес к дендрохронологии был затронут мельком в 30-е годы прошлого века А. В. Гурским, но успеха оно не возымело. Позднее в том же XX веке советскими учеными были сделаны серии работ, посвященных радиальному приросту деревьев, [91-94]. В XXI веке крайне мало исследований в области реконструкции засушливости, землетрясений и климатических связей кольцевой хронологии [95-103].

Термин «дендроклиматология» ограничен дендрохронологическими исследованиями, которые используют климатическую информацию в устаревших слоях роста для изучения изменчивости в настоящем и прошлом климате, в то время как дендроэкология – это термин, используемый для тех дендрохронологических исследований, которые конкретно касаются проблем настоящей и прошлой местной среды [104]. И дендроклиматология и дендроэкология важны для понимания факторов, которые исторически влияют на популяцию деревьев, а также текущее состояние роста этой популяции. В данном исследовании реализованы как дендроклиматология, так и дендроэкология с целью изучения истории стресса и современного состояния различных частей гор Тянь-Шаня и Памира-Алая.

Перекрестное датирование основано на использовании уникального

временного рисунка ростовых колец древесины. Этот метод был впервые использован [105, 106], чтобы наблюдать климатические сезоны в западной части Техаса и строить таблицу включающую 130-летний период образование колец Дуба звездчатого. Окончательно перекрестное датирование было развито и широко внедрено в практику дендрохронологической работы А. Дугласа в 1911 г. [107].

Кросс-датировка – сравнение фигур из различных колец деревьев и выбор точного места, где встречается совпадение по характеру изменчивости радиального роста между этими образцами. Этот метод позволяет выявить нарушения в пределах отдельных синхронных временных интервалов и, таким образом, выявить точное положение разделенных колец, причем ложных. Метод перекрестного датирования позволяет проверить относительное и абсолютное датирование времени формирования слоев (колец) лесного роста [72].

При перекрестном датировании экстремальных значений роста (самые узкие и самые широкие кольца), а также колец, содержащих патологические структуры (такие как мороз, светлые и ложные кольца и др.), они используются в качестве пределов, позволяющих проверить правильность перекрестного датирования [50].

Но даже в случае взятия проб из основания ствола и деревьев, растущих в крайне неблагоприятных почвенно-климатических условиях, обычно выявляются все выпавшие кольца, если пробы берутся с довольно большого количества деревьев (не менее 10-15 шт.). При этом, желательно, моделировать деревья разного возраста. В частности, образцы с молодых деревьев необходимо собрать, так как хронология их древовидных колец помогает сузить хронологию периферийного кольца старых деревьев, где чаще всего кольца не обнаруживаются. Ложные кольца легче идентифицируются у большинства видов деревьев. Внешний предел их не такой острый, как в настоящих кольцах, а

ширина полосы поздних древесных ячеек вокруг кольца значительно изменяется (вплоть до исчезновения) [2].

COFECHA – это компьютерная программа, которая оценивает качество перекрестного датирования и точность измерений серий древовидных колец. COFECHA написана Ричардом Л. Холмсом в 1982 [108] и использует методы корреляции сегментированных временных рядов для оценки качества перекрестного датирования в рядах измерений. Перекрестное датирование – это, по сути, «высокочастотный» процесс. В большинстве географических регионов с умеренным климатом ежегодные колебания ширины колец более важны для успеха кросс-датировки, чем низкочастотные, долгосрочные тенденции. Такие низкочастотные тенденции, однако, могут быть использованы при датировании видов с более самодовольными кольцевыми сериями. Изучение только высокочастотной дисперсии, пропорциональной ширине колец, математически моделирует восприятие человека при визуальном осмотре серии «дерево-кольцо» для перекрестного датирования [109].

Программа **ARSTAN** – это личный исследовательский проект доктора Эдварда Р. Кука, развивающийся из его дипломной работы в Университете Аризоны в 1980-х годах, когда наука дендрохронология боролась с извлечением значимой информации о кольцах деревьев из деревьев с закрытым пологом леса. Методология ARSTAN (Auto Regressive STANdardization) была разработана для решения определенного класса проблем, общих для деревьев, растущих в лесах с закрытым пологом: проблема «эндогенного возмущения» [110].

Окончательное решение о том, датирован ли ряд древесных колец, должно приниматься дендрохронологом на основе как графических, так и статистических методов. Однако это может быть использовано для оказания помощи в принятии решения о принятии или отклонении серий древесных колец или частей серий для включения в хронологию участка [111].

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Методы исследования

Данное исследование проводилось на основе общенаучных принципов объективности, непротиворечивости, однородности и историчности. Для достижения цели диссертации и решения поставленных в ней задач был применен комплексный междисциплинарный подход, основанный на гуманитарных, естественных и точных методах.

Образцы кернов после их взятия на местах отбора проб. После транспортировки в лабораторию была организована тщательная сушка образцов, чтобы поверхность керна не заплесневела. Образцы бурения для их датировки наклеивали на деревянную основу, а керны резали и шлифовали наждачкой (зернистостью 400-2000) с целью экспертизы в соответствии со стандартными процедурами Международного Банка Древесно-кольцевых данных (International Tree Ring Data Bank ITRDB) [112]. Перед процедурой перекрестного датирования образцы были измерены визуально и ширина колец дерева была предварительно маркирована, это может быть полезно для быстрого поиска правильного кольца на образце и проверки правильности записанных и измеренных колец [71]. Керны были перекрестно датированы с использованием стандартных методов дендрохронологии [50]. Для регистрации и выявления выпадающих и ложных колец использовали измерительную полуавтоматическую установку LINTAB VI вместе с программой TSAPWin Scientific 4.80 с точностью 0,01 – 0,05 мм [113]. Для того, чтобы оценить в пределах какого отрезка сравниваемых кривых наибольшую величину, а также какова величина возможного сдвига, воспользовались программой COFECHA v 6.06 [108]. Для удаления эффекта эндогенных нарушений стенда и возможности применить оценку функции среднего значения на основе использования негативной экспоненты и линейной регрессии, мы использовали ARSTAN 41d [110]. Качество построенной

хронологии осуществлялось на основе дендрохронологических традиционных показателей – стандартного отклонения SD (характеризующие амплитуду погодичной изменчивости прироста), EPS – показывающую связь древесно-кольцевой хронологии к изменению внешних климатических параметров, RBAR – средний показатель корреляции среди древесно-кольцевых серий, MS – коэффициент чувствительности, оценивающий чувствительность хронологии к внешним изменениям [2, 50, 114].

Корреляционные связи были рассчитаны с использованием программы DendroClim 2002 [115]. Для оценки адекватности модели реконструкции осадков/температуры/речного стока и демонстрации стабильности её, такие статистические данные, как снижение ошибки (RE), коэффициент эффективности (CE), тест Sign, значение Durbin-Watson и коэффициент корреляции Пирсона были рассчитаны с помощью программы IBM SPSS Stasistics v.21 [50].

Для придания географической эффективности реконструированных моделей выполнена пространственная корреляции между реконструкцией и набором данных на основе данных CRU TS 4.0 [116] для каждого периода. Анализ проводился на климато-исследовательском сайте Королевского Нидерландского метеорологического института (КНМИ/KNMI (http://www.knmi.nl).

Для выявления локальных климато-изменчивых характеристик в частотной области, применяли мульти-спектральный метод для полного спектра реконструированной модели [50, 117]. Для анализа стандартного индекса в хронологии использовали сужения 2×3π и 5×3π, и красный шумовой фон, так как пики с разными местами были более значительными и сильными.

2.2. Физико-географическая характеристика территории

Горы Тянь-Шаня – один из крупнейших горных систем в мире, расположенных в Центральной Азии. Восточная часть гор Тянь-Шаня в регионе Синьцзян на западе Китая была внесена в список Всемирного наследия, где также

находился участок отбора проб. Горы Тянь-Шань в Синьцзяне представляют собой исключительные физико-географические достопримечательности и величественные восхитительные хребты, включая сказочно-снежные и холодные горы, вершины из ледяного покрова, нетронутые леса и холмы, чистые ручьи и озера, ущелье красного дна. Эти сцены выделяются из потрясающих смежных сцен пустыни, делая поразительную визуальную разницу между жаркими и ледяными условиями, сухими и влажными, опустошением и богатством. Формы рельефа и окружающая среда участка были сохранены с эпохи плиоцена и представляют собой замечательный случай прогрессирования органических и биологических трансформационных процедур [118].

Таджикистан является горной страной и около 93% ее территории покрыто горами, при этом около половины территории лежит на высоте свыше 3000 метров; абсолютные высоты находятся в пределах от 287 до 7495 метров н.у.м. Территория относится к гигантским горным системам Средней Азии – Тянь-Шанским и Памиро-Алайским горам (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Г орная система Тянь-Шаня лишь частично входит в состав республики. Она включает в себя Кураминский хребет (горы Тянь-Шаня) и пересекает Узбекистан и Кыргызстан. Система гор Тянь-Шаня расположена в Центральной Азии и простирается на 5 стран, в которую также входит и Таджикистан [119]. В Таджикистане существует большое разнообразие климатических условий, связанных с высокогорьем, географией, очень расчленённой орографией, что представляет большой интерес с точки зрения изучения и моделирования изменения климата в местном и региональном масштабе [58]. Исходя из этого, Таджикистан очень уязвим к глобальному изменению климата, что было подтверждено в последних докладах доноров [120].

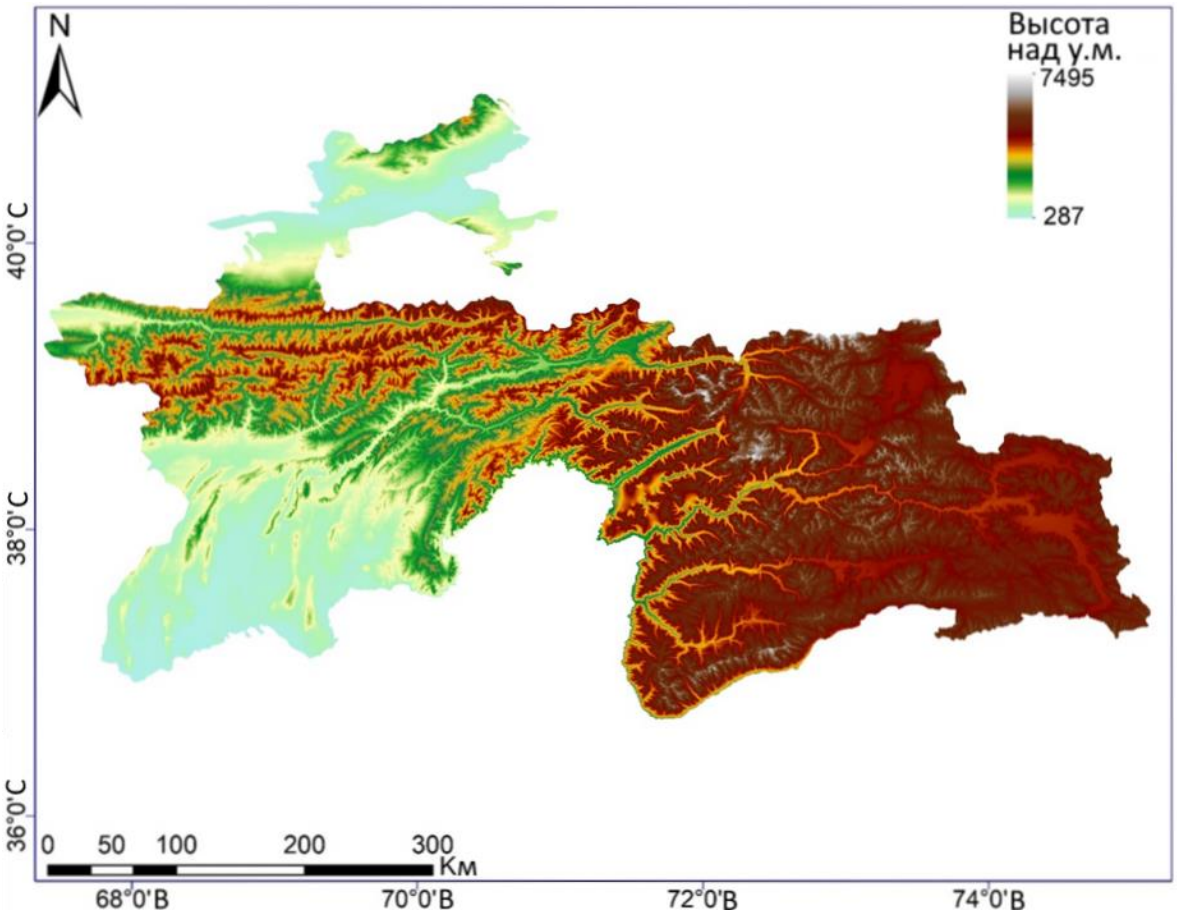

Рисунок 2.1. - Карта высот Таджикистана, извлеченная из цифровой модели высот (Digital Elevation Model DEM)

Кураминский хребет в горах Тянь-Шаня в Табошаре является одним из самых сухих регионов в горах Тянь-Шаня. По сравнению с другими частями гор Тянь-Шаня, в ареале Кураминского хребта преобладают арчовые лесные сообщества хвойных криофитных и микротермофильных, мезоксерофитных и ксерофитных, а изредка также ксеромезофитных сортов [121-123]. Следующие виды этого семейства растений являются эндемичными для Таджикистана: Можжевельник сибирский *Juniperus sibirica,* Можжевельник Туркестанский *J. Turkestanica,* Можжевельник Зеравшанский *J. Seravschanica,* Можжевельник полушаровидный *J. Semiglobosa* и Можжевельник Шугнанский *J. Schugnanica* [124]. Кураминский хребет богат запасами цветных металлов, и в этой области в начале 1950-х годов были основаны металлические рудники. Исследуемая

область располагается в горных долинах с большими колебаниями как сезонной, так и суточной температуры воздуха из-за континентального климата с жарким и сухим летом и короткой, холодной зимой, поэтому характеризуется как засушливая континентальная область [125].

Хребет представляет собой водораздел между рекой Ангрен на севере и Сырдарьей на юге. Самая высокая точка – Бобои-об (в переводе означает «отец вод или дед вод» – от тадж. бобо – дедушка и об – вода); 3769 м [126]. В исследуемой территории Тянь-Шаня преобладает средний рельеф, сложенный из метаморфических сланцев, песчаников и гранитов. На высоте 1800 м расположены хвойно-широколиственные леса, можжевеловые (арчовые) леса, на северных склонах орехоплодные, в том числе, выше по вертикали, альпийские луга и типчаковые степи, а ниже по склонам степи и ксерофильные кустарники [59].

Памиро-Алайские горы – горная система, включающая в себя самое высокое Памирское нагорье на юго-востоке Средней Азии, расположенное между Ферганской долиной на севере и Амударьей (Пяндж-Вахандарья) на юге. Восточные и частично южные края Памирской возвышенности отходят на территорию Китая и Афганистана. Северной частью системы Памиро-Алайских гор являются Алайский и Туркестанский хребты, граничащие с Ферганской долиной с юга. Период засухи в горах значительно меньше, чем на пустынных равнинах в то время, как в августе и сентябре горы резко засушливые. На высотах 1500-3500 м климат имеет черты, характерные для гористой местности, на преобладающей части территории он прохладнее и влажнее; на Туркестанском хребте температура выше (на высоте 3100 м, средняя температура января -9,5°C, июля +11°C); на этих высотах ограниченное годовое количество осадков – до 500 мм. Теплое время года 120 суток, влажность 48,8% [127].

В климатическом отношении Памиро-Алайские горы также неоднородны,

хотя всё это находится в поясе субтропического климата. Огромный диапазон высот, обусловливающий высотную климатическую зональность и резкие перепады в распределении влаги, связанные с направлениями влагонесущих воздушных течений и орографических барьеров, отвечает за климатические контрасты [127]. Только на Восточном Памире, в отличие от остальной территории Памиро-Алайских гор, наблюдается летний максимум осадков, что объясняется влиянием циркуляционных процессов [128], развивающихся как над Тибетом [129], так и в горах Тянь-Шаня; летние осадки часто выпадают в виде града и снега.

Саратогский район расположен между Зеравшанским и Гиссарским хребтами, на больших высотах с суровыми климатическими условиями, и относится к Центральному микрорайону Зеравшанского ботанико-географического региона [130].

Леса можжевельника в регионе Саратог представлены двумя образованиями: мезотермальный из Можжевельника Зеравшанского *Juniperus Seravschanica* и олиготермальный из Можжевельника Полушаровидного *J. Semiglobosa* (2400-3500 м). Деревья Можжевельника полушаровидного (местное наименование – саур-арча) в окрестностях бассейна реки «Искандаркуль» гораздо больше распространены, чем Можжевельника Зеравшанского [131]. Эти можжевеловые леса растут на крутых, труднодоступных, иногда скальных склонах. Поэтому они были гораздо меньше подвержены антропогенному воздействию и хорошо сохранились в слегка нарушенной форме в районах исследования.

Область исследования в Китае, в регионе Синьцзян, расположенном между 73°40'~ 96°18' восточной долготы и 34°25'~ 48°10' северной широты. Это – крупнейший провинциальный административный район в Китае, Синьцзян составляет одну шестую часть площади суши Китая (1,66 миллиона квадратных

километров).

Снежный покров и ледник в трех основных горных хребтах Синьцзяна объединяют более 500 рек, распределенных в бассейнах на севере и юге гор Тянь-Шаня. Среди них более крупные – река Тарим (самая большая внутренняя река в Китае), река Или и река Иртыш, река Манас и река Вулунгу.

Река Иртыш является второй по величине водной артерией Синьцзяна и располагается на территории 52,73 миллиона км^2. Её протяженность – 633 км, это также речная система, несущая воды в Северный Ледовитый океан. Она протекает через Фуюнь, Фухай, Буркин, включая в себя реку Хабахе. Бассейн реки Иртыш называют «Генбанком тополя в Китае» [132]. Обь-Иртышский водный каркас формирует примечательный водный бассейн в Азии, который ниже по течению включает в себя подавляющее большинство рек Западной Сибири. Его длина 4 248 км, а площадь водосбора 1 640 000 км^2 [133]. Пойма Иртыша смешанная, в верхнем течении снежная и холодная, в среднем и нижнем течении дождевая, грунтовая и снежная. Следовательно, наиболее экстремальные половодья на Иртыше наблюдаются на фоне таяния снега. Течет на юго-восток в горном районе. Из-за воздействия воздушных течений морского происхождения и окружающих гор, данная территория имеет стандартные качества полусухой/сухой атмосферы, с недостатком осадков и усиленным испарением почвенной влаги. Годовой безморозный период составляет 140-154 дня. Климатические условия повлияли на неадекватность равнинной растительности; проективное покрытие растительности составляет от 30% до 40%. Распространенные почвы – это, по большей части, скучная холмистая почва, основная почва поляны, засоленная холмистая почва, развитая холмистая почва, влажная почва береговой линии ручья, холмистая темная почва и полузатвердевший песок [134].

Река Тарим – крупнейшая внутренняя река Китая, естественный сток

которой, по оценкам, составляет 800-900 × 10^6 $м^3$ в год из снежных и ледниковых источников [135]. Как указано [136, 137], река Тарим (занимает площадь примерно 1020 × 103 $км^2$ [138]), представляет с собой огромный внутренний бассейн, который в основном занят пустыней Такламаган с площадью 337 600 $км^2$ – второй по величине песчаной пустыней мира. Влажные воздушные потоки перехватываются горами Памира, Тянь-Шаня и Куньлуня [64].

Река Тарим подпитывается дождевыми и особенно талыми водами высокогорных ледников, в долгосрочной перспективе средний поверхностный сток достигает 3,98 × 103 $м^3$ в год, однако годовое пополнение реки дождевыми осадками очень мало, а потенциальное испарение велико. Талая ледниковая вода, осадки и таяние снега, а также базовый сток составляют 48,2%, 27,4% и 24,4% от общего стока соответственно [139, 140]. С 1970 года низовья реки Тарим постепенно высыхают, а прибрежная растительность деградирует. Общая площадь бассейна составляет 1,02 млн $км^2$ [141].

2.3. Выборка и данные из годичных колец деревьев

Исследуемые районы, расположенные в Таджикистане

Места отбора проб (***ТТТ***, ***ТИК*** и ***ТПШ***, Рисунок 2.2): в Согдийской области, к северо-востоку от города Табошар – ***ТТТ*** с умеренным климатом, в юго-восточной части города Пенджикента – ***ТИК*** с резко-континентальным и засушливым климатом и на юго-западной части города Шахристан – ***ТПШ*** с субтропическим климатом (Таблица 2.3) [142-144]. ***ТТТ*** лежит на месте, где в СССР, в конце 1940-х начале 1950 года, была создана уранодобывающая промышленность в бывших советских республиках Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана в составе программы ядерного оружия. Кроме того, материалы, богатые ураном, транспортировались из нескольких бывших восточноевропейских социалистических стран (например, Восточной Германии, Украины) в регион Центральной Азии для переработки [145-148].

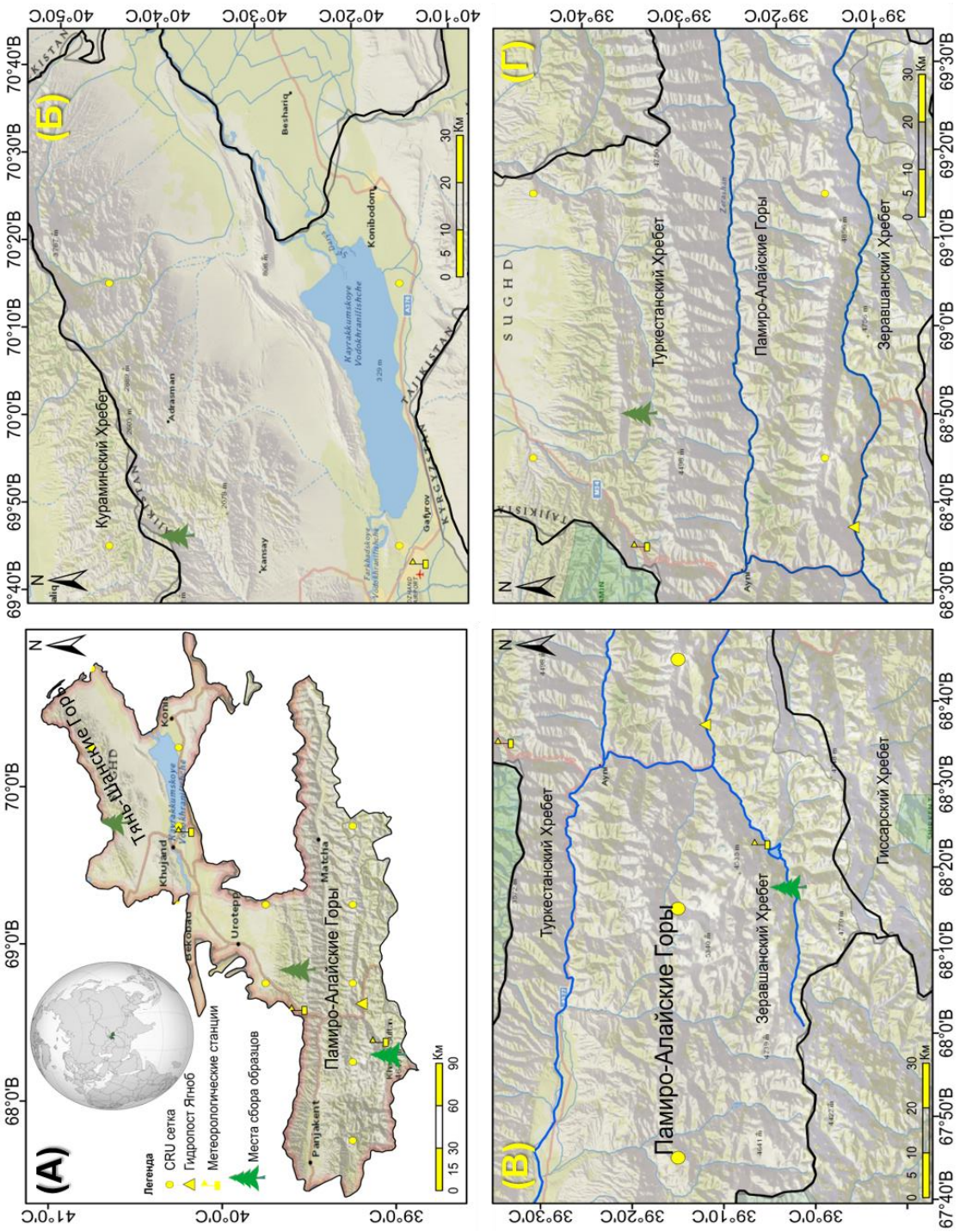

Рисунок 2.2. - (А) Карта расположения отобранных участков в Согдийской области, Таджикистан: (Б) Табошар *ТТТ;* В) Искандаркуль *ТИК;* (Г) Шахристан *ТПШ*

Метеорологические данные показали, что климат всех таджикских исследуемых районов характеризуется очень скудными летними осадками. Среднегодовое количество осадков в ***ТТТ*** составляет 271 мм на станции Худжанд, ***ТИК*** составляет на станции Искандаркуль 290 мм и в ***ТПШ*** 440 мм на станции

Шахристан, с максимальным количеством месячных осадков весной (март, апрель и май). Лето (июнь-июль) является высокотемпературным периодом, с самой высокой максимальной температурой, существующей в июле на уровне 36,7 ºС ***ТТТ***, 25,7 ºС в ***ТИК*** и 16,0 ºС ***ТПШ,*** а самым холодным месяцем является январь с минимальной температурой воздуха -3,1 ºС ***ТТТ***, -9,9 ºС ***ТИК*** и -11,8ºС ***ТПШ*** (Рисунок 2.3).

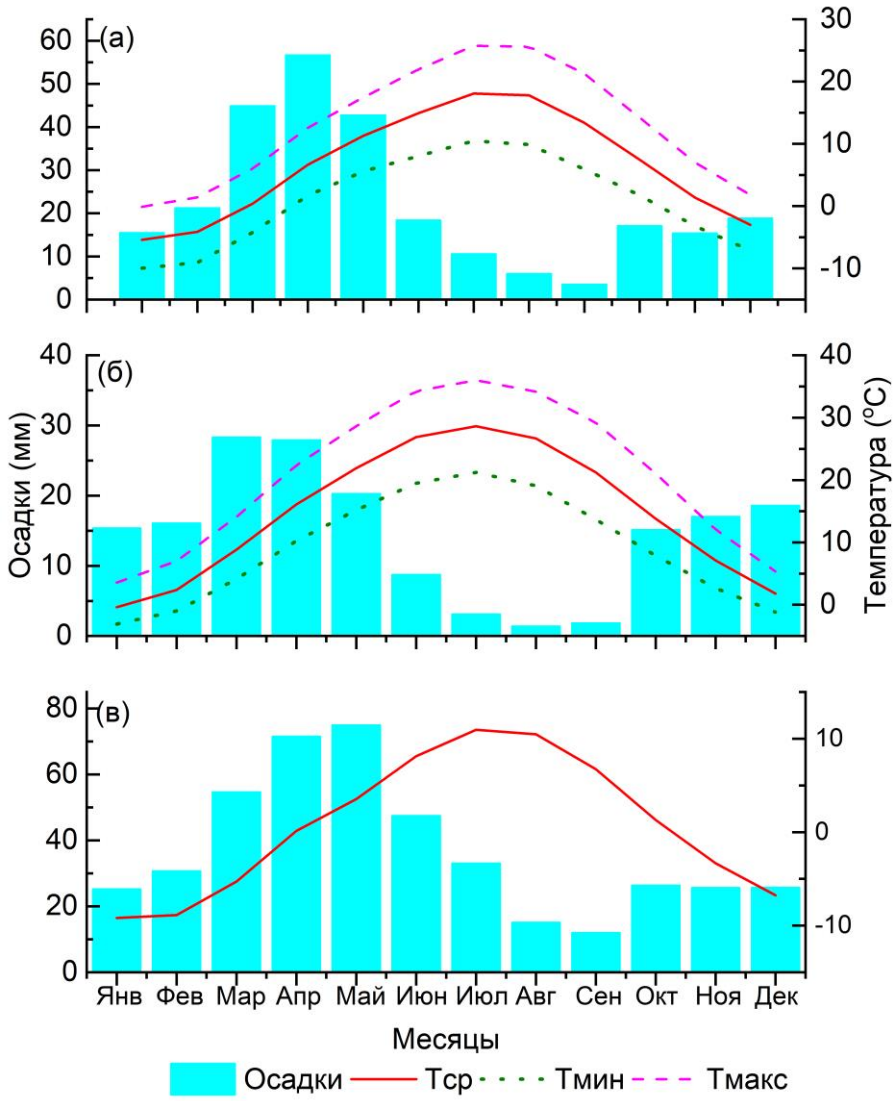

Рисунок 2.3. - Климатическая диаграмма: а) станция Худжанд (1932-2016) ближе к *ТТТ,* б) станции Искандаркуль (1940-1994) ближе к *ТИК,* в) станция Шахристан (1949-1997) ближе к *ТПШ*

В 2016 г. 40 деревьев *МТ* в открытых насаждениях ***ТТТ*** и в северо-западном направлении под углом 10-45°, 39 деревьев *МП* в ***ТИК*** и, в целом, 48 деревьев *МТ*

в ***ТПШ*** (Рисунок 2.2), были извлечены два керна из поперечных склонов каждого дерева, в основном на высоте груди, но из некоторых деревьев, рост кроны которых был слишком низким, приходилось извлекать на высоте 0,2-0,5 м, используя приростные буровые инструменты диаметром 5 мм. Эти деревья чрезвычайно медленно растут и долго живут. Для определения минимума колебаний темпов роста, связанных с конкуренцией были отобраны только деревья с доминирующим или кодоминантным статусом кроны [149]. Деревья с большим стволом или с деформацией кроны не брались для анализа. Из их числа было исключено около 20 деревьев изо всей суммы образцов с территории Таджикистана в связи с некоторыми ошибками датировки, связанными с выпавшими кольцами, кольцами вклинивания, ложными кольцами и другими аномалиями древесины; аналогичные результаты, которые подтверждаются нами в этих измерениях, имели и следующие авторы [96]. Чтобы свести к минимуму неклиматические последствия для роста деревьев, отбирались только деревья без травм или заболеваний. Высота деревьев колебалась от 7 до 12 м в зависимости от условий участка; диаметр варьировался от 92 до 320 см в ***ТТТ,*** а в ***ТИК*** и ***ТПШ*** он колебался в пределах 80-210 см, при этом высота деревьев составляла 6-13 м, а крона не выходила за пределы 4-9 м.

Для того, чтобы датировать и измерить характеристики ростовых колец, керны сверлили шведским возрастным сверлом диаметром 5 мм в направлении, перпендикулярном продольной оси ствола дерева, в основном на высоте груди; керны брали в основном в 2 радиусах, пытаясь заставить бур пройти через или в непосредственной близости от основного кольца, и если сверло не проходило сквозь дерево за один шаг, брали образец с двух противоположных радиусов. Просверленные керны помещали в специально подготовленные картонные листы, внутренний диаметр которых был на 1 мм больше диаметра образца. Код образцов древесины был написан на поверхности картонного листа.

Целевым районом исследования в Китае являются восточные ворота префектуры Тачэн округа Шаван (***КОШ***) северо-восточной части Тянь-Шаня, площадь которых составляет 13 900 км^2. Этот район расположен в середине северного подножия гор Тянь-Шань в Синьцзяне (Рисунок 2.4).

Округ Шаван имеет континентальный умеренный засушливый климат со средней температурой от 6,3 ºC до 6,9 ºC. Годовое количество осадков от 140 мм до 350 мм. Участок отбора проб находился >50 км от округа Шаван, но от района проживания людей (например, Калаба Ситаокун и Акедже Екекун) ближе примерно на 10 км, и подвержен относительно большому вмешательству человека, потому что этот участок леса является пастбищем. Климатические условия в этом районе почти полностью отличаются от нижних участков округа Шаван: средняя температура 1,4 ºC, годовое количество осадков 645 мм с максимальным месячным количеством осадков летом (июнь, июль, август). Месяцы с отрицательными температурами приходятся на период с ноября по март, с самым холодным месяцем в январе (-21 ºC) и самой высокой средней температурой в июле (18,6 ºC, Рисунок 2.5).

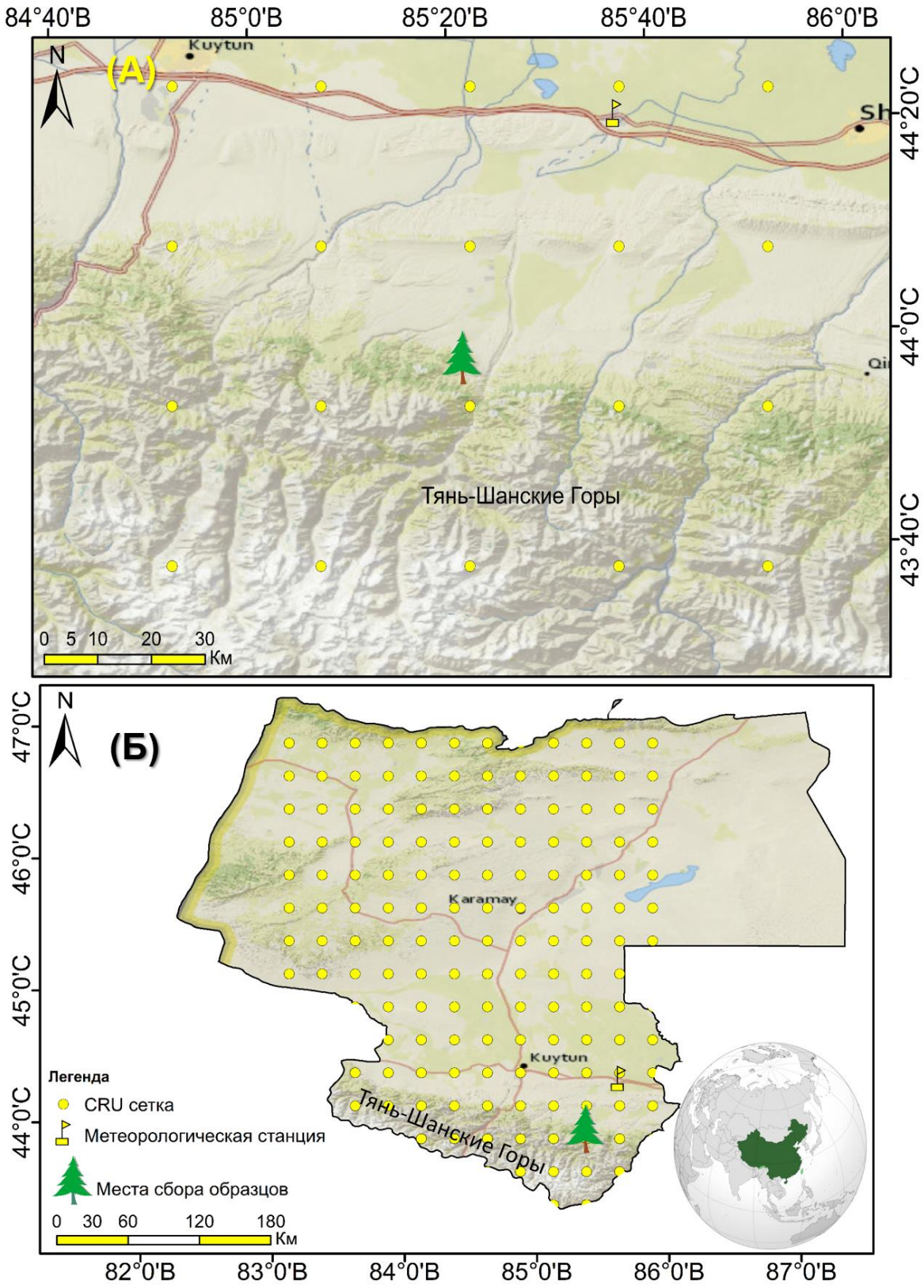

Рисунок 2.4. - (А) Карта расположения изучаемой территории Китайского Тянь-Шаня, и места отбора проб (Б)

Таблица 2.1. - Сводка статистических данных по древесно-кольцевым хронологиям со всех мест

Регионы	Участок	Дерево / Керн	Период	Длина	MS	SD	SNR	EPS	AC1	MC
АЛТАЙ	***БТ***	25/49	1941-2016	76	0,281	0,222	7,314	0,88	-0,201	0,556
	ХБХ	18/35	1948-2016	69	0,282	0,236	10,234	0,911	0,176	0,65
	ЭХД	25/47	1933-2016	84	0,266	0,253	7,814	0,887	0,253	0,632
ТАРИМ	***АЧК 1***	15/26	1884-2016	133	0,329	0,338	5,464	0,845	0,249	0,621
	АЧК 2	20/37	1832-2016	185	0,387	0,531	6,345	0,864	0,51	0,556
	ВСМ 1	30/54	1993-2016	24	0,329	0,252	14,731	0,936	-0,173	0,696
	ШХК 1	9/16	1983-2016	34	0,458	0,346	18,623	0,949	-0,416	0,693
	ШХК 2	10/19	1977-2016	39	0,216	0,26	9,093	0,901	0,112	0,577
	ШХК 3	5/9	1945-2016	72	0,405	0,333	13,514	0,931	0,002	0,716
	ШТЖ 1	15/25	1983-2016	34	0,349	0,263	9,7	0,907	-0,248	0,657
	ШТЖ 2	10/20	1982-2016	35	0,338	0,278	13,562	0,931	-0,126	0,669
	ЙБЖ 1	11/22	1941-2016	76	0,497	0,419	16,151	0,942	-0,291	0,678
	ЙБЖ 2	5/10	1952-2016	65	0,337	0,408	9,376	0,904	0,051	0,695
	ЙБЖ 3	15/31	1946-2016	71	0,407	0,357	16,033	0,941	0,108	0,739
	ЙБЖ 4	12/23	1993-2016	24	0,336	0,367	16,554	0,943	0,111	0,681
	ЙБЖ 5	16/30	1987-2016	30	0,281	0,365	24,803	0,961	0,253	0,731
	ЙБЖ 6	8/16	1984-2016	33	0,234	0,253	11,459	0,92	-0,039	0,61
	ЙБЖ 7	10/18	2001-2016	16	0,37	0,369	49,397	0,98	-0,261	0,583
	ЙБЖ 8	10/16	1970-2016	47	0,228	0,339	2,841	0,74	0,569	0,408
	ЙБЖ 9	14/23	1957-2016	60	0,344	0,258	11,203	0,918	-0,218	0,71
КТТ	***КОШ***	32/64	1888-2015	128	0,568	0,447	12,78	0,927	-0,113	0,689
ТТШ	***ТИК***	39/72	1589-2016	428	0,230	0,185	-	0,907	-0,077	0,528
	ТТТ	20/38	1840-2016	176	0,495	0,335	4,91	0,831	-0,106	0,507
	ТПШ	28/56	1701-2016	315	0,263	0,291	5,946	0,856	0,498	0,575

В августе 2015 года, во время полевого исследования всего было собрано 64 образца из 32 деревьев Ели Шренка *(ЕШ)* в округе Шаван на Китайском Тянь-Шане. Поскольку расстояние между точками было < 10 км, их было закодировано как ***КОШ*** и объединено в одно место наблюдения (Рисунок 2.4). Диаметр дерева *ЕШ* варьировался от 60 до 150 см в зависимости от условий участка. В основном пробы брали на высоте груди (1,3 м) и извлекали 2-3 керна преимущественно возрастным буром диаметром 5 мм (Швеция) с разных направлений для дальнейшего дендрохронологического датирования. Для ограничения неклиматических воздействий на рост деревьев осмотру подвергались только деревья без повреждений и заболеваний.

Алтайский регион (45-49°00-10' С 85-91°31-01' В) расположен на северной оконечности Синьцзяна и южном подножье горы Алтай. Восток граничит с Монголией, запад граничит с северным Казахстаном и Россией, юго-западный Уйгурский горный хребет соединяет южный берег озера Улунгу в районе Тачэн, а южная часть соединяет пустыню Гурбантунгут на севере и перекресток Чанцзи.

Климат Алтая. Алтай имеет холодный полузасушливый климат, без сильного муссонного влияния на сезонные осадки, которые определяют климат на большей части Китая, а среднегодовое количество осадков составляет около 200 мм, в горах до 600 мм. Зимы длинные, очень холодные и сухие, -15,5 ° С в январе; однако наличие Алтайских гор на севере помогает смягчить тяжесть зимних холодов по сравнению с местами дальше на восток. Весна и осень короткие, но мягкие. Лето очень теплое, но сухое, 21,8 ° С в июле месяце. Среднегодовое значение составляет 4,5°С (Рисунок 2.7 АЛТ, Таблица 2.2).

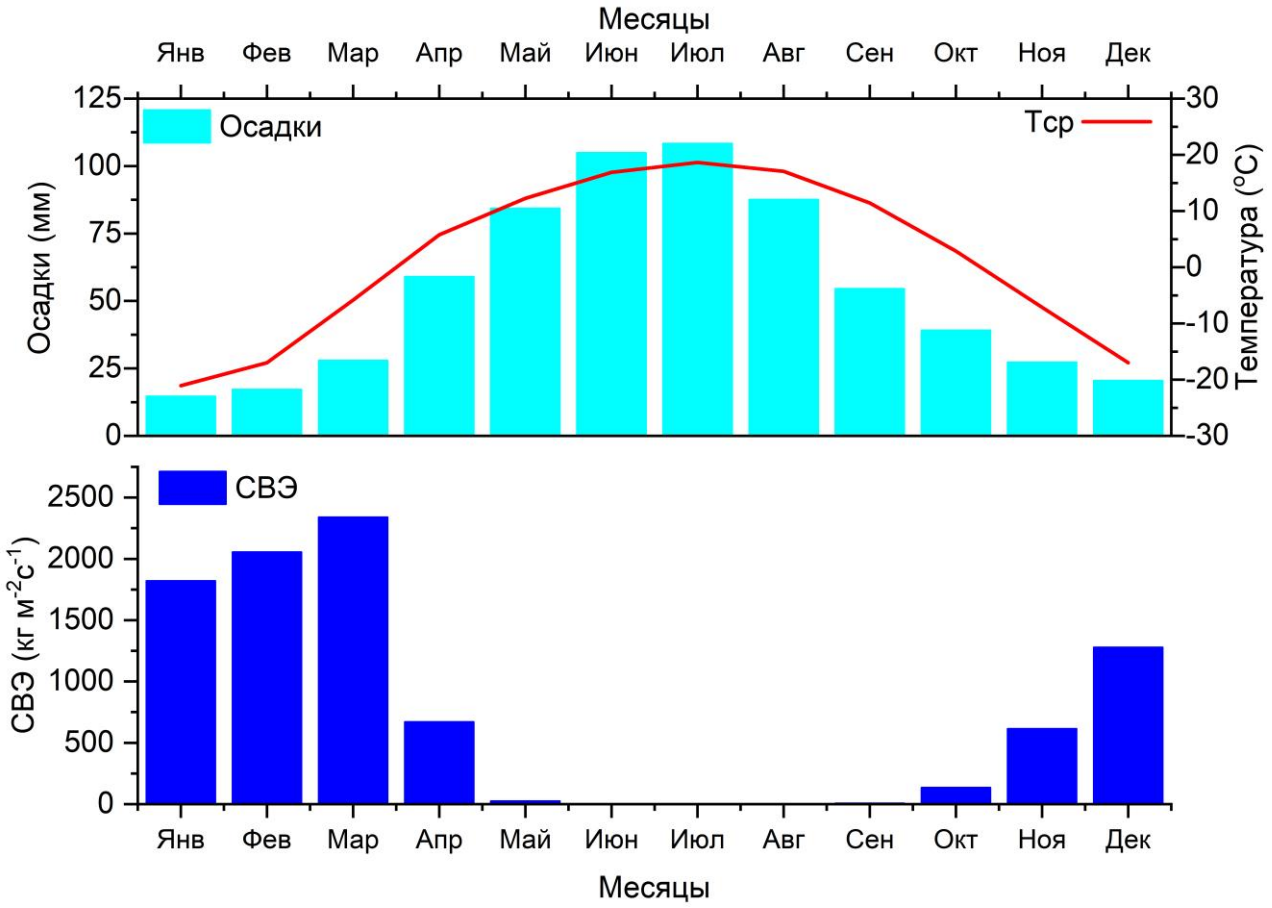

Рисунок 2.5. - Гидро- и климатическая диаграмма (Китай, *КОШ*), интерполированная по месту отбора проб из набора данных с координатной привязкой (1952–2012 гг.)

Бейтунь (46-48°02-56'С 85-91°31-00'В) расположен на реке Иртыш, префектура Алтай, Синьцзяно-Уйгурский автономный район, а на западе – и Казахстан, которые примыкают на севере к России и к Восточной Монголии. Протяженность границ составляет 430 километров с востока на запад и 330 километров с севера на юг, площадью 911 квадратных километров.

Таблица 2.2. - Характеристика метеорологических и гидрологических станций

Регион	Станция	Код	Сев. Шир. (С)	Вос. Дол. (В)	Высота н.у.м. (м)	Период (годы)
Алтай	Алтай	АЛТ	47°44'	88°05'	735,3	1957-2015
	Хабахэ	ХБК	48°03'	86°24'	532,6	1958-2015
	Жимунай	ЖМН	47°26'	85°52'	984,1	1961-2015
Тарим	Лунтай	ЛТ	41°47'	84°15'	976,1	1958-2015
	Тиеганлике	ТГНЛ	40°38'	87°42'	846	1957-2015
	Алаар	АЛР	40°33'	81°20'	1009	1957-2006
	Синчиман	СЧМ	40°56'	82°59'	962	1957-2006
	Йингбаджа	ЙБД	41°12'	84°19'	928	1957-2006
	Вусиман	ВСМ	40°58'	85°29'	908	1957-2006
	Чиала	ЧЛ	40°53'	86°49'	875	1957-2006
	Куарлу	КРЛ	41°45'	86°08'	931,5	1957-2006
Китай	Шаван	КШВ	41°45'	86°08'	525	1952-2012
Таджикистан	Худжанд	ТХС	40°13'	69°43'	425	1940-2015
	Шахристанский перевал	ТШП	39°57'	68°58'	3143	1949-1997
	Искандаркуль	ТИС	39°06'	68°23'	2204	1940-1993
	Ягноб Такфон	ТЯТ	39°12'3,93"	68°37'7,87"	1734	1935-1995

Климат Бейтуна. Климат Бейтуна характеризуется холодной длинной зимой, ветреной весенней засухой и коротким летом, средним безморозным периодом около 120 дней, а самым коротким всего – 74 дня, экстремальной минимальной температурой -49°C, среднегодовой температурой +3,7°C, годовым количеством осадков 188,6 мм (Рисунок 2.7 АЛТ, Таблица 2.2).

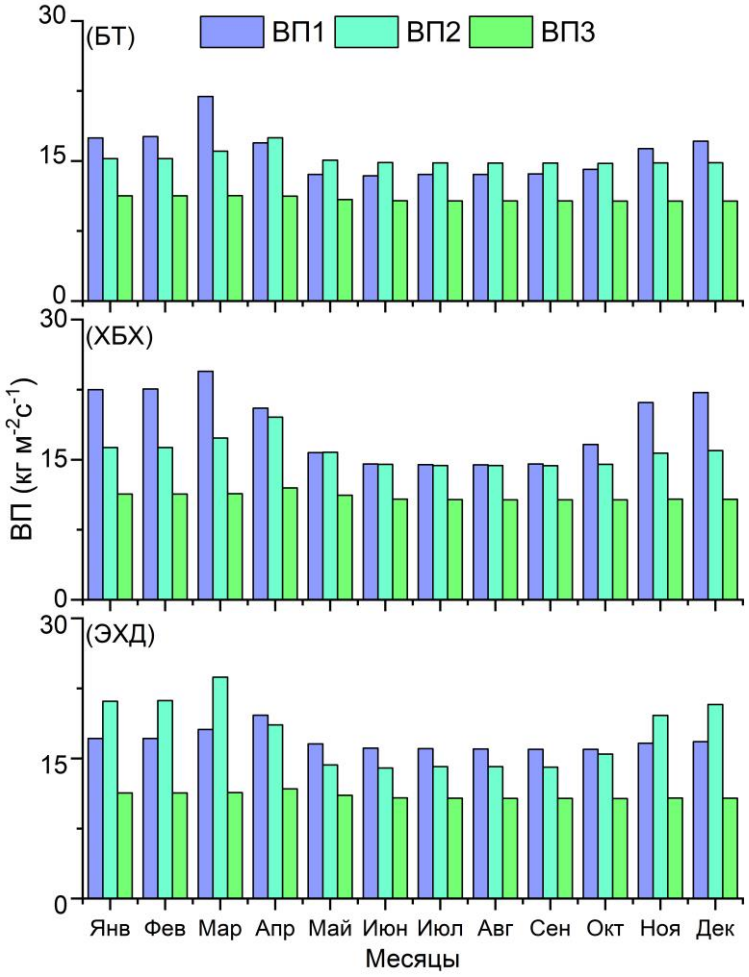

Рисунок 2.6. - Климатические диаграммы среднемесячной влажности почвы из 3 интерполированных точек отбора проб для бассейна реки Иртыш. (Таблица 2.3)

Лесные ресурсы Синьцзяна составляют основные виды Снежной ели, Лиственницы, Тополя Евфратского и других видов Тополя, Вяза и так далее. Тополь (латинское название: *Populus L.* – род растений) Семейства тополей. Существует около 100 видов *TE,* около 62 видов в Китае, из которых 57 видов распространены в Китае.

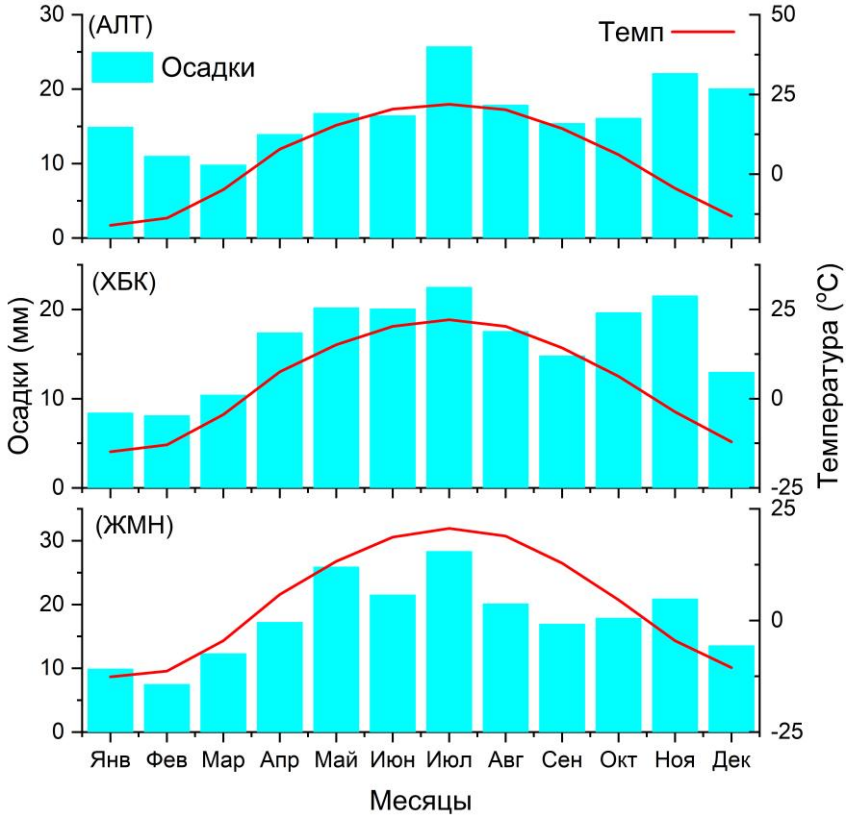

Рисунок 2.7. - Климатическая диаграмма среднемесячной температуры и суммы осадков с 3 метеостанций с района бассейна реки Иртыш, см. Таблица 2.2.

Хабахе (47-49°49-09'С 85-87°31-09'В) расположен в префектуре Алтай Синьцзян-Уйгурского автономного района. Хабахе занимает площадь 8 179 км², расположен у южного подножия горы Алтай и самого северо-западного края Синьцзяна. На севере он граничит с Казахстаном и Россией, протяженность границы 320 км.

Климат Хабахе. Округ Хабахе расположен во внутренних районах Евразии, представляет собой континентальный северный умеренный холодный климатический пояс, характеризующийся весенней засухой, коротким и жарким летом, прохладной осенью, зимним холодом, сухим воздухом, осадками, большим испарением, богатым солнечным светом, большой разницей температур, при этом вертикальная и горизонтальная широта значительно меняет климат. Среднегодовая температура 5,3 °C, годовое количество осадков 205,6 мм, 144 дня – безморозный период (Рисунок 2.7 ХБК, Таблица 2.2).

Таблица 2.3. - Характеристики мест отбора проб

Регионы	Места отбора проб	Код	Высота (м над ур.м.)	Широта (с.ш.)	Долгота (в.д)	Дерево / Керн
Алтай	Бейтун	БТ	520	47°22'00"	87°49'00"	25/49
	Хабахе	ХБХ	530	48°04'00"	86°19'00"	18/35
	Эхедацяо	ЭХД	425	47°59'00"	85°33'00"	25/47
Тарим	Ачике	АЧК1	870	41°03'02"	85°59'39"	15/26
		АЧК2	890	41°03'47"	85°59'51"	20/37
	Вусиман	ВСМ1	900	40°58'27'	85°28'19"	30/54
	Шазихекоу	ШХК1	900	41°09'38"	84°56'51"	9/16
		ШХК2	910	41°09'02"	84°57'48"	10/19
		ШХК3	920	41°09'24"	84°58'28"	5/9
	Шенгтайжа	ШТЖ1	900	41°10'14"	84°55'23"	15/25
		ШТЖ2	910	41°10'17"	84°55'20"	10/20
	Йингбажа	ЙБЖ1	930	41°11'12"	84°18'16"	11/22
		ЙБЖ2	920	41°11'00"	84°19'59"	5/10
		ЙБЖ3	910	41°10'02"	84°24'25"	15/31
		ЙБЖ4	900	41°00'29"	85°15'03"	12/23
		ЙБЖ5	890	41°02'39"	85°07'24"	16/30
		ЙБЖ6	900	41°05'57"	85°03'02"	8/16
		ЙБЖ7	910	41°09'29"	84°54'37"	10/18
		ЙБЖ8	900	41°10'56"	84°41'29"	10/16
		ЙБЖ9	920	41°10'56"	84°30'51"	14/23
Китайский Тянь-Шань	Шаван	КОШ	1800	43°58'00"	85°22'00"	32/64
Таджикский Тянь-Шань	Табошар	ТТТ	1585	40°40'00"	69°48'00"	20/38
Памиро-Алай	Шахристан	ТПШ	2800	39°40'00"	68°50'00"	28/56
	Искандаркуль	ТИК	2700	39°02'26"	68°16'31"	39/72

Лесные ресурсы.

По состоянию на 2013 год в уезде Хабахе от 20 до 30 видов древесных пород, в том числе Пихта сибирская, Ель сибирская, Сосна сибирская являются национальными редкими видами. Более 800 видов кормовых растений и 200 видов лекарственных растений, в том числе Эфедра, Буплеврум, Фритиллярия, Лилия, Тимьян, Радикс, Кодонопсис, Кордицепс, Синенсис; крупный Юнь является редкой лекарственной травой.

Исследуемая зона Бейтуна *(БТ)* расположена в центральной части города Бейтун (47°22'С, 87°49'В, 495-520 м над. ш.). Высота дерева *ТЕ* колебалась от 10

до 21 м в зависимости от условий участка; диаметр колебался от 110 до 210 см; преобладали аллювиальные (пойменные) почвы. В общей сложности 49 кернов были взяты из 25 деревьев.

Участок **Хабахе *(ХБХ)*** (48°04'С, 86°19'В 480-530 м над н.у.м.) лежит на реке Хабахе, которая является одной из ветвей, питающих реку Иртыш. Пойма обычно покрыта *БП* на открытой местности в среде, сильно нарушенной человеком. Высота деревьев в этом месте составляла от 15 до 20 м; диаметр варьировался от 90 до 170 см. Всего было собрано 37 кернов с 19 деревьев.

Участок **Эхедацяо *(ЭХД)*** (47°59'С, 85°33'В, 400-425 м н.у.м.) также имеет пойменный грунт, который расположен на границе с Казахстаном. Высота дерева *ТЕ* на этом участке отбора проб колеблется от 10 до 15 м; диаметр варьировался от 90 до 130 см. В общей сложности 47 кернов были взяты из 25 деревьев (Рисунок 2.8)

Бассейн реки Тарим расположен на юге Синьцзян-Уйгурского автономного района, между горами Тяньшань и Куньлунь, занимая общую площадь 1,05 миллиона квадратных километров в окружающих горах, что составляет 63% от общей площади Синьцзяна. Бассейн площадью 530 000 квадратных километров, центр бассейна такламаканских пустынь площадью 337 600 квадратных километров, горная равнина и оазис всего 192 400 квадратных километров. Бассейн реки Тарим (34-43°20-39'С 71-93°39-45'В) расположен к северу от гор Тянь-Шань и западной части Памира, и хребта Куньлунь на юге. Ниже горная местность разделена на предгорья, пустыни: гравийные, аллювиальные и такламаканские.

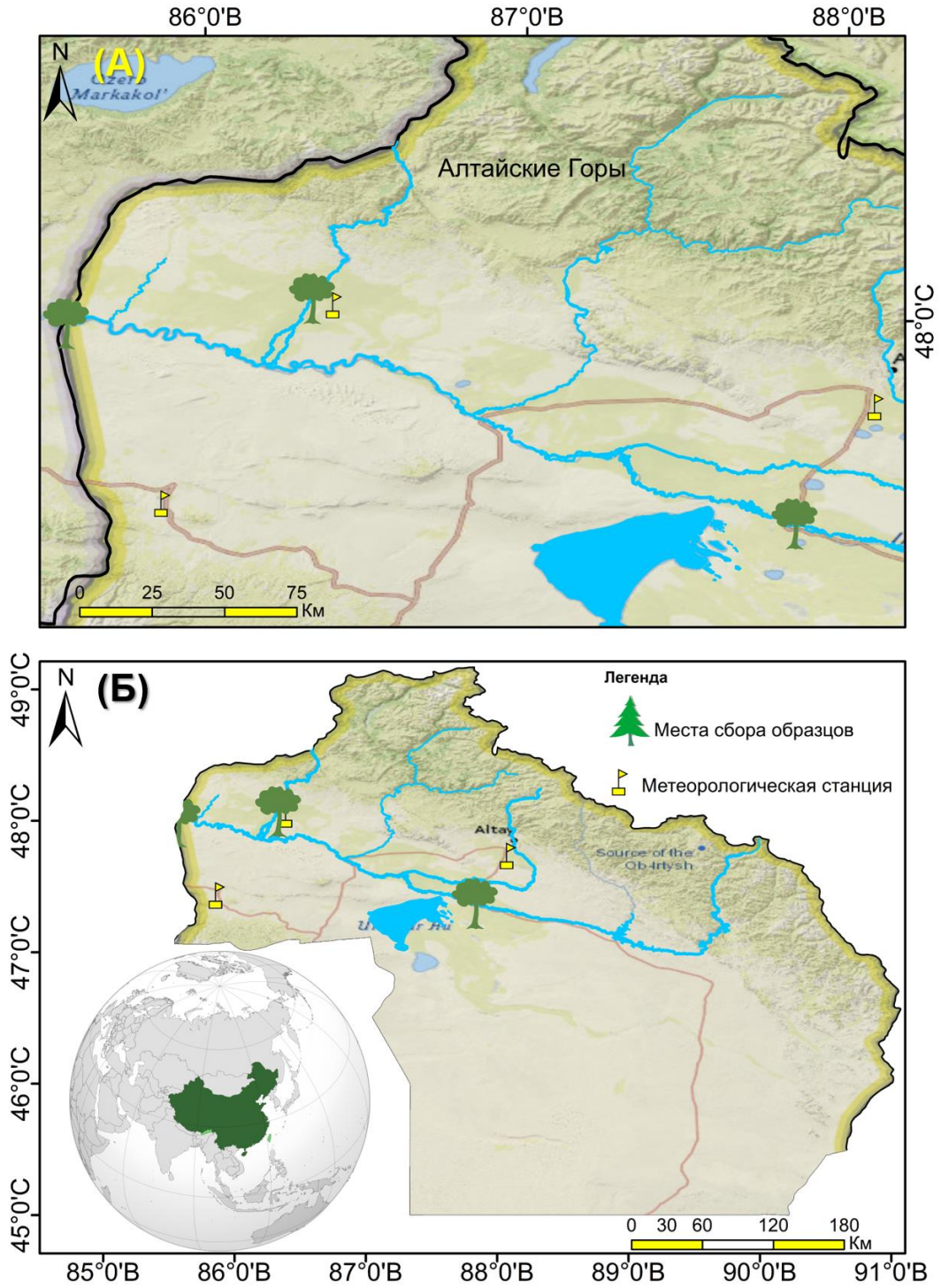

Рисунок 2.8. - (А) Карта расположения изучаемой территории у подножия Алтайских гор, (Б) Места отбора проб

Климат бассейна реки Тарим. Бассейн реки Тарим расположен во внутренних районах Евразии, вдали от моря, в окружении гор, континентального теплого умеренного, чрезвычайно засушливого пустынного климата. Особенности влажности: осадки скудные, сильное испарение, ветреная, пыльная погода, продолжительный солнечный и световой период. Среднегодовая температура между 10,6°C и 11,5°C. Лето теплое и сухое, средняя температура июля составляет 20°C -30°C, экстремальная максимальная температура 43,6 °C. Средняя температура января зимой составляет минус 10-20°C, экстремальная минимальная температура минус 30,9 °C ≥10 °C. Среднегодовое количество осадков составляет 17,4-42,8 миллиметра (Рисунок 2.9 КРЛ, ЛТ, ТГНЛ, Таблица 2.2).

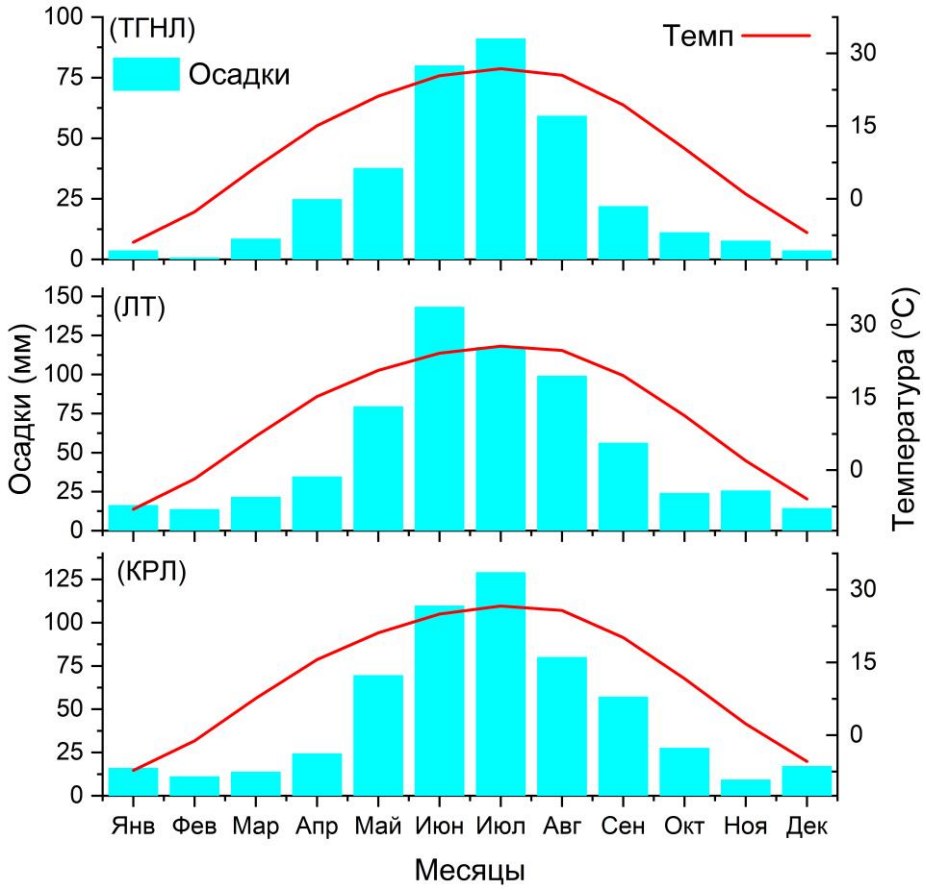

Рисунок 2.9. - Климатическая диаграмма среднемесячной температуры и суммы осадков с 3 метеостанций района бассейна реки Тарим, Таблица 2.2.

Таримский участок (40°58'~41°11"С, 84°18'~85°59"В, 870–930 м н.у.м.,

Рисунок 2.10) лежит на реке Тарим, где были собраны образцы с 16 участков *TE* в пойме реки Тарим; они были объединены в группу и кодированы как ***Ачике*** (***АЧК***) (41°3'2"~41°3'47"С, 85°59'39"~85°59'51"В, 870-900 м н.у.м.); участок выбран из 2 мест. Высота деревьев на этом участке колеблется от 4,5 до 14,4 м, а диаметр 0,45-1,7 м. Участок ***Шазихекоу (ШХК)*** (41°9'2"~41°9'38"С, 84°56'51"~84°58'28"В, 900-920 м н.у.м.) выбран из 3 мест с высотой дерева 7,2-17 м и диаметром 0,54-1,02 м. Участок ***Шенгтайжа (ШТЖ)*** (41°10'14"~41°10'17"С, 84°55'23"~84°55'20"В, 900-910 м н.у.м.) выбран из 2 мест для сбора образцов с высотой дерева 6,3-10,8 м и диаметром 0,8-1,25 м. В участке ***Вусиман (ВСМ)*** (40°58'27"С, 85°28'19"В, 900 м над. ш.) выбрано только одно место, где высота дерева составляла 6,3-12,6 м при диаметре 0,45-1,4 м. Участок ***Йингбажа (ЙБЖ)*** (41°0'29"~41°11'12"С, 84°18'16"~85°15'3"В, 890-930 м н.у.м.) был выбран из 9 мест с высотой деревьев 4,5-18 м и диаметром 0,45-1,7 м (Таблица 2.3).

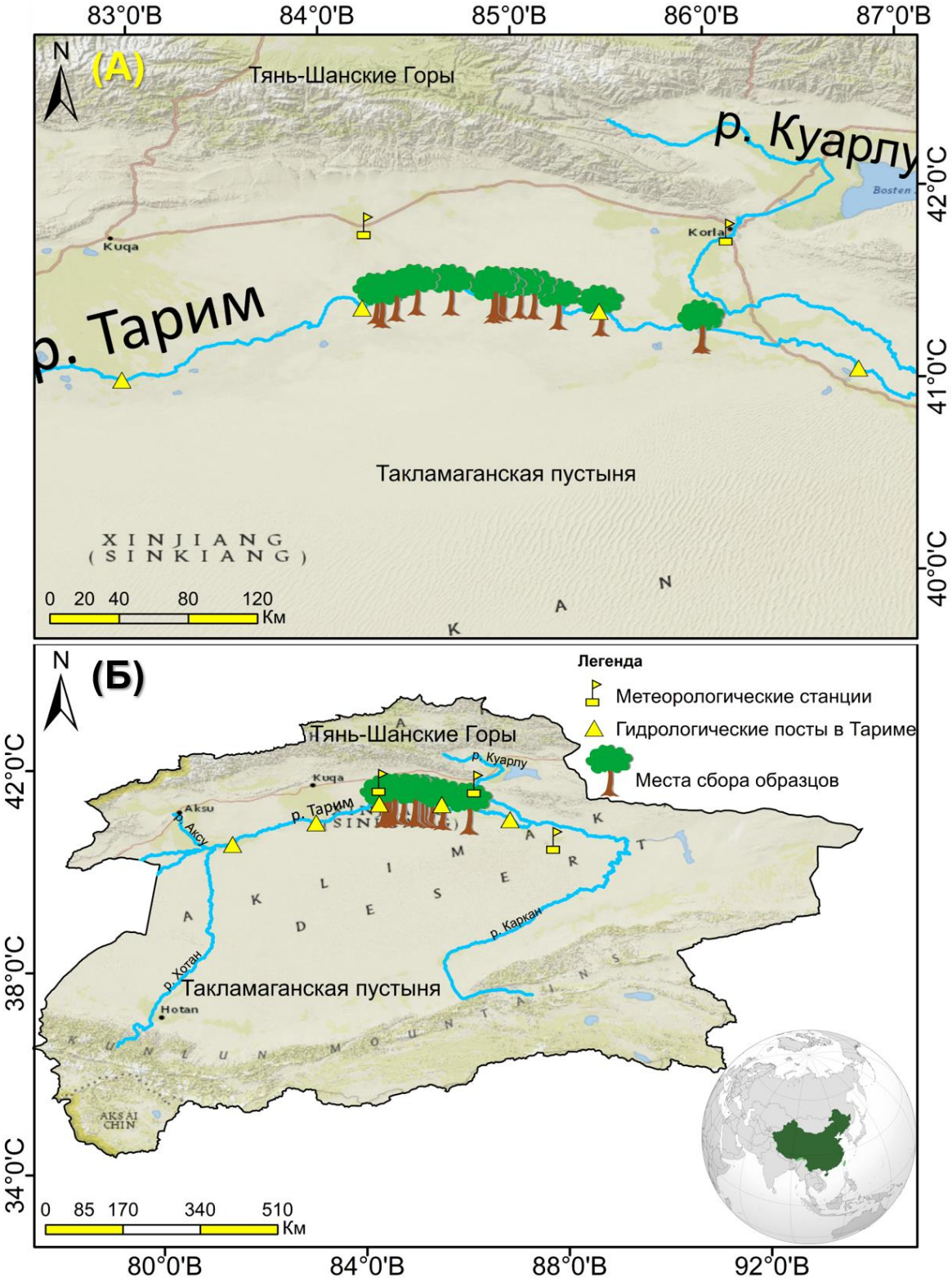

Рисунок 2.10. - (А) Карта расположения изучаемой территории в Такламаганской пустыне, (Б) Места отбора проб

2.4. Гидрологические и климатические данные

Среднемесячная/максимальная/минимальная температура, общие данные об осадках были рассчитаны по 3 станциям Худжанд, Шахристан и Искандаркуль, которые находились в непосредственной близости от участков отбора проб и речного стока ($м^3/с$); со станции Такфон на реке Ягноб гидрометеорологические данные были получены через Агентство по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан. Также были использованы такие источники, как [150, 151] (http://ua1.rp5.ua/Weather_in_the_world) для заполнения пробелов в метеорологических данных. Чтобы найти хорошую корреляцию между хронологией ширины кольца деревьев и климатическими данными, был использован набор данных температурной сетки, включающий осадки, температуру минимум/максимум/среднее, охватывающих период 1940-2016 гг. в точке сетки (38º75-41º75' С 66º75'-72º25' В) и интерполированный на участок отбора проб ***TTT*** (Рисунок 2.2c). Из Climate Research Unit (CRU TS 4.00), через базу данных Восточной Англии, Великобритании, (http://www.cru.uea.ac.uk, [152]), были произведены расчёты с использованием автоматизированной программы интерфейса, разработанной в MATLAB [153].,

Чтобы показать в области исследования основные реки (Тарим, Иртыш и Зеравшан), использовалась модель ArcSWAT (2012.10.19) – последняя версия полуфизической, полураспределенной, бассейновой модели инструмента оценки почвы и воды (SWAT) [39], чтобы представить доступность гидрологического моделирования в 2 частях Синьцзяна и Согдийской области вдоль участков отбора проб; модель интегрирована с программным обеспечением ArcGIS 10.4.1. (Рисунок 2.8, 2.10).

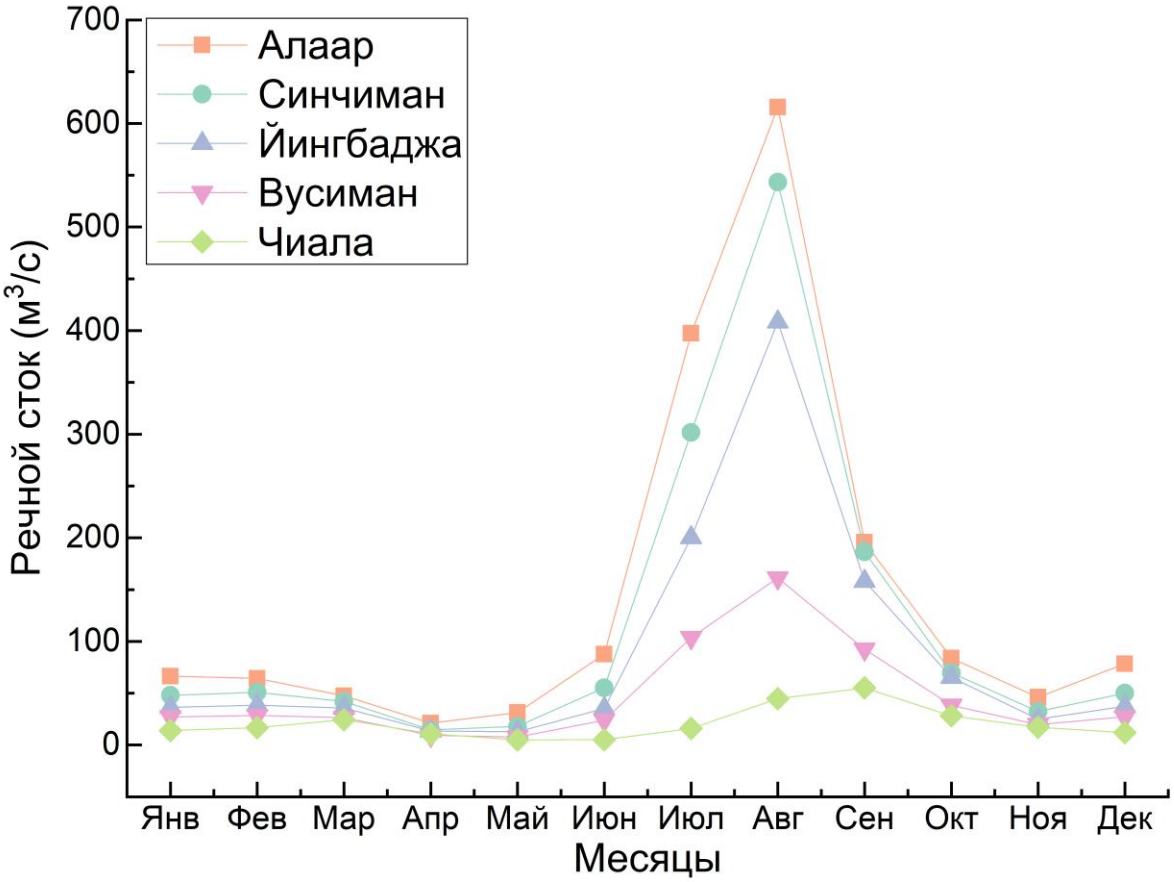

Рисунок 2.11. - Гидрологические диаграммы среднемесячного речного стока по инструментальным данным 5 гидрологических постов на реке Тарим

Метеорологическими данными были такие месячные параметры, как средняя температура (ºC), общее количество осадков (кгм$^{-2}$ с$^{-1}$), общий снежно-водный эквивалент (СВЭ)(кгм$^{-2}$ с$^{-1}$) (Рисунок 2.5) и влажность почвы кгм$^{-2}$ с$^{-1}$ (Рисунок 2.6) для 3 вертикальных слоев в пределах глубины почвы 2,5 м (т.е. 0,1 м, а вторые и третьи слои изменяются в диапазоне 0,1-2,5 м); при этом, данные были интерполированы на исследуемый участок отбора проб с использованием MATLAB [153, 154]. Метеорологические инструментальные записи для префектуры Алтай (как температура и осадки) (Рисунок 2.9) и гидрологические инструментальные данные (Рисунок 2.11, Таблица 2.2. были задействованы потому, что участок отбора проб был далеко от ближайших метеорологических станций и не мог обеспечить хорошими сигналами, поэтому интерполированные данные дают больше региональных связей.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ

3.1. Статистические данные древесно-кольцевой хронологии и гидроклиматические сигналы

В Таблица 2.1 приведены сводные статистические данные стандартной хронологии, созданной программой стандартизации ARSTAN (Рисунок 3.1). Средняя чувствительность (0,230/0,263/0,495) показывает высокую корреляцию дисперсии со значительным высоким стандартным отклонением (0,185/0,291/0,335) при пороговом значении 0,20 [155], что отражает хорошую реакцию на изменение климата [50]. Средняя корреляция с эталонным рядом составляет 0,528/0,575/0,507. Надежная хронология ширины кольца, охватывающая 1589-2016 гг. для ***ТИК,*** 1840-2016 гг. для ***ТТТ*** и 1760-2016 гг. для ***ТПШ***, была разработана на основе значения EPS ≥ 0,85. Причину того, почему условия могут иметь очень большое влияние на то, что кольцо будет узким (или широким) в течение одного года на рост следующего года, можно понять из значения первой автокорреляции, которое является отрицательным для ***ТИК*** (-0,077), ***ТТТ*** (-0,106) и значительно положительным для ***ТПШ*** 0,498. В целом, результаты по изменению годичных колец во времени показали те же закономерности, которые отметили [156], что узкие кольца следовали за широкими, при этом ширина годичных колец демонстрировала периодичность; в молодом возрасте ширина становилась узкой и расширялась по мере взросления деревьев.

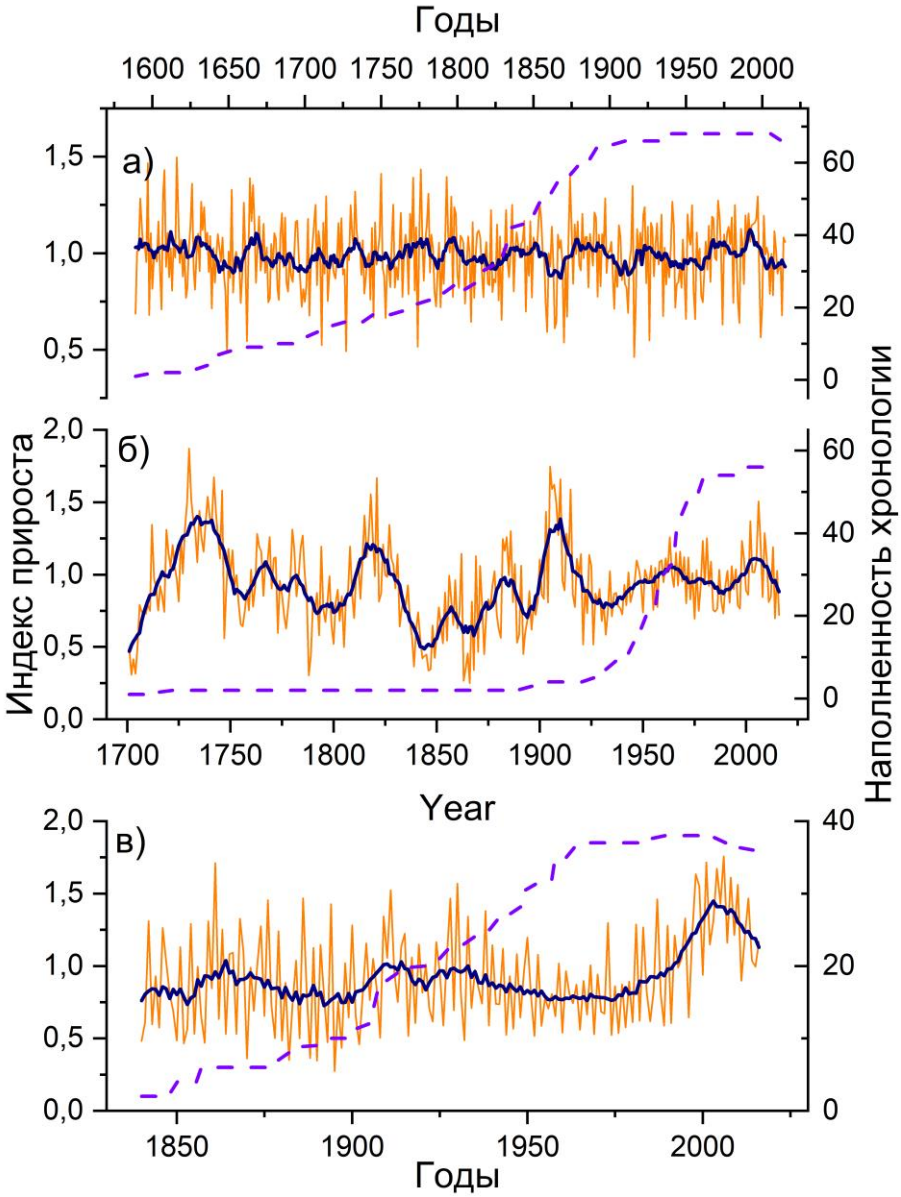

Рисунок 3.1. - Индекс прироста хронологии с таджикских мест отбора проб со сглаживанием среднего прохождения (11-летний фильтр низких частот), чтобы подчеркнуть длительные колебания с наполненностью хронологии с течением времени: а) *ТИК*, б) *ТПШ*, в) *ТТТ*

Статистическое перекрестное датирование и остаточная хронология для Китайского Тянь-Шаня *КОШ*. Результаты получены из COFECHA и ARSTAN и показаны в Таблице 4.3. Средняя корреляция Пирсона (в пределах 99%) была высокой 0,689, такой же, как и средняя чувствительность (0,568), стандартное отклонение (0,447) и дисперсия собственного значения на 46%, что имеет значительное отражение в изменении климата [50]. Хронология ширины

древовидных колец охватывает 1888-2015 гг. (Рисунок 3.2). Высокие EPS (0,927) и SNR (12,784), можно охарактеризовать, как тесные связи с экологической информацией. Поскольку автокорреляция первого порядка (AC1) отрицательна (-0,113), что может означать, что следующий год окажет большое влияние на рост по условиям в кольцах предыдущего года [2].

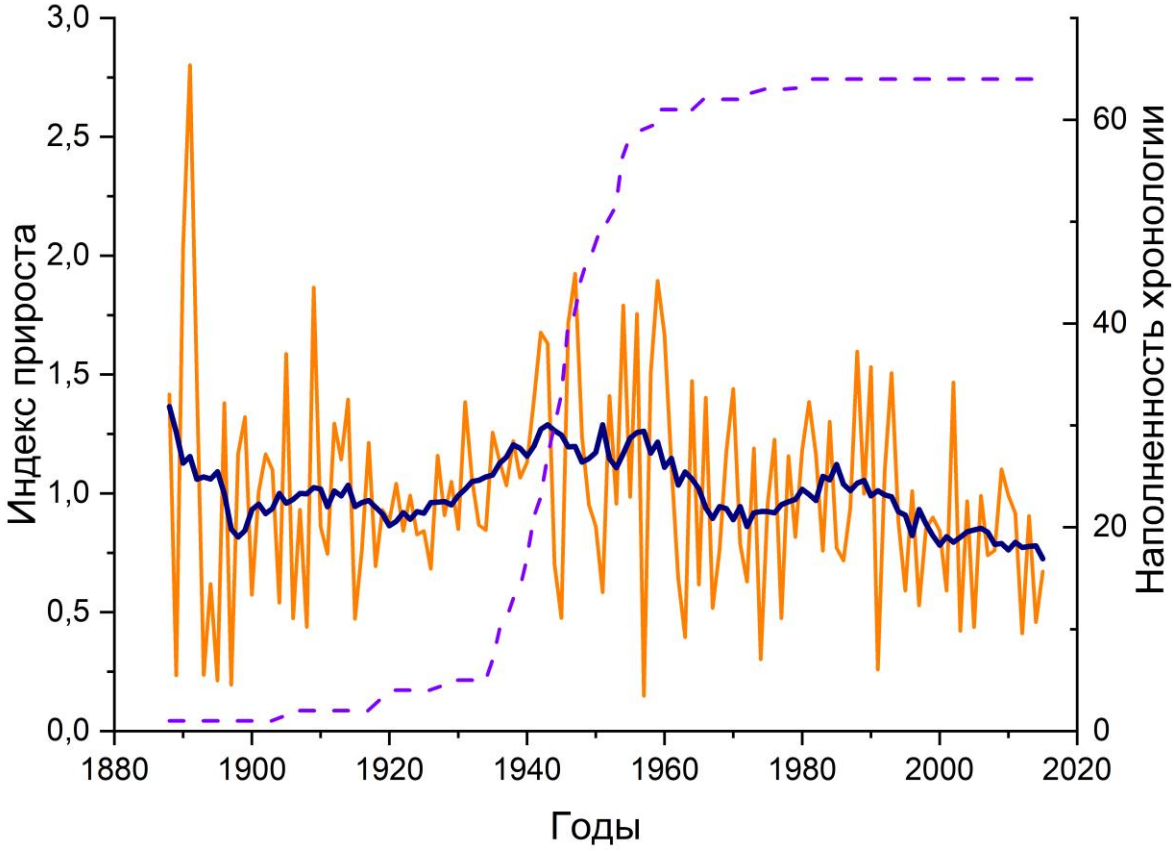

Рисунок 3.2. - График остаточной хронологии *КОШ* со среднечастотным сглаживанием (11-летний низкочастотный фильтр для выделения долгосрочных колебаний) с 1888 по 2015 г. с изменением глубины выборки с течением времени

Самые длинные записи для Алтайского края составляют 84 года с участка ***ЭХД***, а самые короткие 69 лет с участка ***ХБХ*** (Рисунок 3.3). Высокая средняя корреляция (от 0,56 до 0,63) с эталонной серией указывает на хорошее перекрестное соответствие между последовательностями и показывает общий сигнал между сериями. Напротив, хронология в участке ***БТ*** имеет самую низкую автокорреляцию 1-го порядка (-0,201), что указывает на высокие уровни межгодовых вариаций. Межгодовая вариация средней чувствительности

колеблется от (0,266 до 0,282), что позволяет предположить, что *TE* слабо чувствительна к изменчивости окружающей среды [2].

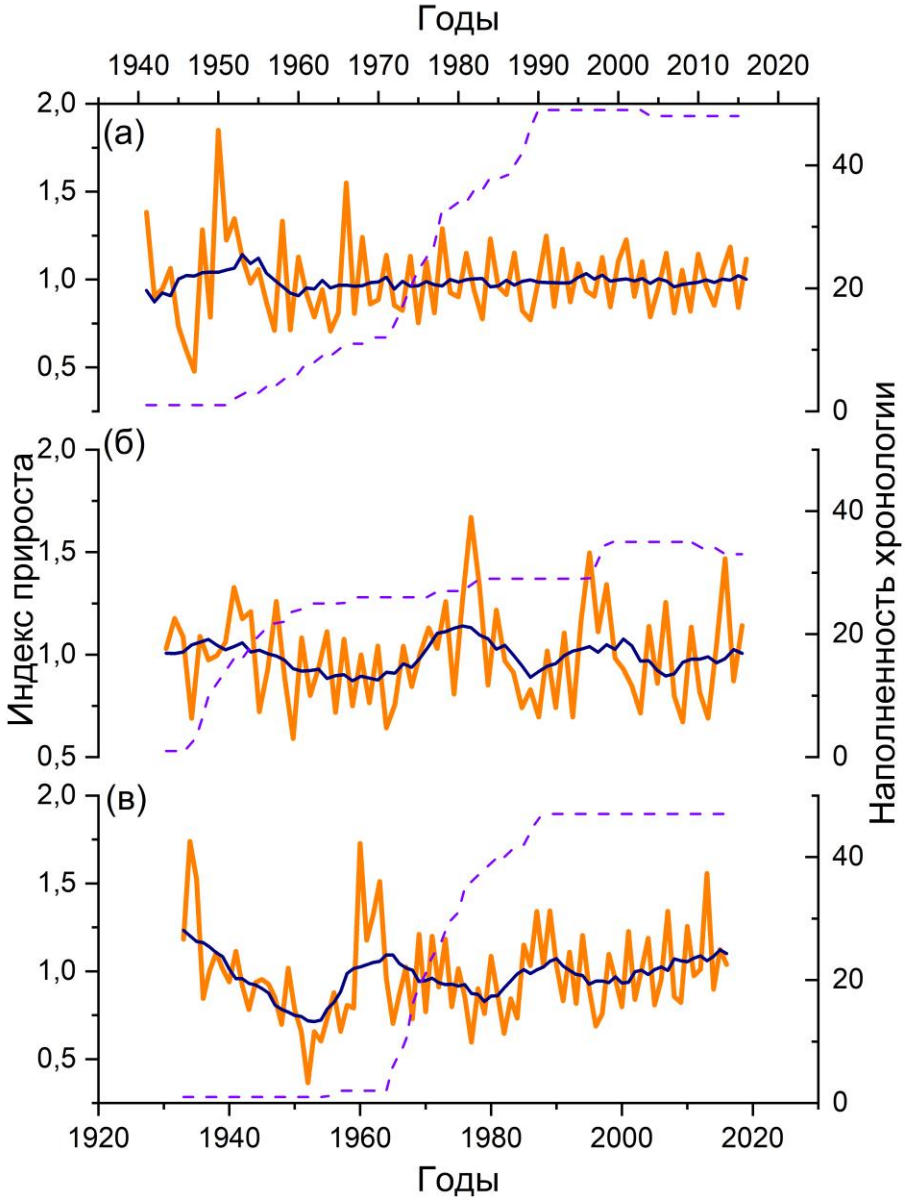

Рисунок 3.3. - Стандартизированная хронология ширины годичных колец со среднечастотным сглаживанием (11-летний низкочастотный фильтр для выделения долгосрочных колебаний) в Алтайских горах: (а) БТ, (б) ХБХ, (в) ЭХД

Хронологии имели высокий EPS (от 0,88 до 0,91), высокий SNR (7,3 и 10,2) и высокое стандартное отклонение (от 0,222 до 0,253), что указывает на то, что радиальный рост деревьев реагирует на общие факторы и подходит для дендроклиматических исследований (Таблица 2.1).

Чтобы показать, что выбранные нами участки в бассейне реки Тарим имеют

схожие сигналы и имеют хорошие взаимосвязи друг с другом, мы используем двумерный коэффициент корреляции Пирсона и обнаруживаем значимые корреляции со всеми видами (Рисунок 3.4).

Самые высокие корреляции были обнаружены между участками ***ЙБЖ 4*** и ***ЙБЖ 5*** (0,79); ***ШХК 2*** с ***ЙБЖ 4***, ***ЙБЖ 6*** и ***ЙБЖ 7*** (0,78), а также с ***ЙБЖ 5*** (0,77); самые низкие корреляции были обнаружены между участками ***ШХК 2*** с ***ЙБЖ 2*** и ***ЙБЖ 3*** (0,256); ***ЙБЖ 1*** с ***ШХК 1*** (0,257).

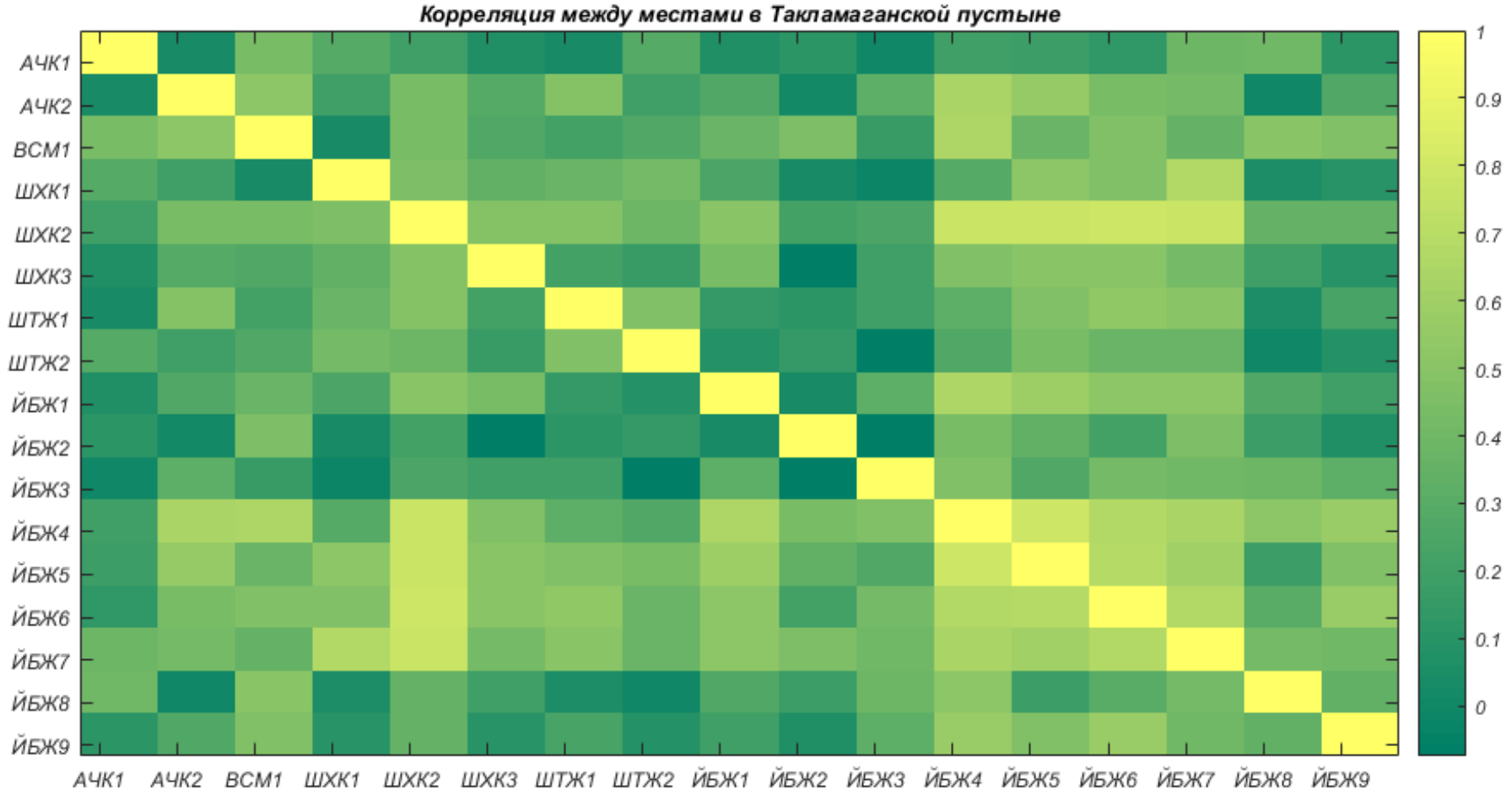

Рисунок 3.4. - Коэффициенты корреляции между видами (ККМВ) в бассейне реки Тарим

Хронология ширины годичных колец с Такламаганской пустыни показана на Рисунок 3.5. Самый длинный период составляет 186 лет в кодируемом участке ***АЧК2***, а самый короткий – 17 лет, были обнаружены на участке ***ЙБЖ 7***. Интеркорреляция рядов (от 0,41 до 0,74) дает хорошее предположение о перекрестном сопоставлении между последовательностями и связанном общем сигнале между рядами. Автокорреляция 1-го порядка (от -0,42 до 0,57) показывает нам, как годовая вариация влияет на широкие (узкие) кольца. Высокая средняя чувствительность (от 0,22 до 0,50) показывает, что дерево очень чувствительно к изменчивости окружающей среды.

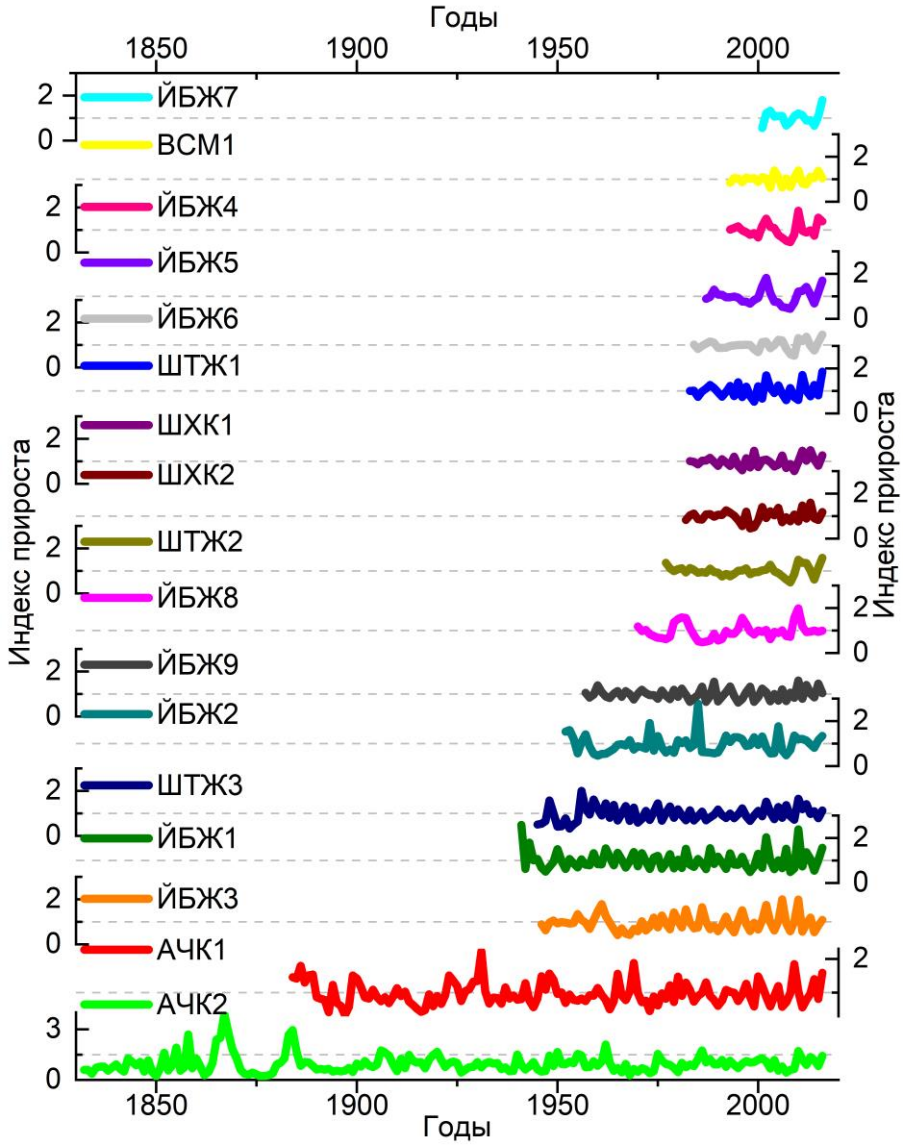

Рисунок 3.5. - Хронологии ширины годичных колец из Такламаганской пустыни

Поскольку EPS (от 0,85 до 0,98), за исключением участка ***ЙБЖ8*** (0,74), SNR (от 2,84 до 49,40) и стандартное отклонение (от 0,25 до 0,53) в целом высокие, что может указывать на возможность реагирования на общие факторы (Рисунок 3.5, Таблица 2.1).

3.2. Анализ корреляционных связей хронологий древесных колец с гидро-климатическими факторами в условиях климатических изменений

Корреляционные связи в Таджикском Тянь-Шане на участке *ТТТ*

На Рисунок 3.6 изображены значимые коэффициенты для корреляционных функций для участка ***ТТТ.*** Коэффициент корреляции между стандартной хронологией и климатом показывает значимость $p<0,001$ (сетка CRU) с минимальной температурой предыдущего периода июня по ноябрь, а также текущего периода с января по сентябрь. С осадками не обнаружено сильных корреляций ($p<0,05$) даже в предыдущем периоде ноябрь-декабрь (станция Худжанд) или в декабре и феврале этого года (сетка CRU). Корреляция между древесной хронологией и температурным максимумом положительная в периоды: в прошлом – август-сентябрь, текущем – март, август-сентябрь (сетка CRU). Кроме того, обнаружена положительная значимая корреляция со средней температурой, которая была показана на Рисунок 3.6. Положительные значимые корреляции были оценены между индексами древесных колец и привязанным к сетке минимальным набором данных температуры с текущего июня по сентябрь ($r= 0,548$, $p<0,001$), которые указывают на сильную корреляцию, поэтому они были использованы в качестве сезона реконструкции температуры.

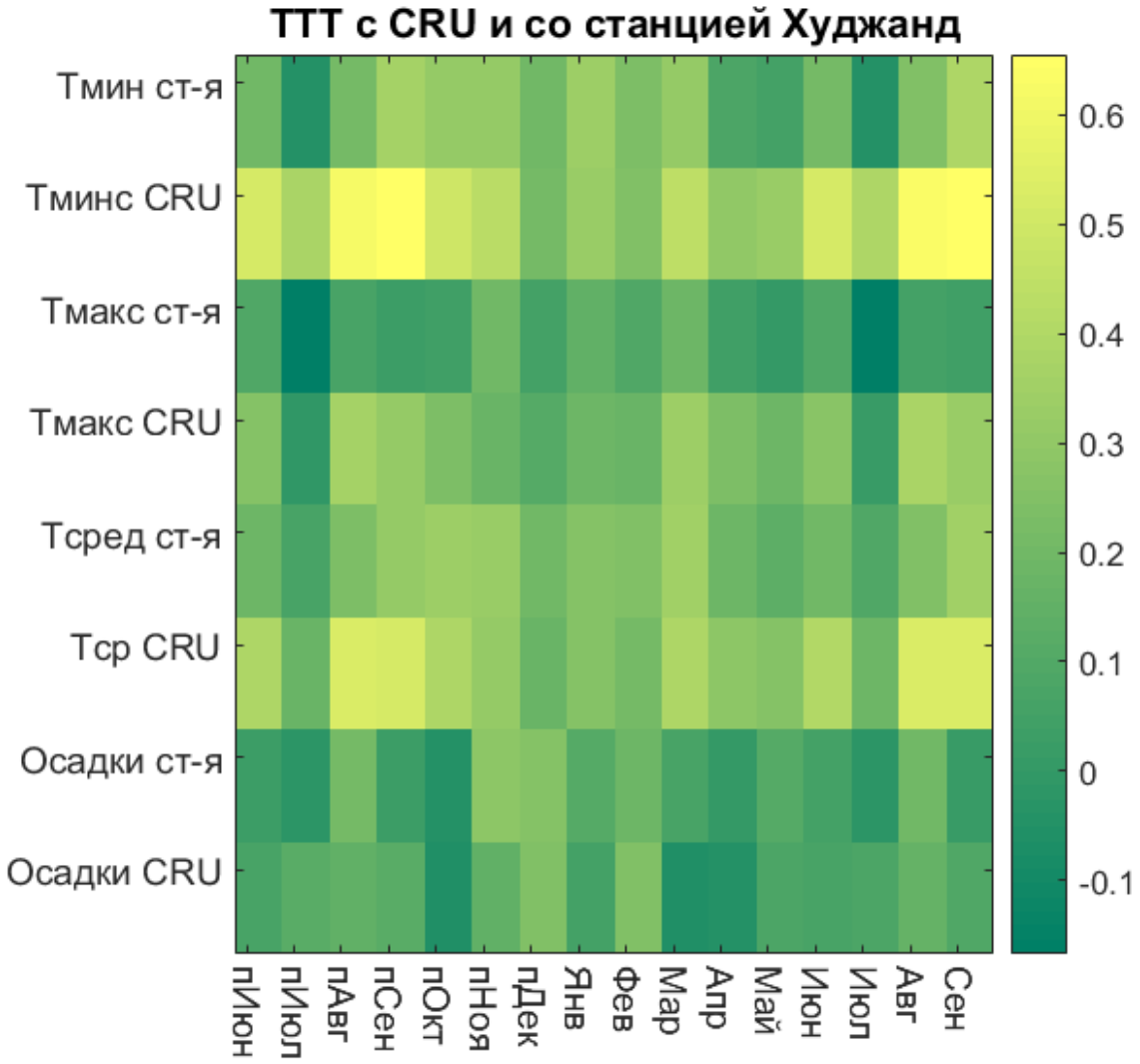

Рисунок 3.6. - Коэффициенты корреляции стандартной хронологии ТТТ со станцией Худжанд и сеткой CRU, с ежемесячной суммой осадков и температурой среднем/макс/мин (1940-2015)

Корреляционные связи в Памиро-Алае на участке *ТПШ*

Рисунок 3.7 показывает корреляцию между кольцевой хронологией и инструментальными данными (температура и осадки) за период 1949-1997 гг. для ***ТПШ***. Коэффициент корреляции между средней инструментальной температурой и радиальным ростом показал значительный положительный эффект в предыдущем декабре (0,356, $p<0,01$) и текущем январе (0,343, $p<0,01$) и отрицательный в июле (-0,299, $p<0,01$). Также были обнаружены высокие и сильные коррелятивные связи с осадками в предыдущем ноябре (0,541, $p<0,001$),

в апреле этого года (0,429, p<0,001), июле (0,343, p<0,001) и августе (0,400, p<0,001).

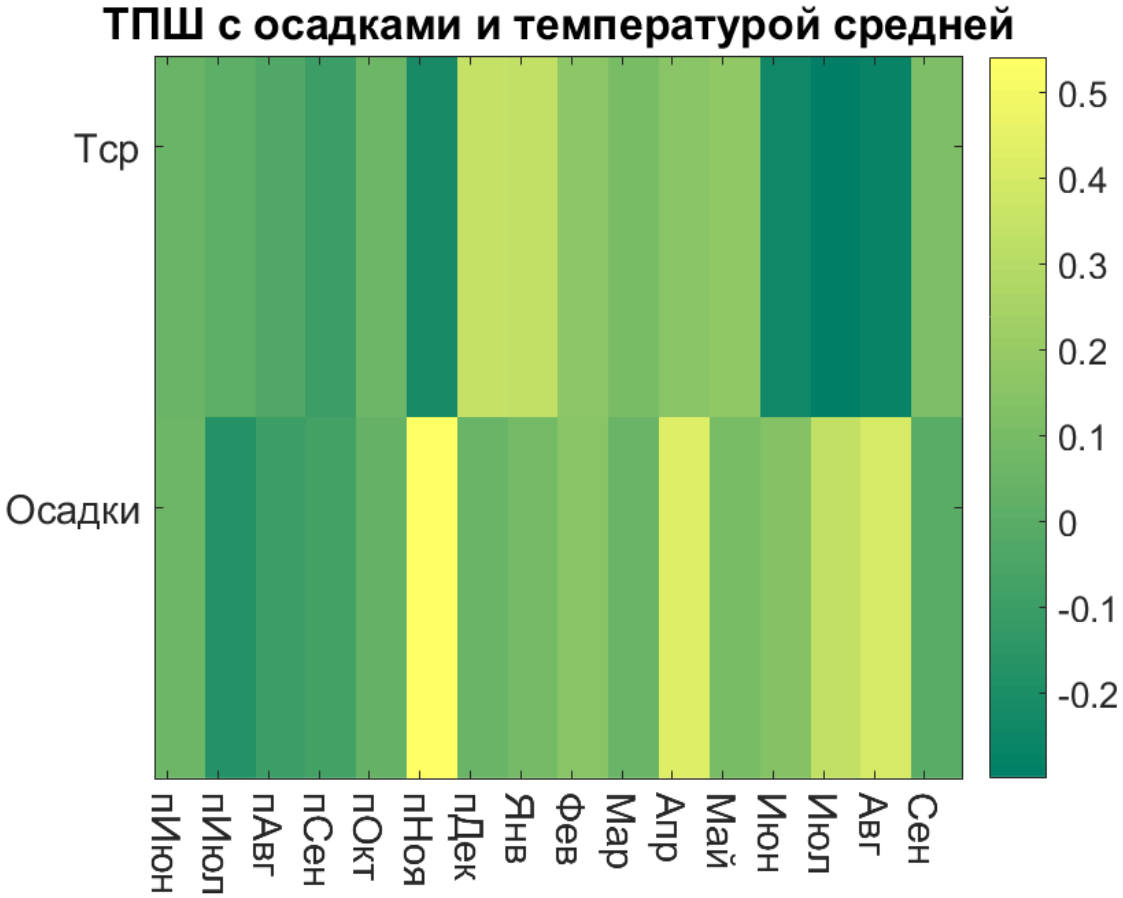

Рисунок 3.7. - Коэффициенты корреляции стандартной хронологии на участке *ТПШ* с ежемесячной суммой осадков и средней температуры (1949-1997)

Корреляционные связи в Памиро-Алае на участке *ТИК*

С минимальной температурой найдена связь в прошлом октябре (p<0,001, 0,409), ноябре (p<0,05, 0,248) и декабре (p<0,05, 0,296), тогда как со средней температурой корреляция показала себя только в октябре (p<0,05, 0,336) и декабре (p<0,05, 0,279); в декабре же также проявился сильный коэффициент и с максимальной температурой (p<0,05, 0,268).

С осадками связи были обнаружены в периоде с прошлого ноября и по настоящий декабрь (p<0,001, 0,401), а также в периоде март-май (p<0,001, 0,37).

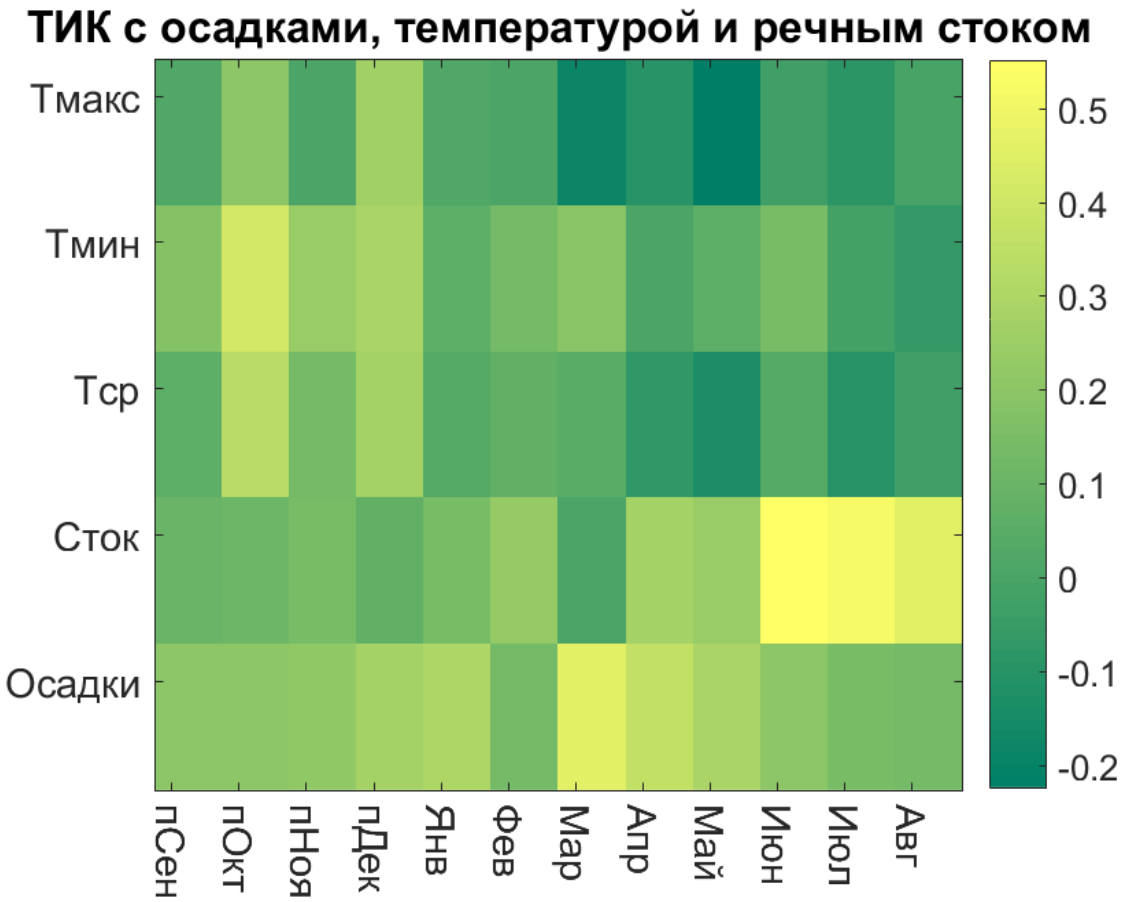

Рисунок 3.8. - Коэффициенты корреляции между древесно-кольцевой хронологией и климатическими данными

Речной сток был самым эффективным и со значительными корреляциями, в феврале текущего года, значения показали ($p<0,05$, 0,231) и в период апрель-август ($p<0,001$, 0,41). После нескольких манипуляций высокая связь была найдена в периоде с прошлого сентября по текущий август ($p<0,001$, 0,644).

Корреляционные связи в Китайском Тянь-Шане

Рисунок 3.9 показывает простые коэффициенты корреляции за период 1952-2012 гг. между остаточной хронологией и набором данных с привязкой к сетке. Как это обычно бывает в такого рода регионах и на однотипных деревьях, в данном случае с *ЕШ,* результаты анализа связаны с тем, что рост колец в основном откликается на летние осадки май-июнь (0,468, $p<0,001$*).* Отрицательный коэффициент корреляции со средней температурой был значительным в марте (-0,307, $p<0,01$) и мае-июле (-0,454, $p<0,001$). Кроме того, также было оценены

положительные корреляции с участком ***КОШ*** в предыдущем периоде июнь-июль (0,256, p<0,05), в апреле-мае (0,411, p<0,001) и текущем сентябре (0,263, p<0,05).

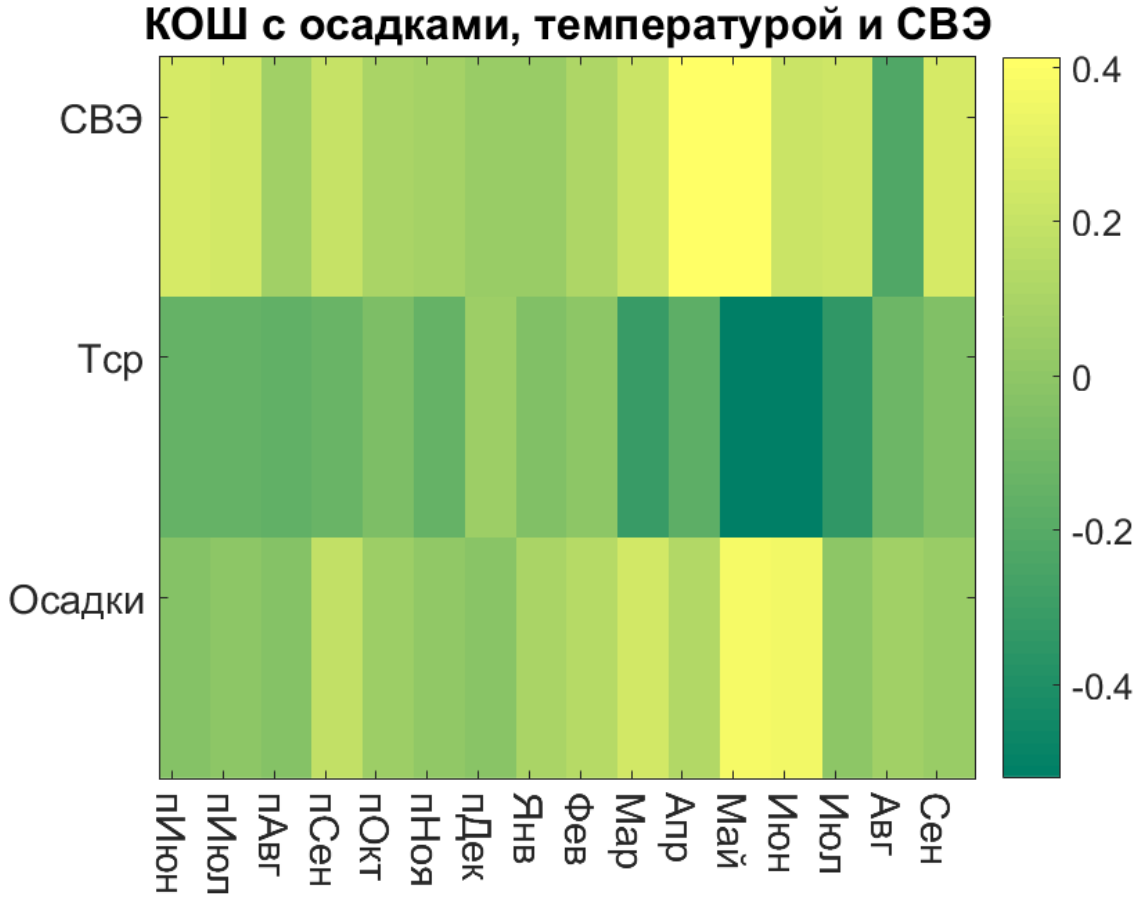

Рисунок 3.9. - Коэффициенты корреляции остаточной хронологии с участком *КОШ* с ежемесячной суммой осадков, снежно-водным эквивалентом (СВЭ) и средней температурой (1952-2012)

Корреляция между хронологиями участков из Алтайских гор с температурой/осадками

Кольцевая хронология в префектуре Алтай полностью отрицательно коррелирует со средней температурой, причем на участке ***ЭХД*** – значительно. Хронология участка ***БТ*** отрицательно коррелирует с апрелем (-0,27), также, как и ширина колец на участке ***ЭХД*** (-0,26). Период июнь-сентябрь (-0,28) оказал негативное влияние на участок ***ЭХД***, а участок ***ХБХ*** подтверждает только июньский (-0,29) месяц как отрицательно влияющий на кольцевой рост.

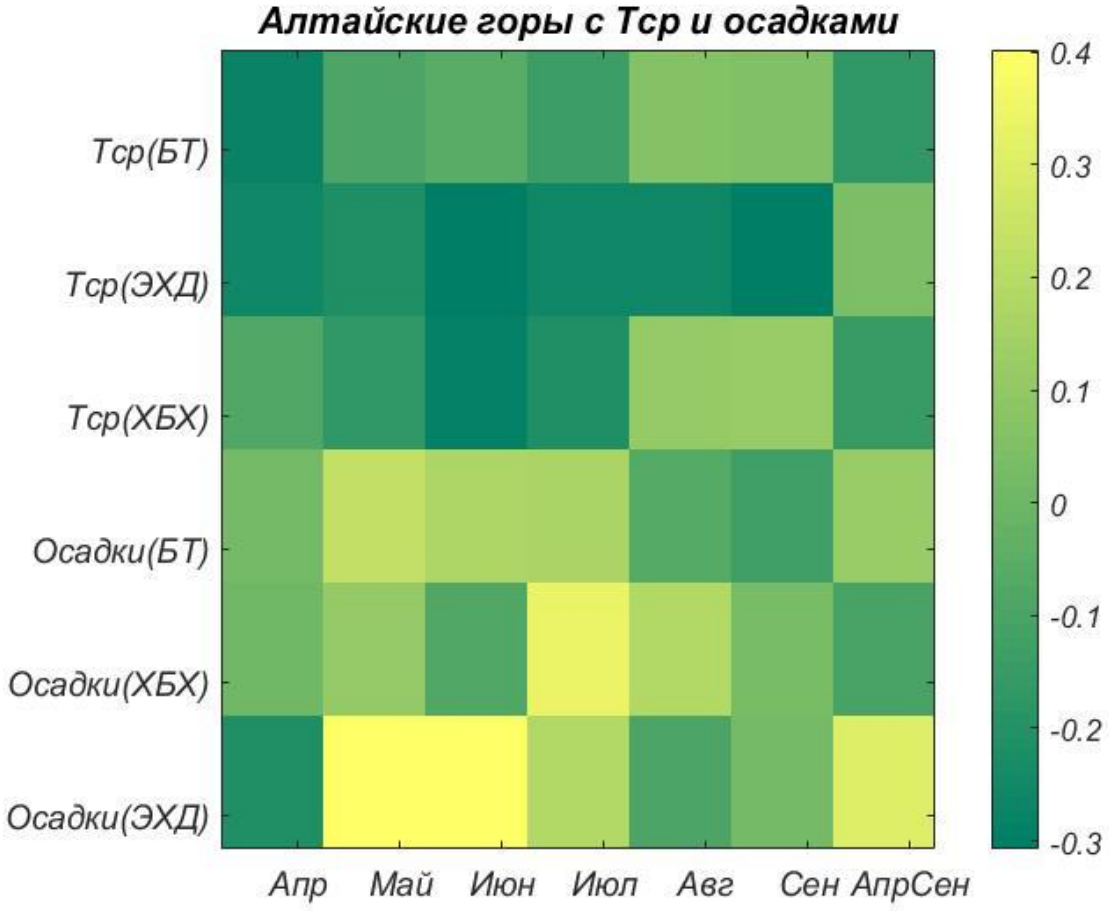

Рисунок 3.10. - Коэффициенты корреляции между хронологиями участков из Алтайских гор с температурой/осадками

С осадками были обнаружены несколько корреляций, которые, в целом, были охарактеризовали положительные значимые значения. Хронология участка ***ЭХД*** положительна в июле (0,34), в то время как ширина кольца на участке ***ХБХ*** значительно положительно коррелировала с осадками периодов май-июнь (0,40) и апрель-сентябрь (0,31).

Корреляция между хронологиями участков из Такламаганской пустыни с температурой

Чтобы понять, как температура влияет на кольцевой рост, была использована климатическая информация средней температуры из 2 метеорологических станций и проведена корреляция с участком ***АЧК***, которая показывает положительную корреляцию только с июлем (0,30) на участке ***ТГНЛ***.

Участок ***ВСМ1*** (Рисунок 3.11 и 3.12) положительно коррелирует с июлем по среднему значению 0,563 (на всех участках) и отрицательно в сентябре-месяце -0,29 (на всех участках).

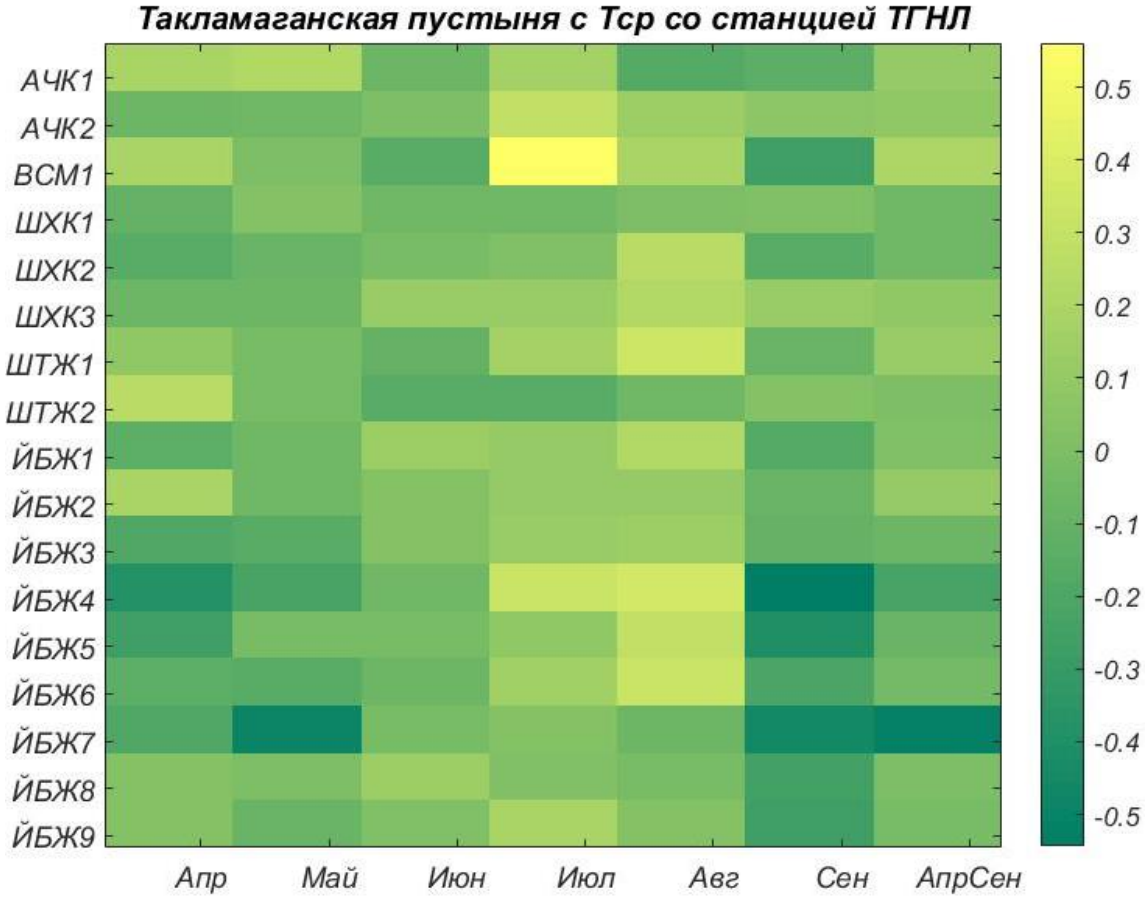

Рисунок 3.11. - Коэффициенты корреляции между хронологией участков из Такламаганской пустыни с температурой на станции Тиеганлике (ТГНЛ)

На участке ***Шазихекоу*** (Рисунок 3.11) положительную корреляцию в августе обнаружили только с участком ***ШХК2*** в ТГНЛ (0,25). Из участка ***Шэнтайжи*** (Рисунок 3.11) пробы взято из 2 мест, поэтому на участке ***ШТЖ1*** обнаруживается значительная положительная корреляция в августе со станцией ТГНЛ (0,34); участок ***ШТЖ2*** коррелирует в апреле со станцией ТГНЛ (0,26). На участке ***Йингбажа*** обнаружили положительные корреляции в целом со всеми месяцами для периода апрель-сентябрь, кроме июня. С апреля по май обнаружили только отрицательные корреляции, в среднем -0,41, на всех станциях,

а в сентябре-месяце – -0,40. Участок ***ЙБЖ4*** коррелировал значительно отрицательно с апрелем-маем, в среднем -0,40 (все станции), и сентябрем -0,50 (все станции) в июле-августе (0,34 на станции ТГНЛ). Участок ***ЙБЖ5*** имеет положительную корреляцию только с августом 0,30 (в ТГНЛ) и две отрицательные – с апрелем -0,30 (все станции) и с сентябрем -0,37 (все станции). Участок ***ЙБЖ6*** коррелировал с августом положительно 0,33 (в ТГНЛ).

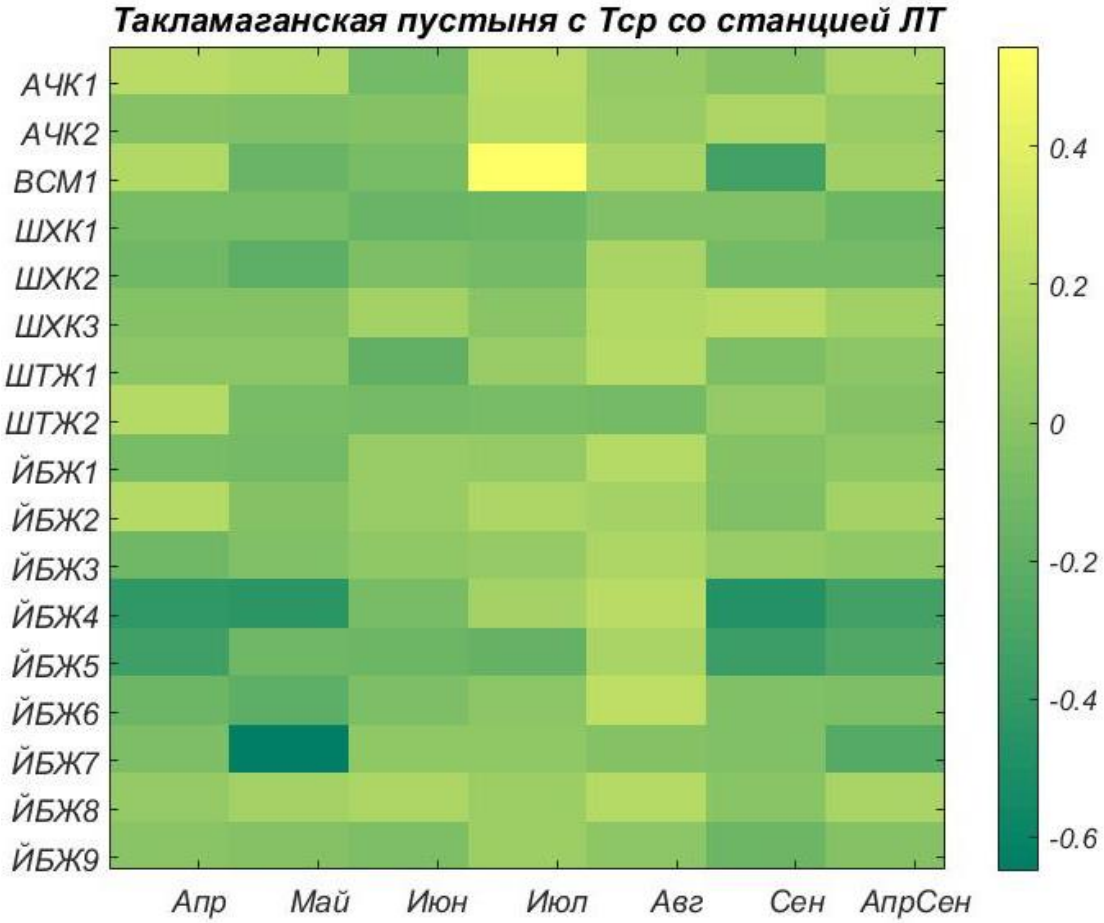

Рисунок 3.12. - Коэффициенты корреляции между хронологией кольца деревьев в бассейне реки Тарим (станция Лунтая) и температурой

На участке ***ЙБЖ7*** нашли только отрицательные корреляции в мае (-0,57, все станции) и в сентябре (-0,45, на станции TGNL). Участок ***ЙБЖ9*** дает нам одну отрицательную значимую корреляцию (-0,26) только на станции ТГНЛ в сентябре. Теперь можно сделать вывод изо всех наблюдений, которые были обнаружены: четыре отрицательных корреляций в апреле (-0,35), три

отрицательных – в мае

(-0,52) и ни одной в июне, а также одна положительная (0,32) в июле, три положительных (0,33) – августе и шесть отрицательных (-0,41) – в сентябре. Как видно, все участки имеют подтвержденные корреляции с месяцами, потому что нет положительных/отрицательных корреляций только за один месяц (Рисунок 3.11 и 3.12).

Корреляция между хронологиями на участках из Такламаганской пустыни с осадками

Поскольку не было значительных корреляций или корреляций, которые были лишь с некоторыми местами, тем не менее, они не показывали никаких экологических и биологических связей, и поэтому мы не взяли их в расчет.

Корреляция между хронологией на участках из Алтайских гор с влажностью почвы

Сильные положительные корреляции были обнаружены между влажностью первого слоя почвы (Рисунок 3.13) и хронологией участка ***БТ*** в периодах с апреля по май (0,37) и в апреле-сентябре (0,25). Участок ***ЭХД*** показывает значительную отрицательную корреляцию с апреле-сентябрьским периодом (-0,28), а на участке ***ХБХ*** существует только положительная корреляция в июне (0,50) и в периоде апрель-сентябрь (0,30).

Положительные корреляции со вторым слоем влажности почвы проявились с апреля по май (0,33) и в период апрель-сентябрь (0,35) на участке ***БТ.*** Участок ***ЭХД*** показывает отрицательную корреляцию только в периоде апрель-сентябрь (-0,29).

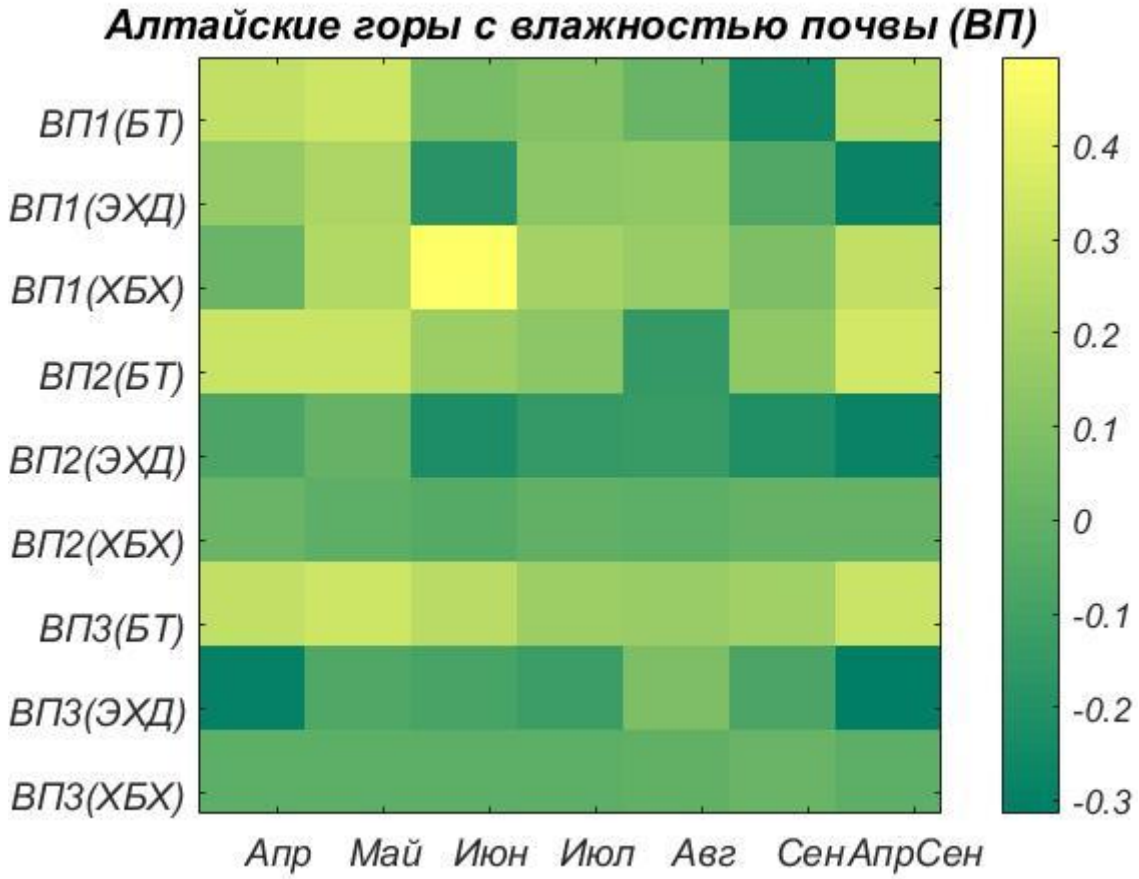

Рисунок 3.13. - Коэффициенты корреляции между хронологией деревьев в бассейне реки Иртыш и влажностью почвы

Третий слой влажности почвы, также на участке ***БТ***, коррелировал в апрель-июньском периоде (0,30), но участок ***ЭХД*** отрицательно коррелировал с апрелем (-0,30) и апрелем-сентябрем (-0,31).

Корреляция между хронологиями на участках из Такламаганской пустыни с речным стоком

С самой длинной хронологией на участке ***АЧК1*** не было обнаружено каких-либо существенных корреляций с речным стоком, в то время как участок ***АЧК2*** только отрицательно коррелировал с апрелем (-0,26, в ЧЛ), июлем (-0,28, в ВСМ), сентябрем (-0,35, в ВСМ) и апрель-сентябрьским периодом (-0,33, в ВСМ). На участке ***Вусиман*** значимые положительные корреляции проявились в апрельском месяце (0,25, в ВСМ), а май отрицательно коррелировал на станции

ЧЛ при значении -0,49; июнь-месяц оказал негативное влияние (-0,34) на всех станциях; июль также был отрицательно коррелирован (-0,36, в ЧЛ); сентябрь-месяц показал отрицательную значимость (-0,36 в ВСМ и ЧЛ), и апрель-сентябрь – также отрицательную корреляцию (-0,34 в ВСМ и ЧЛ) (Рисунок 3.14, 3.15 и 3.16).

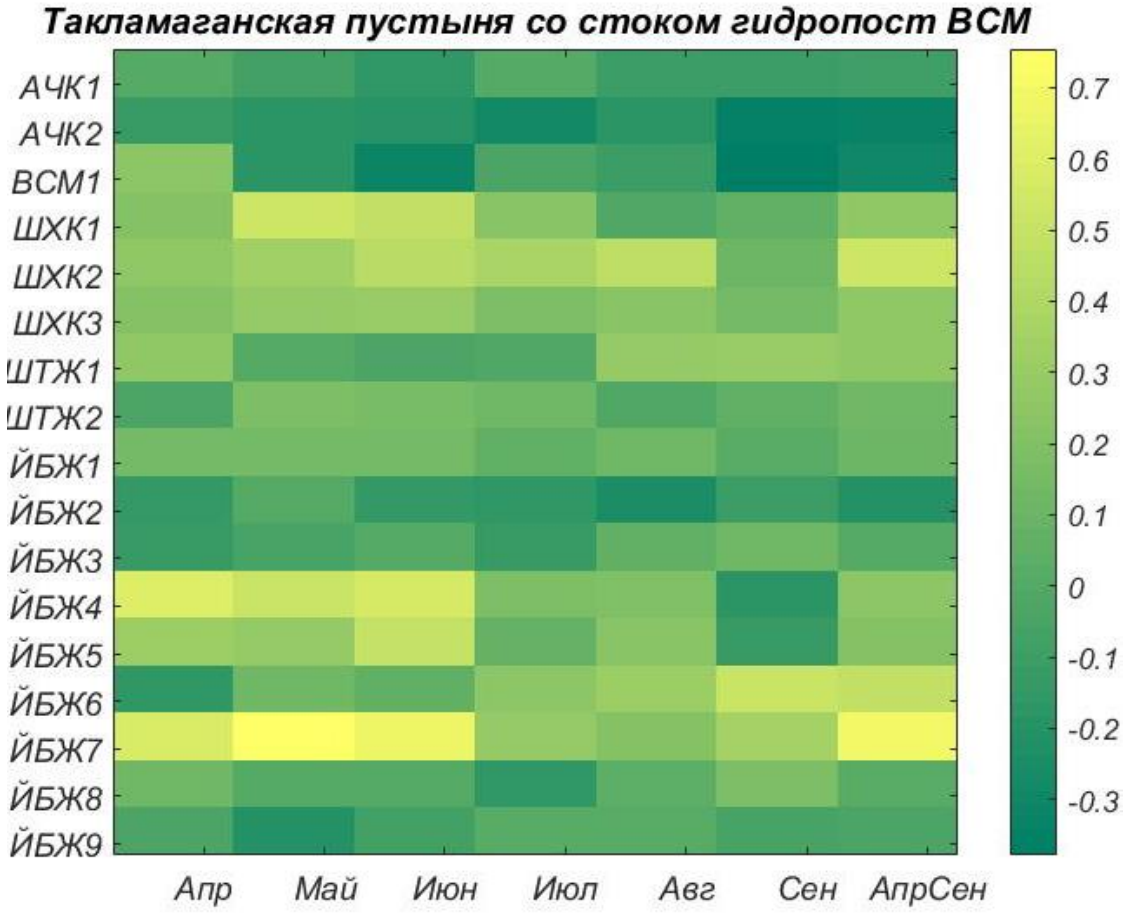

Рисунок 3.14. - Коэффициенты корреляции между хронологией деревьев в бассейне реки Тарим и речным стоком (станция Вусиман)

На участке ***Шазихекоу*** все месяцы речного стока показывают значительную положительную корреляцию с ростом кольца: апрель-июль выявлен как положительно влияющий период на участках ***ШХК1, ШХК2*** и ***ШХК3*** на уровне 0,44, 0,37 и 0,30 соответственно. Август положительно коррелировал с участками ***ШХК2*** и ***ШХК3*** (0,46, в ВСМ) и (0,30, в ЧЛ) соответственно. Сентябрьский положительный эффект был обнаружен только на

участке ***ШХК3*** (0,31, в ЧЛ), а в период апрель-сентябрь – (0,32, ***Шазихекоу***, все станции) (Рисунок 3.14, 3.15 и 3.16).

На участке ***ШТЖ1*** мы обнаружили в целом значимую положительную корреляцию участка ***ЙБЖ*** и ВСМ с апрелем (0,30), августом-сентябрем и апрелем-сентябрем – (0,36, Рисунок 3.14, Рисунок 3.15 и Рисунок 3.16). Участок ***ШТЖ2*** показывает две отрицательные корреляции на станции ЙБД в августе (-0,40) и апрель-сентябрьском периоде (-0,28).

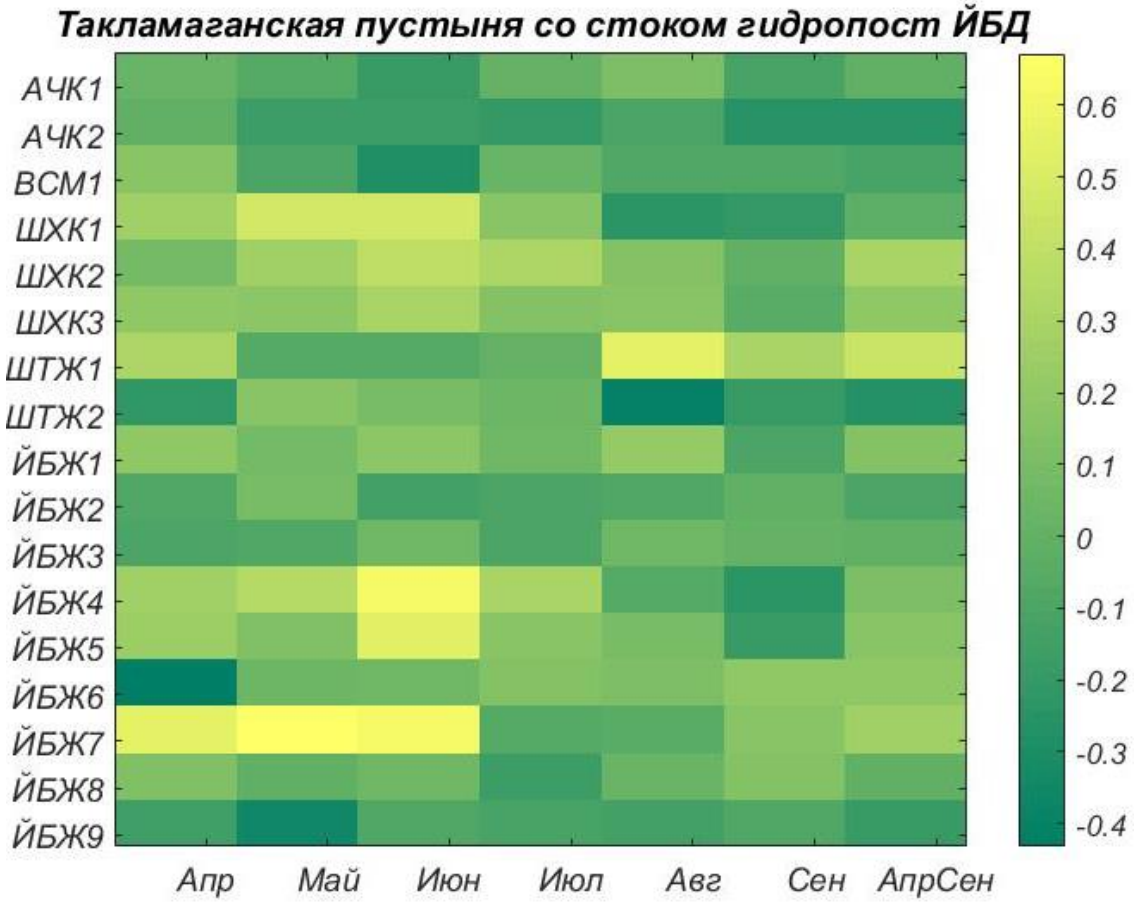

Рисунок 3.15. - Коэффициенты корреляции между хронологией кольца деревьев в бассейне реки Тарим и речным стоком (станция Йингбажа)

На участке ***Йингбажа,*** когда провели выборку в 9 местах, наблюдались различные корреляции, т.е. ***ЙБЖ4*** показывает положительную корреляцию в апрельско-июльском периоде на уровне 0,44 (все станции), также достоверно как и участок ***ЙБЖ5.*** В августе обнаружены отрицательные корреляции (в среднем -

0,27, в ЧЛ); с участком ***ЙБЖ6*** в период июль-сентябрь выявлены положительные корреляции (в среднем 0,39, в ВСМ и ЧЛ), отрицательные же выявлено в апреле (-0,43, в ЙБД) и мае (-0,34 в ЧЛ). Самые высокие коэффициенты корреляции показывают участок ***ЙБЖ7***, т.е. период апрель-сентябрь коррелирует на уровне 0,58 (все станции), но участок ***ЙБЖ9*** показывает отрицательные корреляции в мае (-0,35, в ЙБД).

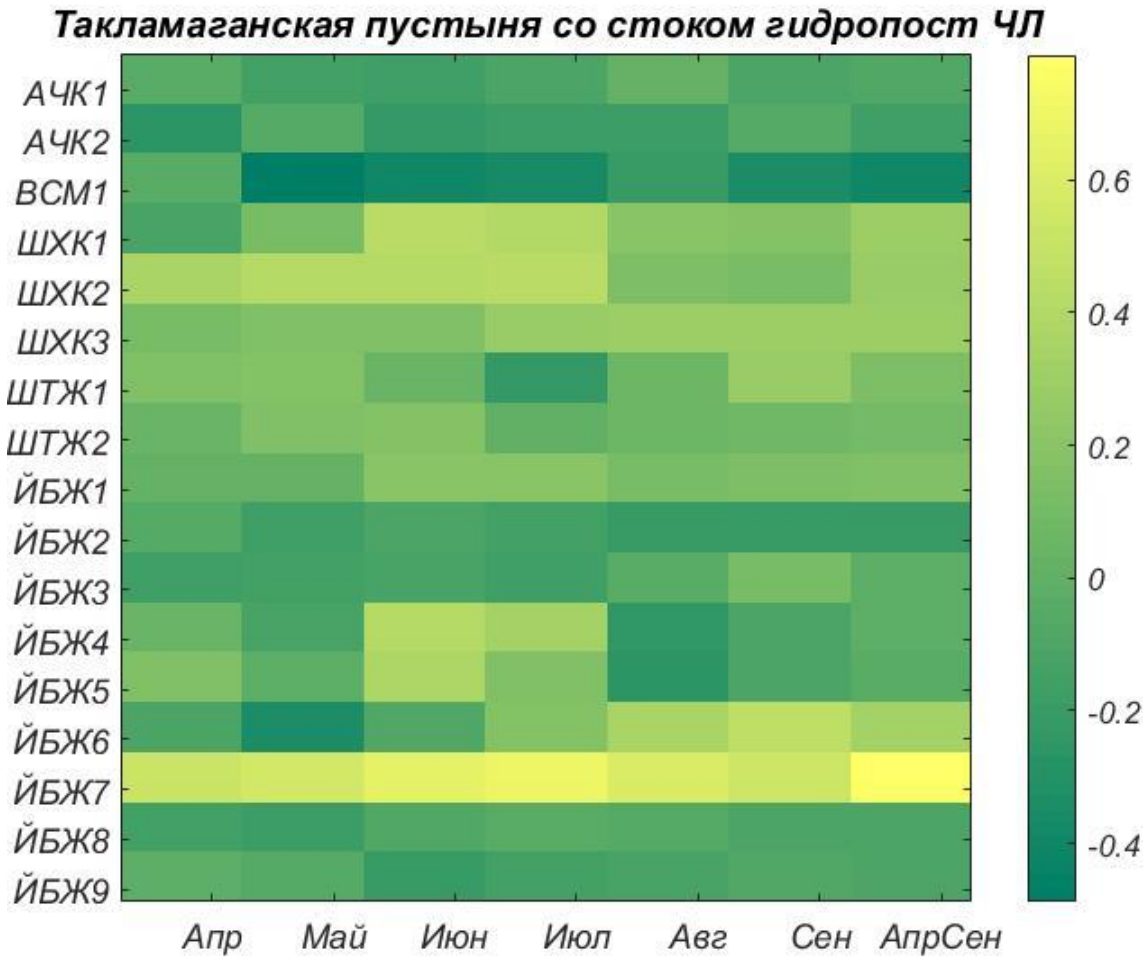

Рисунок 3.16. - Коэффициенты корреляции между хронологией кольца деревьев в бассейне реки Тарим и речным стоком (станция Чиала)

После всех наблюдений можно сделать вывод, что участки имеют различные корреляции с разными гидрологическими станциями, в апреле показывают в целом положительные корреляции на уровне 0,48 (шесть участков), а один участок – отрицательный (-0,43).

В мае обнаружено шесть положительных (0,52) и две отрицательные (-0,35) корреляции; в июне найдено девять положительных корреляций (0,56). В июле пять раз обнаружили положительный коэффициент на уровне 0,37. В августе выявлено три положительных (0,43) и один отрицательный (-0,27), в сентябре-месяце – четыре положительные (0,47) корреляции. Корреляции же в апреле-сентябре показывают пять положительных значений (в среднем 0,51, Рисунок 3.14, 3.15 и 3.16).

3.3. Характеристика моделей гидроклиматических реконструкций на основе радиального прироста деревьев

Модель реконструкции в Таджикском Тянь-Шане, участок ***TTT***

Исходя из приведенных выше результатов корреляционного анализа (Рисунок 3.6), минимальная летняя температура (июнь-сентябрь) является наиболее подходящей сезонной прогнозной реконструкцией для ***TTT*** (Рисунок 3.17). Модель линейной регрессии между эталонной хронологией и минимальной летней температурой (июнь-сентябрь) исходно-летнего реконструированного климата в проверочный период (F=31,805, 95% доверительный уровень, r=0,548) была:

$$Y=14{,}024\times X+1{,}191,$$

где Y – минимальная летняя температура в июне-сентябре, а X – стандартная хронология.

Сравнение первоначально-летней реконструированной минимальной температуры показано на Рисунок 3.17. Коэффициент корреляции реконструкции с инструментальной фактической дисперсией температуры в период 1940-2015 гг. составляет 0,548 ($p<0{,}001$), что является статистически значимым.

В целом, результаты теста в достаточной степени подтверждают валидность данной регрессионной модели (Таблица 3.3).

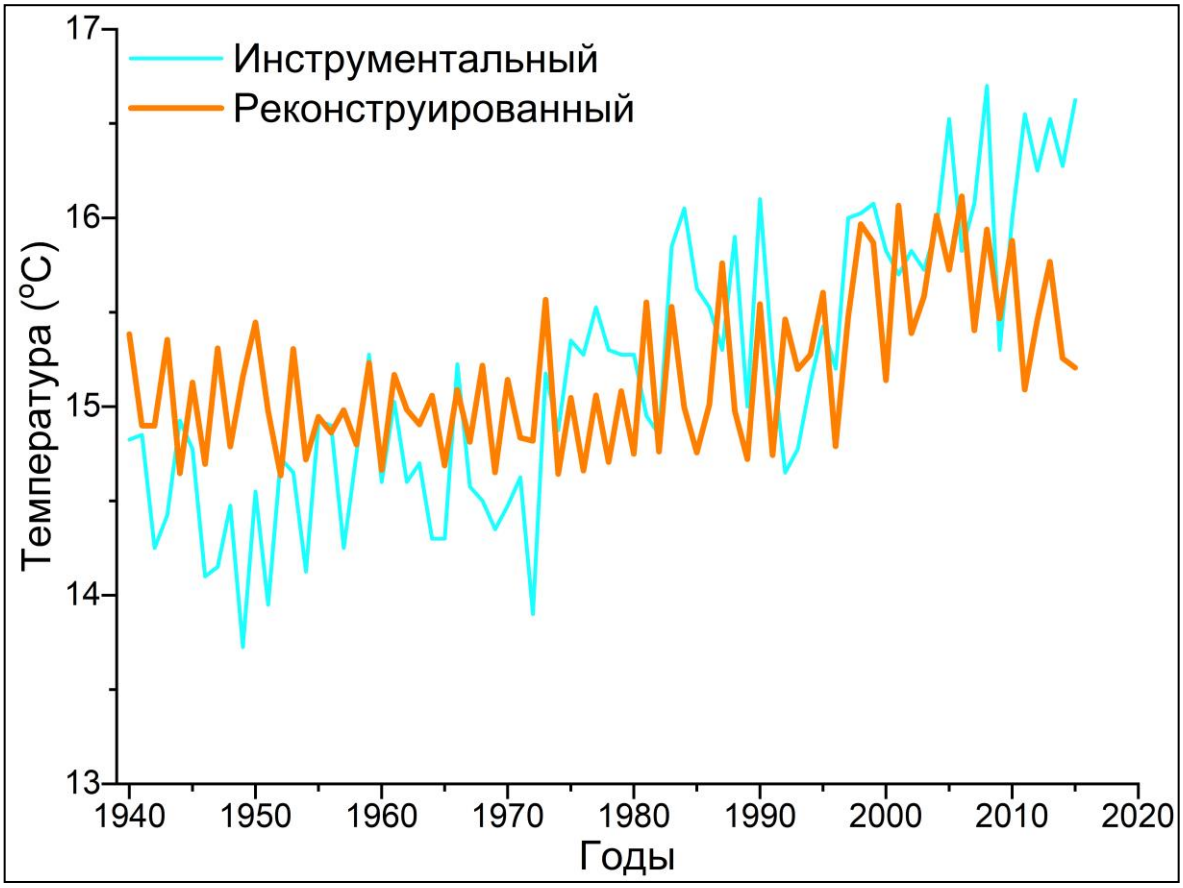

Рисунок 3.17. - Сравнение между оригинальной и летней реконструированной (июнь-сентябрь) минимум температурой, сетки CRU за их общий период 1940–2015 гг.

Результаты знакового теста показательны при уровне достоверности 95%, который описывает, насколько хорошо прогнозируемое значение отслеживает направление фактических данных. На основе этой модели летняя (июнь-сентябрь) минимальная температура CRU в исследуемом районе была реконструирована летом за период 1840-2016 гг. (серий>4, EPS≥0,85) [114].

Рисунок 3.18 демонстрирует нефильтрованную и 11-летнюю низкочастотную фильтрованную летнюю (июнь-сентябрь) минимальную температуру CRU с 1840 г. Средняя летняя (июнь-сентябрь) минимальная температура CRU за период (1840-2016) составляет 15,11ºC. Годы 1895 (14,35ºC) и 2006 (16,11ºC) летом реконструируются как самые экстремальные годы.

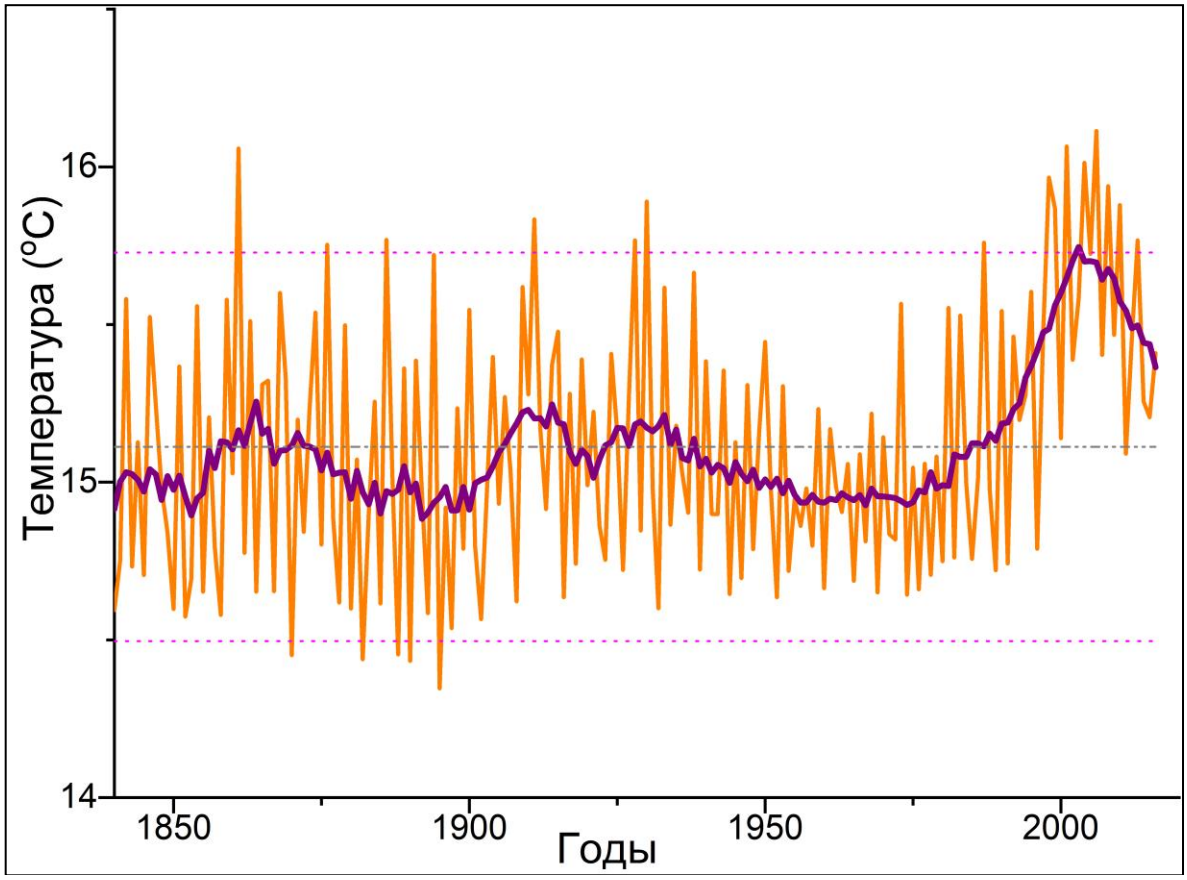

Рисунок 3.18. - Реконструкция (оранжевая линия) и сглаженная 11-летним низкочастотным фильтром (фиолетовая линия). Значения летней (июнь-сентябрь) минимальной температуры с координатной сеткой CRU за весь период 1840-2016. Центральная горизонтальная линия показывает средние значения, внутренние горизонтальные линии показывают границы ± 1SD

В последнее время, наблюдается повышение температуры, проще сказать глобальное потепление, и данная реконструкция это подтверждает. Значения внутренних горизонтальных линий (±1 SD) указывают на прохладные и теплые годы. Реконструкция показывает, что средняя летняя (июнь-сентябрь) минимальная температура CRU за период 1840-1940 (15,07ºC) ниже, чем средняя за период 1940-2016 (15,18ºC).

После 11-летней фильтрации нижних частот температурная реконструкция показала четыре самых холодных периода (1840-1855, 1872-1906, 1917-1922, 1940-1984) и десять самых холодных десятилетий (1850-е, 1860-е, 1880-е, 1890-е, 1900-е, 1910-е, 1950-е, 1960-е, 1970-е и 1980-е годы) с температурами ниже среднего. Пять самых теплых периодов (1856-1866, 1869-1871, 1907-1916, 1923-

1935, 1988-2016) и шесть самых теплых десятилетий (1870-е, 1920-е, 1930-е, 1940-е, 2000-е и 2010-е годы) оказались с температурами выше среднего (Таблица 3.1.).

Таблица 3.1. - Сводная характеристика реконструкции в *ТТТ* нефильтрованной летней (июнь-сентябрь) минимальной температуры CRU (Таджикистан)

5 самых экстремальных лет				5 жарких и холодных десятилетий				Долгосрочные периоды	
Годы	Холодные (ºC)	Годы	Жаркие (ºC)	Годы	Холодные (ºC)	Годы	Жаркие (ºC)	Годы	Значения (ºC)
1895	14,35	2006	16,11	1890	14,9	2010	15,7	1840-1899	15,02
1882	14,44	2001	16,07	1900	14,95	2000	15,37	1900-1949	15,09
1890	14,44	1861	16,06	1970	14,94	1920	15,19	1950-1999	15,17
1888	14,45	2004	16,01	1980	14,94	1930	15,17	2000-2016	15,56
1870	14,46	1998	15,97	1960	14,96	1940	15,17	1840-2016	15,11

Модель реконструкции в Памиро-Алае, участок *ТПШ*

По результатам анализа коэффициентов корреляции (Рисунок 3.7) ранние летние осадки наиболее пригодны для реконструкции климата. Путем расчета регрессионной зависимости между хронологией участка ***ТПШ*** и данными об осадках апреля-августа с метеорологической станции Шахристан были реконструированы осадки этих месяцев за период с 1760 по 2016 гг. (Рисунок 3.20).

Для расчетной проверки построенной реконструкции хода этих месторождений были сделаны сравнения их с данными инструментальных наблюдений на метеостанции за период с 1949 по 1997 гг. (Рисунок 3.19).

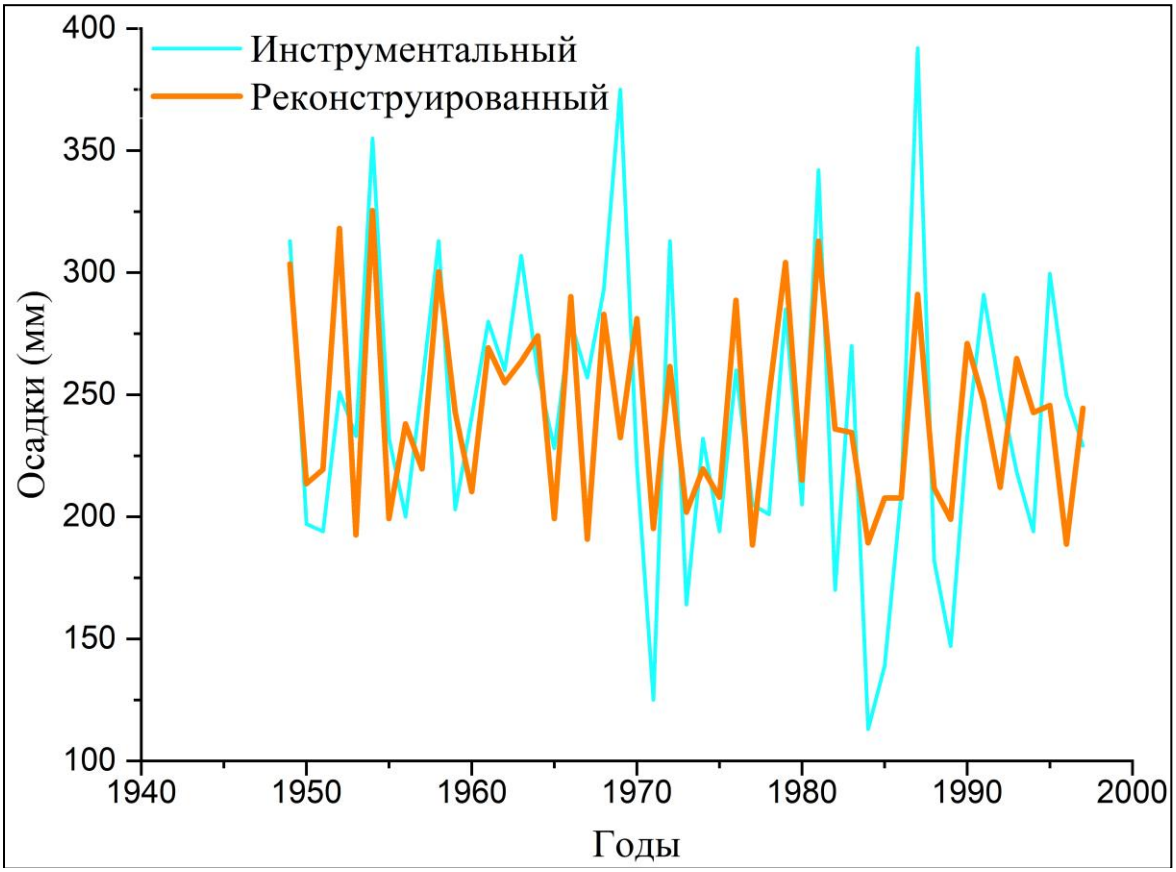

Рисунок 3.19. - Сравнение исходных и реконструированных осадков в начале лета (апрель-август) за их общий период 1949-1997 гг. для *ТПШ*

Результаты регрессионной зависимости были следующими: коэффициент корреляции R = 0,613, p <0,001 и тестовый знак F = 33,43. Кроме того, получено уравнение для этой реконструкции:

$$Y = 279{,}789 \times X + 3{,}637,$$

где Y – сумма апреля-августа осадочной реконструкции, а X – стандартная хронология.

Рисунок 3.20 отображает реконструкцию оригинальную и сглаженную 11-летним фильтр нижних частот, осадков (апрель-август) за период с 1760 по 2016 гг. Усредненные между апрелем-августом осадки за 256 лет показывают 242,03 мм. Найденные в ходе реконструкции значений 1788 г. (62,79 мм) и 1906 г. (373,92 мм) считаются наиболее экстремальными.

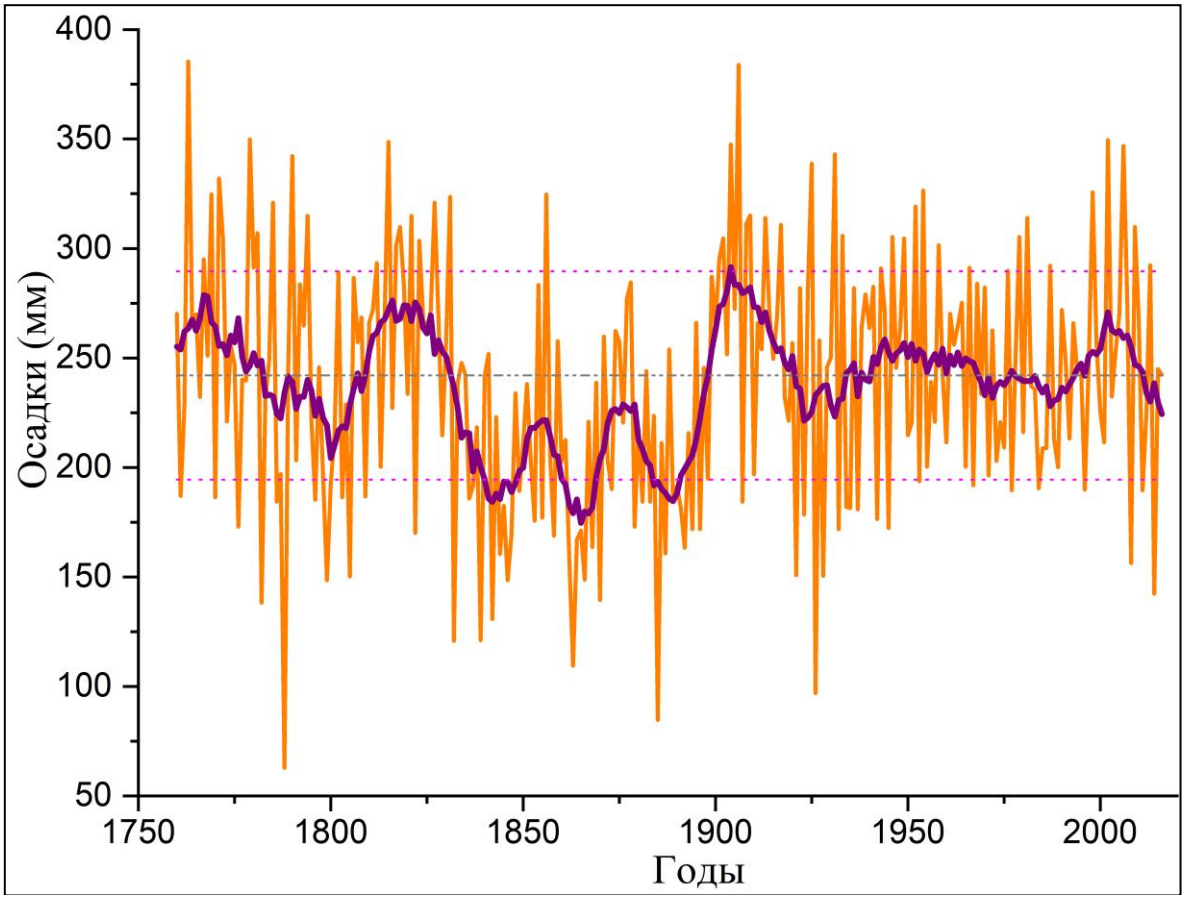

Рисунок 3.20. - Реконструкция (оранжевая линия) и сглаженная 11-летним фильтром низких частот (фиолетовая линия) значений осадков в апреле-августе за весь период 1760-2016 гг. для участка *ТПШ*. Центральная горизонтальная линия показывает среднее из восстановленных значений летних осадков; внутренние горизонтальные линии показывают границы ±1SD

На основании [157] внутренние горизонтальные линии (± 1 SD) указывают на сухие и влажные годы; точки за пределами (± 1 SD) горизонтальной линии указывают на чрезвычайно сухие и влажные годы; годы/периоды, которые не превышают (± 5 мм) были определены как 1778-1779, 1781, 1789-1790, 1794, 1807, 1809, 1831, 1898, 1918-1919, 1921-1922, 1928, 1934-1936, 1938-1940, 1955, 1958, 1960, 1962, 1964, 1967-1969, 1971, 1973-1984, 1992-1996 и 2009-2011 гг.

Сухие годы/периоды с меньшим значением от среднего количества осадков были обнаружены в 1783-1788, 1791-1793, 1795-1806, 1808, 1832-1897, 1923-1927, 1929-1933, 1937, 1970, 1972, 1985-1991 и 2012-2016 годах. Влажные годы/периоды с более высоким значением от среднего количества осадков были

обнаружены в 1760-1777, 1780, 1782, 1810-1830, 1899-1917, 1920, 1937, 1941-1954, 1956-1957, 1959, 1961, 1963, 1965-1966 и 1997-2008 гг. Характеристики лет/периодов были основаны на осадочной реконструкции со сглаженным фильтром, где видны более плавные переходы, а не беспорядочные скачки. Периоды с крайностью: три сухих периода 1840-1849, 1860-1869, 1884-1891 и один влажный год соответствовали 1904 году. Самый сухой 50-летний юбилей пришелся на 1850-1900 гг., а самый влажный – на 1900-1950 годы. Для получения более подробной информации о многолетних периодах сухости влажности, нефильтрованные данные приведены в Таблица 3.2.

Таблица 3.2. - Сводная характеристика реконструкции нефильтрованных осадков раннего лета (апрель-август) (*ТПШ*)

10 самых экстремальных лет				10 самых засушливых и влажных десятилетий				Долгосрочные периоды	
Годы	Сухие (мм)	Годы	Влажные (мм)	Годы	Сухие (мм)	Годы	Влажные (мм)	Годы	Значения
1788	62,79	1763	385,38	1870	173,12	1910	286,30	1760-1800	246,05
1885	84,65	1906	383,92	1850	190,02	1820	273,65	1800-1850	235,14
1926	96,89	1779	349,83	1890	194,59	2010	267,21	1850-1900	207,98
1863	109,42	2002	349,54	1840	213,22	1780	265,47	1900-1950	254,44
1832	120,78	1815	348,66	1900	216,31	1830	265,26	1950-2016	245,61
1839	121,07	1904	347,50	1930	223,39	1920	264,47	1760-1860	238,43
1842	130,69	2006	346,91	1860	223,65	1770	262,87	1860-1960	233,31
1782	138,27	1931	343,12	1800	225,54	1970	254,95	1760-2016	242,03
1870	139,43	1790	342,25	1810	233,53	1950	252,73		
2014	142,35	1925	338,75	1880	234,55	1960	247,66		

Статистические параметры (Таблица 3.3), такие как уменьшение погрешности (RE) и коэффициент эффективности (CE), знаковый тест (ST), средний тест продукта (PMT), тест уравнения регрессии (F) и коэффициент корреляции Пирсона использовались для надежности моделей реконструкции [2,

50].

Таблица 3.3. - Статистика перекрестной проверки для моделей реконструкции

Хрон-я	R	r^2	SD	RE/CE	ST	Durbin-Watson
КОШ	0,468	0,219	50,9	0,163/0,163	$39^{+}/21^{-}$	1,682
ТТТ	0,548	0,3	0,616	0,271/0,271	$48^{+}/27^{-}$	1,007
ТПШ	0,613	0,376	47,56	0,366/0,366	$36^{+}/12^{-}$	2,040
ТИК	0,644	0,415	60,82	0,25/0,25	$43^{+}/10^{-}$	2,013

Модель реконструкции в Памиро-Алае участка *ТИК*

В результате сбора образцов и предварительных анализов предыдущей нашей работы [98] был реконструирован речной сток реки Ягноб по древесно-кольцевым данным в периоде сентябрь-август. Модель линейной регрессии [50] между остаточной хронологией и исходно реконструированным речным стоком с сентября по август в период проверки коррелировала с доверительным интервалом 95% (r=0,644). Окончательная калибровочная регрессия (Y=406,4*X+0,994) прояснила 41,4% дисперсии общего расхода прибора за период 1940-1993 гг. (Рисунок 3.21) и 40,0% – при перекрестной проверке с одним исключением.

Сравнение инструментального и реконструированного стока с сентября по август показано на Рисунок 3.21. Также была определена перекрестная проверка статистики исключений. Погрешность уменьшения (RE), составляя 0,25 и зависящая от соответствующих измерений, была положительной, что указывает на то, что модель обладает значительными возможностями [2]. В целом результаты теста в достаточной степени подтверждают правильность данной регрессионной модели (Таблица 3.3).

Коэффициент корреляции реконструкции с исходными результатами инструментального потока за период 1940-1994 гг. составляет 0,644 ($p<0,001$), что является статистически значимым. Результаты этого теста указывают на достоверность этой регрессионной модели. Результаты знакового теста важны на этапе достоверности 99%, что объясняет, насколько точно ожидаемое значение

следует за ходом фактических данных. На основе этой модели реконструирован речной сток в районе исследования с сентября по август за период с 1637 по 2016 гг. (серий>4, EPS≥0,85) [114].

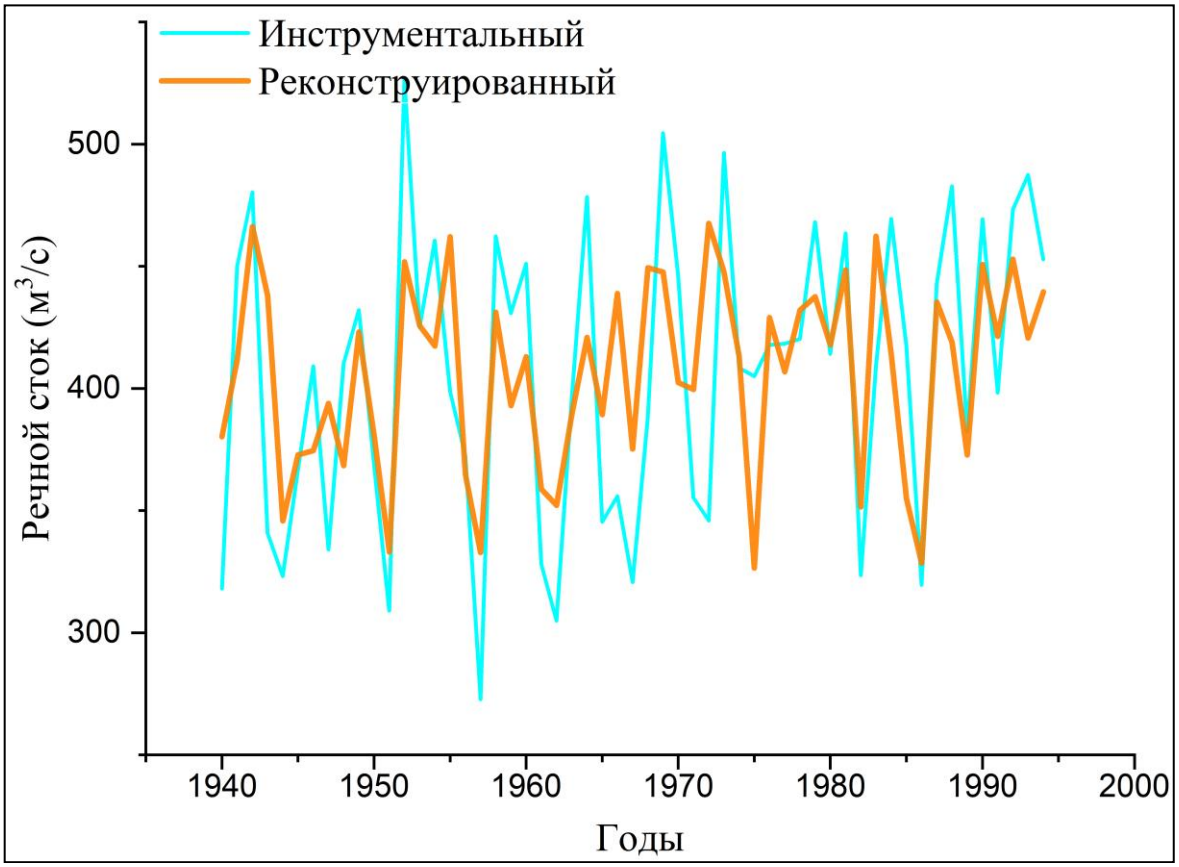

Рисунок 3.21. - Сравнение инструментального и реконструированного стока с участка Искандаркуль в сентябре-августе с рекой Ягноб (1940–1994 гг.)

На Рисунок 3.22 показывает реконструкцию нефильтрованную и сглаженную 11-летним фильтром нижних частот речного стока за период с сентября по август 1637 г. Среднее значение речного стока с сентября по август за период (1637-2016 гг.) составляет 403,89 м^3/сек. Годы 1777 (502,69 м$^{3/}$сек) и 1917 (289,60 м^3/сек) реконструированы как наиболее экстремальные годы. Как хорошо известно, глобальное потепление увеличивает температуру, что приводит к постоянному таянию снежного покрова и ледников, которые связаны этой реконструкцией. Тренд речного стока увеличился после 1940 г. (y=0,4757*X-529,38).

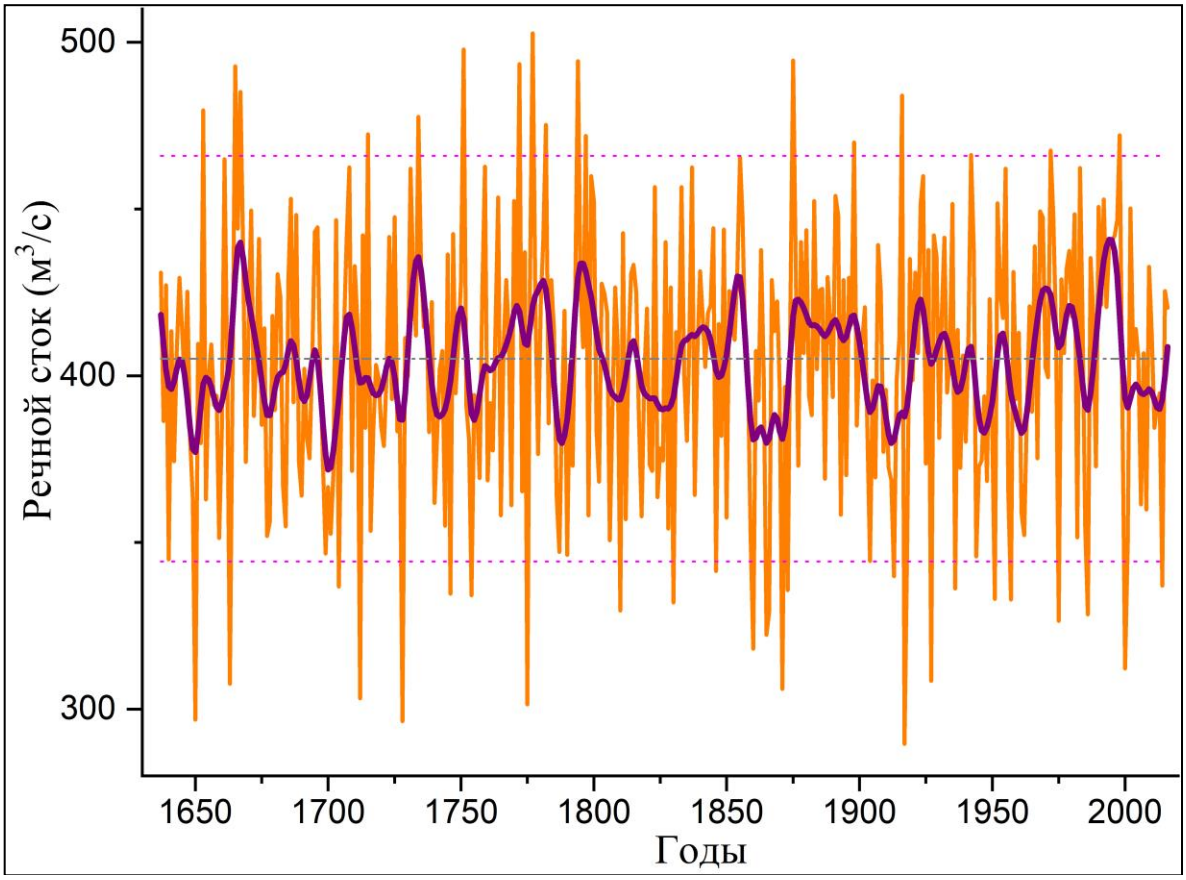

Рисунок 3.22. - Реконструкция речного стока с 1637 года. Реконструкция (тонкая оранжевая линия) и сглаженные значения 11-летнего фильтра нижних частот (толстая синяя линия). Центральная горизонтальная линия показывает среднее значение реконструированных значений; горизонтальные линии внутренней точки квадрата показывают границу ±1SD

Значения внутренних горизонтальных линий (±1 SD) показывают полноводность и мелководность. Реконструкция показывает, что средний расход воды за сентябрь-август в этот период 1637-1736 гг. 401,97 м^3/сек, ниже среднего значения, чем за 1916-2016 гг. (405,29 м^3/сек.).

В Таблица 3.4 показаны 11-летние фильтрованные экстремальные значения нижних частот и реконструкция нефильтрованного речного стока с восемью периодами паводков (1639-1662, 1674-1684, 1711-1722, 1753-1763, 1817-1832, 1858-1873, 1901-1919 и 1999-2015) и шестью периодами половодьев (1663-1673, 1764-1784, 1792-1803, 1833-1845, 1874-1900 и 1966-1982).

Таблица 3.4. - Значения сглаженных 11-летним фильтром экстремальных показателей участка *ТИК*

10 самых экстремальных лет				10 сухих и влажных периодов				Долгосрочные периоды	
Годы	Сухие ($м^3/с$)	Годы	Влажные ($м^3/с$)	Период (годы)	Сухие ($м^3/с$)	Период (годы)	Влажные ($м^3/с$)	Период (годы)	Значение ($м^3/с$)
1917	289,6	1777	502,7	1857-1866	377,3	1987-1996	429,4	1637-1686	402,7
1728	296,4	1751	497,9	1697-1706	381,2	1777-1786	423,0	1687-1736	401,2
1650	296,8	1875	494,6	1817-1826	388,2	1847-1856	420,0	1737-1786	406,6
1775	301,5	1794	494,4	1737-1746	390,4	1667-1676	419,5	1787-1836	402,0
1712	303,2	1772	493,5	1647-1656	390,9	1967-1976	415,8	1837-1886	405,8
1871	306,1	1665	492,8	1957-1966	391,9	1877-1886	415,2	1887-1936	403,2
1663	307,6	1667	485,1	2007-2016	396,5	1727-1736	412,5	1937-1986	402,7
1927	308,5	1916	484,0	1677-1686	397,4	1797-1806	411,6	1637-1736	402,0
2000	312,2	1653	479,6	1937-1946	398,1	1837-1846	411,1	1916-2016	405,3
1860	318,1	1734	477,7	1897-1906	400,4	1767-1776	410,1	1637-2016	403,9

Модель реконструкции в Китайском Тянь-Шане, участок *КОШ*

Основываясь на вышеуказанных климатических реакциях, май-июньские осадки были выбраны для модели реконструкции с использованием регрессионного анализа [50]. Модель линейной регрессии, охватывая период калибровки 1952-2012 гг., была сильной ($p<0,05$, $r=0,468$), (Рисунок 3.23). Построили модель реконструкции осадков в мае-июне и 11-летнюю простую скользящую среднюю для префектуры Тачэн Шавань (Рисунок 3.24).

Рисунок 3.23. - Сравнение между оригинальными и реконструированными осадками в мае-июне в течение 1952-2012 гг. для *КОШ*

Полученная модель была следующей:

Y=64,849×X+125,695,

где Y – общее количество осадков в мае-июне, а X – остаточная хронология.

Среднее значение общего количества осадков в мае-июне за период 1952-2012 годов составляет около 189,3 мм, а SD – 50,9. Основываясь на [157], внутренние горизонтальные линии (±1 SD) указывают на сухие и влажные годы, сухие периоды с осадками ниже среднего были обнаружены в 1892-1898 гг., 1916-1927, 1964-1967, 1969-1977 и 1994-2015 гг. Эти периоды (1910-1913 гг., 1929-1963, 1978-1991 гг.) указывают на преобладание влажных лет. Годы 1947 (250,3 мм) и 1957 (135,1 мм) –самые экстремальные. Во время реконструкции обнаружено шесть сухих десятилетий (1920, 1930, 1970, 1980, 2000 и 2010) и пять влажных десятилетий (1910, 1940, 1950, 1960 и 1990).

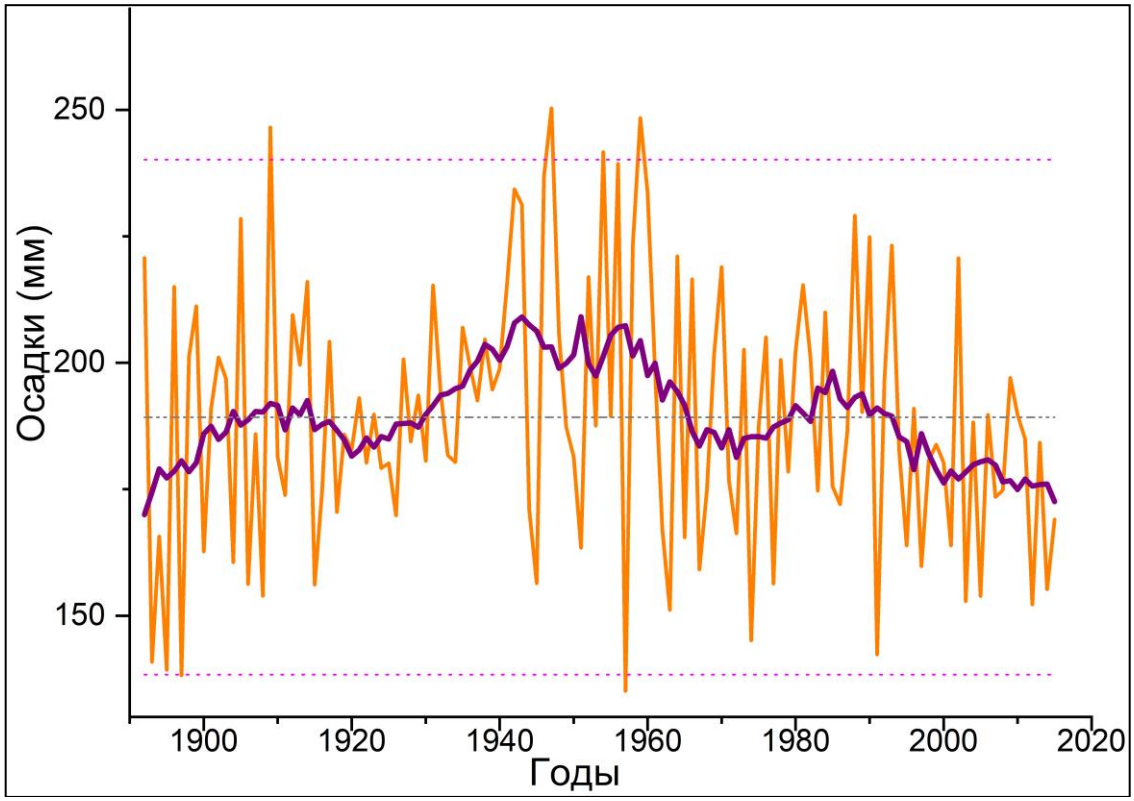

Рисунок 3.24. - Реконструкция осадков в мае-июне и значения, сглаженные 11-летним фильтром низких частот. Центральная горизонтальная линия показывает среднее значение расчетных значений, пунктирная линия показывает границу ± 1 SD для *КОШ*.

Данная реконструкция подтверждает глобальные изменения, которые предполагают уменьшение количества осадков с 1991 года по настоящее время. Более подробные характеристики были показаны Таблица 3.5.

Таблица 3.5. - Сводные характеристики нефильтрованной летней (май-июнь) реконструкции осадков (*КОШ*)

5 самых экстремальных лет				5 сухих и влажных десятилетий				Долгосрочные периоды	
Годы	Сухие (мм)	Годы	Влажные (мм)	Годы	Сухие (мм)	Годы	Влажные (мм)	Годы	Значение (мм)
1957	135,1	1947	250,3	2000	180,3	1960	207,9	1950	192,9
1895	138,4	1959	248,4	2010	180,4	1950	207,1	2000	191,2
1897	138,4	1909	246,6	1980	182,1	1990	197,9	1892-1992	191,6
1893	140,8	1954	241,7	1930	185,1	1930	196,9	1892-2015	189,3
1991	142,3	1956	240,2	1920	187,3	1910	190,2		

3.4. Анализ влияния гидроклиматических циклонов

Чтобы представить результаты географического значения и понять, какое влияние оказывают гидроклиматические циклоны на данные исследовательские

области, был проведен спектральный анализ [117] для Китая и Таджикистана.

Мульти-спектральный анализ участка ТТТ

Мульти-спектральный анализ (МСА) проводился в полном диапазоне реконструкции летней (июнь-сентябрь) минимальной температуры CRU с 1840-2016 гг. для участка ***ТТТ.*** Как показано Рисунок 3.25, низкочастотные пики мощности обнаруживаются циклом 84,7 года (на уровне 99%). Пики высокочастотной мощности были обнаружены 2,9-летних (99%), 2,6-летних (99%), 2,5-летних (99%), 2,4-летних (99%) и 2,2-летних (99%).

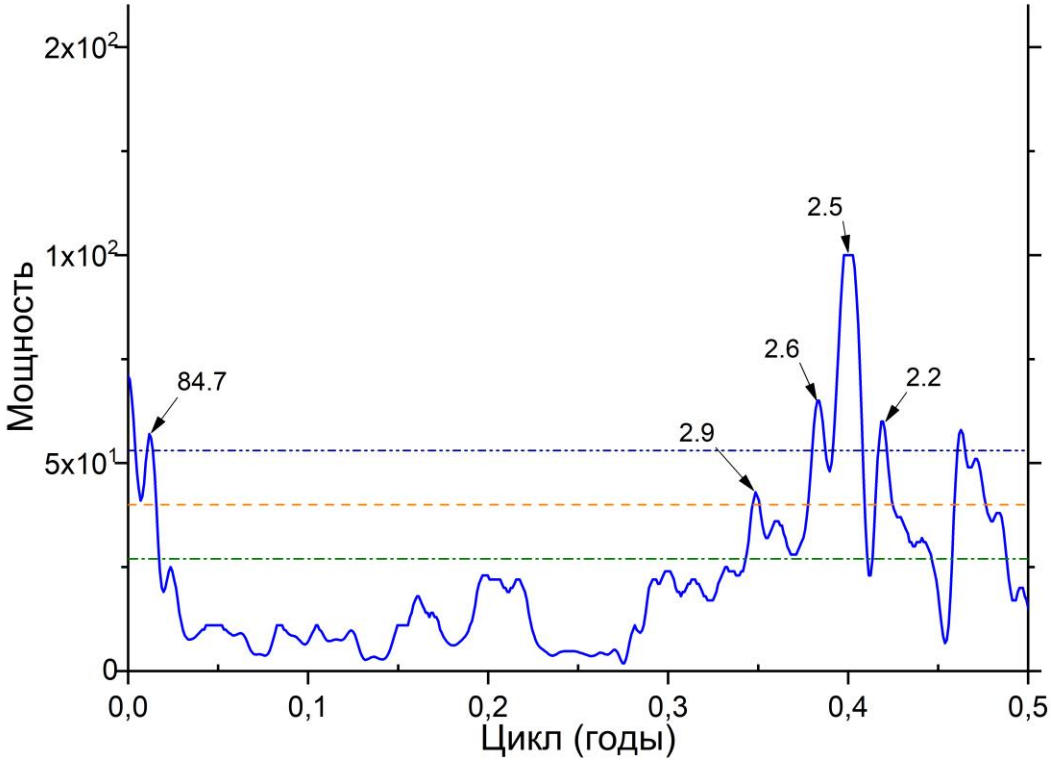

Рисунок 3.25. - Результаты мульти-спектрального анализа (синяя линия) реконструкции летней температуры июня-сентября *ТТТ* и линии, показывающие уровень значимости (90, 95 и 99%)

Мульти-спектральный анализ участка *ТПШ*

Спектральный анализ [117] для участка ***ТПШ*** с 1760 по 2016 год выявил низкочастотные пики в 59,9-летнем (99%), 37,7-летнем (99%) и 26,8-летнем (95%) циклах, а также высокочастотные пики в 3,3-летнем (95%), 2,6-летнем (95%), 2,4-летнем (99%), 2,3-летнем (95%), 2,2-летнем (95%) и 2,1-летнем (99%) циклах (Рисунок 3.26). Цикл века 128,2 года (99%) является наиболее значимым в нашей

реконструкции. Однако этот результат следует интерпретировать с осторожностью, так как данная реконструкция охватывает только два цикла этой периодичности.

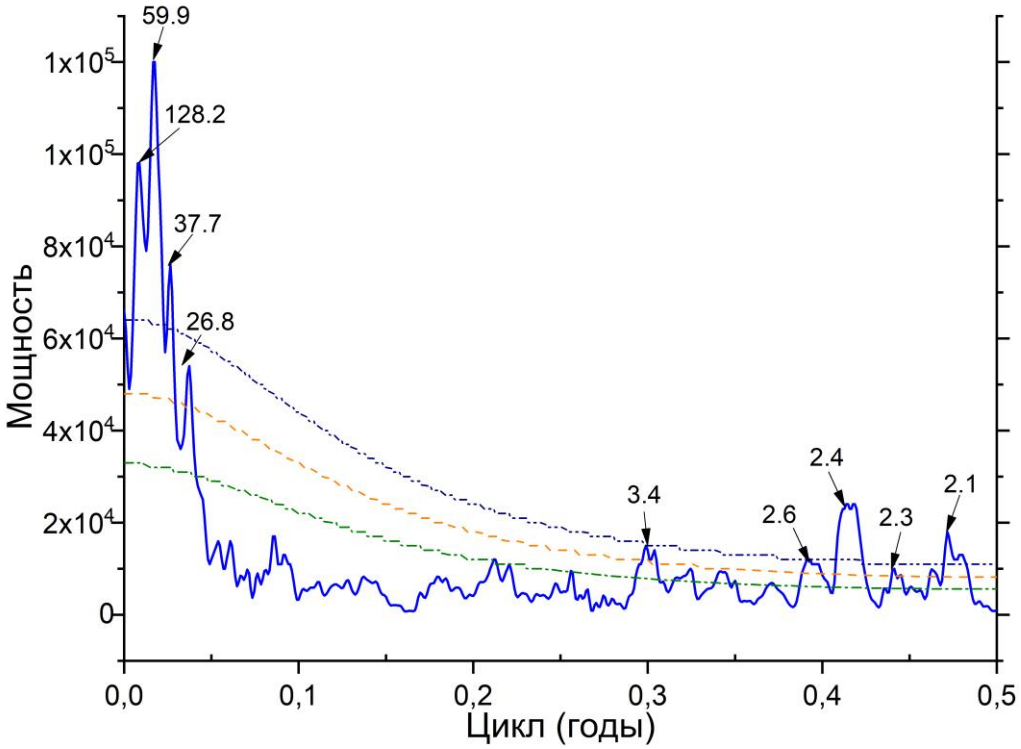

Рисунок 3.26. - Результаты мульти-спектрального анализа (синяя линия) реконструкции осадков за апрель-август участка *ТПШ* и линий, показывающих уровень значимости (90, 95 и 99%)

Мульти-спектральный анализ участка *ТИК*

Спектральный анализ для участка ***ТИК*** с 1637 по 2016 год выявил низкочастотные пики в 13,3-летнем (90%), а также высокочастотные пики в 6,7-летнем (95%), 4,4-летнем (95%), 2,9-летнем (99%), 2,7-летнем (95%), и 2,0-летнем (99%) циклах.

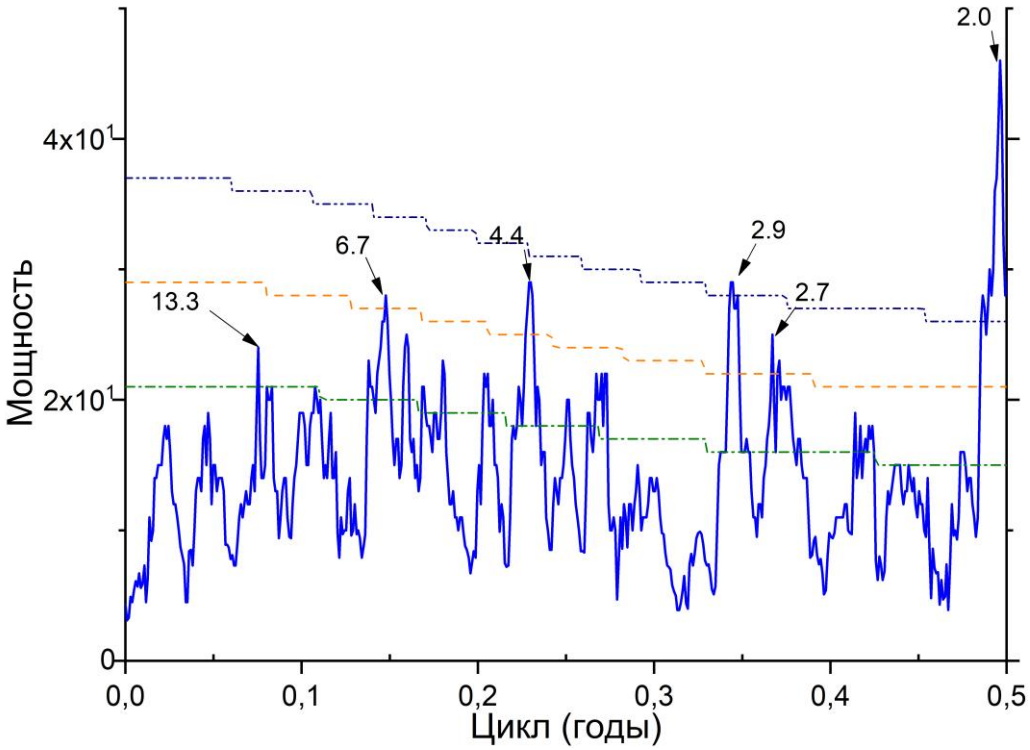

Рисунок 3.27. - Результаты мульти-спектрального анализа (синяя линия) реконструкции речного стока за сентябрь-август участка *ТИК* и линий, показывающих уровень значимости (90, 95 и 99%).

Мульти-спектральный анализ участка КОШ

Как показано на Рисунок 3.28, значимые высокочастотные пики из спектрального анализа MCA, которые проходят за период полной реконструкции осадков 1892-2015 гг. для ***КОШ***, были обнаружены в 6,1-летнем (99%), 5,1-летнем (90%), 5-летнем (90%), 4,9-летнем (90%) и 2,9-летнем (90%) циклах.

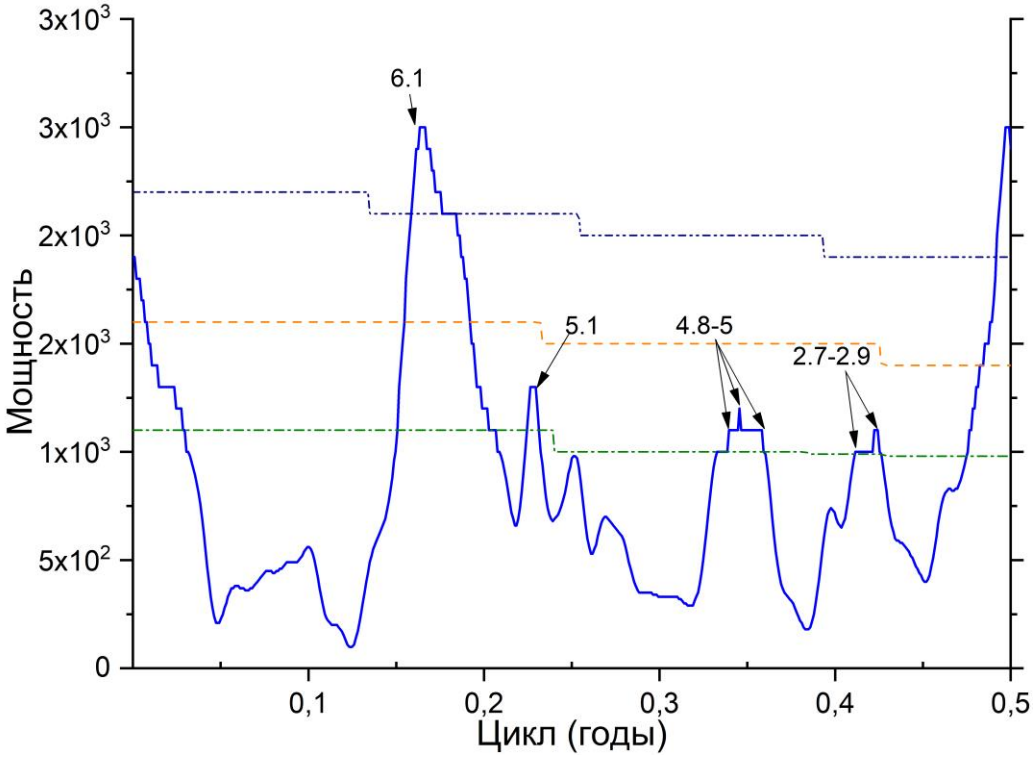

Рисунок 3.28. - Результаты мульти-спектрального анализа (синяя линия) реконструкции осадков май-июня участка *КОШ* и линий, показывающих уровень значимости (90, 95 и 99%)

Мульти-спектральный анализ участков из Алтайских гор

Значительные высокочастотные пики в бассейне реки Иртыш, как показано на Рисунок 3.29, обнаружены на уровне 16,3-летних (90%), 12,5-летних (90%), 8,1-летних (90%), 2,7-летних (95%), 2,6-летних (99%), 2,4-летних (95%) и 2-летних (99%) циклов.

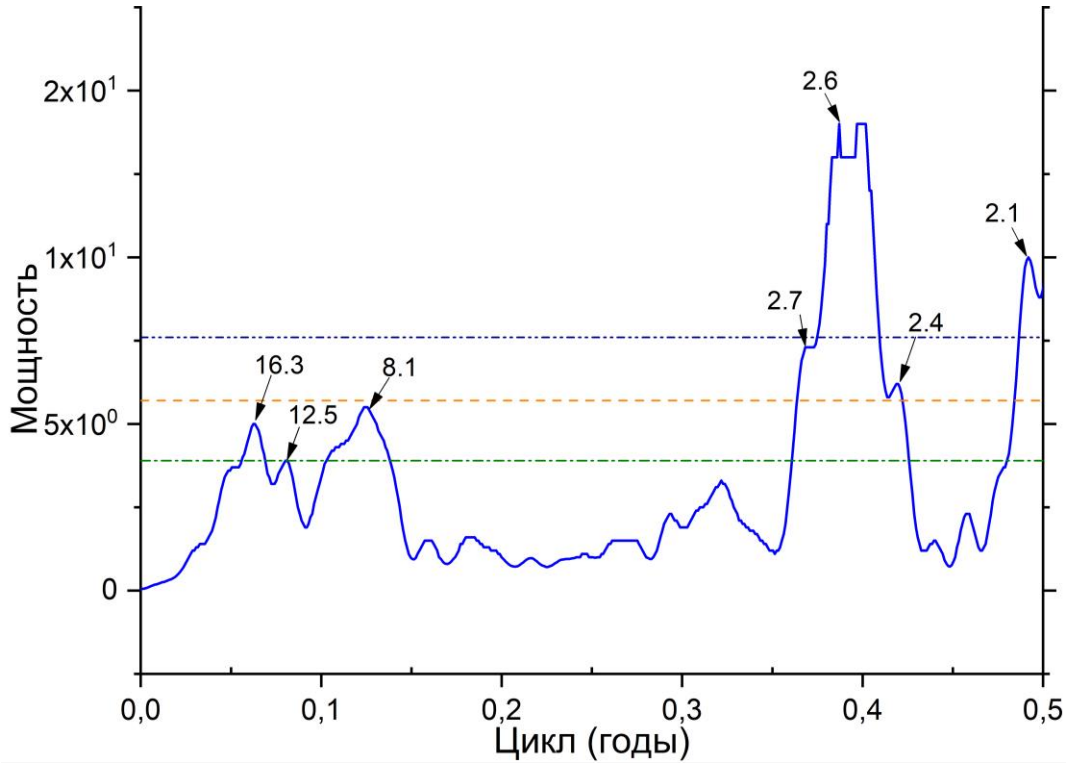

Рисунок 3.29. - Результаты мульти-спектрального анализа (синяя линия) стандартной хронологии между видами участков Алтайских гор и линий, показывающих уровень значимости (90, 95 и 99%)

Мульти-спектральный анализ участков из Такламаганской пустыни

В бассейне реки Тарим (Рисунок 3.30) обнаружены такие пики, как 18,9-летний (99%), 9,6-летний (90%), 8,6-летний (99%), 7,1-летний (90%), 3,2-летний (99%), 3,0-летний (99%), 2,9-летний (95%) и 2,3-летний (95%) циклы.

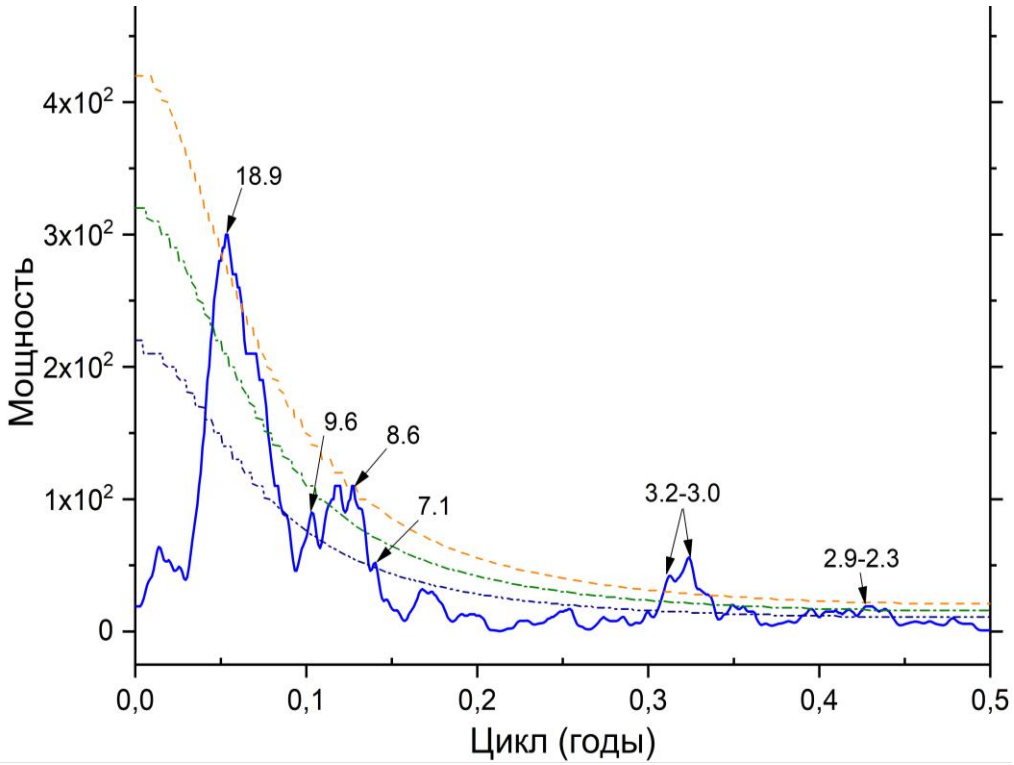

Рисунок 3.30. - Результаты мульти-спектрального анализа (синяя линия) стандартной хронологии между видами участков из Такламаганской пустыни и линий, показывающих уровень значимости (90, 95 и 99%)

3.5. Связь синоптических процессов земли с областью исследования

Пространственные корреляции ***TTT*** участка

Пространственные корреляции, выполненные между реконструкцией участка ***TTT*** и минимальным набором температурных данных CRU TS 4.0 [116] дают наглядное географическое представление (Рисунок 3.31). Значительные положительные корреляции обнаруживаются к северу от приблизительно 30º до 50º широты с расширением 50-90º с востока на запад. Наибольшая положительная корреляция позволяет предположить, что исследуемая область тесно связана с синоптическими процессами южно-азиатских муссонов в Верхней Азии.

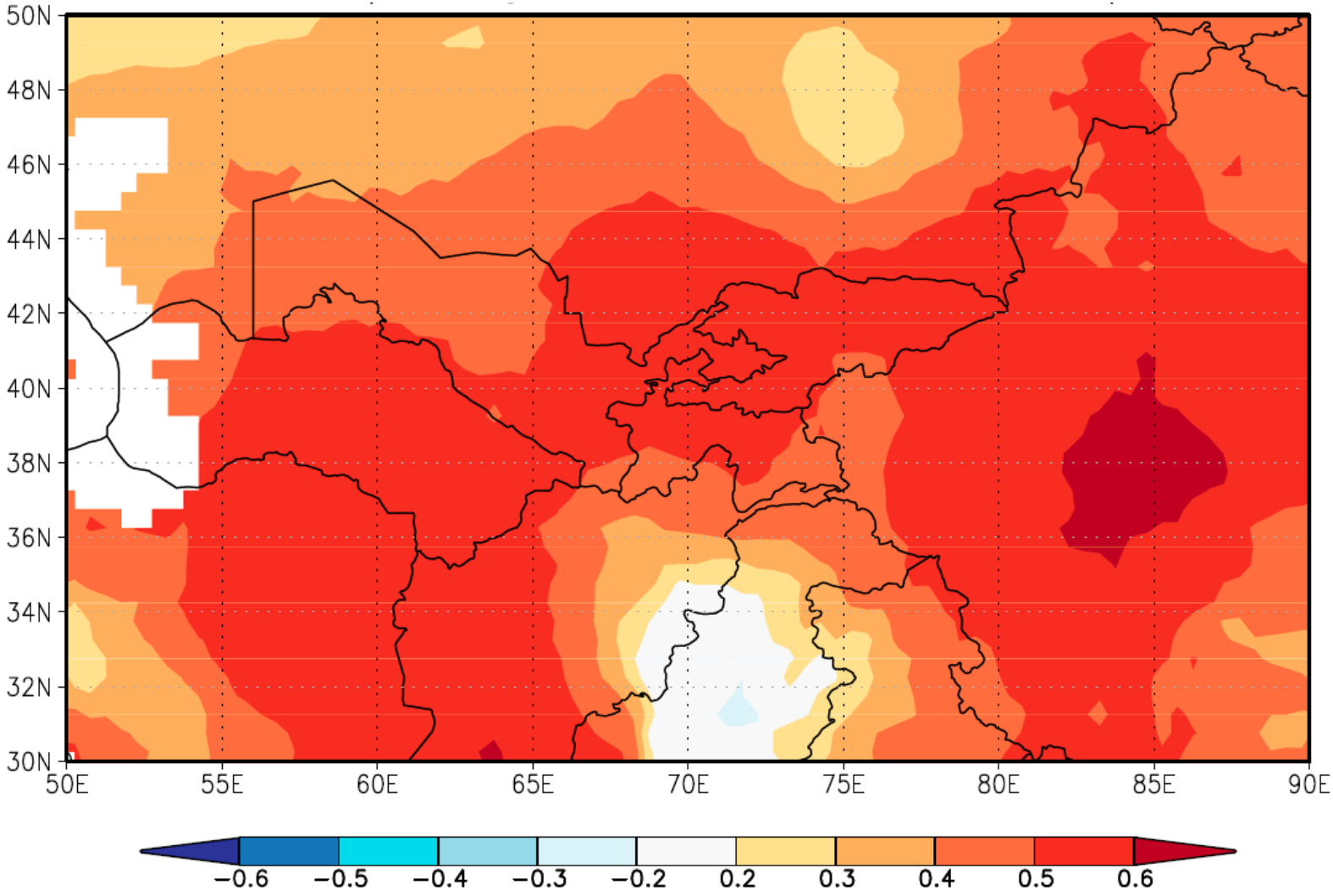

Рисунок 3.31. - Пространственная корреляция между реконструкцией летней температуры июня-сентября на участке *TTT* за 1940-2015 гг. и региональной координатной сеткой 0,5° × 0,5° CRU TS 4.0

Пространственная корреляция участка *ТПШ*

Пространственные корреляции между данной реконструкцией осадков для участка ***ТПШ*** и CRU TS 4.00 осадков [116] за период апреля-августа 1949-1997 гг. демонстрирует географическое значение (Рисунок 3.32). Значительные положительные корреляции обнаруживаются с 35º-55º северной широты с большим расширением с востока на запад. Наибольшая положительная корреляция показала, что область исследований тесно связана с циклонами происходящими в Центральной Азией, в частности с горами Синьцзян-Тянь-Шаня, далее через Кыргызстан, Казахстан, Таджикистан и Узбекистан, а также с Южно-каспийским циклоном.

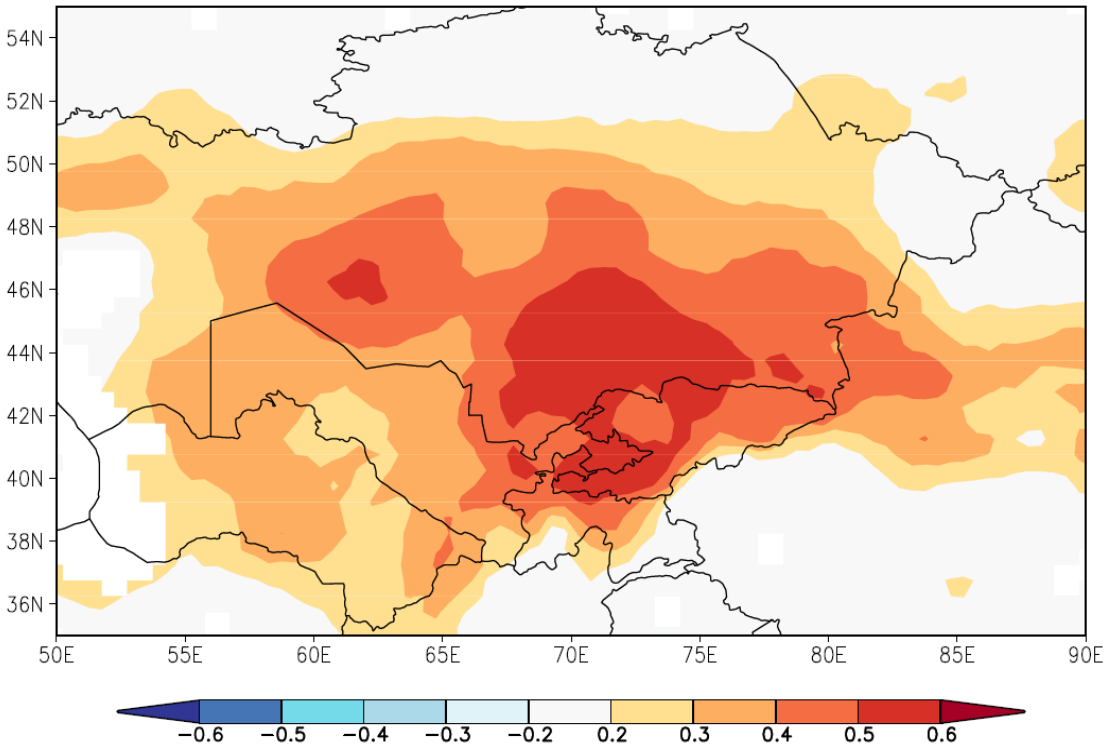

Рисунок 3.32. - Пространственная корреляция реконструкции *ТПШ* осадков в начале лета за апрель-август за 1949-1997 гг. с координатной сеткой 0,5° × 0,5° CRU TS 4.0

Пространственные корреляции *ТИК* участка

Как показано на Рисунок 3.33, данная реконструкция соответствует ячейкам сети полей осадков за сентябрь-август 30-50° северной широты и 55-85° восточной долготы и показывает значительные положительные корреляции по

Центральной Азии и некоторым частям приграничных регионов, таких как Китай, Афганистан и Пакистан с самой высокой корреляцией > 0,6 в Центральной Азии. Несмотря на горный рельеф и пространственные различия в местных осадках и росте деревьев, по результатам вышеприведенного анализа осадки с сентября по август были определены как важнейший фактор роста можжевельника на юго-западном Памиро-Алае. Пространственный корреляционный анализ показывает, что эта реконструкция объясняет значительную часть географического разнообразия осадков в странах Центральной Азии. На климат Центральной Азии в основном влияют азиатские летние муссонные ветры, на которые влияет разница температур между азиатским континентом и западной частью Тихого океана [158]. Результаты подтверждают, что реконструкция течения реки улавливает климатические сигналы больших территорий.

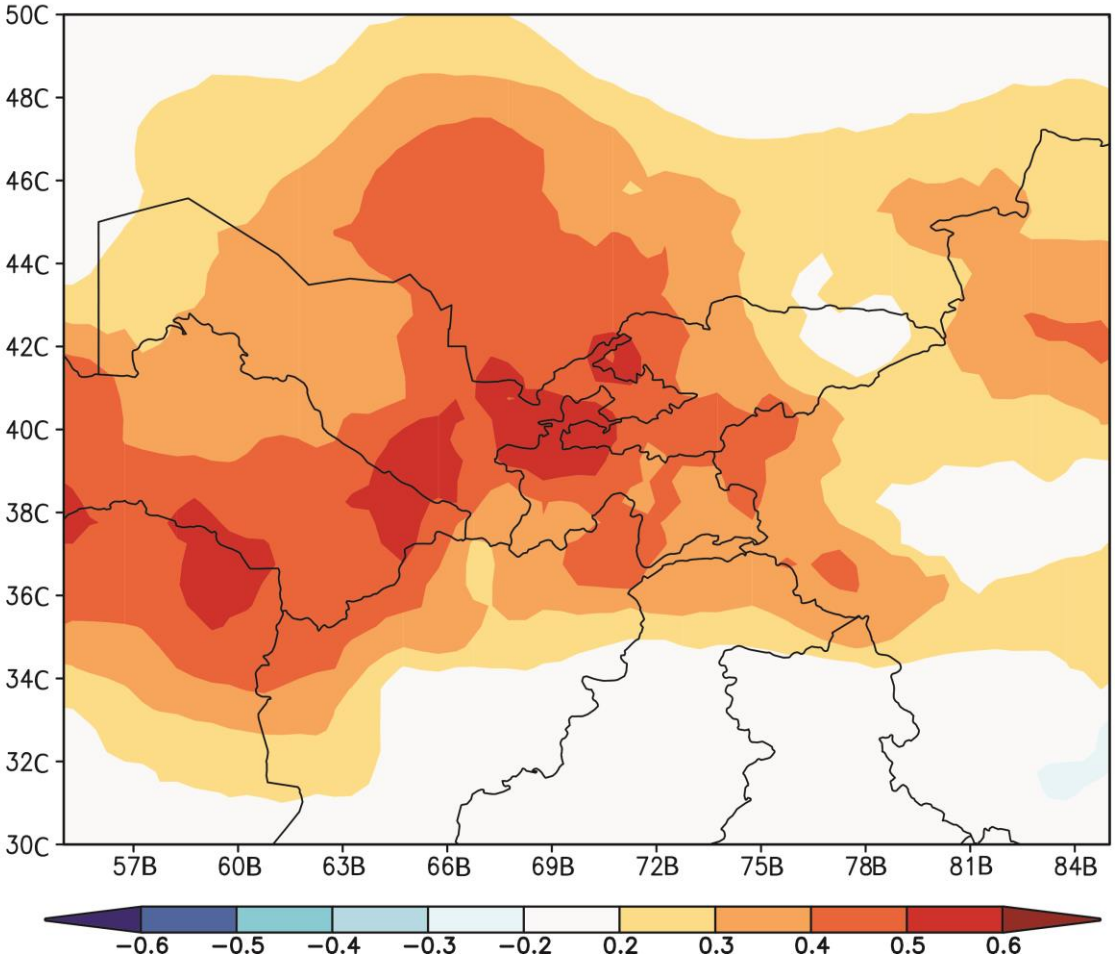

Рисунок 3.33. - Пространственная корреляция между реконструированным речным

стоком (1940-2016) ТИК и региональной координатной сеткой 0,5° × 0,5° CRU TS 4.04

Пространственные корреляции участка КОШ

В целях обнаружения связи между реконструкцией и географическим представлением, использовали пространственную корреляцию между данными реконструкции, охватывающими май-июньские осадки 1952-2012 годы и CRU TS 4.0 (Рисунок 3.34).

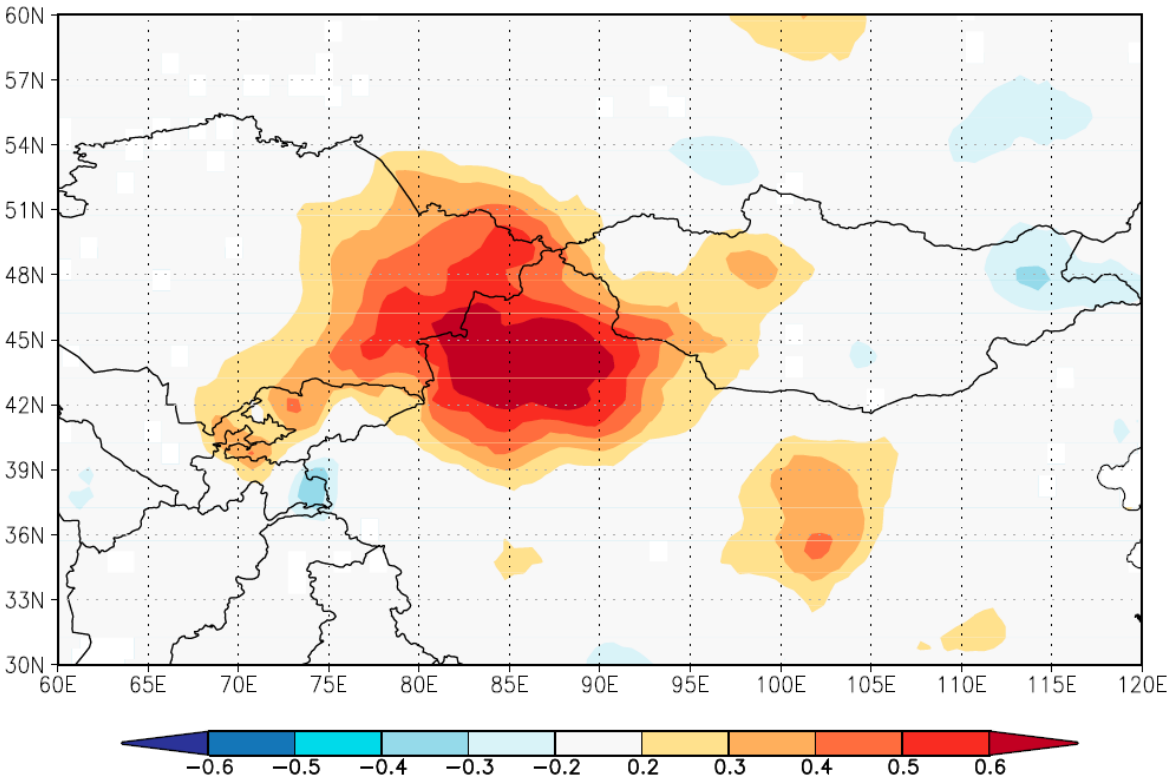

Рисунок 3.34. - Пространственная корреляция реконструкции май-июньских осадков участка *КОШ* за 1952-2012 гг. с координатной сеткой 0,5° × 0,5° CRU TS 4.0

Предполагая, что реконструкция представляет собой широкомасштабные региональные климатические вариации, которые начинаются и охватывают движение вдоль великой горной цепи гор Тянь-Шаня из Монголии, Синьцзяна, Казахстана, Кыргызстана и Таджикистана.

ГЛАВА 4. ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА ДЕРЕВА

4.1. Воздействия гидрологических и климатических параметров на радиальный прирост

Для участка *TTT* можно предполагать, что сильная корреляция между древесным кольцом *MT* и летним климатом, вероятно, связана с засухой, возникающей в середине текущего сезона роста. Хотя октябрь-апрель характеризуется самым обильным сезоном дождей, не было найдено каких-либо сильных и значительных корреляций. Осадки в данной области низкие и сильно изменчивые. Эти авторы [159] говорят, что в теплых регионах с малой высотой и большим межгодовым изменением количества осадков происходит снижение как температуры, так и влажности почвы, что приводит к резкому росту дерева в сезон сильных дождей, и дают такое объяснение явления, климат и область исследования, которое близко к данной работе, но подтверждения этому не было найдено; это возможно потому, что задача подробного изучения клетки и развития камбия в отдельно взятых промежутках времени не ставилась.

Эти результаты показывают, что оптимальный рост на участке зависит от прохладных летних месяцев, т.к. июль (Рисунок 2.3а) является самым жарким месяцем в году, и даже при минимальной температуре корреляция с этим месяцем менее выражена (Рисунок 3.6). Основываясь на данных оценках корреляции, зафиксирован дефицит осадков в обеих точках метеорологических данных. Значительная положительная корреляция проявляется только в предыдущем ноябре-декабре (станция Худжанд) и в предыдущем декабре и феврале этого года (сетка CRU); именно она определяет площадь засухи в этой части Таджикистана. Высокая корреляция зимой, предположительно из-за осадков в виде снега, тем самым сохраняет влажность почвы, когда большое количество влаги необходимо для фотосинтеза на ранних стадиях вегетационного периода; так заявляют и эти

авторы [160, 161] соответственно, в Каракоруме (Пакистан) и в горах Западного Тянь-Шаня (Китай). Как упоминалось ранее, в горах Конгтонга [162], температура играет более значительную роль в возникновении засухи, что демонстрируется более высокими коэффициентами корреляции с температурой, чем с осадками.

Дефицит воды в вегетационный период подавляет расширение трахеиды. Также с повышением температуры увеличивается испарение в мае-сентябре из-за малого количества осадков, что ускоряет водный стресс (Рисунок 2.3а). Когда трахеид становится более узкой, доля клеточной стенки в годовом кольце увеличивается из-за уменьшения размера просвета [163]. Эти наблюдения совпадают с более ранними исследованиями [159], которые могут объяснить высокое значение ранней плотности в узких кольцах (засушливые годы). Фактически, эта связь отражает короткие и интенсивные взаимодействия (высокочастотные сигналы) между температурой и муссонными осадками. Эти данные наталкивают на мысль, что постоянство климатических изменений в радиальном росте во второй половине двадцатого века возможно, увеличилось из-за глобального потепления.

Для участка *ТПШ* высокая и сильная корреляция между осадками и ростом деревьев *MT,* вероятно, связана с ограничением влажности, происходящей в середине текущего сезона. Самый обильный сезон дождей начинается в этом регионе с марта и длится до июня. Одним из самых сухих месяцев является сентябрь (Рисунок 2.3в), и именно в этом периоде были обнаружены сильные корреляции, их и связали с древесно-кольцевой хронологией. Положительная корреляция была найдена со средней температурой самого холодного месяца (января), а отрицательная – самого теплого месяца (июль). Возможно, это связано с сохранением влаги, т.к. январь благотворно влияет на рост дерева, препятствуя возможности испарения влаги, тогда как июль,

наоборот, увеличивает испарение при повышении температуры.

Самая замечательная особенность в данной реконструкции осадков показала те же результаты, что и исследование [46], опубликованное в 21-ом веке. Наряду с глобальным потеплением в конце 20 века, реконструкция осадков для северо-западных Памиро-Алайских гор обнаруживает усиление роста с 1987 по 2002 гг. Результаты анализа, основанные на имеющихся метеорологических данных, показали сходство и склонность авторов исследования 1980-х годов [164], проводимого на территории северо-запада Китая, охарактеризовать эту аномалию как «смачивание», а это сходно и с нашими данными по Таджикистану.

Для участка <u>ТИК</u> сильная положительная корреляция была обнаружена в конце позднего вегетационного периода предшествующего года, с ноября по декабрь с осадками, что позволяет сохранить влагу в почве до начала вегетационного периода и обеспечить большое количество влаги в самый ранний период фотосинтеза. Положительная связь с температурой в период с октября по декабрь показывает, что с минимальной температурой связь сильнее, нежели со средней и максимальной температурой, что говорит о том, что, возможно, чем температура выше, тем более увеличивается испарение и будет дефицит влаги. С января-месяца и далее корреляция с температурой не дала показаний, кроме как в марте только с минимальной температуры на положительную и наоборот, с максимальной температуры на отрицательную; это свидетельствует о начале вегетационного периода и потребности деревьев во влаге. И это подтвердило наличие положительного влияния осадков в марте, т.к. минимальная температура в этот месяц благоприятно воздействует на начало деление камбия. С апреля месяца дерево полностью трогается в рост и нуждается в большом количестве влаги, которую оно набирает из осадков, а также из речного стока. В мае-июне выпадают последние осадки, и далее только речной сток поддерживает нормальный рост дерева и прирост колец. Аналогичная связь между количеством

атмосферных осадков за межвегетационный период и суммой гидрологических осадков была отмечена ранее для хронологий можжевельника в местах с повышенной влажностью во многих районах вокруг Тибетского нагорья и его окрестностей [165-168]. Естественно, повышение температуры в весенне-летние периоды положительно сказывается на увеличении уровня воды, но отрицательно в отношении влаги тающих ледников, а также на испарение влаги почвы, что плохо влияет на рост дерева.

Значимые половодья, зафиксированные в гидрологической истории, как в 1942 г. (466,26 $м^3/с$), 1952 (451,78 $м^3/с$), когда выпали значительные зимние осадки, а позже и дожди, вплоть до июня 1954 г. (417,32 $м^3/с$), что и было подтверждено этой реконструкцией. В 1957 г. в ноябре-месяце началось накопление осадков, и особенно много их выпало в марте и апреле; это привело к половодью в 1958 г. (431,15 $м^3/с$). Половодье также было зафиксировано в 1964 г. (420,84 $м^3/с$), когда весной в марте-апреле больше выпало жидких осадков.

Половодье 1969 г. было выдающимся почти по всей территории Средней Азии. Оно было вызвано особыми предшествующими метеорологическими условиями, т.к. зима 1968-1969 гг. была очень многоснежная, и почти повсеместно выпало 2-3 нормы осадков. Следует, однако, отметить, что на реках ледниково-снегового типа питания максимальные расходы в 1969 г. (447,61 $м^3/с$) незначительно превышали норму, объясняется это тем, что в том году летние температуры воздуха в высокогорной зоне были ниже нормы, поэтому таяние ледников было малоинтенсивным.

В холодное время года над территорией исследуемой области располагается юго-западная периферия сибирского антициклона, иногда наблюдаются также прорывы циклонов с территории Ирана и Афганистана. Они приносят повышение температуры воздуха и увеличение количества осадков. В тыл циклонов обычно приходят холодные вторжения из умеренных широт с

запада и севера, принося похолодания и осадки на равнинную территорию, но зачастую, из-за небольшой мощности, не влияя на температурный фон в верховьях горных долин, но понижают температуры в горах [169].

Таджикистан летом находится в сфере влияния восточной периферии Азорского антициклона и северной окраины Переднеазиатской термической депрессии, а вот зимой – в сфере влияния Азиатского антициклона. Антициклональные типы погоды способствуют развитию в верхней и средней тропосфере нисходящих течений, препятствующих образованию облачности и выпадению осадков. Термическая депрессия с циклонической системой циркуляции благодаря повышению уровня конденсации также создает неблагоприятные условия для облакообразования и осадков.

Синоптические положения, обусловливающие возникновение воздушной засухи в Средней Азии, в основном сводятся к термической депрессии и процессам, вызывающим фёновые явления. Это происходит, потому что над районами Средней Азии сохраняется область слегка пониженного давления при отсутствии притока свежих воздушных масс. Слой сильно прогретого воздуха в теплый период года создается в течении нескольких дней и приводит к его дальнейшему иссушению [170, 171].

Такие воздушные засухи, которые происходили в XX веке, какие зафиксировала история [170], были подтверждены в данной реконструкции 1936 г. (336,13 м^3/с), 1944 г. (345,78 м^3/с) и 1951 г. (333,05 м^3/с), и были крайне низкими также в 1938 г. (372,34 м^3/с), 1940 г. (380,24 м^3/с), 1945-1946 гг. (373,65 м^3/с) и 1950 г. (380 м^3/с).

Положительная корреляция с апреле-майским снежно-водным эквивалентом и май-июньскими осадками участка *КОШ* подразумевала большое влияние на годовые кольца *ЕШ*. И это, возможно, связано только с гидрологическим контролем и дефицитом воды на ранних стадиях

вегетационного периода, что приводит к подавлению расширений трахеид и делению клеток камбия на деревьях [2]. Дефицит воды может привести к сужению трахеид и колец, что также влияет на изменение плотности, уменьшение размера просвета и увеличение доли клеточной стенки в годовом кольце [172]. Сильная отрицательная корреляция со средней температурой с марта по октябрь говорит о возможном повышении температуры и увеличении испарения в этом регионе, поэтому подтверждает гипотезу о водообеспеченности как основном факторе, ограничивающем рост.

Корреляционный анализ показал, что ширина кольца на всех участках отбора проб в Алтайских горах значительно отрицательно коррелировала со средним температурным периодом апреля, июня-сентября; некоторые из месяцев – осадков были также негативно затронуты, но они не являются значительными, поэтому их не включили. Также были обнаружены отрицательные корреляции с влажностью почвы в разных слоях с нынешнего апреля-месяца, а это значит, что в это время на рост дерева влияет другие факторы. Сильная положительная корреляция была обнаружена в середине вегетационного периода в мае-июле с осадками, что дает возможность удерживать влагу в почве до окончания вегетационного периода и обеспечивать достаточную влажность, помогая растению выживать [166]. Осенью листва деревьев постепенно отмирает. При этом наблюдается активный рост корневой системы, а накопление питательных веществ продолжается. Сухая почва замерзает быстрее, чем хорошо увлажненная почва, что не только долго сохраняет тепло, но и смягчает температурные колебания во время зимней оттепели и изменения морозов. Замерзшая влажная почва медленнее пропускает холод к корням растений, чем сухая. Максимальному риску подвергаются деревья на песчаных суглинках и песчаных почвах. Они затеняются быстрее, чем суглинки.

Холодной зимой деревья и кустарники усыхают, особенно при сильных

ветрах и морозах. Специалисты называют это «зимней засухой», при которой лиственные деревья теряют до 60% влаги после засушливого лета и около 20% – после дождливого лета и осени. Эти показатели хуже у молодых деревьев. Так что интенсивное испарение опасно.

Из Рисунок 3.10 видно, что повышение температуры выше нуля в Алтайских горах наблюдается с марта, а коэффициент корреляции с первым слоем влажности почвы (Рисунок 3.13) уменьшается, но увеличивается в более глубоких слоях почвы. Как показано на Рисунок 2.9, максимальная температура соотносится с наиболее экстремальными осадками, а минимальная температура – с минимальным количеством осадков, т.е. чем выше температура в сезон роста, тем интенсивнее испарение почвы и транспирация растений. Более того, это приводит к ухудшению условий роста деревьев, так как влага в верхних слоях почвы практически не задерживается [173].

Не было обнаружено никаких отрицательных корреляций ширины кольца и летней температуры между всеми участками Такламаганской пустыни; самый высокий коэффициент корреляции составил 0,56, а самый низкий – -0,30; при этом, было найдено восемь положительных корреляций со средним значением 0,38. Летняя температура в июне-августе в данном районе может принести большую порцию воды в реку за счет таяния снегов гор и ледников. В июне скорость деления клеток камбия обычно снижается из-за дефицита воды, но в наших общих окрестностях условия хороши также для объединения и сбора сегментов клеточного делителя, что вызывает развитие трахеид с более толстыми делителями [174]. Возможно, это может быть связано с нехваткой воды в этот период, когда у деревьев не хватает времени, для того чтобы достаточно накопить воды и не зависеть от нее зимой. Дефицит воды может испытываться в начале вегетационного периода (апрель-май), так как были обнаружены отрицательные коэффициенты корреляции со средней температурой.

Были рассчитаны средние значения трех станций для каждого участка и обнаружено, что период стока в июле-сентябре имеет сильную коррелятивную связь с радиальным ростом (0,39), с наибольшим максимальным значением 0,69. Это говорит: корреляция была найдена потому, что гидрологические данные указывают на наиболее обильный речной сток в период июль-сентябрь, с наибольшим в августе (Рисунок 2.11), что подтверждает результаты корреляции по среднему значению 0,41. Цифры значимой корреляции говорят о том, что период апрель-сентябрь является очень удобным для роста *ТЕ,* поскольку было обнаружено, что в этот период увеличивается речной сток. Наблюдались различия в росте среди видов с различными допусками наводнений. Различные реакции участков и станций связаны, вероятно, со взаимодействием между режимом наводнения и «терпимостью» к наводнениям каждого расположенного участка. Влияния мелкомасштабных вариаций частоты наводнений на эти участки обусловлены важностью микрорельефа в объяснении роста деревьев. Результаты показывают, что участки отбора проб по-разному реагируют на наводнения. Однако было обнаружено, что период июль-сентябрь одинаков для всех участков, которые соответствуют максимальному режиму паводка в этой реке.

Корни *БП* так же, как и *ТЕ,* находятся на поверхности земли и способствуют удержанию воды в глубоких слоях, так как корни этих видов деревьев постоянно нуждаются во влаге, они просто вытягивают влагу и питательные вещества отовсюду, поэтому вокруг них растет так мало других представителей растительного царства. Также поэтому предполагается, что климатические условия, такие как осадки, первый слой влажности почвы (Рисунок 3.13) и речной сток, намного улучшая влажность в сфере обитания *БП/ТЕ* (Рисунок 3.10), позволяют этим растениям выживать в экстремальных условиях среды.

Несмотря на то, что влажность почвы играет роль в сообщении между

поверхностью земли и воздухом, она усиливает собой осадкообразование и проникновение их в зону обитания корней. Таким образом она выступает в качестве регулятора одного из наиболее важных гидрологических процессов, образования водного стока из осадков, который, аккумулируясь в почве, настраивает жизненные силы растений [175]. Как можно наблюдать в Рисунок 3.13, влажность поверхностного слоя почвы выше, чем других слоев, поэтому корреляция между первым слоем влажности почвы и шириной древесного кольца значительна.

Однако эти положительные корреляции влажности почвы/речного стока, по-видимому, зависят от осадков из-за одинакового соотношения осадков с влажностью почвы с начала вегетационного периода, за исключением температуры её влияния, которые до сих пор не изучены. Корреляции между шириной кольца дерева и влажностью/речным стоком почвы были выше, чем для других климатических параметров, и это говорит о том, что кольца деревьев в таких условиях хорошо интегрируются с влажностью/речным стоком почвы. Результаты свидетельствуют о том, что рост *ТЕ* и *БП* находится под контролем установленных климатических условий.

4.2. Особенности реконструкции вековой изменчивости климата с температурой поверхности воды в Мировом океане

Была проведена пространственная корреляция между участком ***TTT***, реконструкцией температуры и набором данных о температуре поверхности моря ((ТПМ) HadlSST1, Рисунок 4.1) [176]. Значительные положительные корреляции реконструированной летней температуры связаны с ТПМ и показывают тесную связь между температурой в горах Западного Тянь-Шаня и в отдаленных районах океана. Как показано на Рисунок 4.1, наиболее значимые области корреляции были обнаружены в Индо-Тихом и Атлантическом океанах [161, 177], Аравийском море [178]. Предполагается, что ТПМ этих акваторий является

важным фактором, опосредственно влияющим на рост *MT* в Таджикском Тянь-Шане. Как сообщает [179], Индо-Тихий океан и Аравийское море являются источниками атмосферной влаги для данной исследовательской области; они попадают в индийские, восточно-азиатские и азиатские муссонные домены.

Пики с периодичностью 2-3 года часто исследуются в китайских реконструкциях древесных колец [162, 180]. И они могут быть связаны с тропосферными двухлетними колебаниями (ТДК [181, 182]). Квази-4-летние циклы (Рисунок 3.28) изменчивости Эль-Ниньо-Южного колебания (ЭНЮК), явления которого возникают в результате смещения восходящей и нисходящих ветвей циркуляции Уокера с востока на запад, влияют на Южно-азиатский летний муссон (ЮАЛМ, также известный как индийский летний муссон) [183]. Сильные засухи также всегда совпадают с явлениями Эль-Ниньо [184]. Более того, устойчивый средний показатель периодичности ЭНЮК составляет около 4 лет, так как эпизоды Эль-Ниньо и Ла-Нинья часто появляются через каждые 3-5 лет. Десятилетние межгодовые (12,5, 13,3, 16,3 и 18,9 лет) пики были обнаружены во время «Малого ледникового периода» в горах Чанлин [172] и [2, 185].

Эти низкочастотные циклы и мультидекадальные циклы, как 84,7-летние, 128,2-летние и 37,7-летние, попадают в общую ширину полосы зимнего Североатлантического колебания (САК) [75, 186, 187], что может свидетельствовать о влиянии на климат Центральной Азии. Многодесятилетняя изменчивость в САК за последнее тысячелетие может быть обусловлена изменениями солнечного излучения, которое влияет на тепловой контраст между сушей и океаном в этом регионе. Однако механизм влияния данных циркуляционных систем и то, как они контролируют изменчивость температуры Таджикистана в разное время, ожидает дальнейшего изучения.

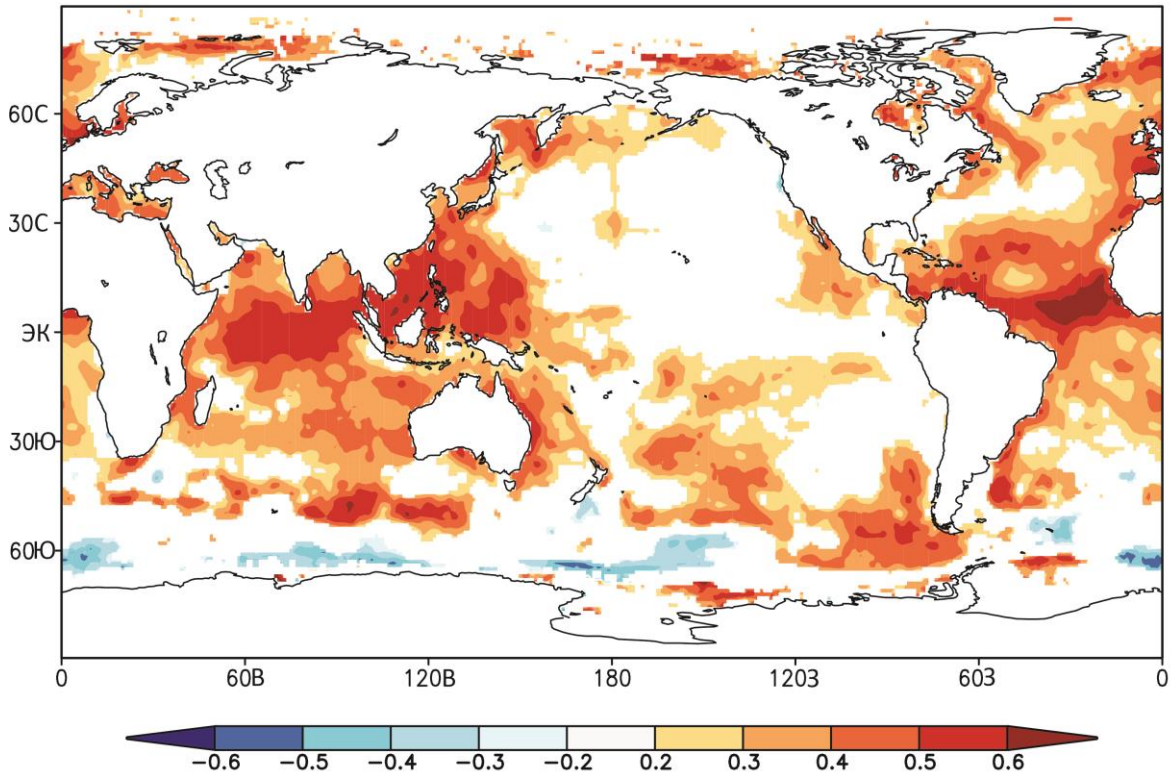

Рисунок 4.1. - Пространственная корреляция между реконструкцией летней температуры июня-сентября на участке *TTT* за 1940-2016 гг. и набором данных HadISST1 о температуре поверхности моря (ТПМ)

Рисунок 4.2 показывает пространственную корреляцию между реконструированным речным стоком и ТПМ, которая создана для понимания вековой изменчивости и улучшения возможностей прогнозирования климата. Реконструированный речной сток имеет значительную корреляцию с ТПМ в Тихом и Индийском океанах. Эти морские связи управляются моделью ТПМ, связанной с ЭНЮК и диполем Индийского океана (ИОД, он же известный как Индо-Ниньо). Атмосферные отношения ЭНЮК являются очень важным фактором изменчивости восточноазиатских муссонов, которые оказывают широкое и сильное влияние на климат и погодные явления в Центральной Азии, такие как осадки и изменчивость речного стока.

Верхнеамударьинский циклон обычно дает существенные осадки. Для выпадения осадков в холодный период года следует также указать на группу южных циклонических прорывов с юга Каспийского моря, через долины Мургаба

(Туркменистан), с верховьев Аму-Дарьи и с юга Туркмении [170, 188].

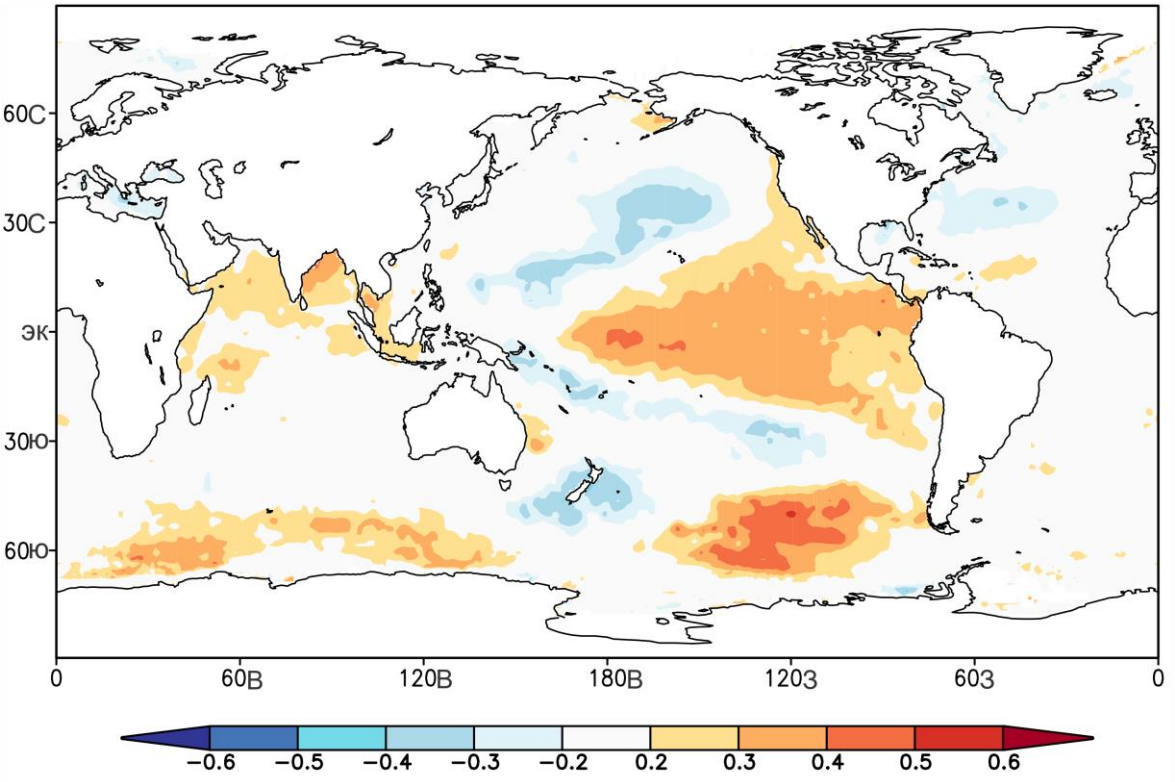

Рисунок 4.2. - Пространственная корреляция между реконструированным сентябрь-августовским речным стоком на участке *ТИК* (1940-2016) и средняя за сентябрь-август ТПМ HadISST1

4.3. Характеристики движения и образования воздушных масс

1. **Западное холодное вторжение.** Западный тип вторжения, когда ядра высокого давления отделяются от Азорского антициклона, смещаются на восток южнее северной широты.
2. **Северо-западное холодное вторжение.** Полярный тип вторжения залегания антициклона с северо-запада на юго-восток.
3. **Северная холодная инвазия.** В неё включена, как вид и северо-восточная инвазия. Ультраполярный тип залегания антициклона с северо-востока на юг и юго-запад.

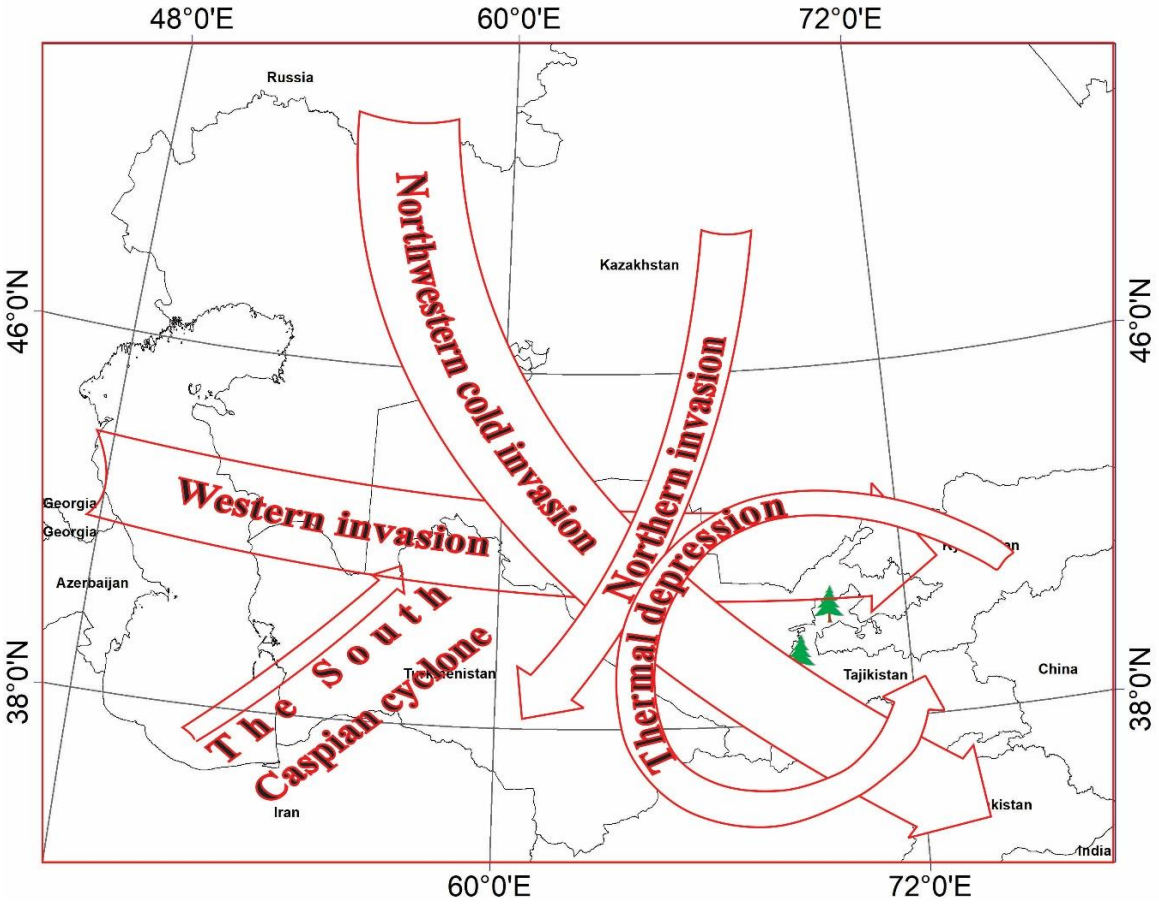

Схема 4-1. Динамическое формирование климата в Центральной Азии в теплое полугодие [189]

4. **Южно-Каспийский циклон** появляется на юге и юго-востоке Каспийского моря. Затем он может двигаться по различным траекториям, как по более восточной траектории через западную часть Таджикистана, так и далее на северо-восток.
5. **Мургабский циклон,** который движется с Иранского нагорья на юг через Афганистан и Туркменистан. Этот циклон берет свое начало над Месопотамией, Ираком или Ираном и проявляется, проходя через южные горы Центральной Азии (Иран) в районе бассейна реки Мургаб (Туркменистан).

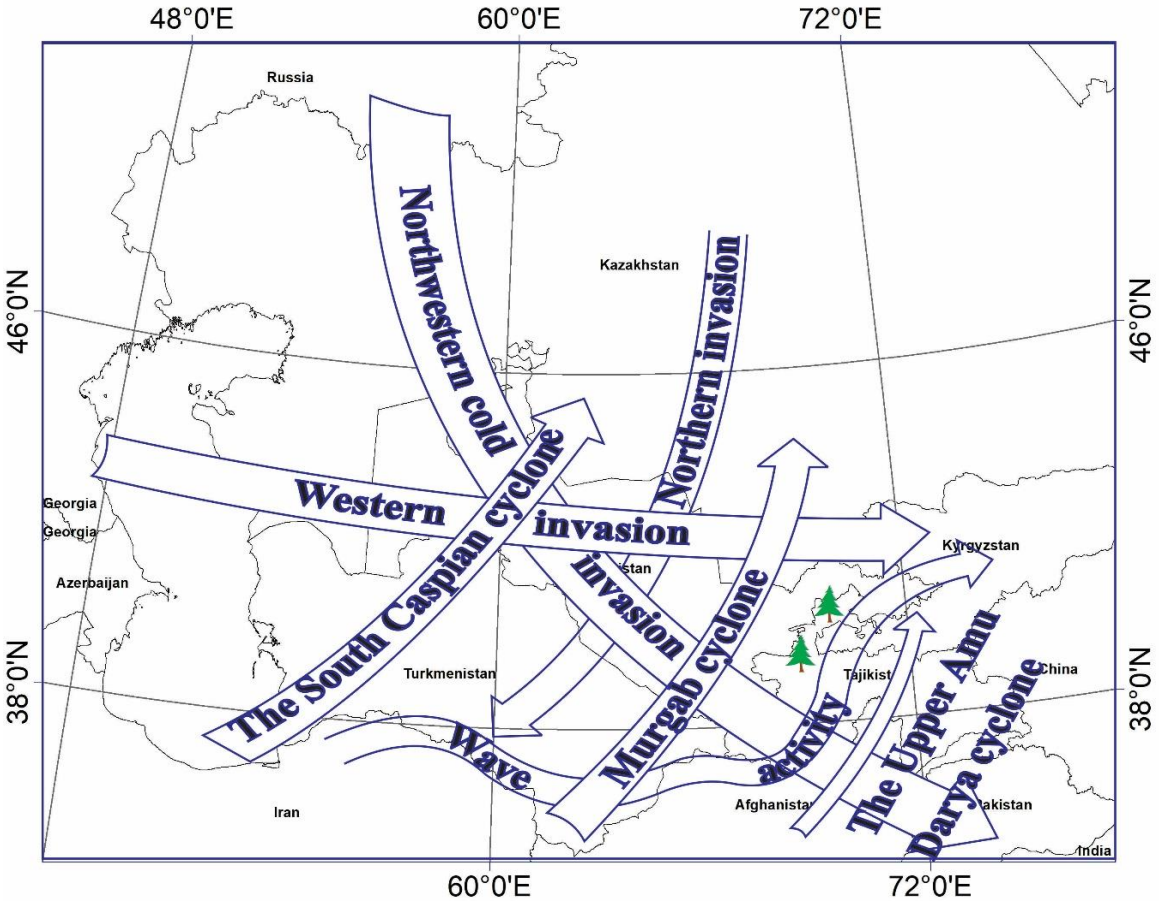

Схема 4-2. Динамическое формирование климата в Центральной Азии в холодное полугодие

6. **Верхнеамударьинский циклон** прорывается через верховья реки Амударьи. Этот циклон берет свое начало к юго-западу или югу от Таджикистана и проявляется в верховьях Амударьи в виде мелководного региона низкого давления.
7. **Волновая активность** в нижнем слое тропосферы.
8. **Монгольские циклоны.** Большинство из них встречаются на юго-востоке озера Байкал, в центральной и восточной частях Монголии. После образования циклона он перемещается на восток в Китай, часто углубляясь на северо-восток, вызывая сильные ветры, песчаные бури, снегопады и похолодание во Внутренней Монголии и Северо-Восточном Китае.
9. **Северо-восточные циклоны.** Также известны как Северо-восточное низкое давление. Подавляющее большинство их переносится из других мест,

представленных не такими уж большими образованиями, в основном из-за:

а. Ветреной и песчаной погоды.

б. Сильных дождей в юго-восточной части.

в. Некоторых летних гроз.

10. **Циклон Хуанхэ.** Циклоны, образующиеся в бассейне реки Хуанхэ:

а. Циклон может принести больше осадков в центральную Монголию и Северный Китай.

б. Образуется только из нескольких спорадических периодов осадков.

в. Циклоны часто выражены сильным дождём или ливнем.

11. **Циклон Цзянхуай.** Общие названия циклонов, порожденных в среднем и нижнем течении реки Янцзы, в районе Сян-Юн и в бассейне реки Хуайхэ, колеблются на южной ветви фронта. В некоторых случаях циклон будет иметь от 6 до 8 северных или восточных штормов на западе или севере от него, а в других случаях – от 5 до 7 на востоке он может быть выражен южными ветрами.

12. **Дунхайский циклон.** Циклон Восточно-Китайского моря в основном генерируется в средней и южной частях Восточно-Китайского моря. Если циклон развивается на севере открытого моря, сильные ветры могут повлиять на южную часть Желтого моря в течение 1-2 дней.

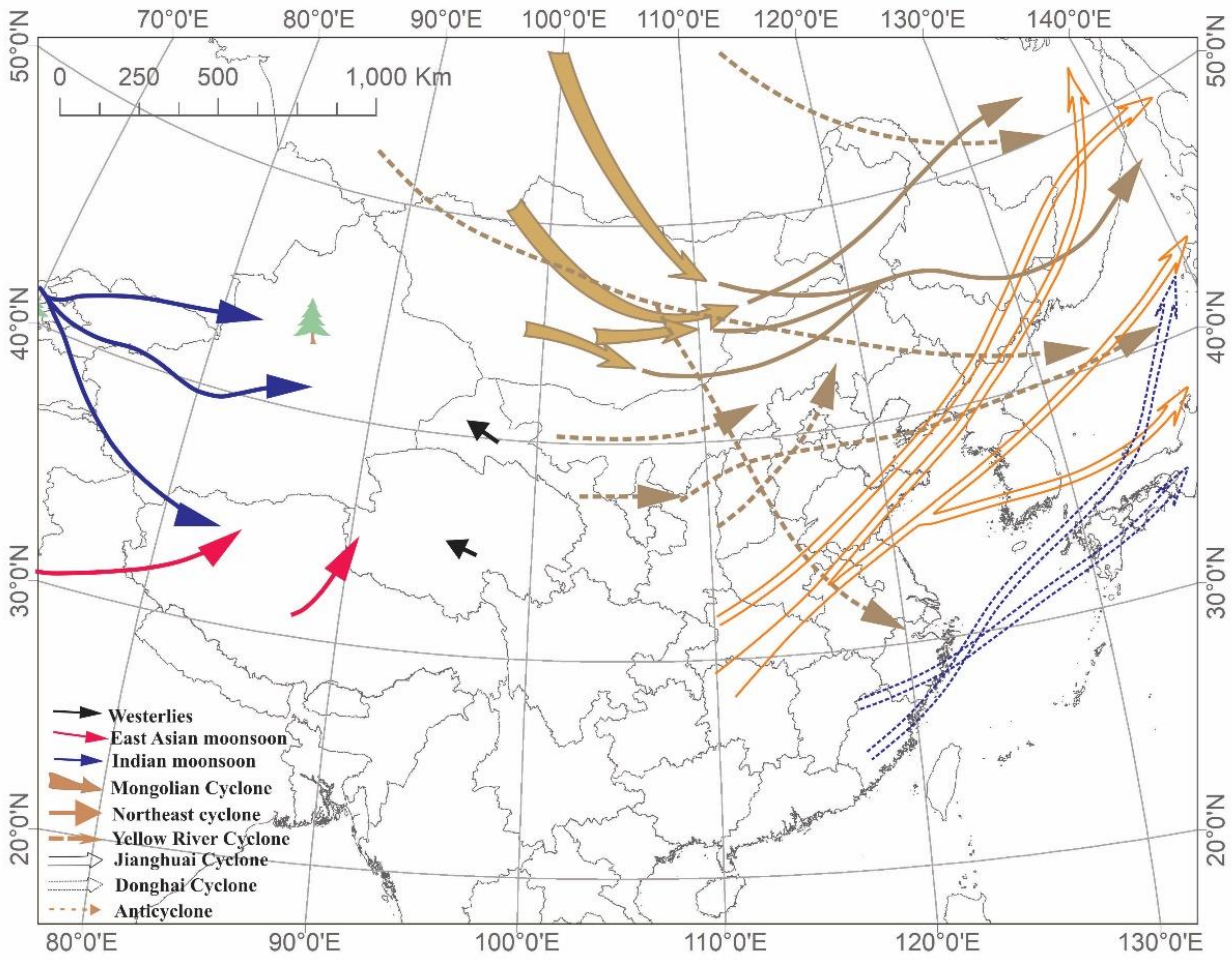

Схема 4-3. Динамические циклоны во всем Китае

13. **Фронтальный циклон.** Внетропический циклон, который развился в Китае (или переместился из-за пределов Китая, чтобы повлиять на погоду в нём), также известный как фронтальный циклон. Влажность наиболее часто повышается весной и часто сопровождается сильным дождем или сильным ветром.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В этом исследовании представлены воздействия климатических факторов и реконструкция гидрологического режима на основе хронологий ширины колец дерева. Проанализированы методом перекрестного датирования индекс приростов деревьев и получены сводные статистические данные. Построены древесно-кольцевые хронологии на основании живой древесины. Анализированы меры реагирования на климатические и гидрологические колебания и определены факторы, влияющие на исследуемый участок и период. Созданы реконструкции моделей хронологий прошлых столетий на основе корреляционных связей. Достоверность моделей были доказаны мультиспектральными анализами и пространственными корреляциями:

1) Реконструкционная модель для ***ТТТ*** места с инструментальной фактической дисперсией летней (июнь-сентябрь) минимальной температуры за период 1840-2016 гг. составляет 15,11ºC. Определены экстремальные годы 1895 (14,35ºC) и 2006 (16,11ºC). После 11-летней фильтрации нижних частот температурная модель установила четыре самых холодных периода (1840-1855, 1872-1906, 1917-1922, 1940-1984) и десять самых холодных десятилетий (1850-е, 1860-е, 1880-е, 1890-е, 1900-е, 1910-е, 1950-е, 1960-е, 1970-е и 1980-е годы) с температурами ниже среднего. Пять самых теплых периода (1856-1866, 1869-1871, 1907-1916, 1923-1935, 1988-2016) и шесть самых теплых десятилетий (1870-е, 1920-е, 1930-е, 1940-е, 2000-е и 2010-е годы) с температурами выше среднего **[19-A];**

2) Модель реконструкции осадков для ***ТПШ*** места за период с 1760 по 2016 гг. усредненные между апрелем-августом осадки показывают 242,03 мм. Выявлены экстремальными годы 1788 (62,79 мм) и 1906 (373,92 мм). Восстановлены сухие годы/периоды с меньшим значением от среднего

количества осадков в 1783-1788, 1791-1793, 1795-1806, 1808, 1832-1897, 1923-1927, 1929-1933, 1937, 1970, 1972, 1985-1991 и 2012-2016 годах, а также влажные годы/периоды с более высоким значением от среднего количества осадков в 1760-1777, 1780, 1782, 1810-1830, 1899-1917, 1920, 1937, 1941-1954, 1956-1957, 1959, 1961, 1963, 1965-1966, 1997-2008 **[5-A]; [9-A]; [16-A] ; [17-A];**

3) Модель реконструкции речного стока для ***ТИК*** места за период с 1637 по 2016 гг. среднее значение речного стока с сентября по август за период (1637-2016 гг.) составляет 403,89 $м^3$/сек. Установлено, что годы 1777 (502,69 $м^{3/}$сек) и 1917 (289,60 $м^3$/сек) реконструированы как наиболее экстремальные. Определены восемь периодов паводков (интенсивное увеличение стока) (1639-1662, 1674-1684, 1711-1722, 1753-1763, 1817-1832, 1858-1873, 1901-1919 и 1999-2015) и пять половодьев (низкий уровень стока) (1663-1673, 1764-1784, 1792-1803, 1833-1845, 1874-1900 и 1966-1982). Значимые половодья, зафиксированные в гидрологической истории, как 1942 г. (466,26 $м^3$/с), 1952 (451,78 $м^3$/с), когда значительно выпали зимние осадки и дожди вплоть до июня, 1954 (417,32 $м^3$/с) были подтверждены в данной модели реконструкции. В 1957 г. в ноябре месяце началось накопление осадков, особенно их много выпало в марте и апреле, что привело к половодью и 1958 г. (431,15 $м^3$/с). Также половодье было зафиксировано и в 1964 (420,84 $м^3$/с) году, когда весной в марте-апреле выпало больше жидких осадков **[1-A]; [2-A]; [3-A]; [14-A]; [18-A]; [20-A];**

4) Модель реконструкции осадков для ***КОШ*** места за период 1892-2015 гг. среднее значение общего количества осадков в мае-июне составляет около 189,3 мм и установлено, что годы 1947 (250,3 мм) и 1957 (135,1 мм) являются самыми экстремальными. Во время реконструкции определены шесть сухих десятилетий (1920, 1930, 1970, 1980, 2000 и 2010) и пять влажных десятилетий (1910, 1940, 1950, 1960 и 1990) **[4-A]; [15-A];**

5) Приведены описательные характеристики результатов МСА со связью

климата с Океанами. Из высокочастотных циклов 2-10-летнего периода видно, что исследуемый регион находится под влиянием ЭНЮК, системы циркуляции океан-атмосфера и влиянием солнечной активности. Декадные (12,5, 16,3 и 18,9-лет) пики выпадают в период «малого ледникового периода». Низкочастотные, мультидекадальные циклы, как 84,7-летние, 128,2-летние и 37,7-летние, попадают в общую ширину полосы зимнего Североатлантического колебания (САК). Многодесятилетняя изменчивость в САК за последнее тысячелетие может быть обусловлена изменениями солнечного излучения, которое влияет на тепловой контраст между сушей и океаном в этом регионе **[1-7-А]; [9-19-А].**

Рекомендации по практическому использованию результатов исследований:

Разработана методика для упрощения обработки и анализа дендрохронологических данных на основе програмного обеспечения CooRecorder, Cdendro.

Создан инструмент «буроизвлекатель» по уменьшению затраты силы, времени и ресурсов во время сбора образцов на полевых условиях.

Изобретено инструмент «керновыталкиватель» для сокращения ущерба возрастному буру и облегчению процесса сбора проб.

Созданная модель реконструкции многолетней хронологии даёт возможность более детально изучить условия произрастания деревьев, оценить риск стихийных бедствий и цикличность особо опасных явлений в природе (засухи, периоды с повышенной влажностью, морозные зимы, землетрясения и т.п.).

Реконструкция изменений гидрометеорологических условий в прошлом и подготовка прогнозов на будущее – важнейшая научная задача для малоизученного в палеонтологическом отношении региона Таджикистана.

Установленные специфичные влияния некоторых основных климатических

факторов и гидрологических параметров могут служить практической основой для прогнозирования динамики речного стока, частоты и интенсивности засух, волн тепла и холода, ливневых дождей и способности изучение воздействий, не связанных с окружающей средой (антропогенные факторы).

Экономически эта работа также полезна и может быть использована в лесном, сельском хозяйстве, гидрометеорологических службах изучаемой территории и, более того, применима к отраслям экономики и другим, зависящим от погоды.

СПИСОК литературы

Список использованных источников

1. Esper, J.. Ranking of tree-ring based temperature reconstructions of the past millennium / J. Esper, P.J. Krusic, F.C. Ljungqvist, J. Luterbacher, M. Carrer, E. Cook, N.K. Davi, C. Hartl-Meier, A. Kirdyanov, O. Konter // Quaternary Science Reviews. – 2016. – V. 145. P. 134-151.

2. Fritts, H.C.. Tree rings and climate. / H.C. Fritts //: Academic Press, INC (London) LTD, 1976. 567 p.

3. Petit, R.J.. Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity / R.J. Petit, I. Aguinagalde, J.-L. De Beaulieu, C. Bittkau, S. Brewer, R. Cheddadi, R. Ennos, S. Fineschi, D. Grivet, M. Lascoux // science. – 2003. – V. 300, No 5625. P. 1563-1565.

4. Soltis, D.E.. Comparative phylogeography of unglaciated eastern North America / D.E. Soltis, A.B. Morris, J.S. Mclachlan, P.S. Manos, P.S. Soltis // Molecular ecology. – 2006. – V. 15, No 14. P. 4261-4293.

5. Dai, A.. A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming / A. Dai, K.E. Trenberth, T. Qian // Journal of Hydrometeorology. – 2004. – V. 5, No 6. P. 1117-1130.

6. Solomon, S.. Climate change 2007-the physical science basis: Working group

I contribution to the fourth assessment report of the IPCC. / S. Solomon, D. Qin, M. Manning //: Cambridge University Press, 2007.

7. Giese, E.. Long-Term Analysis of Air Temperature Trends in Central Asia (Analyse langjähriger Zeitreihen der Lufttemperatur in Zentralasien) / E. Giese, I. Mossig, D. Rybski, A. Bunde // Erdkunde. – 2007. P. 186-202.

8. Makhmadaliev, B.. The second national communication of the Republic of Tajikistan under the United Nations framework convention on climate change / B. Makhmadaliev, A. Kayumov, V. Novikov, N. Mustaeva, I. Rajabov // State Agency for Hydrometeorology, Dushanbe. – 2008. P. 1-92.

9. Jones, P.D.. High-resolution palaeoclimatology of the last millennium: a review of current status and future prospects / P.D. Jones, K. Briffa, T. Osborn, J. Lough, T. Van Ommen, B. Vinther, J. Luterbacher, E. Wahl, F. Zwiers, M. Mann // The Holocene. – 2009. – V. 19, No 1. P. 3-49.

10. Yujing, Y.. The Response Functons of Tree-Ring Chronologies in the East End of Tianshan Mountain [J] / Y. Yujing, L. Jiangfeng // Arid Zone Research. – 1994. – V. 1.

11. Zhang, Z.. Utilizing tree ring chronologies to reconstruct 300-year drought days in eastern Tianshan mountains / Z. Zhang, X. Wu, J. Li // Quarterly Journal of Applied Meteorology. – 1996. – V. 7, No 1. P. 53-60.

12. Esper, J.. Temperature-sensitive Tien Shan tree ring chronologies show multi-centennial growth trends / J. Esper, S. Shiyatov, V. Mazepa, R. Wilson, D. Graybill, G. Funkhouser // Climate Dynamics. – 2003. – V. 21, No 7-8. P. 699-706.

13. Chen, F.. A 225-year long drought reconstruction for east Xinjiang based on Siberia larch (Larix sibirica) tree-ring widths: Reveals the recent dry trend of the eastern end of Tien Shan / F. Chen, Y.-J. Yuan, S.-L. Yu, T.-W. Zhang, H.-M. Shang, R.-B. Zhang, L. Qin, Z.-A. Fan // Quaternary International. – 2015. – V. 358. P. 42-47.

14. Yuan, Y.. Reconstruction and analysis of 450 years winter temperature series

in the Urumqi River source of Tianshan Mountains / Y. Yuan, J. Li // Journal of Glaciology and Geocryology. – 1999. – V. 21, No 1. P. 64-70.

15. Yu, S.. Qing. A 352-year record of summer temperature reconstruction in the western Tianshan Mountains, China, as deduced from tree-ring density / S. Yu, Y. Yuan, W. Wei, F. Chen, T. Zhang, H. Shang, R. Zhang, L. Qing // Quaternary Research. – 2013. – V. 80, No 2. P. 158-166.

16. Gaire, N.P.. Tree-ring based spring precipitation reconstruction in western Nepal Himalaya since AD 1840 / N.P. Gaire, D.R. Bhuju, M. Koirala, S.K. Shah, M. Carrer, R. Timilsena // Dendrochronologia. – 2017. – V. 42. P. 21-30.

17. Liang, H.. A 382-year reconstruction of August mean minimum temperature from tree-ring maximum latewood density on the southeastern Tibetan Plateau, China / H. Liang, L. Lyu, M. Wahab // Dendrochronologia. – 2016. – V. 37. P. 1-8.

18. Sun, B.. Growing season relative humidity variations and possible impacts on Hulunbuir grassland / B. Sun, Y. Liu, Y. Lei // Science Bulletin. – 2016. – V. 61, No 9. P. 728-736.

19. Liu, Y.. Tree-ring-width-based PDSI reconstruction for central Inner Mongolia, China over the past 333 years / Y. Liu, X. Zhang, H. Song, Q. Cai, Q. Li, B. Zhao, H. Liu, R. Mei // Climate Dynamics. – 2016. P. 1-13.

20. Sun, J.. Tree-ring based runoff reconstruction of the upper Fenhe River basin, North China, since 1799 AD / J. Sun, Y. Liu, Y. Wang, G. Bao, B. Sun // Quaternary International. – 2013. – V. 283. P. 117-124.

21. Ling, H.. How to regenerate and protect desert riparian Populus euphratica forest in arid areas / H. Ling, P. Zhang, H. Xu, X. Zhao // Scientific reports. – 2015. – V. 5, No 15418. P. 1-13.

22. Yin, Z.Y.. Reconstruction of a 1436-year soil moisture and vegetation water use history based on tree-ring widths from Qilian junipers in northeastern Qaidam Basin, northwestern China / Z.Y. Yin, X. Shao, N. Qin, E. Liang // International Journal of

Climatology. – 2008. – V. 28, No 1. P. 37-53.

23. Ram, S.. Reconstruction of heat index based on tree-ring width records of western Himalaya in India / S. Ram, H. Borgaonkar // Dendrochronologia. – 2016. – V. 40. P. 64-71.

24. Touchan, R.. Dendrochronology in Jordan / R. Touchan, M.K. Hughes // Journal of Arid Environments. – 1999. – V. 42, No 4. P. 291-303.

25. Knight, T.. Reconstruction of Flint River streamflow using tree-rings / T. Knight, G. Policy, P. Center // Water Policy Working Paper. – 2004. – V. 5.

26. Tockner, K.. Riverine flood plains: present state and future trends / K. Tockner, J.A. Stanford // Environmental conservation. – 2002. – V. 29, No 03. P. 308-330.

27. Predick, K.I.. Effect of flood regime on tree growth in the floodplain and surrounding uplands of the Wisconsin River / K.I. Predick, S.E. Gergel, M.G. Turner // River research and applications. – 2009. – V. 25, No 3. P. 283-296.

28. Ludsin, S.A.. Life after death in Lake Erie: nutrient controls drive fish species richness, rehabilitation / S.A. Ludsin, M.W. Kershner, K.A. Blocksom, R.L. Knight, R.A. Stein // Ecological Applications. – 2001. – V. 11, No 3. P. 731-746.

29. Naiman R.J.. The ecology of interfaces: riparian zones / R.J. Naiman and H. Decamps // Annual review of Ecology and Systematics. – 1997. – V. 28, No 1. P. 621-658.

30. Palta, M.M.. Changes in diameter growth of Taxodium distichum in response to flow alterations in the Savannah River / M.M. Palta, T.W. Doyle, C.R. Jackson, J.L. Meyer, R.R. Sharitz // Wetlands. – 2012. – V. 32, No 1. P. 59-71.

31. Demske, D.S. Palynological investigation of a Holocene profile section from the Palaeo-Gaxun-Nur-Basin / D. Demske, S. Mischke // Chinese Science Bulletin. – 2003. – V. 48, No 14. P. 1418-1422.

32. Gaillard, M.J.. Early-Holocene coastal environments and climate in southeast

Sweden: a reconstruction based on macrofossils from submarine deposits / M.J. Gaillard, G. Lemdahl // The Holocene. – 1994. – V. 4, No 1. P. 53-68.

33. Heusser, C.J.. Palynology of quaternary deposits of the lower Bogachiel River area, Olympic peninsula, Washington / C.J. Heusser // Canadian Journal of Earth Sciences. – 1978. – V. 15, No 10. P. 1568-1578.

34. Cook-Talbot, J.D.. Sorted circles, relative-age dating and palaeoenvironmental reconstruction in an alpine periglacial environment, eastern Jotunheimen, Norway: lichenometric and weathering-based approaches / J.D. Cook-Talbot // The Holocene. – 1991. – V. 1, No 2. P. 128-141.

35. Xu, Y.D.. He. Assessing the hydrological effect of the check dams in the Loess Plateau, China, by model simulations / Y.D. Xu, B.J. Fu, C.S. He //. – 2013.10.5194/hess-17-2185-2013.

36. Khare, D.. Hydrological Modeling of Barinallah Watershed Using Arc SWAT model / D. Khare, R. Singh, R. Shukla // International Journal of Geology, Earth and Environment Sciences. – 2014. – V. 4, No 1. P. 224-235.

37. Hui, Y.. Runoff simulation in chaihe reservoir catchment based on swat model / Y. Hui, S. Junying, L. Baolin, L. Yu // Journal of Beijing Normal University (Natural Science). – 2010. No 3. P. 361-365.

38. Alibuyog, N.R.. 2.8 Predicting the Effects of Land Use on Runoff and Sediment Yield in Selected Sub-watersheds of the Manupali River Using the ArcSWAT Model / N.R. Alibuyog, V.B. Ella, M.R. Reyes, R. Srinivasan, C. Heatwole, T. Dillaha // Tier B (All countries/territories not listed here are in Tier A). – 2009. – V. 8. P. 253.

39. Arnold, J.G.. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development / J.G. Arnold, R. Srinivasan, R.S. Muttiah, J.R. Williams // JAWRA Journal of the American Water Resources Association. – 1998. – V. 34, No 1. P. 73-89.

40. Gee, H.K.. Influence of hydrologic modifications on Fraxinus pennsylvanica in the Mississippi River Alluvial Valley, USA / H.K. Gee, S.L. King, R.F. Keim //

Canadian Journal of Forest Research. – 2015. – V. 45, No 10. P. 1397-1406.

41. Gou, X. F.. Streamflow variations of the Yellow River over the past 593 years in western China reconstructed from tree rings / X. Gou, F. Chen, E. Cook, G. Jacoby, M. Yang, J. Li // Water Resources Research. – 2007. – V. 43, No 6. P. 1-9.

42. Gries, D.. Bruelheide, F.M. Thomas, X. Zhang, M. Runge. Growth and water relations of Tamarix ramosissima and Populus euphratica on Taklamakan desert dunes in relation to depth to a permanent water table / D. Gries, F. Zeng, A. Foetzki, S.K. Arndt, H. Bruelheide, F.M. Thomas, X. Zhang, M. Runge // Plant, cell & environment. – 2003. – V. 26, No 5. P. 725-736.

43. Ma, L.. Tree Ring–Based Reconstruction of October to November Runoffs in the Jiaolai River since 1826 / L. Ma, T. Liu, Q. Wu, L. Ji, R. Gao // Journal of Hydrologic Engineering. – 2012. – V. 19, No 1. P. 140-147.

44. Meko, D.M.. Tree-ring footprint of joint hydrologic drought in Sacramento and Upper Colorado river basins, western USA / D.M. Meko, C.A. Woodhouse // Journal of Hydrology. – 2005. – V. 308, No 1. P. 196-213.

45. Westermann, J.. Age structure and growth of degraded Populus euphratica floodplain forests in north-west China and perspectives for their recovery / J. Westermann, S. Zerbe, D. Eckstein // Journal of integrative plant biology. – 2008. – V. 50, No 5. P. 536-546.

46. Chen, F.. Precipitation reconstruction for the southern Altay Mountains (China) from tree rings of Siberian spruce, reveals recent wetting trend / F. Chen, Y.-J. Yuan, W.-S. Wei, T.-W. Zhang, H.-M. Shang, R. Zhang // Dendrochronologia. – 2014. – V. 32, No 3. P. 266-272.

47. Xu, G.X. Relative humidity reconstruction for northwestern China’s Altay Mountains using tree-ring δ18O / G. Xu, X. Liu, D. Qin, T. Chen, W. Wang, G. Wu, W. Sun, W. An, X. Zeng // Chinese science bulletin. – 2014. – V. 59, No 2. P. 190-200.

48. Bassett, J.R.. Tree growth as affected by soil moisture availability / J.R.

Bassett // Soil Science Society of America Journal. – 1964. – V. 28, No 3. P. 436-438.

49. Kagawa, A.. Effects of spatial and temporal variability in soil moisture on widths and δ13C values of eastern Siberian tree rings / A. Kagawa, D. Naito, A. Sugimoto, T. Maximov // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. – 2003. – V. 108, No D16. P. 1-8.

50. Cook, E.R.. Methods of dendrochronology. / E.R. Cook, L.A. Kairiukstis // Kluwer, Dordrecht, 1990. 394 p.

51. Wu, Z.-Y.. Flora of China, Volume 4, Cycadaceae through Fagaceae (Flora of China). / Z.-Y. Wu, H.R. Peter //: Missouri Botanical Garden Press, 1999. 453 p.

52. Adams, R.P.. Taxonomic reassessment of some Central Asian and Himalayan scale-leaved taxa of Juniperus (Cupressaceae) supported by random amplification of polymorphic DNA / R.P. Adams, Y. Turuspekov // Taxon. – 1998.10.2307/1224021. P. 75-83.

53. Vidaković, M.. Conifers: morphology and variation. / M. Vidaković //: Grafičko Zavod Hrvatske, 1991.

54. Farjon, A.. The remaining diversity of conifers. // Book The remaining diversity of conifers. / Editor. – Wye College, England: Acta Horticulturae 615, 1999. – P. 75-79.

55. Parker, J.. Drought-resistance mechanisms. Kozlowski, TT Water deficits and plant growth / J. Parker // Ecological anatomy, Xeroph –1968. – V. 1. P. 195-234.

56. Davlatov, S.K.. Altitudinal limits of Berberis L. in Tajikistan / S.K. Davlatov, E.V. Baikova // Contemporary Problems of Ecology. – 2011. – V. 4, No 2. P. 164-166.

57. Rahmonov, O.. The consequences of vegetation degradation under the influence of anthropogenic activity in the territory of the Zarafshan Range (Western Tajikistan) / O. Rahmonov, M. Holbegov, T. Szczypek, V. Snytko, G. Klys, M. Rahmonova // Geography and Natural Resources. – 2014. – V. 35, No 2. P. 193-197.

58. First National Communication of the Republic of Tajikistan under the UN

Framework Convention on Climate Change. 2002. – Dushanbe, 2002. – 1-113 cc.

59. Прохоров, А.М.. Большая советская энциклопедия. / А.М. Прохоров // Москва: Советская энциклопедия, 1969. С. 164.

60. Комаров, В.Л.. Флора СССР Маревые, гвоздичные и др.. / В.Л. Комаров // Москва, Л.: Издательство Академии наук СССР, 1936 (2012). – Т. 6. 498 сс.

61. Stettler, R.. Biology of Populus and its implications for management and conservation. / R. Stettler, T. Bradshaw, P. Heilman, T. Hinckley //: NRC Research Press, 1996. 542 p.

62. Jiang, X.. Protection and use of Populus euphratic forests in Xinjiang, China for combating desertification / X. Jiang, S. Wang, X. Chen, A. Polle, T. Teichmann, C. Meng, Y. Park, B. Pendrel //. – 2003.

63. Watanabe, S.. Effects of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in Populus euphratica in vitro / S. Watanabe, K. Kojima, Y. Ide, S. Sasaki // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2000. – V. 63, No 3. P. 199-206.

64. Thevs, N.. Tugay vegetation in the middle reaches of the Tarim River–Vegetation types and their ecology / N. Thevs // Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung. – 2005. – V. 44, No 1. P. 63-84.

65. Weisgerber, H.. Populus / H. Weisgerber // Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie. – 1999.

66. Электронный ресурс. – http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/ [дата обращения: 04.06.2018].

67. Wang, H.. Rosid radiation and the rapid rise of angiosperm-dominated forests / H. Wang, M.J. Moore, P.S. Soltis, C.D. Bell, S.F. Brockington, R. Alexandre, C.C. Davis, M. Latvis, S.R. Manchester, D.E. Soltis // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2009. – V. 106, No 10. P. 3853-3858.

68. Scotland, R.W.. How many species of seed plants are there? / R.W. Scotland, A.H. Wortley // Taxon. – 2003. – V. 52, No 1. P. 101-104.

69. Soltis, D.E.. Phylogeny and evolution of angiosperms. / D.E. Soltis, P.S. Soltis, P.K. Endress, M.W. Chase //: Sinauer Associates Incorporated, 2005.

70. Christenhusz, M.J.. The number of known plants species in the world and its annual increase / M.J. Christenhusz, J.W. Byng // Phytotaxa. – 2016. – V. 261, No 3. P. 201-217.

71. Stokes, M.. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago, Chicago. / M. Stokes, T. Smiley //: University of Arizona Press, Tucson, 1968. 73 pp.

72. Шиятов, С.Г.. Дендрохронология, ее принципы и методы. Зап. Свердл. отд-ния ВБО. Свердловск. / С.Г. Шиятов // 1973. – Т. 6. 53-81 сс.

73. Cook, E.R.. A time series analysis approach to tree ring standardization (dendrochronology, forestry, dendroclimatology, autoregressive process), 1985. P. 183.

74. Fritts, H.C.. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments / H.C. Fritts, T.W. Swetnam // Advances in ecological research. – 1989. – V. 19. 111-188pp.

75. Zhang, T.-W.. A tree-ring based temperature reconstruction for the Kaiduhe River watershed, northwestern China, since AD 1680: Linkages to the North Atlantic Oscillation / T.-W. Zhang, Y.-J. Yuan, Y. Liu, W.-S. Wei, R.-B. Zhang, F. Chen, S.-L. Yu, H.-M. Shang, L. Qin // Quaternary International. – 2013. – V. 311. P. 71-80.

76. Gou, X.. Climatic response of thick leaf spruce (Picea crassifolia) tree-ring width at different elevations over Qilian Mountains, northwestern China / X. Gou, F. Chen, M. Yang, J. Li, J. Peng, L. Jin // Journal of Arid Environments. – 2005. – V. 61, No 4. P. 513-524.

77. Wang, T.. Climatic signals in tree ring of Picea schrenkiana along an altitudinal gradient in the central Tianshan Mountains, northwestern China / T. Wang, H. Ren, K. Ma // Trees. – 2005. – V. 19, No 6. P. 736-742.

78. Wu, G.. Age-dependent tree-ring growth responses of Schrenk spruce (Picea schrenkiana) to climate—a case study in the Tianshan Mountain, China / G. Wu, G. Xu,

T. Chen, X. Liu, Y. Zhang, W. An, W. Wang, Z.-A. Fang, S. Yu // Dendrochronologia. – 2013. – V. 31, No 4. P. 318-326.

79. Bakhtiyorov, Z.. Reconstructed Precipitation for the Eastern Tian Shan (China), based on Picea Shrenkiana Tree-Ring Width / Z. Bakhtiyorov, R. Yu, M. Yang, A. Monoldorova, J. Aminov // Journal of Earth Science & Climatic Change. – 2017. – V. 8, No 12. P. 1-6.

80. Chen, F.. Climatic response of Picea crassifolia tree-ring parameters and precipitation reconstruction in the western Qilian Mountains, China / F. Chen, Y.J. Yuan, W.S. Wei // Journal of Arid Environments. – 2011. – V. 75, No 11. P. 1121-1128.

81. Chen, F.. Tree ring-based winter temperature reconstruction for Changting, Fujian, subtropical region of Southeast China, since 1850: linkages to the Pacific Ocean / F. Chen, Y.-J. Yuan, W.-S. Wei, S.-L. Yu, T.-W. Zhang // Theoretical and Applied Climatology. – 2012. – V. 109, No 1-2. P. 141-151.

82. Chen, F.. Climatic signals in tree rings of Juniperus turkestanica in the Gulcha River Basin (Kyrgyzstan), reveals the recent wetting trend of high Asia / F. Chen, Q. He, E. Bakytbek, S.-L. Yu, R.-B. Zhang // Dendrobiology. – 2015. – V. 74.

83. Briffa, K.R.. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees / K.R. Briffa // Quaternary Science Reviews. – 2000. – V. 19, No 1. P. 87-105.

84. Liphschitz, N.. Dendrochronological investigations in Iran / N. Liphschitz, Y. Waisel, S. Lev-Yadun // Tree-Ring Bulletin. – 1979. – V. 39. P. 39-45.

85. Esper, J.. Long-term tree-ring variations in Juniperus at the upper timber-line in the Karakorum (Pakistan) / J. Esper // The Holocene. – 2000. – V. 10, No 2. P. 253-260.

86. Ahmed, M.. Dendroclimatic and dendrohydrological response of two tree species from Gilgit valleys / M. Ahmed, M.U. Zafar, A. Hussain, M. Akbar, M. Wahab, N. Khan // Pak J Botany. – 2013. – V. 45. P. 987-992.

87. Zhu, H.. Millennial temperature reconstruction based on tree-ring widths of Qilian juniper from Wulan, Qinghai Province, China / H. Zhu, Y. Zheng, X. Shao, X. Liu, Y. Xu, E. Liang // Chinese Science Bulletin. – 2008. – V. 53, No 24. P. 3914-3920.

88. Wils, T.H.G.. Periodicity of growth rings in Juniperus procera from Ethiopia inferred from crossdating and radiocarbon dating / T.H.G. Wils, I. Robertson, Z. Eshetu, U.G.W. Sass-Klaassen, M. Koprowski // Dendrochronologia. – 2009. – V. 27, No 1. P. 45-58.

89. He, M.. A six hundred-year annual minimum temperature history for the central Tibetan Plateau derived from tree-ring width series / M. He, B. Yang, N.M. Datsenko // Climate dynamics. – 2014. – V. 43, No 3-4. P. 641-655.

90. He, M.. Tree growth–climate relationships of Juniperus tibetica along an altitudinal gradient on the southern Tibetan Plateau / M. He, B. Yang, A. Bräuning // Trees. – 2013. – V. 27, No 2. P. 429-439.

91. Ганнибал, Б.. Экологический анализ данных по радиальному приросту деревьев в ущелье Кондара (Таджикистан) / Б. Ганнибал, Н. Ловелиус // Ботан. журн. – 1996. – Т. 81, № 3. С. 105-118.

92. Ганнибал, Б.. Динамика радиального прироста Juglans Regia (Juglandaceae) в Западном Дарвазе (Таджикистан) / Б. Ганнибал, Н. Ловелиус, Х. А // Ботан. журн. – 1989. – Т. 74, № 2. С. 227-232.

93. Максимов, Е.. Изменчивость природной обстановки высокогорной зоны Зеравшанского хребта за последние 800 лет. Серия географическая. / Е. Максимов, А. Гребенюк //: Известия АН СССР. , 1972. – Т. 2. 105 сс.

94. Мухамедшин, К.. Дендрохронологическая шкала древовидной формы можжевельника туркестанского. / К. Мухамедшин //: Дендроклиматологические шкалы Советского Союза. Каунас: Ин-т ботаники АН Литовской ССР, 1978. С. 113-115.

95. Бахтиёров, З.. Реконструкция раннелетних осадков, основанная на

древесно-кольцевой хронологии с 1760 по 2015 гг. в районе Шахристана, Согдийской области (Республики Таджикистан) / З. Бахтиёров, Ю. Руиде, А. Монолдорова, Д. Аминов, Г. Омуракунова, М.П. Кызы // Восточно-европейский научный журнал. – 2017. – Т. 12, № 28. С. 4-9.

96. Opała, M.. Towards improving the Central Asian dendrochronological network—New data from Tajikistan, Pamir-Alay / M. Opała, T. Niedźwiedź, O. Rahmonov, P. Owczarek, Ł. Malarzewski // Dendrochronologia. – 2017. – V. 41. P. 10-23.

97. Chen, F.. Comparison of drought signals in tree-ring width records of juniper trees from Central and West Asia during the last four centuries / F. Chen, S. Yu, Q. He, R. Zhang, Z.V. Kobuliev, Y.M. Mamadjonov // Arabian Journal of Geosciences. – 2016. – V. 9, No 4. P. 1-10.

98. Бахтиёров, З.. Древесно-кольцевая хронология для местности «Искандаркуль», Согдийская область, Таджикистан / З. Бахтиёров, Ю. Юсупов, А. Кодиров, Ф. Ченг // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. – 2021. – Т. 2, № 57. С. 63-69.

99. Sabitova, S.. Tree ring based summer precipitation reconstructed for South Western Tian Shan Mountain in Tajikistan since 1790-2016 / S. Sabitova, R. Yu, Z. Bakhtiyorov, A. Massakbayeva, B. Issina // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – 2019. – V. 2, No 42. P. 4-9.

100. Bakhtiyorov, Z.. Streamflow reconstruction in the Kafirnigan River, Tajikistan since 1568 CE reveals a linkage between southern Central Asian hydrological variation and ENSO / Z. Bakhtiyorov, M. Opała-Owczarek, F. Chen, S. Wang, H. Shang, P. Owczarek, A. Khan // International Journal of Climatology. – 2023.10.1002/joc.8031. P. 1-12.

101. Бахтиёров, З.Б.. Реконструкция речного стока реки Ягноб на основе

древесно-кольцевой хронологии / З.Б. Бахтиёров // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. – 2022. – Т. 3, № 62. С. 77-84.

102. Бахтиёров З.Б.. Климатическая связь древесно-кольцевой хронологии из района Искандаркульского озера / З.Б. Бахтиёров // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. . – 2022. – Т. 2-3, № 102. С. 85-90.

103. Бахтиеров, З.Б.. Древесно-кольцевая хронология Тянь-Шанских гор Северного Таджикистана // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры – Минск, 2022. – С. 321-325.

104. Fritts, H.C.. Dendroclimatology and dendroecology / H.C. Fritts // Quaternary Research. – 1971. – V. 1, No 4. P. 419-449.

105. Kuechler J.. Das Klima von Texas / J. Kuechler // Texas Staats-Zeitung. – 1859. P. 2.

106. Kuechler, J.. The Droughts of Western Texas / J. Kuechler // Texas Almanac. – 1861. – V. 136.

107. Douglass, A.E.. Climatic cycles and tree-growth. / A.E. Douglass //: Carnegie Institution of Washington, 1919. 171 p.

108. Holmes, R.L.. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement / R.L. Holmes // Tree-ring bulletin. – 1983. – V. 43, No 1. P. 69-78.

109. Grissino-Mayer, H.D.. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA / H.D. Grissino-Mayer // Tree-ring research. – 2001. – V. 57, No 2. P. 205-221.

110. Cook, E.. A tree-ring standardization program based on detrending and autoregressive time series modeling, with interactive graphics (ARSTAN) / E. Cook, P. Krusic // Tree-Ring Laboratory, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY. – 2008.

111. Cook, E.. Guide for computer program ARSTAN / E. Cook, R. Holmes // The international tree-ring data bank program library version. – 1996. – V. 2, No 0. P. 75-87.

112. Электронный ресурс. – https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring. [дата обращения: 16.04.2019].

113. Rinn, F.. TSAP-Win: time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications / F. Rinn // Frank Rinn, Heidelberg, Germany. – 2003.

114. Wigley, T.M.. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology / T.M. Wigley, K.R. Briffa, P.D. Jones // Journal of climate and Applied Meteorology. – 1984. – V. 23, No 2. P. 201-213.

115. Biondi, F.. DENDROCLIM2002: a C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies / F. Biondi, K. Waikul // Computers & Geosciences. – 2004. – V. 30, No 3. P. 303-311.

116. Mitchell, T.D.. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids / T.D. Mitchell, P.D. Jones // International journal of climatology. – 2005. – V. 25, No 6. P. 693-712.

117. Mann, M.E.. Robust estimation of background noise and signal detection in climatic time series / M.E. Mann, J.M. Lees // Climatic change. – 1996. – V. 33, No 3. P. 409-445.

118. The United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) / Library of Congress, Congressional Research Service. –, 2013. – 29 pp.

119. Валентин, С.Б.. Тянь-Шань и Высокая Азия: тектоника и геодинамика в палеозое. / С.Б. Валентин // Москва: ГЕОС, 2006. 214 р.

120. Joint Mission Report Pilot Program for Climate Resilience Tajikistan, / The Centre for Climate Change and Disaster Reduction, Tajikistan. – The World Bank, 2009.

– 114 pp.

121. Kirchhoff, J.. Forestry sector analysis of the republic of Tajikistan / J. Kirchhoff, A. Fabian // Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). – 2010. P. 1-56.

122. Squires, V.R.. High-altitude ecosystems and Biodiversity of Tajikistan: Conservation and Management / V.R. Squires, N. Safarov // High-Altitude Rangelands and their Interfaces in the Hindu Kush Himalayas. – 2010. P. 78.

123. Forest and forest products country profile: Tajikistan. – UN, 2008. – 48 pp.

124. Squires, V.R.. Diversity of Plants and Animals in Mountain Ecosystems in Tajikistan / V.R. Squires, N. Safarov // Journal of Rangeland Science. – 2013. – V. 4, No 1. P. 43-61.

125. Shukurov, N.. Coupling geochemical, mineralogical and microbiological approaches to assess the health of contaminated soil around the Almalyk mining and smelter complex, Uzbekistan / N. Shukurov, O. Kodirov, M. Peitzsch, M. Kersten, S. Pen-Mouratov, Y. Steinberger // Science of the Total Environment. – 2014. – V. 476. P. 447-459.

126. Справочник по климату СССР Таджикистан. Ветер. // Санкт-Петербург, Москва, Россия: Гидрометеорологическое издательство, 1970. – Т. 31.127. Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов. Физическая география СССР: Азиатская часть. / Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов // Москва: Государственное Издательство Географической Литературы, 1987. 364 сс.

128. Агаханянц, О.Е.. Основные проблемы физической географии Памира. / О.Е. Агаханянц //: Издательство "Дониш", 1965. 242 сс.

129. Алисов, Б.П.. Климат СССР. / Б.П. Алисов //: Высшая школа, 1956. 104 сс.

130. Овчинников, П.Н.. О некоторых ботанико-географических особенностях арчовников Таджикистана. Флора Таджикской ССР. / П.Н.

Овчинников // Москва, Ленинград: АН СССР, 1957. 319 сс.

131. Садиков, Х.Х.. Арчовники бассейна реки Искандер (Таджикистан); Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, 2012. – 142 сс.

132. Yin, J.. Protection and Utilization of Populus Resources in Irtysh River Basin / J. Yin, J. Zhang // Journal of Anhui Agricultural Sciences. – 2009. – V. 7. P. 2906-2908.

133. Xia, Z.. Variation Characteristics and Trend Analysis of Precipitation in Irtysh River Basin / Z. Xia, J. Li, X. Wang, L. Guo // Yellow River. – 2008. – V. 8. P. 33-35.

134. Xuehui, J.. Landscape Dynamics in Beitun of Irtysh River Basin, Xinjiang / J. Xuehui, Z. Runguo, C. Lei, G. Zhongjun, C. Dongli // Scientia Silvae Sinicae. – 2009. – V. 45, No 4. P. 7-13.

135. Hou, P.. Response to environmental flows in the lower Tarim River, Xinjiang, China: ground water / P. Hou, R. Beeton, R. Carter, X. Dong, X. Li // Journal of Environmental Management. – 2007. – V. 83, No 4. P. 371-382.

136. Chen, G.. Formation and Evolution of the Aeolian Environments Along the Tarim Desert Oil Highway. China Environmental Science Press. / G. Chen //, 1997. 158 p.

137. Zhu, Z.. Deserts in China / Z. Zhu, S. Liu, Z. Wu, X. Di // Lanzhou: Institute of Desert Research, Academia Sinica. – 1986. P. 132.

138. Xu, H.. Impacts of climate change on headstream runoff in the Tarim River Basin / H. Xu, B. Zhou, Y. Song // Hydrology Research. – 2011. – V. 42, No 1. P. 20-29.

139. Wang, S.-D.. Flood detention region in the middle reaches of Tarim River mainstream and its impact on ecological environments / S.-D. Wang, H.-D. Li, Z.-R. Xu, P. Han, J. Wang // Journal of Glaciology and geocryology. – 2003. – V. 25, No 6. P.

712-718.

140. Qicheng, Tang. Water resources and eco-environment protection in the arid regions in norhwest of China (西北干旱地区水资源与生态环境保护). / Tang Qicheng, Z. Jiebin. // Progress in Geography (地理科学进展). – 2001. – V. 20, No 3. P. 227-233.

141. Liu, D.. Ecohydrological evolution model on riparian vegetation in hyperarid regions and its validation in the lower reach of Tarim River / D. Liu, F. Tian, H. Hu, M. Lin, Z. Cong // Hydrological processes. – 2012. – V. 26, No 13. P. 2049-2060.

142. Нарзикулов, И.К.. Атлас Таджикской ССР / И.К. Нарзикулов, К.В. Станюкович // Академия наук Таджикской ССР, Душанбе-Москва. – 1968. 200 сс.

143. Nowak, A.. Vegetation of screes of the montane and colline zones in the Pamir-Alai Mts in Tajikistan (Middle Asia) / A. Nowak, S. Nowak, M. Nobis, A. Nobis // Tüxenia. – 2015. – V. 36. P. 223-248.

144. Campelo, F.. Vessel features of Quercus ilex L. growing under Mediterranean climate have a better climatic signal than tree-ring width / F. Campelo, C. Nabais, E. Gutiérrez, H. Freitas, I. García-González // Trees. – 2010. – V. 24, No 3. P. 463-470.

145. Legacy of uranium mining activitites in central Asia–contamination, impact and risks. –, 2011.

146. Skipperud, L.. Po-210 and Pb-210 in water and fish from Taboshar uranium mining Pit Lake, Tajikistan / L. Skipperud, A. Jørgensen, L. Heier, B. Salbu, B. Rosseland // Journal of environmental radioactivity. – 2013. – V. 123. P. 82-89.

147. Silwal, N.S.. Assessment of radon and gamma in Taboshar mining site, Tajikistan; Norwegian University of Life Sciences, Ås, 2012.

148. Abraham, M.. Geoecological investigation and environmental impact assessment of mining complexes in Kyrgyzstan / M. Abraham, B. Veleba, M. Zacek, S.

Curda, M. Hlupacova, I. Kasparec, V. Benes // Final Report of the Czech Ministry of Environmental Protection for the Republic of Kyrgyzstan. – 2007.

149. Spurr, S.H.. Forest Ecology Third Edition. / S.H. Spurr, B.V. Barnes //: John Wiley & Sons, 1979. 687 pp.

150. Williams, M.W.. Central Asia temperature and precipitation data, 1879–2003 / M.W. Williams, V.G. Konovalov // Boulder, Colorado: USA National Snow and Ice Data Center. – 2008.10.7265/N5NK3BZ8.

151. Электронный ресурс. – http://meteo.ru/data [дата обращения: 02.01.2016].

152. Harris, I.. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations–the CRU TS3. 10 Dataset / I. Harris, P. Jones, T. Osborn, D. Lister // International Journal of Climatology. – 2014. – V. 34, No 3. P. 623-642.

153. Palmer, W.C.. Meteorological drought. Research Paper Number 45. Weather Bureau. / W.C. Palmer // Washington, DC, USA: US Department of Commerce, 1965. 65 pp.

154. Zhang, X.-J.. A long-term land surface hydrologic fluxes and states dataset for China / X.-J. Zhang, Q. Tang, M. Pan, Y. Tang // Journal of Hydrometeorology. – 2014. – V. 15, No 5. P. 2067-2084.

155. Ferguson, C.W.. A 7104-year annual tree-ring chronology for bristlecone pine, Pinus aristata, from the White Mountains, California / C.W. Ferguson // Tree-Ring Bulletin. – 1969. – V. 29, No 3-4. P. 3-29.

156. Susatya, A.. Dendrochronology of young Swietenia macrophylla and the variation of its growth response to the past wet climate in Bengkulu, Indonesia / A. Susatya, Y. Yansen // Biodiversitas. – 2016. – V. 17, No 2.

157. Akkemik, Ü.. Tree rings of Cedrus libani at the northern boundary of its natural distribution / Ü. Akkemik // IAWA Journal. – 2003. – V. 24, No 1. P. 63-73.

158. Wu, R.. Evolution of ENSO-related rainfall anomalies in East Asia / R. Wu,

Z.-Z. Hu, B.P. Kirtman // Journal of Climate. – 2003. – V. 16, No 22. P. 3742-3758.

159. Chen, F.. May–June maximum temperature reconstruction from mean earlywood density in north central China and its linkages to the summer monsoon activities / F. Chen, Y. Yuan // PloS one. – 2014. – V. 9, No 9.

160. Treydte, K.. The climatic signal in oxygen isotopes of junipers at the lower timberline in the Karakorum, Pakistan / K. Treydte, C. Welscher, G. Schleser, G. Helle, J. Esper, M. Winiger, D. Frank, U. Büntgen // Tree Rings Archaeol. – 2004. – V. 2. P. 100-106.

161. Chen, F.. A 426-year drought history for Western Tian Shan, Central Asia, inferred from tree rings and linkages to the North Atlantic and Indo–West Pacific Oceans / F. Chen, Y.-J. Yuan, F.-H. Chen, W.-S. Wei, S.-L. Yu, X.-J. Chen, Z.-A. Fan, R.-B. Zhang, T.-W. Zhang, H.-M. Shang // The Holocene. – 2013. – V. 23, No 8. P. 1095-1104.

162. Fang, K.. Tree-ring based reconstruction of drought variability (1615–2009) in the Kongtong Mountain area, northern China / K. Fang, X. Gou, F. Chen, C. Liu, N. Davi, J. Li, Z. Zhao, Y. Li // Global and Planetary Change. – 2012. – V. 80. P. 190-197.

163. Pant, G.B.. Climatic response of Cedrus deodara tree-ring parameters from two sites in the western Himalaya / G.B. Pant, K.R. Kumar, H.P. Borgaonkar, N. Okada, T. Fujiwara, K. Yamashita // Canadian Journal of Forest Research. – 2000. – V. 30, No 7. P. 1127-1135.

164. Shi, Y.. Recent and future climate change in northwest China / Y. Shi, Y. Shen, E. Kang, D. Li, Y. Ding, G. Zhang, R. Hu // Climatic change. – 2007. – V. 80, No 3. P. 379-393.

165. Opała, M.. Towards improving the Central Asian dendrochronological network—New data from Tajikistan, Pamir-Alay / M. Opała, T. Niedźwiedź, O. Rahmonov, P. Owczarek, Ł. Małarzewski // Dendrochronologia. – 2017. – V. 41. P. 10-23.

166. Gou, X.. Forward modeling analysis of regional scale tree-ring patterns around the northeastern Tibetan Plateau, Northwest China / X. Gou, F. Zhou, Y. Zhang, Q. Chen, J. Zhang // Biogeosciences Discussions. – 2013. – V. 10, No 6. P. 9969-9988.

167. Pederson, N.. Hydrometeorological reconstructions for northeastern Mongolia derived from tree rings: 1651–1995 / N. Pederson, G.C. Jacoby, R.D. D'arrigo, E.R. Cook, B.M. Buckley, C. Dugarjav, R. Mijiddorj // Journal of Climate. – 2001. – V. 14, No 5. P. 872-881.

168. Qin, C.. Radial growth of Qilian juniper on the northeast Tibetan Plateau and potential climate associations / C. Qin, B. Yang, T.M. Melvin, Z. Fan, Y. Zhao, K.R. Briffa // PLoS One. – 2013. – V. 8, No 11. P. 1-15.

169. Коновалова, Г.И.. Каталог Ледников СССР. Ресурсы Поверхностных Вод СССР. / Г.И. Коновалова, М.А. Насыров, А.Г. Шурупов, А.С. Щетинников // Ленинград: Гидрометеорологическое Издательство, 1982. – Т. 14 В. 3 120 сс.

170. Балашова, Е.Н.. Климатическое описание республик Средней Азии. / Е.Н. Балашова, О.М. Житомирская, О.А. Семенова // Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1960. 242 сс.

171. Картеникова, К.А.. Температурные характеристики сезонов Средней Азии по данным метеостанции Ташкент, обсерватория. / К.А. Картеникова // Ташкент: Труды ИММ АН УзССР, 1953.

172. Chen, F.. Tree-ring-based reconstruction of precipitation in the Changling Mountains, China, since AD 1691 / F. Chen, Y. Yuan, W. Wen, S. Yu, Z. Fan, R. Zhang, T. Zhang, H. Shang // International Journal of Biometeorology. – 2012. – V. 56, No 4. P. 765-774.

173. Cai, Q.. Tree-ring-based reconstruction of the April to September mean temperature since 1826 AD for north-central Shaanxi Province, China / Q. Cai, Y. Liu, H. Song, J. Sun // Science in China Series D: Earth Sciences. – 2008. – V. 51, No 8. P. 1099-1106.

174. Antonova, G.F.. Effects of environmental factors on wood formation in larch (Larix sibirica Ldb.) stems / G.F. Antonova, V.V. Stasova // Trees. – 1997. – V. 11, No 8. P. 462-468.

175. Dubois, P.C.. Measuring soil moisture with imaging radars / P.C. Dubois, J. Van Zyl, T. Engman // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 1995. – V. 33, No 4. P. 915-926.

176. Rayner, N.. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century / N. Rayner, D.E. Parker, E. Horton, C. Folland, L. Alexander, D. Rowell, E. Kent, A. Kaplan // J. Geophys. Res. – 2003. – V. 108, No D14. P. 1-37.

177. Chen, F.. Tree-ring-based annual precipitation reconstruction for the Hexi Corridor, NW China: consequences for climate history on and beyond the mid-latitude Asian continent / F. Chen, Y. Yuan, W. Wei, R. Zhang, S. Yu, H. Shang, T. Zhang, L. Qin, H. Wang, F. Chen // Boreas. – 2013. – V. 42, No 4. P. 1008-1021.

178. Chen, F.. Tree-ring based temperature reconstruction for the west Qinling Mountains (China): linkages to the High Asia, solar activity and Pacific-Atlantic Ocean / F. Chen, Y. Yuan, W. Wei, S. Yu, H. Shang, T. Zhang, R. Zhang, H. Wang, L. Qin // Geochronometria. – 2014. – V. 41, No 3. P. 234-244.

179. Li, J.. A unified monsoon index / J. Li, Q. Zeng // Geophysical Research Letters. – 2002. – V. 29, No 8. P. 1-4.

180. Shi, F.. Ensemble empirical mode decomposition for tree-ring climate reconstructions / F. Shi, B. Yang, L. Von Gunten, C. Qin, Z. Wang // Theoretical and Applied Climatology. – 2012. – V. 109, No 1-2. P. 233-243.

181. Allan, R.. El Niño southern oscillation & climatic variability. / R. Allan, J. Lindesay, D. Parker //: CSIRO publishing, 1996. 405 p.

182. Liu, N.. A tree-ring based reconstruction of summer relative humidity variability in eastern Mongolian Plateau and its associations with the Pacific and Indian

Oceans / N. Liu, Y. Liu, G. Bao, M. Bao, Y. Wang, Y. Ge, L. Zhang, W. Bao, H. Tian // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2015. – V. 438. P. 113-123.

183. Kumar, K.K.. Unraveling the mystery of Indian monsoon failure during El Niño / K.K. Kumar, B. Rajagopalan, M. Hoerling, G. Bates, M. Cane // Science. – 2006. – V. 314, No 5796. P. 115-119.

184. Marks, R.B.. Late Victorian Holocausts: El Niño Famines and the Making of the Third World. By Mike Davis. London and New York: Verso, 2001. Pp. x, 464. $27.00 / R.B. Marks // The Journal of Economic History. – 2001. – V. 61, No 3. P. 871-872.

185. Wang, X.. A tree-ring record of 500-year dry-wet changes in northern Tibet, China / X. Wang, Q.-B. Zhang, K. Ma, S. Xiao // The Holocene. – 2008. – V. 18, No 4. P. 579-588.

186. Glueck, M.F.. Reconstruction of the North Atlantic oscillation, 1429–1983 / M.F. Glueck, C.W. Stockton // International Journal of climatology. – 2001. – V. 21, No 12. P. 1453-1465.

187. Chen, F.. Recent climate warming of central China reflected by temperature-sensitive tree growth in the eastern Qinling mountains and its linkages to the Pacific and Atlantic oceans / F. Chen, R.-B. Zhang, H.-Q. Wang, L. Qin // Journal of Mountain Science. – 2015. – V. 12, No 2. P. 396.

188. Сарымсаков, Т.А.. Статистическая характеристика синоптических положений над Средней Азией для теплого полугодия. / Т.А. Сарымсаков, В.А. Джорджио, В.А. Бугаев // Ташкент: Труды ИММ АН УзССР, 1947. – Т. 3. 5-25 сс.

189. Мултановский, Б.П.. Основные положения синоптического метода долгосрочного прогноза погоды. / Б.П. Мултановский // Москва: Центральный университет управления гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. – 1933.

Список публикации соискателя ученой степени по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[1-А] Бахтиёров, З. / Древесно-кольцевая хронология для местности «Искандаркуль», Согдийская область, Таджикистан / **З. Бахтиёров**, Ю. Юсупов, А. Кодиров, Ф. Ченг // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. – 2021. – Т. 2, № (57). – С. 63-69.

[2-А] Бахтиёров, З.Б.. Реконструкция речного стока реки Ягноб на основе древесно-кольцевой хронологии / **З.Б. Бахтиёров** // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. – 2022. – Т. 3, № (62). – С. 77-84.

[3-А] Бахтиёров, З.Б.. Климатическая связь древесно-кольцевой хронологии из района Искандаркульского озера / **З.Б. Бахтиёров** // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. . – 2022. – Т. 2-3, № (102). – С. 85-90.

Статьи в других изданиях

[4-А] Bakhtiyorov, Z.. Reconstructed Precipitation for the Eastern Tian Shan (China), based on Picea Shrenkiana Tree-Ring Width **/ Z. Bakhtiyorov**, R. Yu, M. Yang, A. Monoldorova, J. Aminov // Journal of Earth Science & Climatic Change. – 2017. – V. 8, No 12. – P. 1-6.

[5-А] Бахтиёров, З.. Реконструкция раннелетних осадков, основанная на древесно-кольцевой хронологии с 1760 по 2015 гг. в районе Шахристана, Согдийской области (Республики Таджикистан) / **З. Бахтиёров**, Ю. Руиде, А. Монолдорова, Д. Аминов, Г. Омуракунова, М.П. Кызы // Восточно-европейский научный журнал. – 2017. – Т. 12, № (28). – С. 4-9.

[6-A] Bakhtiyorov, Z.. Comparison Growth Situation of Tree-Ring Width between Poplars and Betula at the Floodplain Irtysh River, Altai, China / A. Monoldorova, X. Hailiang, **Z. Bakhtiyorov**, Z. Xinfeng // Asian Journal of Plant Science and Research. – 2017. – V. 7, No 6. – P. 133-141.

[7-A] Bakhtiyorov, Z.. Climatic response from tree-ring width of Populus Euphratica, Altai, China / A. Monoldorova, X. Hailiang, **Z. Bakhtiyorov**, Z. Xinfeng // Евразийский Союз Ученых. – 2018. – V. 2, No 47.

[8-A] Bakhtiyorov, Z.. Evaluation of Remote Sensing Techniques for Lithological Mapping in the Southeastern Pamir using Landsat 8 OLI Data / J. Aminov, C. Xi, J. Aminov, Y. Mamadjanov, J. Aminov, E. Duulatov, **Z. Bakhtiyorov** // International Journal of Geoinformatics. – 2018. – V. 14, No 1. – P. 1-10.

[9-A] Bakhtiyorov, Z.. Tree ring based summer precipitation reconstructed for South Western Tian Shan Mountain in Tajikistan since 1790-2016 / S. Sabitova, R. Yu, **Z. Bakhtiyorov**, A. Massakbayeva, B. Issina //. – 2019. – V. 2, No 42. – P. 4-9.

[10-A] Бахтиёров, З.Б.. Влияние климата на ширину годичных колец Тополя и Березы в поймах рек: река Тарим, Китай / А.М. Монолдорова, С.К. Аламанов, С.С. Сатаров, Э.С. Дуулатов, **З.Б. Бахтиёров** // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2019. № (3). – С. 134-142.

[11-A] Bakhtiyorov, Z.. Central Asian river streamflows have not continued to increase during the recent warming hiatus / F. Chen, Y. Chen**, Z. Bakhtiyorov**, H. Zhang, W. Man, F. Chen // Atmospheric Research. – 2020. – V. 246. – P. 1-10.

[12-A] Bakhtiyorov, Z... Evolution characteristics of climatic and hydrological elements in the upper source area of the Vakhsh River, Central Asia / W. Yue, H. Zhang, F. Chen, **Z. Bakhtiyorov**, Y. Chen // Hohai Periodicals Water Resources Protection. – 2020. – V. 36, No 5. – P. 57-64.

[13-A] Bakhtiyorov, Z... Attitude of the Population to the Activities of National

Parks: Territorial Aspect (on the Example of a Survey of Residents of the Khorug and Murgab Region) / S. Habibulloev, H. Fang, **Z. Bakhtiyorov**, A. Nyirarwasa // Journal of Environmental Protection. – 2022. – V. 13, No 10. – P. 766-778.

[14-A] **Bakhtiyorov, Z.**.. Streamflow reconstruction in the Kafirnigan River, Tajikistan since 1568 CE reveals a linkage between southern Central Asian hydrological variation and ENSO / **Z. Bakhtiyorov**, M. Opała-Owczarek, F. Chen, S. Wang, H. Shang, P. Owczarek, A. Khan // International Journal of Climatology. – 2023. – P. 1-12.

Статьи в материалах конференций и семинаров

[15-A] **Bakhtiyorov, Z.** Tree-Ring-Based of Picea Shrenkiana May-June Precipitation Reconstruction for Tacheng Prefecture, Shawan county, China, since AD 1892/ **Z. Bakhtiyorov**, R. Yu, M. Yang, A. Monoldorova, J. Aminov // International Post-graduate Forum on Resources and Environment under the Co-creation of "The Belt and Road" Major Development, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS. September 25th to 27th, 2017, Urumqi, China. P. - 54

[16-A] **Bakhtiyorov, Z.** Tree-ring-based early-summer precipitation reconstruction for Shahristan, Sogd Province, Tajikistan, since AD 1760-2016. / **Bakhtiyorov Zulfiyor** // Материалы пятого китайского симпозиума по годичным кольцам деревьев. «Древовидные кольца - экология севера - изменения климата и окружающей среды», основная разработка, Северо-восточный университет лесного хозяйства. 18-21 января 2018 г., Харбин, Китай. С. 27

[17-A] **Bakhtiyorov, Z.** Tree-Ring-Based Early-Summer Precipitation Reconstruction for Shahristan, Sogd Province, Tajikistan, since AD 1760-2016. / **Z. Bakhtiyorov** // Седьмая республиканская конференция по дендрохронологии. Главный организатор Тропический ботанический сад Сишуанбаньна Китайской Академии Наук, *23*-27 октября 2019 г. в г. Сишуанбаньна, Юньнан,

Китай.

[18-А] **Бахтиёров, З.Б.** Кольцевая хронология Можжевельника полушаровидного (Juniperus semiglobosa) в окрестностях озера Искандаркуль, Таджикистан. **/ З. Бахтиёров,** Ю. Юсупов, А. Кодиров, Ф. Ченг // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Проблемы развития естественных, точных и математических наук и внедрение их результатов в производство» (Таджикистан, г. Худжанд, 20-22 февраля 2021 г.). – Худжанд, 2021.

[19-А] **Бахтиеров, З.Б.**. Древесно-кольцевая хронология Тянь-Шанских гор Северного Таджикистана. / **З.Б. Бахтиеров** // Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. В 2-х частях. Редколлегия: В.В. Титок [и др.]. Минск, 2022. С. 321-325.

[20-А] **Bakhtiyorov, Z.** Reconstruction of streamflow of Yagnob main tributary of Zerafshan river based on tree-ring chronology. / **Z. Bakhtiyorov** // Inter. Seminar on Climate Change and Ecology. Secury. Huaiyin Normal University, 24th December 2022 in Huaian China. P.135.

«Утверждаю»
Директор Худжандского Научного Центра Национальной Академии Наук Таджикистана доцент к.ф.м.н Максуди А.Т.

14.03.2022

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы нижеподписавшиеся представители Худжандского Научного Центра Национальной Академии Наук Таджикистана, составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской диссертационной работы **Бахтиёрова Зулфиёра Бахтиёровича представленной на соискание учёной степени** кандидата технических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология на тему **«Моделирование воздействий климатических факторов и реконструкция гидрологического режима реки с использованием дендрохронологических исследований (на примере Тянь-Шанской и Памиро-Алайской горных систем)»,** внедрены в процесс научно-исследовательской деятельности, при подготовке кадров Центра, а также некоторые результаты могут использоваться при проектировании мероприятий в частности:

1) Результаты оценки влияния климатических факторов на рост и развитие деревьев на севере Таджикистана как на Тянь-Шане (в районе Табошара), так и на Памиро-Алае (Шахристане и Пенджикенте);
2) Построенные древесно-кольцевые хронологии из этих 3 областей исследования;
3) Коэффициенты корреляции с различными инструментальными данными, как температура, осадки и речной сток;
4) Описание результатов пространственной корреляции и мультиспектральный анализ;

5) Описание связей прироста с изменчивостью климата океана и влияние циклонов;
6) Разработана методика для упрощения обработки и анализа дендрохронологических данных на основе програмного обеспечения CooRecorder, Cdendro.
7) Инструменты разработанные в ходе научной деятельности для упрощения взятие образцов уменьшению затраты силы, времени и ресурсов, а также по сокращению ущерба возрастному буру (**буроизвлекатель** и **кёрновыталкиватель**).

Предложенные автором дендрохронологические методы уже активно внедрены в процесс научно-исследовательской деятельности и опробованы в обработке более 200 образцов деревьев и инструменты разработанные прошли испытания в этом 2022 году в экспедиционных походах.

Председатель, директор ХНЦ НАНТ, к.ф.м.н., доцент — Максуди А.Т.

Секретарь, Ученого совета, к.филол.н. ХНЦ НАНТ — Нуриллоева М.Н.

Заместитель директора ХНЦ НАНТ к.ф.м.н. — Эгамов М.

Старший научный сотрудник ХНЦ НАНТ к.б.н. — Мухамедов А.

Старший научный сотрудник ХНЦ НАНТ — Бахтиёров З.Б.

Инспектор отдела кадров ХНЦ НАНТ — Рахимова Т.

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник центра по гидрометеорологии Согдийской области Агентство по гидрометеорологии Комитет охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан Хамитов А.

_____

11.04.2022

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

о внедрении результатов диссертационного исследования **Бахтиёрова Зулфиёра Бахтиёровича** на тему **«Моделирование воздействий климатических факторов и реконструкция гидрологического режима реки с использованием дендрохронологических исследований (на примере Тянь-Шанской и Памиро-Алайской горных систем)»**, представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Комиссия в составе Начальник центра по гидрометеорологии Согдийской области Хамитов А. - председатель; члены комиссии: начальник хим-лаборатории по анализу воды и суши Одинаева Л.; начальник отдела - гидрологии Миркалонов М.; начальник синоптического отдела Абдуллоева Г.; начальник метеостанции Кайракумского водохранилища Аминов С.; с.н.с. лаборатории «Интродукции и дендроиндикации растений» Худжандского Научного Центра Национальной академии наук Таджикистана Бахтиёров З.Б. свидетельствуют о том, что при личном участии была изучена диссертационная работа и выделены некоторые из результатов, которые в дальнейшем будут внедряться в деятельность центра, а также в планировании и прогнозировании погоды на территории Согдийской области.

1. Характеристики реконструированных климатических данных на основе древесно-кольцевых хронологий из 3 мест с северного Таджикистана в районе Тянь-Шаньских гор (вблизи г. Табошара), и на Памиро-Алайских

горах (вблизи г. Шахристана и г. Пенджикента) для нескольких столетий назад;

2. Результаты анализов древесно-кольцевых хронологий и их связь с климатическими факторами (такими как речной сток, температура и осадки).
3. Описание результатов анализа мер реагирования на изменения климата.
4. Результаты спектрального анализа и пространственная корреляция.
5. Описательная характеристика циклонов и изменчивость климата Океана.

По опробованной методике и рекомендациям автора результаты могут быть использованы также в климатологии и метеорологии для выяснения климатических условий и сверхдолгосрочного прогнозирования, в палеоэкологии для восстановления климатов и экологических условий прошлого, Для оценки влияния климата на водные ресурсы, речной сток и уровень воды в водоемах и о циклических колебаниях природных процессов.

Члены комиссии:

Председатель комиссии Начальник центра по гидрометеорологии Согдийской области АГК КООСП РС **Хамитов А.**

Начальник хим-лаборатории по анализу воды и суши **Одинаева Л.;**

Начальник отдела -гидрологии **Миркалонов М.;**

Начальник синоптического отдела **Абдуллоева Г.;**

Начальник метеостанции Кайракумского водохранилища **Аминов С.;**

С.н.с. лаборатории «Интродукции и дендроиндикации растений» ХНЦ НАНТ **Бахтиёров З.Б.**

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ,
д.т.н., доцент Амирзода О.Х.

16.05.2022

СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс результатов диссертационного исследования **Бахтиёрова Зулфиёра Бахтиёровича** на тему **«Моделирование воздействий климатических факторов и реконструкция гидрологического режима реки с использованием дендрохронологических исследований (на примере Тянь-Шанской и Памиро-Алайской горных систем)»** представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Результаты научно-исследовательской диссертационной работы **Бахтиёрова Зулфиёра Бахтиёровича** на тему **«Моделирование воздействий климатических факторов и реконструкция гидрологического режима реки с использованием дендрохронологических исследований (на примере Тянь-Шанской и Памиро-Алайской горных систем)»** внедрены в учебный процесс Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. В частности:

1. Внедрены в учебный процесс при изучении бакалаврами, магистрами и докторами PhD специальностей 1М-33.01.01.01 «Экология», 1М-33010202 «Мониторинг окружающей среды», 1М-33010102 «Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов», 1М-70040304 «Рациональное использование и охрана водных ресурсов», 1М-020405-04 «География – охрана природы» и 1М-310201-0203 «Гидрология суши».

2. Внедрены в учебно-методические комплексы и рабочие программы следующих дисциплин:

a. «Экология» использованы результаты отклика на изменения климата и гидрологического режима территории и комплексный анализ

климатического отклика в годичных кольцах в древесно-кольцевых хронологиях;

б. «Мониторинг окружающей среды» использован Дендрохронологический мониторинг, который отмечает спад и рост радиального ежегодного прироста у деревьев, а также может служить реальным обоснованием для текущего и среднесрочного планирования лесохозяйственных мероприятий при инвентаризации лесного фонда.

в. «Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов» использование дендрохронологических методов для оценки различного рода воздействий на окружающую среду с целью охраны и защиты лесов;

г. «Рациональное использование и охрана водных ресурсов» использованы результаты реконструкции древесно-кольцевых хронологий для дальнейшей модели эколого-географических (гидрологических, климатических и др.) прогнозов;

д. «Гидрология суши» использованы гидрологические характеристики прошлого для оценки на их основе прогнозирования и расшифровки хозяйственного значения.

Предложенные автором разработки нового метода обработки древесно-кольцевых данных будут в дальнейшем внедрены в процесс научно-исследовательской деятельности, а новые инструменты (буроизвлекатель и кёрновыталкиватель) будут использоваться для упрощения взятия образцов в полевых условиях.

Заместитель директора
по науке и образованию, к.т.н. **Курбонов Н. Б.**

Начальник научно-образовательного и
аналитического подразделения
ИВП, ГЭ и Э НАНТ, к.т.н. **Гулахмадов А.А.**

Ученый секретарь ИВП, ГЭ и Э НАНТ, к.б.н. **Кариева Ф.А.**