На правах рукописи

Седова Евгения Юрьевна

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В ФОРМИРОВАНИИ, ИСПОЛЬЗОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕЧНОМ БАССЕЙНЕ (НА ПРИМЕРЕ Р. ЧУМЫШ)

1.6.21 – Геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Барнаул – 2025

Работа выполнена в лаборатории водных ресурсов и водопользования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН), г. Барнаул

Научный руководитель: **Рыбкина Ирина Дмитриевна**, доктор географических наук, доцент, заведующий лабораторией водных ресурсов и водопользования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, г. Барнаул.

Официальные оппоненты: **Ясинский Сергей Владимирович**, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии Института географии Российской академии наук, г. Москва.

Ларченко Ольга Викторовна, кандидат географических наук, доцент, и.о. заведующий кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток.

Защита диссертации состоится «04» декабря 2025 года в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.039.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций при ИВЭП СО РАН по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ИВЭП СО РАН и на сайте организации www.iwep.ru.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, Диссертационный совет, факс (385-2) 24-03-96, e-mail: iwep@iwep.ru.

Автореферат разослан «____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор географических наук, доцент И.Д. Рыбкина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Согласно Стратегии национальной безопасности РФ *(2021)*, одной из ключевых задач устойчивого развития является улучшение водохозяйственной и водно-экологической обстановки, а также предотвращение загрязнения водных объектов. Однако рост антропогенной нагрузки и ухудшение качества воды в поверхностных водных объектах могут ограничивать достижение этой цели, создавая дополнительные риски для природных и хозяйственных систем.

В этой связи особое значение приобретают концепция устойчивого развития и методология интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР), получившие широкое распространение в мировой научной практике *(Our Common Future, 1987; GWP, 2000)*. ИУВР направлено на поддержание водного баланса и обеспечение экологически безопасного водопользования, что особенно важно для рек, находящихся под антропогенным воздействием различных отраслей экономики. В России принципы ИУВР реализуются через федеральные и региональные программы, ориентированные на улучшение экологического состояния водных объектов и бассейновое управление крупнейшими реками такими, как Волга *(Федеральный проект …, 2018)* и Амур *(Федеральный проект …, 2020)*.

Актуальность бассейнового подхода усиливается в условиях межгосударственного вододеления и повышения уровня загрязнения водных объектов *(Корытный, Жерелина, 2010; Винокуров, Красноярова, 2017; Сивохип, 2024)*. При этом 95 % общего стока российских рек формируется за счет местного стока *(Шикломанов и др., 2011; Георгиевский и др., 2013)*, что подчеркивает необходимость межрегионального управления водными ресурсами.

Речные бассейны, расположенные в пределах нескольких регионов, за частую интенсивно используются только в одном из них. При этом нижележащие по течению субъекты оказываются в положении вынужденных потребителей того объёма и качества водных ресурсов, которые поступают от вышележащих регионов. Подобная ситуация характерна для бассейна р. Чумыш, охватывающего территорию Кемеровской и Новосибирской областей, а также Алтайского края.

Верхняя часть бассейна расположена в Кемеровской области, которая является крупнейшим центром добычи каменного угля. Это оказывает существенное влияние на экологическое состояние региона и качество водных ресурсов. Средняя и нижняя части бассейна расположены на сельскохозяйственно развитых территориях Алтайского края – одного из ключевых аграрных регионов России, играющего важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Отсутствие согласованности управленческих решений между субъектами Российской Федерации приводит к нерациональному водопользованию и ухудшению экологического состояния водных объектов. Сложившаяся ситуация обуславливает необходимость разработки комплексных управленческих решений.

Степень разработанности темы исследования. Теоретико-методическую основу исследования составили труды учёных, рассматривающих водосбор как природно-хозяйственную систему в рамках системного и бассейнового подходов (Р. Хортон, В.Б. Сочава, Ф.Н. Мильков, А.Ю. Ретеюм, Ю.И. Винокуров, Л.М. Корытный, Н.И. Коронкевич, А.Н. Антипов, В.Н. Федоров и др.).

При оценке антропогенной нагрузки использованы работы, посвящённые воздействию хозяйственной деятельности на окружающую среду (Н.Ф. Реймерс, А.Г. Исаченко, В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев, А.П. Демин, М. Фалькенмарк, К. Шлоссер). Исследование гидрологических характеристик малых и средних водотоков опиралось на методические разработки В.Е. Водогрецкого, С.В. Ясинского, Ж.Т. Сивохип, А.Г. Георгиади и др. Также применялись подходы к анализу биогенной нагрузки *(Ладога, 2013; Полянин и др., 2020)* и геоэкологической оценки состояния водосборных территорий (Ю.Н. Куражсковский, Н.В. Стоящева, Е.Н. Клементова, Д.А. Домнин, И.Д. Рыбкина, Д.Ц. Цибудеева и др.).

Вопросы территориальной организации природопользования освещены в работах М.Д. Шарыгина, Т.Г. Руновой, Ю.П. Михайлова, В.П. Каракина, Ю.И. Винокурова, Б.А. Краснояровой и др. Совокупность этих исследований, а также накопленные

гидрологические и водохозяйственные данные обеспечили основу для комплексного анализа водопользования, оценки антропогенной нагрузки и пространственного изучения организации речного бассейна в современных геоэкологических условиях.

Цель диссертационного работы: оптимизация системы управления водными ресурсами на основе анализа и оценки природных и антропогенных факторов в формировании и использовании водных ресурсов в пределах речного бассейна (на примере р. Чумыш).

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи:**

1. Обобщение теоретико-методических подходов к изучению речного бассейна как природно-хозяйственной системы.
2. Анализ природно-климатических и антропогенных факторов формирования и использования водных ресурсов в пределах речного бассейна.
3. Оценка совокупной антропогенной нагрузки на водосбор и водный объект, определение интенсивности хозяйственного воздействия и выявление вклада прямых и косвенных нагрузок в речном бассейне.
4. Разработка схемы территориальной организации природопользования в пределах бассейна р. Чумыш. Сравнительный анализ выделенных типов и форм природопользования с целевыми показателями использования водных ресурсов.
5. Разработка рекомендаций по оптимизации системы управления водными ресурсами в бассейне р. Чумыш.

Объектом исследования является речной бассейн р. Чумыш, расположенный в Обь-Иртышском речном бассейне. **Предмет исследования** – водные ресурсы бассейна, их формирование, использование и управление.

Научная новизна заключается в актуализации и интеграции гидрологических и водохозяйственных данных, а также в формировании тематических баз данных, создающих основу для комплексной оценки и пространственного анализа водных ресурсов бассейна р. Чумыш. Впервые для территории исследуемого речного бассейна определен вклад прямых и косвенных видов антропогенного воздействия в совокупную нагрузку; установлены тренды изменений природно-климатических и антропогенных факторов за период 1943-2021 гг., влияющих на динамику речного стока; разработана схема территориальной организации природопользования, определены ее формы и типы, выполнен сравнительный анализ с целевыми видами использования водных ресурсов.

Теоретическая значимость. Разработана адаптированная методика оценки антропогенного воздействия применительно к исследуемому объекту. Впервые обосновано использование территориальной организации природопользования в качестве инструмента оптимизации системы управления водными ресурсами и водохозяйственной деятельностью. Обобщены и систематизированы существующие подходы к изучению речного бассейна как природно-хозяйственной системы.

Практическая значимость. Полученные результаты могут быть использованы в качестве информационной основы при планировании и реализации природоохранных и водоохранных мероприятий в бассейне реки Чумыш (Справка о внедрении результатов исследования от 18.06.2025 г. №24/П/7295, Министерство природных ресурсов и экологии Алтайского края). Разработанная схема оптимизации системы управления водными ресурсами в бассейне р. Чумыш может быть использована при реализации водохозяйственных мероприятий в регионах бассейна Верхней Оби (Справка о внедрении результатов исследования от 05.06.2025 г. №07-05/675, Верхне-Обское БВУ, отдел водных ресурсов по Алтайскому краю).

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использованы следующие подходы и методы исследования: системный и бассейновый подходы, концепция устойчивого развития, методология интегрированного управления водными ресурсами. Применены современные методики определения антропогенной нагрузки на водосборные территории и водные объекты, актуальные подходы к изучению и анализу территориальной

организации природопользования, картографическое моделирование и ГИС-технологии, статистические методы обработки гидрометеорологической и водохозяйственной информации.

Положения, выносимые на защиту:

1. С целью оптимизации системы управления водными ресурсами бассейн р. Чумыш следует рассматривать как интегральную природно-хозяйственную систему через выявление геоэкологических факторов в формировании, использовании и управлении водными ресурсами, что предполагает последовательное проведение анализа природно-климатических условий, оценку антропогенного воздействия и разработку схемы территориальной организации природопользования.

2. Совокупное влияние природно-климатических и антропогенных факторов за период 1943-2021 гг. способствовало сокращению объемов речного стока р. Чумыш (на 19 %), уменьшению его многолетней вариативности (на 19 %) и повышению степени естественной зарегулированности (на 10 %).

3. Оценка антропогенного воздействия в бассейне р. Чумыш с использованием индексов промышленной, сельскохозяйственной, транспортной и демографической нагрузки позволяет выявить интенсивность хозяйственного освоения территории и установить доли прямого (31 %) и косвенного (69 %) воздействия.

4. Территориальная организация природопользования в бассейне р. Чумыш проявляется в фоновой и фокусно-узловой формах, определяет целевые виды водопользования и выступает инструментом для оптимизации системы управления водными ресурсами.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика диссертационного исследования соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности: Разработка научных основ рационального использования и охраны водных ресурсов Земли (п. 6). Геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов, функционирования природно-технических систем (п. 7).

Фактический материал. В ходе работы были использованы опубликованные исследования и фондовые материалы Института водных и экологических проблем СО РАН, а также статистические данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат). Исходная водохозяйственная информация была получена на основе первичных материалов, предоставленных крупными водопользователями, обобщённых форм государственной статистической отчётности 2-ТП (водхоз), данных интернет-портала «Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов» (АИС ГМВО) Росводресурсов, а также собственных данных, собранных в ходе экспедиционных исследований 2017 и 2024 гг.

Степень достоверности и апробация результатов работы. Научные результаты получены в ходе работ автора по темам госбюджетных НИР Института водных и экологических проблем СО РАН за период 2017-2024 гг. № 0383-2019-0003 «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и их математическое моделирование для стратегии водопользования и охраны водных ресурсов»; № 0306-2021-0002 «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий» (науч. рук. д.т.н. Зиновьев А.Т.).

Апробация методики оценки совокупной антропогенной нагрузки на отдельные водотоки и их водосборные бассейны осуществлялась в рамках гранта РФФИ № 21-55-75002 «Разработка рекомендаций в целях устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон» (2021-2024 гг.) (науч. рук. д.г.н. Рыбкина И.Д.).

Обоснованность научных результатов обеспечивается использованием официальной статистической информации, применением общепринятых методов статистического анализа, проведением натурных обследований объекта исследования, выполнением химических анализов

в Химико-аналитическом центре ИВЭП СО РАН, а также использованием геоинформационных систем (QGIS, ArcGIS).

Основные результаты по диссертации докладывались на международных и всероссийских научных конференциях: «Шаг в науку» (Барнаул, 2017), «Водные и экологические исследования в Западной Сибири» (Барнаул, 2018-2024), IX–X Международный Степной форум Русского географического общества «Степи Северной Евразии» (Оренбург, 2021; 2024), «Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика» (Смоленск, 2021), «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии» (Барнаул, 2022).

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования, формулировке основных научных положений, выносимых на защиту, а также в методическом обеспечении решений поставленных задач, анализе и теоретическом обобщении полученных результатов, формулировке выводов и рекомендаций; подготовке публикаций в рецензируемых научных изданиях.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 13 работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК (1 – в издании, индексируемом в международной базе цитирований Scopus).

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы из 206 наименований, в том числе 11 на иностранном языке. Общий объем работы составляет 154 страниц текста, включая 43 рисунка, 27 таблиц, 2 приложения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. С целью оптимизации системы управления водными ресурсами бассейн р. Чумыш следует рассматривать как интегральную природно-хозяйственную систему через выявление геоэкологических факторов в формировании, использовании и управлении водными ресурсами, что предполагает последовательное проведение анализа природно-климатических условий, оценку антропогенного воздействия и разработку схемы территориальной организации природопользования.

Концептуально речной бассейн рассматривается нами как *интегральная природно-хозяйственная система регионального уровня,* которая является универсальной пространственной единицей для анализа природных, социально-экономических, геополитических и других процессов. Развитие этого представления (рис. 1) произошло от его понимания как исключительно природного объекта к признанию бассейна сложной иерархической системой, включающей социальные и экономические процессы. Речной бассейн занимает ключевое положение в глобальной экосистеме и служит объектом комплексных исследований суши, отражая взаимодействие природных и антропогенных факторов *(Корытный, 2001; Домнин, 2017).*

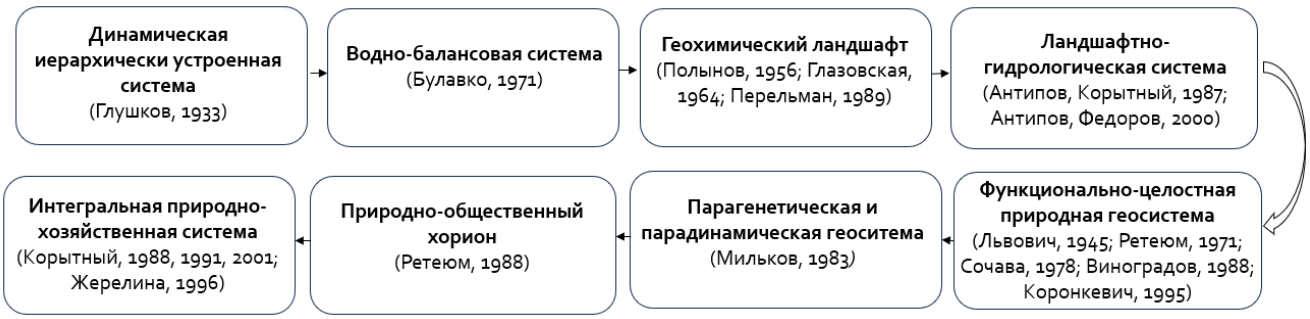

Рисунок 1 – Развитие теоретических представлений о речном бассейне

В рамках географо-гидрологического подхода речной бассейн представляет собой целостную динамическую систему, обладающую иерархически организованной структурой, с

закономерностями объединения всех элементов бассейна под воздействием однонаправленного водного потока *(Глушков, 1933)*, и преобразующую атмосферные осадки в компоненты водного баланса, поддерживая устойчивость и целостность *(Булавко, 1971)*. Совокупность таких характеристик, как направленность потоков, иерархическая структура и системная устойчивость, обосновывает представление о речном бассейне как о самоорганизующейся природной системе.

Изучение речного бассейна с позиции геохимии ландшафтов, в частности, исследование миграции химических элементов и расчёт балансов загрязняющих веществ основывается на бассейновом подходе. Б.Б. Полынов *(1956)* рассматривал геохимические ландшафты как функционально взаимосвязанные участки земной поверхности, объединённые преимущественно водными потоками. Эти идеи были развиты в работах М.А. Глазовской *(1964)* и А.И. Перельмана *(1989)*, где речной бассейн выступает в качестве саморегулирующейся пространственной системы, в пределах которой происходит «замыкание» солевого, водного и твёрдого баланса.

Представление о речном бассейне как о целостной геосистеме послужило основой для формирования ландшафтно-гидрологического направления, основанного на закономерностях взаимодействия природных структур и гидрологических процессов *(Львович, 1945; Ретеюм, 1971; Сочава, 1978, Антипов, Корытный, 1987; Виноградов, 1988; Коронкевич, 1995; Антипов, Федоров, 2000)*. Отмечалось, что бассейн является строго иерархически упорядоченной единицей, служащей основой для различных природных процессов и хозяйственной деятельности. В этом контексте важно отметить вклад Ф.Н. Милькова *(1973)*, который подчёркивал структурообразующую роль водных потоков в организации ландшафтных комплексов, что подтверждает пространственную замкнутость и системность бассейнов.

В дальнейшем, важный вклад в исследование речного бассейна как природно-хозяйственной системы внес А.Ю. Ретеюм *(1978, 1988)*, который представил водосбор как природно-общественный хорион – образование, формируемое однонаправленными потоками вещества и энергии. Автор предложил рассматривать речной сток как силу, упорядочивающую все природные и хозяйственные компоненты в пределах бассейна, что делает его единой природно-хозяйственной системой.

В работах Л.М. Корытного *(1988, 1991, 2001)* речной бассейн рассматривается как функционально-целостная геосистема, ограниченная водоразделами и обладающая четкой иерархической структурой. Такая структура позволяет бассейну выполнять роль природного индикатора состояния окружающей среды и служит пространственной основой для управления природопользованием и выступать в качестве интегральной природно-хозяйственной системы.

Цель комплексного исследования речных бассейнов заключается в выявлении закономерностей и противоречий во взаимодействии природных и антропогенных подсистем, включая процессы формирования и распределения ресурсов речного стока между субъектами *(Сивохип, 2024)*. Достижение этой цели возможно только путем исследования территории с применением ключевых положений и принципов бассейнового подхода.

Бассейновый подход способствует преодолению межведомственных и межрегиональных противоречий, поскольку природные границы речных бассейнов часто не совпадают с административными, что может стать причиной экологических и ресурсных конфликтов *(Жерелина, 1996)*. Важным аспектом совершенствования управления водными ресурсами является соответствие принципам концепции устойчивого развития, которая подразумевает развитие, удовлетворяющее потребности современного общества без ущерба для возможностей будущих поколений *(Our Common Future, 1987)*.

В контексте исследования водных ресурсов и вопросов управления ими, концепция устойчивого развития способствовала становлению идеологии ИУВР, которая основана на бассейновом подходе, обеспечивающем оптимальное управление водными ресурсами в процессе социального и экономического развития. ИУВР – это процесс, направленный на разрешение конфликтных ситуаций в триаде «социум-экономика-экология», основанный на необходимости признания равной важности и справедливости в совместном использовании ресурсов. Этот подход предлагает методы и инструменты для устойчивого управления водным сектором, уделяя

особое внимание поддержанию экологического состояния водных систем *(Красноярова, Резников, 2009)*.

В настоящее время управление водными ресурсами регионов РФ осуществляется по бассейновому принципу, в основе водохозяйственного районирования лежит бассейновый подход. При этом основным инструментом является Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) *(Водный кодекс, 2006)*. Для разработки проектов СКИОВО используются Методические указания *(2007)*, в которых основной акцент делается на учете климатических факторов формирования водных ресурсов и оценке антропогенной нагрузки на водные объекты, но не используется понятие территориальной организации природопользования.

В данной работе решение проблем управления и использования водных ресурсов в речном бассейне предлагается в несколько этапов (рис. 2):

1. Анализ и оценка геоэкологических факторов в формировании водных ресурсов, которые в речном бассейне являются той основой, где происходит развитие и функционирование системы управления водными ресурсами с акцентом на природно-климатические и антропогенные факторы.

Рисунок 2 – Схема исследования речного бассейна р. Чумыш

2. Анализ и оценка геоэкологических факторов в использовании водных ресурсов: антропогенная нагрузка выступает в качестве ключевого геоэкологического фактора, определяющего характер использования водных ресурсов. Анализ водопользования, определение интенсивности площадного воздействия позволяет ранжировать территорию по степени нагрузки и выявить участки с конфликтами интересов водопользователей.

3. Анализ и оценка геоэкологических факторов управления водными ресурсами: разработка схемы территориальной организации природопользования (ТО ПП). ТО ПП отражает пространственную организацию взаимодействия природных и хозяйственных систем. Она является геоэкологическим инструментом, позволяющим управлять водными ресурсами на основе учета природных ограничений и экономических интересов. Также ТО ПП выступает в качестве инструмента оптимизации системы управления водными ресурсами, помогает выделить основные тренды и риски хозяйственного использования бассейна, перспективы дальнейшего развития территории.

Таким образом, представленный алгоритм исследования речного бассейна является комплексной методической основой для управления водными ресурсами речных бассейнов, объединяющей экологические, физико-географические и социально-экономические аспекты развития в рамках единого междисциплинарного подхода, которым и является геоэкологический подход.

2. Совокупное влияние природно-климатических и антропогенных факторов за период 1943-2021 гг. способствовало сокращению объемов речного стока р. Чумыш (на 19 %), уменьшению его многолетней вариативности (на 19 %) и повышению степени естественной зарегулированности (на 10 %).

Объектом исследования является бассейн р. Чумыш, расположенный в пределах Обь-Иртышского речного бассейна (рис. 3). Длина реки составляет 644 км, площадь водосбора – 23 400 км².

Согласно критериям гидрографического районирования *(Приказ…, 2007)*, Чумыш относится к категории средних рек по площади водосбора. Формирование стока р. Чумыш определяется физико-географической неоднородностью региона. Бассейн расположен в пределах юго-западной части Салаирского кряжа, Предсалаирской равнины и Бийско-Чумышской возвышенности. Чумыш образуется в результате слияния рек Кара-Чумыш и Томь-Чумыш.

Рисунок 3 – Картосхема бассейна р. Чумыш

На изменение водного режима р. Чумыш оказывают влияние как природные, так и антропогенные факторы. Среди природных факторов ключевую роль играют климатические условия, включая температуру приземного воздуха и количество выпадающих атмосферных осадков. Антропогенные факторы связаны с изъятием водных ресурсов из поверхностных источников и регулированием речного стока, осуществляемым посредством строительства водохранилища в истоках р. Чумыш.

Для выявления тенденций климатических показателей (температуры воздуха и количества выпавших осадков) применялись линейные тренды. Оценка их значимости выполнена в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке однородности гидрологических характеристик *(2010)*. Оценивался коэффициент корреляции R линейного тренда по отношению к его случайной средней квадратической ошибке σ_R, т.е. $(R / \sigma_R > \beta)$, при 5%-ом уровне значимости или при 95-% доверительной границе β=2.

Температура воздуха выступает одним из основных климатических факторов, определяющих гидрологические особенности территории. Кроме того, колебания температуры воздуха вызывают изменения во влаго- и вещественном обмене между элементами речных бассейнов *(Долгов, Коронкевич, 2012)*.

На основе анализа линейных трендов установлено статистически значимое долгосрочное повышение температуры приземного воздуха в бассейне р. Чумыш на метеостанциях (м/с) Тальменка, Заринск и Киселёвск. Средний рост среднегодовой температуры по трем метеостанциям составляет около 0,34°С/10 лет. Отмеченные особенности современных тенденций в изменении температурного режима коррелируют с общероссийскими тенденциями повышения температур приземного воздуха *(Третий оценочный доклад…, 2022)* (рис. 4).

Максимальное потепление наблюдается в холодный период года (ноябрь-март). В 2002 году в г. Киселёвске было зафиксировано рекордное отклонение температуры от среднегодовой нормы – +7,4 °С. В этот же год на м/с Тальменка и Заринск отклонения составили +5,5 °С и +5,0 °С соответственно.

Установленная тенденция роста температуры воздуха в холодный период приводит к внутригодовому перераспределению стока, выражающемуся в изменении доли зимней межени –

с 1,2 км^3/год до 1,8 км^3/год. Повышение температуры воздуха в зимний период уменьшает глубину промерзания почвы и увеличивает количество оттепелей, что предполагает рост грунтового питания и зимнего меженного стока.

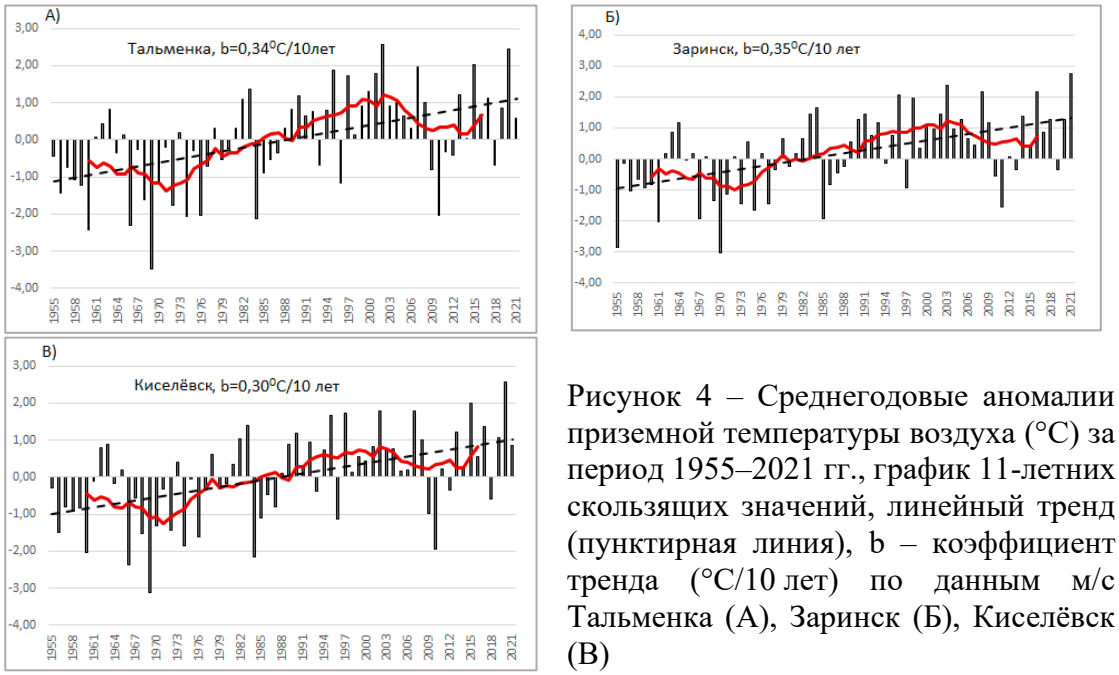

Рисунок 4 – Среднегодовые аномалии приземной температуры воздуха (°С) за период 1955–2021 гг., график 11-летних скользящих значений, линейный тренд (пунктирная линия), b – коэффициент тренда (°С/10 лет) по данным м/с Тальменка (А), Заринск (Б), Киселёвск (В)

Атмосферные осадки являются основной приходной составляющей водного баланса, поэтому существенные колебания их количества рассматриваются как ключевой фактор, определяющий формирование многоводных или маловодных лет *(Черенкова, Сидорова, 2021)*.

В отличие от устойчивого повышения температуры воздуха, многолетние изменения количества атмосферных осадков в бассейне не показывают статистически значимых тенденций.

Влияние указанных факторов подтверждается результатами статистического анализа стока р. Чумыш в створе р.п. Тальменка за периоды 1943-1973 и 1974-2021 гг. Выбор интервала сравниваемых периодов обусловлен неоднородностью временного ряда данных («переломный» год 1973 г.), определенной по трем статистическим тестам Standard normal homogeneity test (SNHT), Buishand и Pettitt (рис. 5).

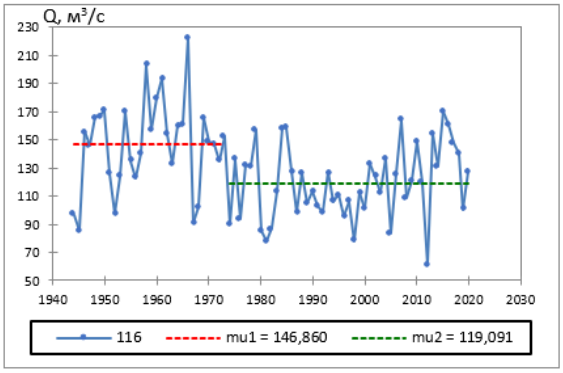

Рисунок 5 – Определение даты нарушения однородности рядов среднегодовых расходов воды на г/п р. Чумыш–р.п. Тальменка (М1 – среднее до, М2 – среднее после нарушения однородности ряда) (тест SNHT)

В результате сравнения средних значений для однородных временных рядов, выделенных в пределах анализируемого периода установлено снижение стока – с 4,7 до 3,8 км³ (−19%) (таб. 1), что выделяет Чумыш среди прочих рек Верхнеобского бассейна, большинство из которых демонстрирует увеличение водности *(Зиновьев, Кошелева, 2018; Самойлова, 2024)*.

Таблица 1 – Изменение годового стока р. Чумыш

Река - створ	Периоды	Среднее значение, Q км^3/год	Дисперсия, σ^2	C_s	C_v
Чумыш - Тальменка	1943-1973	4,7	1,1	0,05	1,6
	1974-2021	3,8	0,6	0,05	1,3
	%	-19	-46	0	-19

Климатически обусловленные изменения стока Чумыша подтверждаются синхронными фазами низкой и высокой водности, что определяется построением разностно-интегральных кривых (РИК) для объемов годового стока по формуле (1):

$$S_t = \sum(K_{\mathrm{Qi}} - 1)\,/C_v \qquad (1),$$

где модульный коэффициент K_{Qi} равен отношению $Qi/\overline{Q}$, в котором $\overline{Q}$ - среднее арифметическое значений всего ряда; S_t – кривая накопления стока в косоугольных координатах с масштабом $Q_0 = 1$, C_v – коэффициент вариации.

На основе анализа РИК *(K_{Qi})* выделены четыре фазы водности: до 1946 г. – снижение водности *($K_{Qi} = 0{,}94$)*; 1947–1966 гг. – рост *($K_{Qi} = 1{,}2$)*; 1967–2012 гг. – понижение *($K_{Qi} = 0{,}89$)*; с 2012 по настоящее время – вновь рост *($K_{Qi} = 1{,}06$)* (рис. 6).

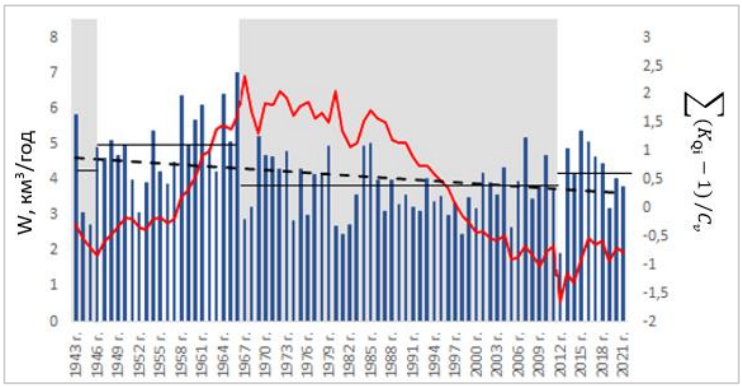

Рисунок 6 – Многолетняя динамика изменений объема годового стока (гистограмма), разностно-интегральная кривая (график), среднее значение объема годового стока по периодам (горизонтальная линия), линейный тренд (пунктирная линия)

Закономерности динамики стока были установлены в ходе анализа многолетних колебаний сезонного стока. В результате анализа выявлены разнонаправленные тенденции: увеличение меженного стока (на 33 %) и снижение половодья (на 32 %), что указывает на перераспределение внутригодового стока в сторону зимне-осеннего периода. Эти изменения согласуются с повышением температур и увеличением жидких осадков (рис. 7).

Анализ многолетних изменений максимального и минимального стока р. Чумыш выявляет разнонаправленные тенденции. Уменьшение доли весеннего стока сопровождается сокращением максимальных расходов воды (на 44 %) при одновременном росте 30-суточного минимального стока зимней межени указывает на сглаживание внутригодовой изменчивости стока.

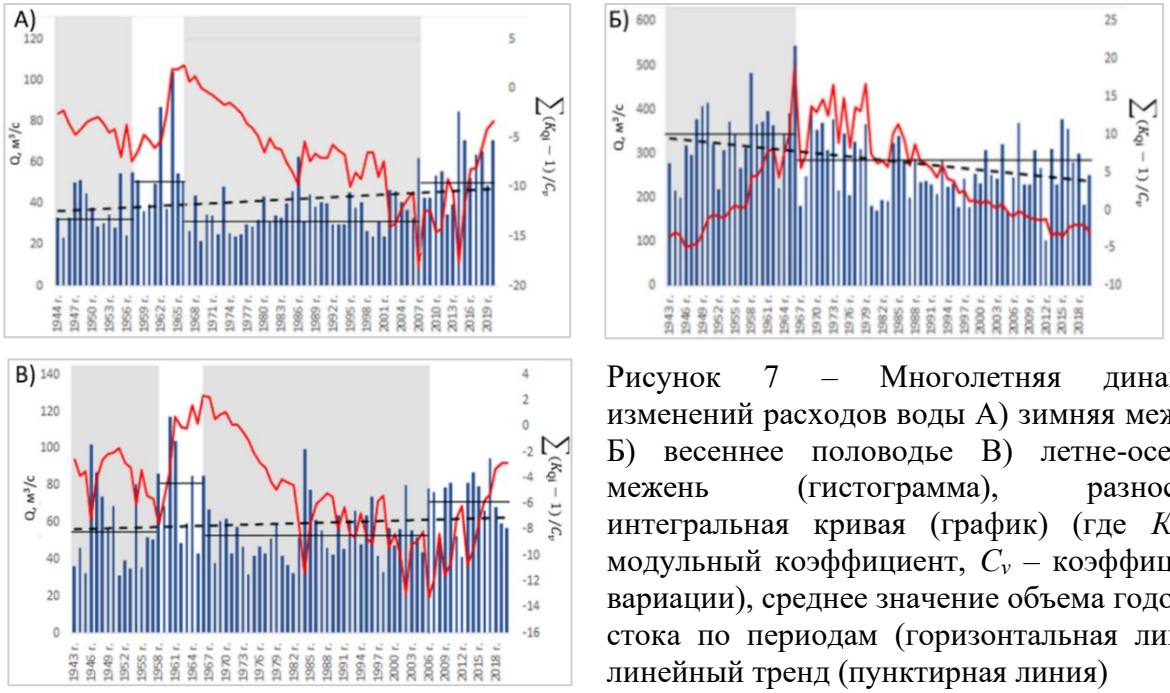

Рисунок 7 – Многолетняя динамика изменений расходов воды А) зимняя межень, Б) весеннее половодье В) летне-осенняя межень (гистограмма), разностно-интегральная кривая (график) (где K_{QI} – модульный коэффициент, C_v – коэффициент вариации), среднее значение объема годового стока по периодам (горизонтальная линия), линейный тренд (пунктирная линия)

Для характеристики неравномерности внутригодового распределения стока воды распространено использование коэффициента естественной зарегулированности φ, который соответствует доле «базисного» стока в годовом объеме стока *(Фролова и др., 2010)*. Он рассчитывается как отношение площади гидрографа, расположенной ниже ординаты среднегодового расхода (F_1), к общей площади гидрографа (F_2) (2):

$$\varphi = F_1 / F_2 \quad (2)$$

Анализ разностной интегральной кривой позволил выявить точку перегиба, приходящуюся на 1979 год, что подтверждено результатами проверки на стационарность по тесту SNHT (рис. 8, 9). Это обосновывает выделение двух этапов в изменении режима стока: первый характеризуется большей внутригодовой неравномерностью, второй – более выраженной зарегулированностью. До 1979 года среднее значение φ составляло 0,45, а в период с 1980 по 2021 год 0,54. Установленные тенденции роста коэффициента зарегулированности, подтверждённые статистически значимым линейным трендом, коррелируют с ранее выявленным увеличением зимнего стока и снижением весеннего половодья. Значительное увеличение естественной зарегулированности стока по масштабу может быть сопоставимо с влиянием водохранилищ сезонного регулирования *(Фролова и др., 2010)*, что и наблюдается на р. Чумыш.

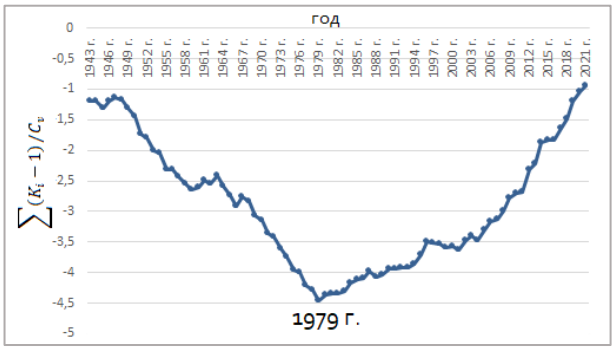

Рисунок 8 – Разностные интегральные кривые коэффициента естественной зарегулированности стока φ р. Чумыш (г/п р.п. Тальменка)

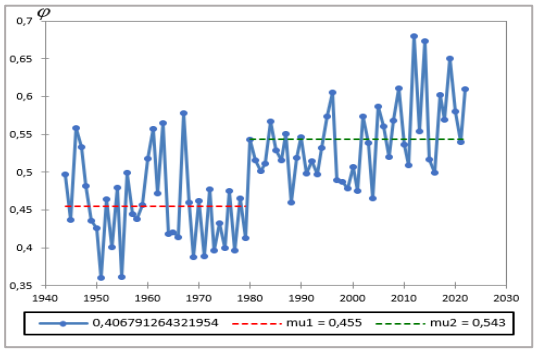

Рисунок 9 – Определение даты нарушения однородности рядов коэффициента естественной зарегулированности стока φ р. Чумыш

Для оценки зависимости тенденций речного стока от климатических параметров использовался коэффициент корреляции Спирмена (r_s). Результаты анализа выявили значимую положительную корреляцию годового стока с осадками (r_s = 0,78) и температурой воздуха (r_s = 0,63), что показывает влияние атмосферного увлажнения и термического режима на формирование водного режима.

Кросс-корреляционный анализ показал запаздывающее влияние осадков на сток с максимальным эффектом при лаге в один год (r = 0,35). Влияние температурного режима на сток проявляется через 3 года, коэффициент корреляции составляет -0,32.

Существенным аспектом антропогенной трансформации бассейна стало создание Кара-Чумышского водохранилища в 1953 году для хозяйственно-питьевых нужд городов Прокопьевска и Киселёвска, объем которого составляет 62,75 млн м³. Оно находится в среднем течении одноименной р. Кара-Чумыш, в истоках р. Чумыш.

Для расчёта степени зарегулированности рек Чумыш и Кара-Чумыш использовалась следующая формула *(Широков, Гриневич, 1982)* (3):

$$ИГЗ = (V_{общ}/V_{рег}) \times 100 \quad (3),$$

где *ИГЗ* – индекс гидрологической зарегулированности, $V_{рег}$ – объём воды, который регулируется за счёт водохранилищ и других гидротехнических сооружений, $V_{общ}$ – общий объём стока реки.

Доля зарегулированности р. Чумыш составляет лишь 2 % при годовом объеме стока 4,09 км^3, однако для р. Кара-Чумыш этот показатель достигает 42 % при годовом объеме речного стока 0,149 км^3. Незначительное влияние на годовой сток Чумыша подтверждает и отсутствие нарушения стационарности рядов за период до 1973 г. (включая строительство водохранилища).

По данным государственной статистики, в 2021 г. объем изъятия водных ресурсов составил менее 1 % (34 млн м^3) годового стока р. Чумыш и 6 % годового стока р. Кара-Чумыш (18 млн м^3).

Таким образом, годовая и сезонная динамика речного стока в бассейне р. Чумыш определяется влиянием в большей степени природно-климатических факторов, которые воздействуют на компоненты водного баланса речного бассейна. Эти факторы вносят свой вклад в изменение объема стока, обусловливая его вариативность и многолетнюю динамику.

3. Оценка антропогенного воздействия в бассейне р. Чумыш с использованием индексов промышленной, сельскохозяйственной, транспортной и демографической нагрузки позволяет выявить интенсивность хозяйственного освоения территории и установить доли прямого (31 %) и косвенного (69 %) воздействия.

Интенсивное освоение водосборных территорий в результате хозяйственной деятельности человека является одной из основных причин загрязнения водных объектов. Исследования показывают, что для малых и средних рек и их водосборов доля загрязняющих веществ, поступающих с диффузным стоком, превышает 60-70% *(Ладога, 2013)*. Но выявить источник загрязнения или оценить вклад диффузного стока для малых и средних водосборов чаще всего затруднительно из-за отсутствия наблюденного ряда показателей гидрохимического состояния водного объекта *(Цибудеева, Рыбкина, 2014)*.

За последние пять лет в бассейне р. Чумыш происходит сокращение объемов забора и сброса сточных вод, но водный объект, по данным Росгидромета, остается в неудовлетворительном состоянии. По представленным данным, за 2017-2021 годы класс качества речной воды по величине удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) определяется как «очень загрязненная» (3Б) и «грязная» (4А) (рис. 10).

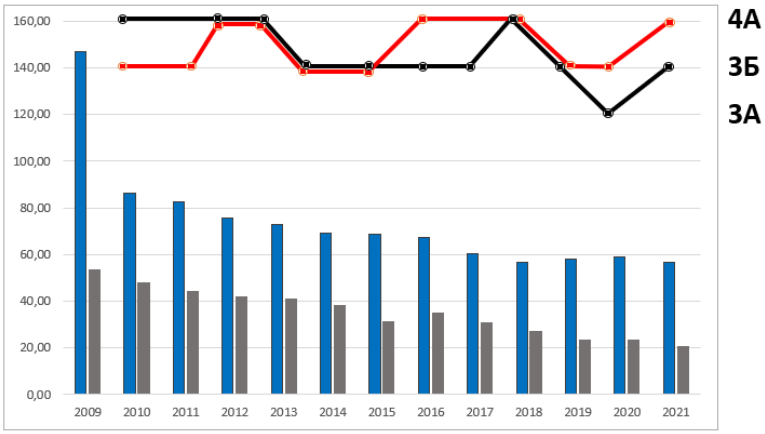

Рисунок 10 – Динамика забора *(синяя столбчатая диаграмма, млн м^3)*, сброса воды (*серая столбчатая диаграмма, млн м^3)* и качества воды в бассейне р. Чумыш *(линейная диаграмма, класс качества воды по УКИЗВ: красная – в р.п. Тальменка, черная – г. Заринск)*

В связи с этим, важным шагом в достижении поставленной цели является определение антропогенной нагрузки на водосбор. Для оценки в бассейнах средних рек автором предлагается адаптированная методика пространственного анализа прямых и косвенных воздействий на водные объекты и их водосборы. Совокупная антропогенная нагрузка определяется как среднеарифметическое значение индексов четырех видов воздействия: демографического, сельскохозяйственного, промышленного и транспортного (таб. 2).

Таблица 2 – Группа показателей для определения косвенного антропогенного воздействия

Группа показателей	Основной показатель, ед. изм.	Усугубляющий показатель, ед. изм.
Демографическая	Плотность населения, чел/км²	Доля городского населения, %
Сельскохозяйственная	Площадь распаханной территории, га	Количество внесенных минеральных удобрений на единицу распаханной территории, кг/га
Промышленная	Выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс. т	Плотность стационарных источников загрязнения, шт./км
Транспортная	Плотность автомобильных дорог, км/км²	Плотность дорог с твердым покрытием, км/км²

Выбранные показатели отражают уровень социально-экономического развития и освоенности бассейна. Для оценки доли факторов в совокупной нагрузке и вклада регионов в общую нагрузку были выделены основные и усугубляющие параметры *(Курганович, Шаликовский, 2014)*.

Далее каждый показатель приводится к единице путем деления на максимальное значение в выборке, что позволяет представить его в виде индекса значений. Полученные индексы суммируются для каждого района, после чего общая сумма подвергается дополнительному масштабированию. Это позволяет определить индекс совокупной антропогенной нагрузки. Для расчетов используется нормирование показателей, что обеспечивает приведение их к безразмерному виду. Расчет проводится по следующей формуле (4):

$$x_i^j = \frac{x_i^j - x_{min}^j}{x_{max}^j - x_{min}^j} \quad (4),$$

где X_{min} и X_{max} – минимальные и максимальные значения показателя, j и i – индексы показателя муниципального образования *(Минуллина и др., 2010)*.

Совокупная антропогенная нагрузка *($I_{сов}$)* рассчитывалась как среднеарифметическое значение индексов четырех видов воздействия: демографического *($I_{дм}$),* сельскохозяйственного *($I_{с/х}$),* промышленного($I_{пр}$ *)* и транспортного *($I_{тр}$)* (5):

$$I_{сов} = \frac{1}{4}(I_{дм} + I_{с/х} + I_{пр} + I_{тр}), \quad (5)$$

На основе выполненных расчетов проведено ранжирование территории по совокупной антропогенной нагрузке в пределах муниципальных образований бассейна (таб. 3, рис. 11). Интенсивность нагрузки варьируется от категории «отсутствует» до «очень высокая».

Таблица 3 – Оценка косвенных антропогенных воздействий в бассейне р. Чумыш

Муниципальное образование	Индекс промышленной нагрузки	Индекс транспортной нагрузки	Индекс с/х нагрузки	Индекс демографической нагрузки	Индекс совокупной нагрузки	Шкала интенсивности антропогенных воздействий
Солтонский	0,0	0,2	0,0	0	***0,03***	очень низкая менее 0,1
Шелаболихинский	0,1	0,2	0,0	0	***0,10***	низкая 0,11-0,2
Таштагольский	0,1	0,3	0,0	0,00	***0,11***	
Маслянинский	0,1	0,3	0,0	0,00	***0,11***	
Троицкий	0,0	0,4	0,0	0,00	***0,13***	
Ельцовский	0,0	0,4	0,1	0,01	***0,15***	
Беловский	0,2	0,4	0,0	0,00	***0,17***	
Залесовский	0,0	0,4	0,2	0,02	***0,19***	
Гурьевский	0,7	0,0	0,0	0,00	***0,23***	пониженная 0,21-0,3
Новокузнецкий	0,5	0,2	0,1	0,01	***0,28***	
Тогульский	0,1	0,4	0,5	0,02	***0,33***	средняя 0,31-0,5
Косихинский	0,0	1,0	0,0	0	***0,33***	
Павловский	0,2	0,9	0,0	0	***0,35***	
Первомайский	0,2	0,6	0,4	0,02	***0,38***	
Кытмановский	0,1	0,3	0,9	0,02	***0,44***	
Тальменский	0,1	0,8	0,5	0,07	***0,51***	повышенная 0,51-0,7
Целинный	0,2	0,6	1,0	0,02	***0,63***	
Черепановский	0,6	0,4	0,6	0,51	***0,74***	высокая 0,71-0,9
Заринский	0,6	0,4	0,7	0,50	***0,76***	
Прокопьевский.	1,0	0,6	0,2	1,00	***1,01***	очень высокая более 0,91
Алтайский край	***1,6***	***6,6***	***4,3***	***0,68***	***4,33***	***Сумма***
Кемеровская область	***2,5***	***1,5***	***0,3***	***1,01***	***1,8***	
Новосибирская область	***0,7***	***0,7***	***0,6***	***0,51***	***0,85***	

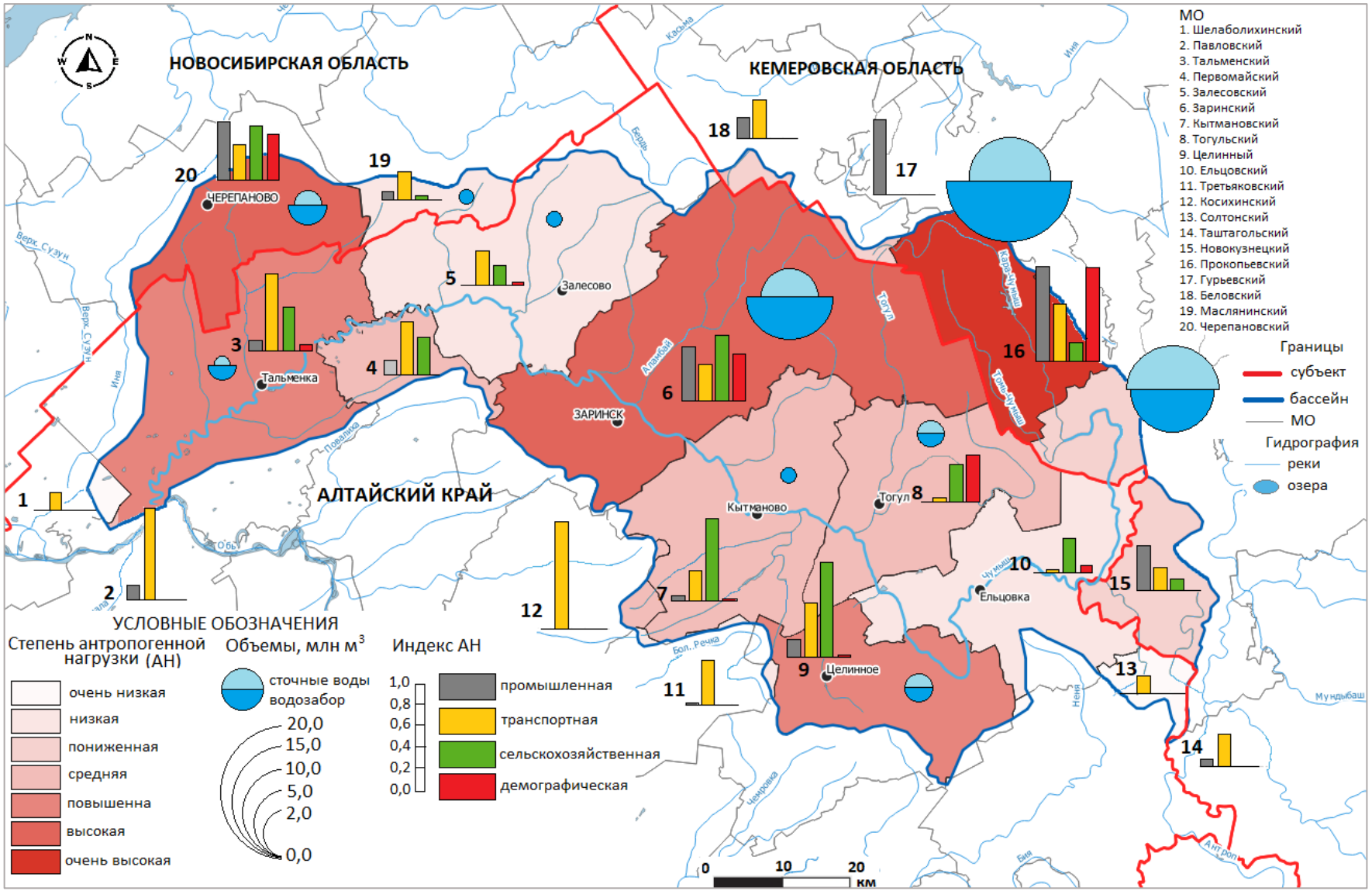

Рисунок 11 – Ранжирование территории бассейна р. Чумыш по совокупной антропогенной нагрузке

В соответствии с таблицей 3, сумма индексов совокупной антропогенной нагрузки по муниципальным образованиям составила 6,98. Из них доля Алтайского края составила 62 %, Кемеровской области – 26 %, Новосибирской области – 12 %.

В результате ранжирования установлено, что в Прокопьевском муниципальном округе (МО) Кемеровской области наблюдается очень высокая нагрузка, обусловленная высокой плотностью населения (83 чел/км²) и уровнем развития промышленного производства.

Высокая нагрузка характерна для Черепановского и Заринского районов, что связано с высоким значением плотности населения (24 и 12 чел/км²), с высоким уровнем развития промышленности, сельского хозяйства и транспортной инфраструктуры.

Повышенная нагрузка отмечена в Тальменском районе, где основным фактором является транспортное освоение, и в Целинном районе, где она обусловлена значительной степенью распаханности территории.

Средняя нагрузка характерна для Тогульского, Косихинского, Павловского, Первомайского и Кытмановского районов Алтайского края, где основным фактором воздействия является сельское хозяйство.

Пониженная нагрузка зафиксирована в Гурьевском и Новокузнецком МО Кемеровской области, где основное влияние хоть и обусловлено промышленным развитием, но определяется периферическими участками в составе бассейна. Низкая и очень низкая нагрузка наблюдается в Шелаболихинском, Таштагольском, Маслянинском, Троицком, Солтонском, Ельцовском районах и Беловском, Залесовском МО, что связано с низким уровнем освоения территории.

Прямые воздействия на водные объекты определялись средними объемами изъятия речного стока и сброса сточных вод за период 2017-2021 гг.

В среднем за исследуемый период общий водозабор в бассейне р. Чумыш составил около 33 млн м³/год, из которых 49% приходилось на поверхностные водоисточники. Наибольший объем забранных вод зафиксирован в Прокопьевском, Новокузнецком МО, включая г. Прокопьевск, а также в Заринском районе. Сброс сточных вод за этот период составил также 33 млн м³/год, из которых 47% приходится на Прокопьевский МО, несмотря на его небольшую долю площади в бассейне. Следовательно, в региональном разрезе, наибольший вклад в прямую антропогенную нагрузку в бассейне р. Чумыш вносит Кемеровская область.

Итого, с помощью расчета доли индексов косвенного и прямого воздействия в общей нагрузке на территорию, удалось определить, что наибольшее влияние на водосбор оказывает косвенная нагрузка и составляет около 69 %, прямая нагрузка оказывает сравнительно небольшое влияние и составляет 31 % от совокупного антропогенного воздействия.

Таким образом, оценка антропогенного воздействия в речном бассейне Чумыша позволила определить степень интенсивности косвенной и прямой нагрузки на водосбор и водный объект.

4. Территориальная организация природопользования в бассейне р. Чумыш проявляется в фоновой и фокусно-узловой формах, определяет целевые виды водопользования и выступает инструментом для оптимизации системы управления водными ресурсами.

Одним из этапов поиска путей оптимизации управления является изучение территориальной организации природопользования. В соответствии с выбранным подходом и методиками (*Рунова и др., 1993; Скрипко, Пестерева, 2010; Каракин, 2011; Зенгина и др., 2014*) на территории бассейна выделены две группы форм: природно-зональная, базирующаяся на площадном использовании природных ресурсов, и фокусно-узловая, образованная под влиянием расселения. Каждой форме присущи свои типы ПП, которые характеризуются индивидуальным набором показателей (таб. 4).

Для анализа структуры природопользования в бассейне выделен преобладающий тип ТО путем выбора экономически значимых из всех прочих. Для этого использован подход «отношение к субъекту» *(Каракин, 2011)*, при котором оценивается вклад определенного административного района в этот тип ПП по бассейну в целом (таб. 5). Пространственное расположение типов ПП природно-зональной группы имеет территориально неоднородный характер проявления в бассейне (рис. 12).

Сельскохозяйственный тип природопользования (растениеводство и животноводство) распространён по всему бассейну благодаря ландшафтным особенностям, преимущественно степным и лесостепным территориям. Наибольшая доля растениеводства сосредоточена в Целинном районе (17 %), животноводства – в Тальменском районе (18 %).

Таблица 4 – Показатели для выделения типов ТО ПП

Природно-зональная группа форм		
Фоновая форма	Сельскохозяйственный тип формы	Стоимость произведенной продукции растениеводства и животноводства (тыс.руб.)
	Лесохозяйственный тип формы	Объемы производства лесозаготовительной и лесообрабатывающей отрасли ($м^3$)
Дисперсная форма	Природоохранный тип формы	Территория ООПТ, $км^2$
Фокусно-узловая группа форм		
Крупноочаговая форма	Горнопромышленный тип формы	Стоимость произведенной продукции добывающей и обрабатывающей промышленности, (тыс.руб.)
Очаговая форма	Промышленный тип формы	
Линейная форма	Транспортный тип формы	Автомобильные дороги с твердым покрытием, км

Таблица 5 – Типы территориальной организации природопользования по административным районам бассейна р. Чумыш

Муниципальное образование	Растениеводство	Животноводство	Лесозаготовка	Обрабатывающая промышленность	Добывающая промышленность
Алтайский край					
Ельцовский	+*	+	-	+	-
Залесовский	+	+	++	+	-
Заринский	++	++	++	+	-
Кытмановский	++	++	-	+	-
Первомайский	+	+	-	+	-
Тальменский	+	++	-	+	-
Тогульский	+	++	++	+	-
Целинный	++	+	-	++	-
Кемеровская область					
Новокузнецкий	+	+	-	++	++
Прокопьевский	+	++	-	+	++
Новосибирская область					
Маслянинский	+	+	-	+	-
Черепановский	+	++	-	++	-

* Примечание. Знак «++» – доля данного типа ПП в районе по отношению к бассейну составляет более 10%, «+» – доля типа ПП менее 10% в районе по отношению к бассейну, «–» – отсутствие.

Лесохозяйственный тип природопользования связан с сырьевой базой и приурочен к лесостепным и таёжным участкам. Основные лесозаготовки сосредоточены в Залесовском (55 %), Заринском (30 %) и Тогульском (15 %) районах.

Дисперсная форма природопользования представлена особым типом хозяйствования – национальным парком «Салаир» (черневая тайга) и заказниками «Талицкий» и «Инской» (приобская лесостепь), имеющими природоохранный статус и соответствующие режимы природопользования. Фокусно-узловая группа включает горно-промышленный тип (добыча угля) ПП Прокопьевского (83 %) и Новокузнецкого (16 %) округов. Промышленный тип сосредоточен в Черепановском (14 %) и Заринском (13 %) районах. Основные отрасли – пищевая, коксохимическая промышленность, производство стройматериалов, машиностроение.

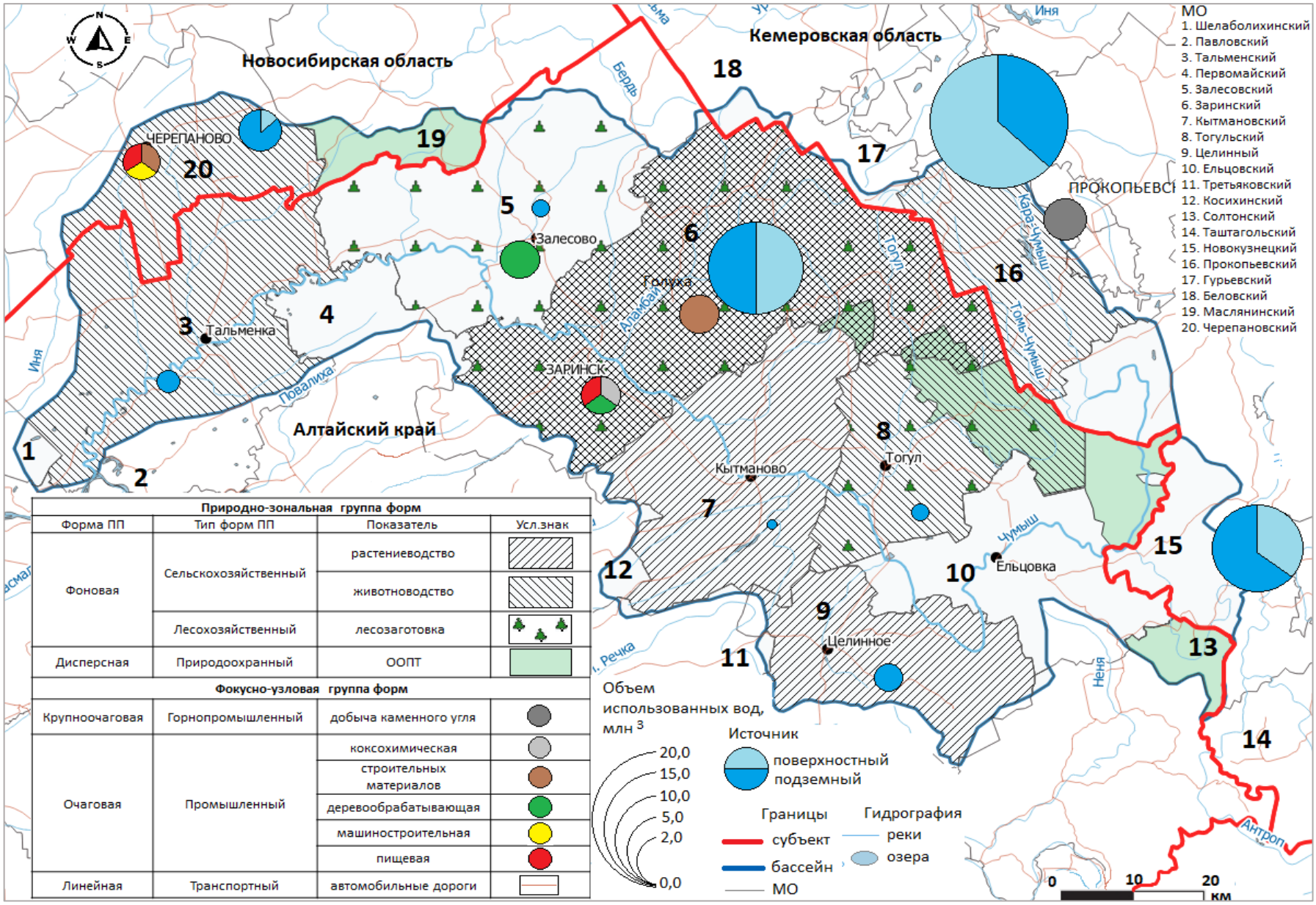

Рисунок 12 – Территориальная организация природопользования в бассейне р. Чумыш

Результаты линейной регрессии подтвердили наличие статистически значимой зависимости между индексами стоимости продукции различных типов территориальной организации природопользования, плотностью населения и объемом водопотребления. Значение $R^2 = 0,93$ говорит о том, что большая часть изменений исследуемого показателя объясняется выявленной зависимостью. Значение F-критерия при $p < 0,05$ свидетельствует о её статистической значимости на 95 % доверительном уровне.

Максимальные объемы использования водных ресурсов связаны с промышленным производством, в частности, с коксохимической, угледобывающей, пищевой промышленностью и производством строительных материалов (рис. 13).

Результаты проведенного пространственного анализа представляют возможность дальнейшей корректировки процессов управления как на уровне отдельных регионов, так и в бассейне в целом. Для этого разработана структурно-логическая схема оптимизации системы управления водными ресурсами с учетом специфики речного бассейна.

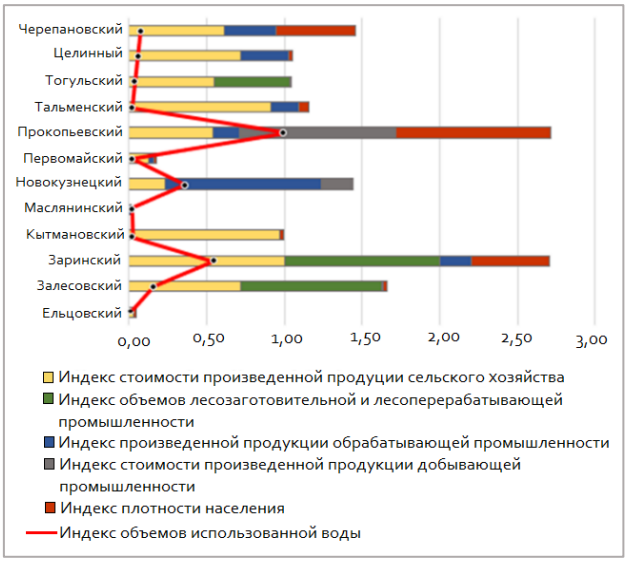

Рисунок 13 – Индексы стоимости произведенной продукции типов ТО ПП, плотности населения и количества использованной воды в бассейне р. Чумыш

Предложенная схема управления включает в себя три блока: природных ресурсов и процессов, водохозяйственный и управления водным ресурсами (рис. 14). Центральным является водохозяйственный блок, который обеспечивает функционирование региональных систем природопользования и их целевые виды водопользования.

Блок природных ресурсов и процессов базируется на оценках водных ресурсов речного бассейна, которые зависят от ряда факторов, прежде всего природно-климатических и антропогенных.

Блок управления водными ресурсами ориентирован на интегрированное и адаптивное регулирование водопользования с целью достижения целевых показателей, предусмотренных национальными проектами (НП «Экологическое благополучие», Государственная программа «Охрана окружающей среды») и индикаторами устойчивого развития территории (Государственная стратегия устойчивого развития РФ). Этот блок способствует выявлению и оценке угроз и рисков, а также возможностей устойчивого функционирования территории с целью выработки стратегии и оперативных управленческих решений для достижения целей устойчивого развития речного бассейна.

Управление водными ресурсами представляет собой поэтапный и последовательный процесс на межрегиональном уровне. Первоначальным этапом в процессе выработки решений является вовлечение всех заинтересованных лиц в обсуждение и решение водохозяйственных и водоохранных задач.

Современная система управления отличается повышенной централизацией принятия решений, что ограничивает гибкость в оперативном управлении водоснабжения и усиливает напряженность между заинтересованными сторонами в водном секторе экономики. Вовлечение

водопользователей в процесс управления водными ресурсами способствует преодолению этих барьеров и интеграции интересов на уровне речного бассейнов.

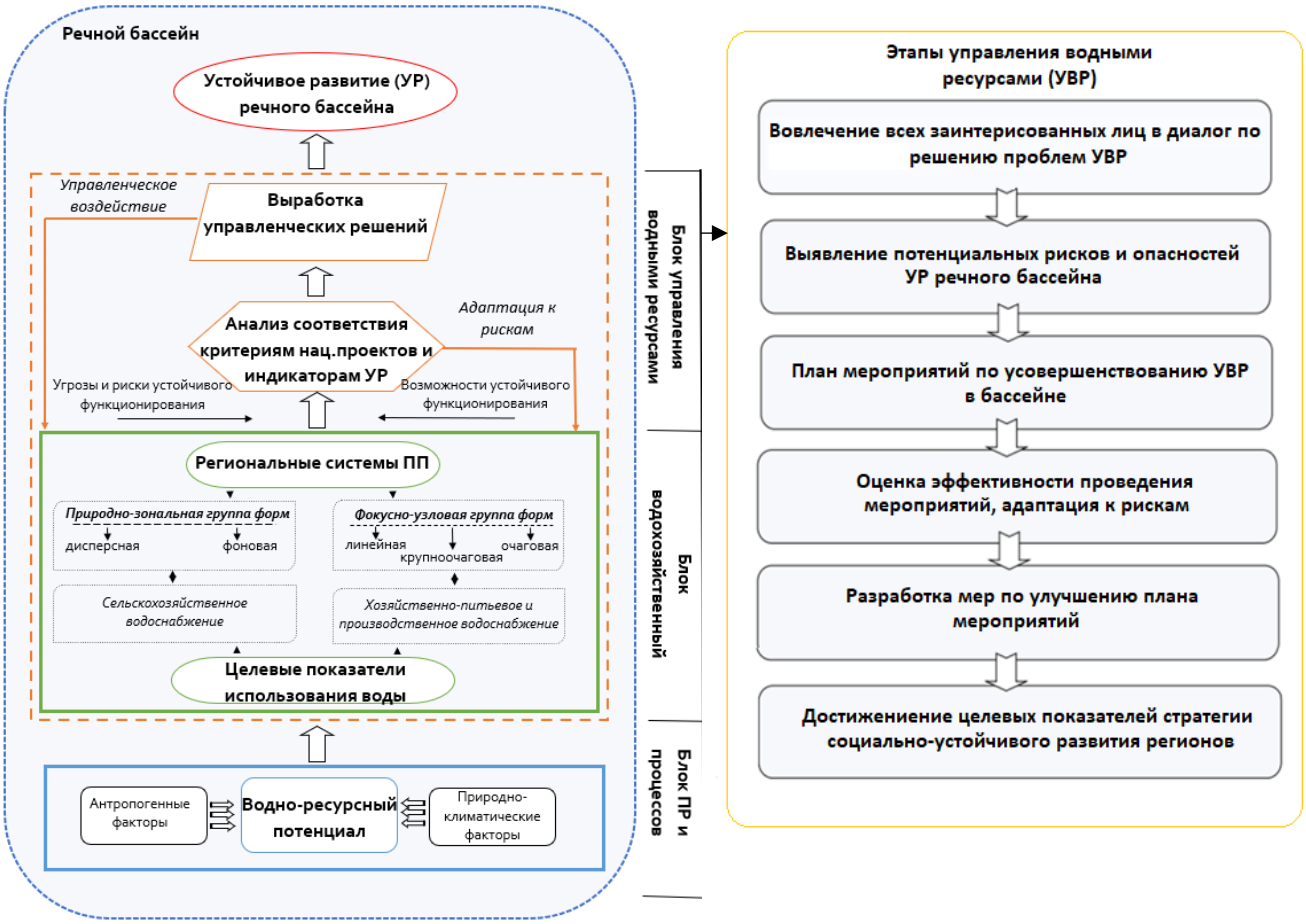

Рисунок 14 – Структурно-логическая схема оптимизации системы управления водными ресурсами, этапы (план) управления водными ресурсами

Последующие этапы связаны с составлением плана мероприятий по улучшению водохозяйственной обстановки в бассейне, контролю за эффективностью их проведения и адаптацией к выявленным угрозам и рискам, что позволит обеспечить водную безопасность территорий и достичь целевые показатели стратегических документов социально-экономического развития регионов. Практические рекомендации по оптимизации управления водными ресурсами приведены в таблице 6. Они направлены на достижение целевых установок предполагаемых мероприятий, а именно:

1. Обеспечение комплексности управления водными ресурсами путем вовлечения в обсуждение проблем всех заинтересованных сторон, повышения взаимодействия между ведомствами на основе единой информационной платформы для обеспечения оперативности, согласованности и эффективности управления водными ресурсами, публичности принятия управленческих решений. Заключение межрегионального бассейнового соглашения между территориальными отделами водных ресурсов Кемеровской, Новосибирской областями и Алтайским краем. Соглашение будет способствовать координации деятельности, направленной на рациональное использование, восстановление и охрану водных ресурсов р. Чумыш.

2. Развитие системы государственного мониторинга водных объектов для оценки эффективности проводимых природоохранных мероприятий в бассейне р. Чумыш с целью достижения показателей качества вод в водных объектах в соответствии с целевыми видами использования водных ресурсов.

3. Совершенствование схемы сдачи отчетности по использованию водных ресурсов, переход от отраслевых водохозяйственных систем к использованию единой информационной платформы, контроль за достоверностью предоставляемых данных.

Таким образом, разработанная структурно-логическая схема оптимизации системы управления водными ресурсами акцентирует необходимость адаптивного управления, способного реагировать на климатические изменения и антропогенное воздействие, обеспечивая баланс между потребностями развития и сохранением речного бассейна.

Таблица 6 – Рекомендации по совершенствованию системы управления водными ресурсами в бассейне р. Чумыш

Наименование мероприятия	Цель мероприятия и решение
Разработка единого Бассейнового плана работ для реализации комплексного принципа управления в пределах бассейна	*Цель:* Оптимизация и контроль водопользования между субъектами *Решение:* Разработка межрегионального бассейнового соглашения трех субъектов РФ
Усовершенствование координации смежных ведомств через создание единого информационной платформы	*Цель:* Обеспечение оперативного взаимодействия и принятия решений через предоставление доступа к актуальным данным о водных ресурсах и связанных с ними процессах. *Решение:* Создание единой информационной платформы, обеспечивающей централизованный доступ к актуальным данным для всех заинтересованных ведомств
Разработка и принятие отдельных региональных *нормативных актов*, регулирующих порядок мониторинга за водными объектами в бассейне (программы мониторинга)	*Цель:* Правовое регулирование, контроль за осуществлением мониторинга водных объектов в бассейне *Решение:* Разработка бассейновой программы мониторинга
Расширение и восстановление государственной наблюдательной сети, организация пунктов гидрохимических наблюдений с привлечением частного капитала, инвесторов	*Цель:* Повышение достоверности информации о состоянии водного объекта, оценка и прогноз его состояния, обеспечение управленческих решений для заинтересованных лиц *Решение:* Установка дополнительных автоматизированных пунктов наблюдения на р. Чумыш
Установление автоматизированных систем контроля качества воды в створах на границе субъектов (Кемеровская область и Алтайский край), выделение необходимых средств для их функционирования	*Цель:* Обеспечение непрерывного наблюдения за качеством воды *Решение:* Установка дополнительных автоматизированных пунктов наблюдения на р. Чумыш и ее притоках на условиях софинансирования заинтересованных водопользователей
Повышение уровня качества воды в водных объектах бассейна р. Чумыш за счет наблюдения за диффузными источниками загрязнения в бассейне. Инвентаризация загрязняющих веществ.	*Цель:* Улучшение экологического состояния водных объектов, сокращение диффузного загрязнения. *Решение:* Организация статистического наблюдения по 3-5 показателям. Наполнение базы данных загрязняющих веществ и источников загрязнения
Контроль уполномоченными органами власти (Росприроднадзор) достоверности данных, подаваемых водопользователями	*Цель:* Оптимизация и оценка принимаемых управленческих решений на основе проверенной водохозяйственной информации в бассейне *Мероприятия:* Создание достоверной базы данных водохозяйственной информации для использования органами исполнительной власти субъектов РФ

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Обобщение теоретико-методических подходов позволило установить, что бассейн р. Чумыш как интегральная природно-хозяйственная система является универсальной пространственной единицей в управлении водными ресурсами, в пределах которой необходимо учитывать геоэкологические факторы в формировании, использовании и управлении водными ресурсами. Алгоритм последовательного изучения и оптимизации системы управления водными ресурсами строится на анализе природно-климатических факторов, оценке антропогенной нагрузки и разработке схемы территориальной организации природопользования.

2. Анализ изменения природно-климатических факторов показал уменьшение объема стока р. Чумыш за наблюденный период. Это проявляется, прежде всего, в сокращении объемов речного стока р. Чумыш (на 19 %), в изменении его многолетней вариативности (на 19 %), а также в повышении степени естественной зарегулированности (на 10 %). Антропогенное воздействие, выраженное в зарегулированности (2 %) и изъятии водных ресурсов (менее 1 %), не оказывает значительного влияния на сток Чумыша.

3. Расчет совокупной антропогенной нагрузки в бассейне Чумыша, выполненный по адаптированной к объекту исследования методике, позволил определить степень интенсивности воздействия хозяйственной деятельности на водосбор и водный объект. Согласно полученным результатам, наибольшее влияние на водосбор оказывают косвенные нагрузки, составляющие около 69 % от общего антропогенного воздействия. Прямые нагрузки оказывают сравнительно меньшее влияние на речной сток, составляя 31 % от совокупного антропогенного воздействия.

4. Разработанная схема территориальной организации природопользования в бассейне Чумыша демонстрирует преобладание сельскохозяйственного, горно-промышленного и промышленного типа ПП. Сравнительный анализ выделенных форм и типов ПП с показателями использования воды выявил зависимость между хозяйственным освоением и целевыми видами водопользования в муниципальных образованиях бассейна. Максимальное водопотребление соответствует фокусно-узловой группе, главным образом крупноочаговой и очаговой формам.

5. Предложенная структурно-логическая схема оптимизации системы управления водными ресурсами базируется на адаптивном подходе к объекту исследования, ориентируется на концепцию устойчивого развития и экологическую безопасность территории бассейна Чумыша в условиях климатических и антропогенных изменений. Разработанные практические рекомендации включают в себя развитие системы государственного мониторинга водных объектов, цифровизацию процессов управления и вовлечение заинтересованных сторон. Комплексная реализация этих мер направлена на достижение баланса между социально-экономическими потребностями и сохранением природного потенциала водного объекта и его водосборной территории

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах Web of Science и Scopus

1. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю., Головин А.В., **Седова Е.Ю.**, Машкина О.В. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бессточной области Обь-Иртышского междуречья // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 2. С. 264-279.

Статьи в научных журналах РФ, рекомендованных ВАК

2. **Седова Е.Ю.,** Рыбкина И.Д. Особенности использования водных ресурсов и оценка антропогенной нагрузки в бассейне реки Чумыш // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. №6. С. 28-38.
3. **Седова Е.Ю.** Территориальная организация природопользования как инструмент оптимизации управления водными ресурсами в речном бассейне // Географический вестник. 2020. № 1(52). С. 130-138.
4. **Седова Е.Ю.**, Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю. Сельскохозяйственная нагрузка в бассейне реки Чумыш // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2025. № 1. С. 82-90.

Материалы докладов и статьи, опубликованные в других изданиях

5. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Губарев М.С., Орлова Е.С., **Седова Е.Ю.** Особенности водопользования в регионах Обь-Иртышского бассейна // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. №4 (43). С. 19-29.
6. **Седова Е.Ю.** Оценка антропогенной нагрузки на водохозяйственный участок реки Чумыш // Шаг в науку: Материалы XVII конференции молодых ученых ИВЭП СО РАН (07 февраля 2017 г., Барнаул). С. 122-130.
7. **Седова Е.Ю.** Территориальная организация природопользования в бассейне реки Чумыш // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2018. № 2(49). С. 18-23.
8. Стоящева Н.В., **Седова Е.Ю.** Рассредоточенная нагрузка от животноводства на водные объекты бассейна р. Бурла // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2019. №4 (55). С. 16-24.
9. Рыбкина И.Д., **Седова Е.Ю.** Управление водными ресурсами в регионах России и Франции: бассейновый принцип и участие заинтересованных лиц // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2021. № 4(63). С. 23-36.
10. **Седова Е.Ю.** Управление водными ресурсами в бассейне р. Чумыш // Степи Северной Евразии: материалы девятого международного симпозиума (07-11 июня 2021 г., Оренбург). С. 720–727.
11. Рыбкина И.Д, **Седова Е.Ю.** Современные факторы и проблемы территориальной организации водопользования и регионального развития на примере регионов Верхней Оби // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика 2021 : Сборник научных статей VII Всероссийской научной конференции с международным участием (15-17 октября 2021 г., Смоленск). С. 400–408.
12. **Седова Е.Ю.,** Рыбкина И.Д. Гидрологические и водохозяйственные аспекты управления водными ресурсами в бассейне р. Чумыш // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. В 3-х томах, (29 августа - 03 сентября 2022 г., Барнаул). Т. 3. С. 175-183.
13. **Седова, Е. Ю.** Проблемы управления водными ресурсами в бассейне р. Чумыш // Степи Северной Евразии: Материалы X международного симпозиума (Международного степного форума) (27 мая - 02 июня 2024 г., Оренбург). С. 1207-1214.