на правах рукописи

Надточий Виктория Сергеевна

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

1.6.21 – Геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Барнаул - 2024

Работа выполнена в ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), г. Новосибирск

Научный руководитель – Попова Наталья Борисовна, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экономики транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Сибирский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВО СГУПС), г. Новосибирск

Научный консультант – Тусупбеков Жанболат Ашикович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов Омского государственного аграрного университета им. П.А.Столыпина, г. Омск.

Официальные оппоненты:
Семёнов Юрий Михайлович, д.г.н., главный научный сотрудник лаборатории физической географии и биогеографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск.

Большаник Петр Владимирович, к.г.н, доцент кафедры географии и методики обучения географии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный педагогический университет», г. Омск.

Ведущая организация:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горно-Алтайский государственный университет», г. Горно-Алтайск.

Защита диссертации состоится «10» октября 2024г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.039.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных и экологических проблем 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 «____» _____ 2024 г.

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

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. С геоэкологических позиций рациональное использование природных ресурсов подразумевает, в первую очередь, оптимальное существование экосистем путем сохранения устойчивости их функционирования. Природные ресурсы – весьма многогранный комплекс, важное место в котором занимают водные ресурсы. Наличие, степень формирования водных ресурсов, их качественные показатели во многом определяют уровень развития хозяйства региона, а величина водопотребления характеризует степень антропогенной нагрузки на водные экосистемы.

Современная территория юга Западной Сибири – это во многом уникальный природный и хозяйственный регион страны, поэтому изучение, учет и оценка условий формирования и рационального использования водных ресурсов юга Западной Сибири обусловлены необходимостью обеспечения оптимальных условий природопользования и научно-обоснованного размещения производительных сил. Следовательно, водные ресурсы данного региона, подчеркивая водообеспеченность территорий, предопределяют направления и режимы хозяйственного использования имеющегося водно-ресурсного потенциала. Многоплановый характер структуры водопотребления создает разную по геоэкологическим последствиям антропогенную нагрузку на водные ресурсы, оценка которой является важной исследовательской задачей.

Степень разработанности темы исследования. База исследований опиралась на методики, изложенные в работах отечественных ученых в области изучения элементов теплового и водного балансов, изучения гидролого-климатических условий формирования водных ресурсов территорий - А.И. Воейкова, А.А. Григорьева, М.И. Будыко, Н.Ф. Бефани, М.В. Болгова, С.А. Двинских и др.

Особую значимость в контексте направления разрабатываемого исследования для автора имели работы сибирских ученых-географов и гидрологов, учитывающие региональные особенности аспектов научно-исследовательской задачи – В.С. Мезенцева, И.В. Карнацевича, Г.В. Белоненко, Д.А. Буракова, Ю.И. Винокурова, Л.М. Корытного, В.А. Земцова, В.М. Савкина, Ю.М. Семенова и др. В трудах сибирских ученых опубликованы результаты исследований водных ресурсов преимущественно регионального уровня с позиций их значимости, климатической обусловленности и пространственной изменчивости.

Геоэкологическое обоснование водным ресурсам как природному капиталу, влияющему на режимы природо- и водопользования, содержится в многочисленных работах теоретической и практической направленности, опубликованных в последние десятилетия. Такими работами для автора стали труды Т.А. Акимовой, В.В. Хаскина, А.П. Кузьмина, Н.Б. Поповой и др. Вопросы исследования водных ресурсов, анализа их современного состояния, а также использования отражены в работах В.И. Данилова-Данильяна, И.Д. Рыбкиной, И.Н. Владимирова, О.В. Мезенцевой, Ж.А. Тусупбекова, Н.В. Стоящевой, Ж.Т. Сивохип и др.

Все это определило для соискателя необходимость дальнейшего развития исследований данной тематики - ретроспективного и перспективного анализа процессов формирования и использования водных ресурсов, их гидролого-климатической обусловленности, водохозяйственной и геоэкологической значимости в развитии хозяйства отдельных территорий и крупных регионов.

Анализ гидролого-климатических условий региона и геоэкологическая оценка ситуации в водном комплексе имеют научно-практическую ценность в целях обоснования направлений рационального использования и охраны водных ресурсов на исследуемых территориях юга Западной Сибири.

Цель диссертационной работы: на основе анализа физико-географических условий и современного состояния водопользования выполнить геоэкологическую оценку формирования и рационального использования водных ресурсов юга Западной Сибири.

Объект исследования: водные ресурсы речных бассейнов территории юга Западно-Сибирской физико-географической страны.

Предмет исследования: закономерности и особенности характеристик пространственно-временной изменчивости условий формирования и рационального использования водных ресурсов исследуемого региона юга Западной Сибири.

Задачи диссертационного исследования в соответствии с поставленной целью**:**

1. На основе анализа природных условий юга Западно-Сибирской физико-географической страны выполнить комплексную оценку особенностей формирования и распределения составляющих теплоэнергетического и водного балансов речных бассейнов исследуемой территории в разрезе ландшафтных провинций с учетом динамики гидрометеорологических характеристик территорий водосборных бассейнов.

2. Оценить ресурсы поверхностных вод речных бассейнов юга Западно-Сибирской физико-географической страны в разрезе административных и природных границ.

3. Исследовать условия формирования и выявить закономерности пространственного распределения геоэкологических параметров природопользования территорий юга Западно-Сибирской физико-географической страны.

4. Проанализировать временную динамику основных характеристик водопользования и с учётом современной антропогенной нагрузки на речные бассейны выполнить геоэкологическую оценку природных систем.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что впервые на современной методической основе с учетом гидролого-климатических и водно-балансовых условий выполнена оценка геоэкологических параметров рационального использования водных ресурсов юга Западной Сибири:

- разработанная и адаптированная для условий исследуемой территории методика гидролого-климатических расчетов (ГКР В.С. Мезенцева) позволила рассчитать составляющие водного и теплоэнергетического балансов с учетом современного состояния гидрометеорологических характеристик территорий водосборных бассейнов;

- выполнена оценка геоэкологических параметров природопользования региона и определены значения коэффициента устойчивости природных систем к техногенезу;

- рассчитаны количественные значения основных параметров - удельной экологической емкости, удельной экологической техноемкости и предельно допустимой техногенной нагрузки на ресурсы поверхностных вод в границах речных бассейнов региона изучения. Исходя из полученных результатов, проведена оценка общего геоэкологического состояния субъектов региона исследования.

Методы исследования. В ходе выполнения исследований использованы общенаучные и конкретно-научные методы: описательные, сравнительные, статистические, картографические, включая картографическое моделирование и методы системного географического анализа. Для представления полученных результатов использовались математические методы и программные продукты обработки информационных данных - Microsoft Excel, AutoCAD; QBASIC.

Информационная база. В основу работы положены результаты исследований автора, данные водного реестра; статистические, литературные и картографические материалы о природных условиях и ресурсах рассматриваемой территории, материалы комплексной государственной статистической отчетности (Росстат), данные федерального агентства водных ресурсов Российской Федерации (Росводресурсы), размещенные на официальных сайтах, материалы бассейнового водного управления региона.

Фактическим материалом послужили данные о расходах воды наблюдательной сети Росгидромета по 112 гидрологическим постам; данные о радиационных характеристиках, температуре воздуха, количестве осадков, высоте снежного покрова, температуре и влажности почвы по 112 метеорологическим станциям, расположенным в шести субъектах юга Западной Сибири; материалы государственной статистической отчетности по основным характеристикам современного природопользования.

Теоретическое и практическое значение работы. Результаты исследований направлены на разрешение важной проблемы современного водопользования, предусматривающей переход от общего водопользования к экосистемному использованию водных ресурсов. Расчетным и аналитическим путем получены сведения о геоэкологическом состоянии ландшафтных провинций, составляющих природно-территориальную основу исследуемого региона и характеризуемых различным геоэкологическим равновесием с точки зрения сложившейся производственно-техногенной нагрузки и имеющейся экологической техноемкости. Определена устойчивость природных систем в пределах не только ландшафтных, но и административных границ исследуемого региона.

Показано, что количественная оценка экологической техноемкости и предельно допустимой техногенной нагрузки изученных территорий речных бассейнов может служить основой для общей геоэкологической оценки территорий субъектов юга Западной Сибири. Данные параметры позволяют определить наиболее напряженные в экологическом отношении районы или участки с повышенной техногенной нагрузкой, сформированной в результате природопользования, обусловленного различными видами хозяйственной деятельности.

Результаты расчетов объективно представляют информационную основу для наглядного картографического отображения особенностей взаимодействия природной и техногенной составляющих региональных процессов, происходящих в экосистеме. Также являются аналитической основой для разработки рекомендаций по снижению антропогенной нагрузки в целом и на поверхностные воды речных бассейнов, в частности. Эти мероприятия, в свою очередь, позволят приблизить территории речных бассейнов к состоянию устойчивости. Полученные научно-практические результаты представлены в Нижне-Обское бассейновое водное управление и в ООО «Земпроект», где используются в целях научного обоснования современного функционирования водохозяйственного комплекса и применены при разработке документов стратегического планирования. Также выполненные исследования зарегистрированы в качестве результата интеллектуальной деятельности (РИД) – номер государственного учета РИД 622110700057-7, дата постановки на государственный учет 07.11.2022 г. (ФГАНУ «Центр информационных технологий и систем исполнительной власти»).

Основные итоги исследования могут быть сформулированы **в следующих положениях, которые и составляют предмет защиты:**

1. Пространственная дифференциация физико-географических факторов является единой основой формирования водных ресурсов и параметров геоэкологической оценки территорий речных бассейнов юга Западной Сибири.

2. Геоэкологические параметры – экологический потенциал поверхностных вод суши, предельно допустимая техногенная нагрузка, экологическая техноемкость – индикаторы состояния и использования водно-ресурсного потенциала речных бассейнов юга Западной Сибири в пределах природных и административных границ.

3. Водно-ресурсная обеспеченность предопределяет функционирование экономики субъектов региона, типизацию территорий по степени устойчивости к антропогенной нагрузке и является фактором формирования геоэкологической оценки.

Область исследования диссертационной работы соответствует пунктам паспорта специальности 1.6.21 – Геоэкология (географические науки):

- оценка состояния водного режима территорий и геоэкологические последствия его изменения в связи с изменениями климатических параметров (п.12);
- геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов, функционирования природно-технических систем (п.7).

Апробация результатов работы. Основные положения диссертации, результаты и выводы исследований представлялись, докладывались и обсуждались на научных и научно-

практических конференциях различных рангов: Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современного водохозяйственного комплекса» (Омск, 2009); IX научно-технической конференции студентов и аспирантов «Наука и молодежь XXI века» (Новосибирск, 2010); XIV Международной научно-практической конференции «Экономика природопользования и природоохраны» (Пенза, 2011); научной конференции «Интеллектуальный потенциал Сибири» (Новосибирск, 2012); Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации водного хозяйства в инновационном развитии АПК» (Москва, 2012); Международной научно-практической конференции «Инновационные факторы развития Трансиба на современном этапе» (Новосибирск, 2012); Всероссийских научных конференциях с международным участием «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии» (Барнаул, 2012; 2017; 2022); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы географии» (Астана, 2017); Всероссийской (национальной) конференция «Актуальные проблемы природообустройства, водопользования и экологии» (Омск, 2019); Международной научно-практической конференции «Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования» (Иркутск, 2019); Всероссийской конференции с международным участием «Динамика и взаимодействие геосфер Земли» (Томск, 2021), XII Международной научно-технической конференции «Политранспортные системы» (Новосибирск, 2022), XV Международной научно-практической конференции «Наука - развитие сельского хозяйства, агропромышленного комплекса, экологии и энергетики» (Уфа, 2022).

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования, формулировке основных научных положений, выносимых на защиту, а также разработке и реализации методики для решения поставленных задач. В ходе подготовки диссертационной работы выполнен анализ литературных источников, статистическая обработка и анализ гидрометеорологической информации, поиск и обработка данных Российской статистической отчетности по параметрам водопользования и экологической устойчивости природных экосистем в границах речных бассейнов для субъектов юга Западной Сибири. Выполнен анализ и теоретическое обобщение полученных результатов, на основе которых сформулированы основные выводы и представлены картографические материалы. Автор принимал непосредственное участие в подготовке статей к опубликованию в рецензируемых научных изданиях, тезисов и материалов конференций к публикации. Все научные и прикладные результаты получены автором лично.

Автор также принял непосредственное участие в проведении мониторинговых исследований территории Омской области, входящей в пределы исследуемой территории - юга Западной Сибири. В частности, обследование Амринской балки у с. Гвоздевка в районе расположения гидротехнического сооружения с целью мониторинга гидрологической ситуации (2020 г.); обследование по оценке состояния комплекса бесхозных гидротехнических сооружений "Гидроузел на реке Камышловка у с. Мельничное Омского муниципального района Омской области" (2021 г.); обследовании гидроузла в д. Усть-Логатка Крутинского муниципального района Омской области (2022 г.); обследование водных объектов в Крутинском и Тюкалинском муниципальных районах Омской области (2022 г.), выполненных по заданию Министерства природных ресурсов и экологии Омской области.

Научные публикации. Основные результаты диссертации изложены в 20 работах, из них 4 статьи опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК и 16 работ, опубликованных в сборниках конференций, из них входящих в базы данных Scopus и Web of Science – 5.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованной литературы, содержит 10 листов приложений. Объем диссертации составляет 192 страницы текста, включая 42 рисунка и 23 таблицы. Список литературы содержит 234 наименования из них 16 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает особую благодарность за передачу бесценного опыта, советы и рекомендации по методике проведения диссертационных исследований и созданию данной работы моему первому научному руководителю – доктору географических наук, профессору Геннадию Васильевичу Белоненко.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность исследуемой темы, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, обозначены защищаемые положения и обоснованы аспекты теоретической и практической значимости работы.

Первая глава содержит характеристику физико-географических условий формирования водных ресурсов юга Западной Сибири. Представлены основные гидролого-климатические особенности рассматриваемой территории: характеристика солнечной радиации, атмосферных осадков, дефицита насыщения. Описаны основные черты рельефа и геологического строения, почвенный и растительный покров. Дана общая характеристика гидрографической сети в пределах исследуемой территории. Представлена система физико-географического районирования по ранее выполненной работе [Винокуров, Цимбалей, 2016] и принятая за основу в диссертационной работе.

Во второй главе проведен анализ отечественных и зарубежных работ в области изучения теплоэнергетического и водного балансов различных бассейнов рек. Представлены научно-методические основы количественной оценки пространственно-временных характеристик элементов теплоэнергетического и водного балансов участка суши и речных бассейнов юга Западной Сибири. На основе этого автором определены количественные значения элементов влагооборотов для рассматриваемой территории и выполнена пространственно-временная оценка их изменчивости.

В третьей главе количественно определены значения таких величин как: экологическая емкость территории (применительно к поверхностным водам суши), экологическая техноемкость, предельно-допустимая техногенная нагрузка, а также определен коэффициент устойчивости территорий в пределах природных и административных границ исследуемого региона.

В четвертой главе выполнена оценка условий рационального использования и охраны водных ресурсов в границах территорий речных водосборов юга Западной Сибири. Выполнена количественная оценка и анализ временной динамики водообеспеченности территории речных бассейнов в разрезе субъектов федерации исследуемого региона. Также оценены направления хозяйственной деятельности субъектов региона с учетом водопотребления и различной по последствиям антропогенной нагрузки на водные ресурсы. Предложены мероприятия по снижению антропогенной нагрузки.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Пространственная дифференциация физико-географических факторов является единой основой формирования водных ресурсов и параметров геоэкологической оценки территорий речных бассейнов юга Западной Сибири.

Водные ресурсы, равно как и водно-экологические условия любой территории, являются результатом взаимодействия большого числа физико-географических факторов. Циркуляция воздушных масс и количественные характеристики радиационного режима тепла, поступающего на дневную поверхность, в совокупности относятся к определяющим факторам климата, формирующим особенности пространственной и временной изменчивости водных ресурсов исследуемой территории. Солнечная радиация - наиболее существенный элемент климата, формирующий энергетическую базу всех природных процессов, протекающих в ландшафтной среде, в том числе и на речном бассейне. Количественные характеристики элементов радиационного режима, их пространственная и временная изменчивость на исследуемой территории юга Западной Сибири в настоящее время изучены не в полной мере во многом из-за недостаточности пунктов наблюдений. Ввиду этого, основные особенности пространственной и временной изменчивости были

исследованы, при непосредственном участии автора, на основе анализа материалов многолетних наблюдений на существующих актинометрических станциях Западной Сибири и сопредельных территорий и приведены в работе [Белоненко, Попова, Тусупбеков, 2012].

В диссертационной работе для отражения изменения общего климатического фона исследуемых регионов, входящих в пределы изучаемой территории, рассмотрены современные метеорологические данные, отражающие изменение температурных характеристик территории и режим атмосферных осадков.

Современные изменения общего климатического фона исследуемых регионов отражают изменения температурных характеристик и режима атмосферных осадков. Представленные современные данные подтверждают сложившуюся динамику повышения среднегодовых значений температуры для всех рассмотренных территорий. Сложившиеся тенденции повышения температуры воздуха четко выражены и имеют региональный характер (рис.1).

Рисунок 1 – Среднегодовая температура воздуха. Метеостанция Ишим

Современные изменения климата проявляются не только в росте приземной температуры воздуха, но также и в других климатических характеристиках. Некоторые из этих проявлений достаточно очевидны, хотя и не всегда линейно, связаны с ростом температуры воздуха.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что характер изменения количественных значений рассмотренных параметров (температура воздуха, атмосферные осадки) за рассмотренные периоды, не во всех случаях носит одинаковый характер. Так, по сравнению с температурным режимом, который имеет явную тенденцию к увеличению своих значений для всех рассмотренных пунктов, количественные значения атмосферных осадков изменяются несколько иначе. Для северных территорий юга Западной Сибири прослеживается увеличение значений этого параметра. Например, для метеостанции г. Ишим среднее значение атмосферных осадков за рассмотренные периоды увеличилось в среднем на 50 мм, в то время как для более южной территории наблюдается хотя и незначительное, но все же уменьшение значений атмосферных осадков. Для метеостанции г. Рубцовск среднее значение атмосферных осадков уменьшилось на 30 мм. Это важно, поскольку, в свою очередь, общее изменение климатических параметров оказывает влияние на изменения характеристик гидрологического цикла.

По характеру рельефа большая часть исследуемой территории - это пониженная, слабо дренированная равнина, на которой чередуются низменности и возвышенности. Центральная часть Западной Сибири – это низменность в сочетании со слабоприподнятыми возвышенностями с отметками высот менее 100 м и от 100 м до 150 м. Равнинный характер рельефа местами осложняется аккумулятивно-ледниковыми грядами и холмами, а также термокарстовыми котловинами. Система орографических элементов, соответствующих макроморфоструктурам третьего порядка определяет формирование региональной

ландшафтной структуры на уровне провинций, это: Барабинская низменность; Ишимская, Васюганская, Восточно-Барабинская, Кулундинская, Предалтайская, Предтургайская, Приаргинская, Северо-Барабинская, Северо-Казахстанская, Туринская и Чулымская равнины, а также плато - Зауральское и Приобское.

В целом в основе физико-географического районирования таких элементов ландшафта [Винокуров, Цимбалей, 2016] лежат зональные и азональные факторы природной среды. Именно они предопределяют региональную дифференцированность условий формирования стока, учитывая, как климатическую, так и орографическую (на уровне зональных областей) приходную и расходную составляющие водного и теплоэнергетического баланса. На рисунке 2 представлена схема физико-географического районирования зональных областей юга Западно-Сибирской физико-географической страны и ее ландшафтных провинций.

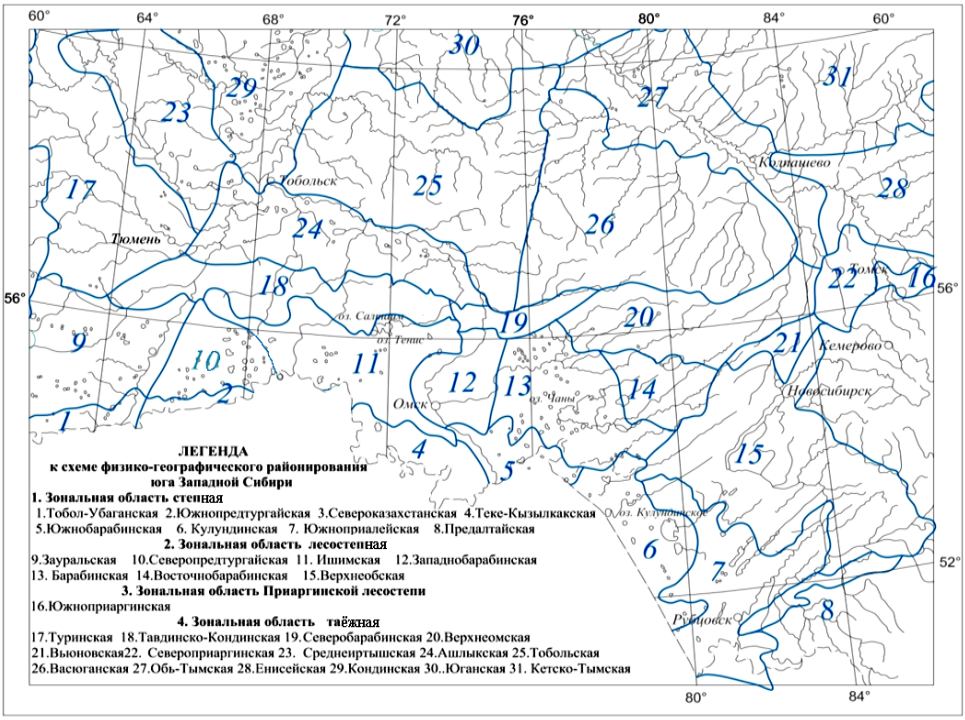

Рисунок 2 - Схема физико-географического районирования

Ландшафтные провинции имеют следующие черты. Почвенный покров изучаемой территории характеризуется большой пестротой. В лесной зоне на водосборах рек Васюгана, Парабели основными являются почвы подзолистого типа на песчаных, супесчаных, глинистых и тяжелосуглинистых отложениях. Плоские обширные территории Васюгана заняты сфагновыми и сфагново-гипновыми болотами с торфяно-подзолистыми глеевыми почвами, развитыми на песчаных и супесчаных отложениях.

Общая характеристика гидрографической сети. В пределах рассматриваемой территории имеется около 75 тыс. водотоков общей протяженностью 309 тыс.км. Реки длиной до 10 км составляют 93% от их общего количества. Густота речной сети колеблется от 0,1 км/км^2 (Обско-Иртышское междуречье) до 0,9 км/км^2 (бассейн р. Томи). Схема рассматриваемых опорных гидрологических пунктов представлена на рисунке 3.

В качестве научно-методической основы количественной оценки пространственно-временных характеристик элементов влагооборота в системе «атмосфера - подстилающая поверхность» нами принято фундаментальное положение о том, что любая из характеристик влагооборота является реализацией сложного и неразрывного процесса превращения энергии и материи. Интенсивность этого процесса обусловливается, прежде всего, степенью соразмерности ресурсов тепла и влаги и особенностями строения земной поверхности.

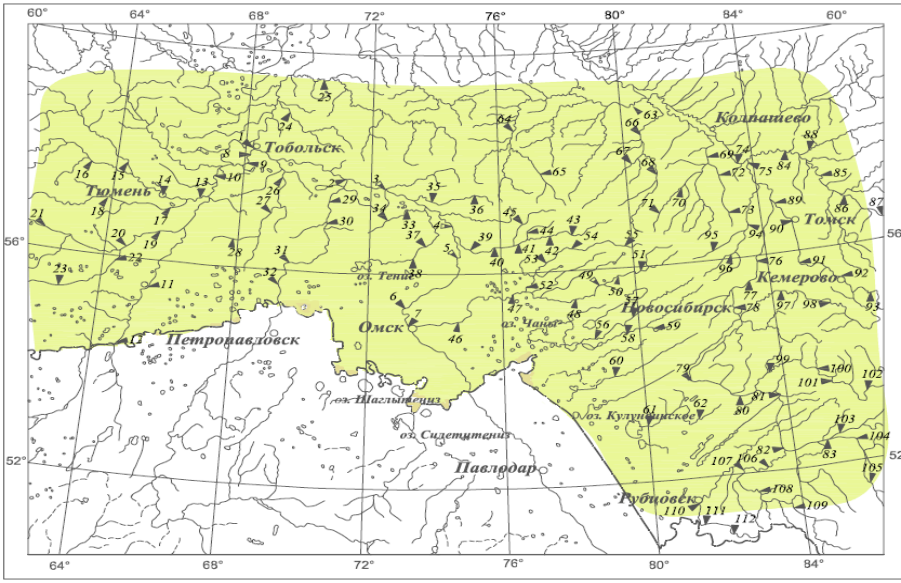

Рисунок 3 - Схема расположения гидрологических станций юга Западной Сибири, использовавшихся в диссертационной работе

В принятой исследовательской методике [Белоненко, 1986], реализация общетеоретического положения о единстве процессов влаго- и теплообмена осуществляется на основе решения замкнутой системы уравнений связи водного и теплоэнергетического балансов участка суши или речного бассейна. В уравнениях, отражающих равенство приходно-расходных статей водного и теплоэнергетического балансов, общими расходными компонентами являются суммарное испарение и затрата тепла на этот процесс.

Определение суммарного испарения с участка суши или с речного бассейна возможно двумя способами – тепловоднобалансовым, когда значения суммарного испарения определяются как остаточный член основных балансовых уравнений, либо по уравнениям связи водного и теплоэнергетического (теплового) баланса. Нами был использован второй подход, вследствие его применимости при относительно ограниченном объеме исходных данных, полученных в результате стандартных измерений. Благодаря высокой достоверности и информативности расчетных параметров и характеристик, такой расчет может применяться в различных природных условиях, в том числе и в бассейнах малых рек. Ход расчетов с использованием уравнений связи, имел следующий алгоритм:

Обозначив $\delta_z = LZ/(LZ_k)$, $\delta_e = E_{эф}/(LZ_k)$, $\delta_p = P^-/(LZ_k)$, $\delta_t = t/(LZ_k)$,

где LZ_k - величина теплоэнергетических ресурсов климата;

LZ, $E_{эф}$, P^-, t – величины затрат тепла на процесс суммарного испарения Z, эффективного излучения, турбулентного теплообмена и алгебраическая сумма затрат тепла на фазовые превращения почвенной влаги и таяние снежного покрова соответственно.

Уравнение баланса теплоэнергетических ресурсов в относительных величинах расходных элементов приняло вид:

$$1 = \delta_z + \delta_e + \delta_p + \delta_t \quad (1)$$

Полагая в $Y = Y_1 + Y_2$ (где Y – суммарный сток), после деления всех компонентов уравнения водного баланса на водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов $Z_к$, получили:

$$\delta_н = \delta_z + \delta_y \quad (2)$$

где $\delta_н = H/Z_k$, $\delta_z = Z/Z_k$, $\delta_y = Y/Z_k$ - относительные величины увлажнения, суммарного испарения и годового стока.

Если в деятельном слое почвы почвенной влаги достаточно, то суммарное увлажнение может достигнуть своего максимума, если же влажность деятельного слоя мала, а, следовательно, мало и $\delta_н$, то испарение δ_z также будет мало. С увеличением $\delta_н$ величина δ_z вначале растет быстро, а при дальнейшем возрастании $\delta_н$ приращение δ_z будет уменьшаться.

Обратное происходит с величиной δ_y: при малых значениях $\delta_н$ приращение δ_y с увеличением $\delta_н$ будет медленным, а по достижении величиной $\delta_н$ некоторого максимума, приращение δ_y значительно возрастет.

Таким образом, δ_z и δ_y в отдельности являются функциями увлажнения деятельной поверхности. При этом в случае возрастания $\delta_н$ значения δ_z и δ_y не могут убывать.

Полагая $\delta_z = f_1(\delta_н)$, $\delta_y = f_2(\delta_н)$, получим:

$$\delta_н = f_1(\delta_н) + f_2(\delta_н) \quad (3)$$

Представляя $\delta_z = f_1(\delta_н)$ в виде дифференциального бинома, и интегрируя его, получаем:

$$\delta_z = \delta_н \left[1 + e^{an} \delta_н^n\right]^{-1/n} \quad (4)$$

Расчеты показали, что возможные значения параметра n, учитывающего условия формирования стока, для речных бассейнов Западной Сибири и сопредельных территорий находятся в интервале от 1,0 до 3,0. Параметр **а** также получен эмпирическим путем [Карнацевич, 1986]. В большей степени этот параметр относится к теплоэнергетическим характеристикам территории.

Расчеты элементов водного баланса за внутригодовые периоды любой продолжительности возможны при наличии аналитической зависимости суммарного испарения от влажности деятельного слоя почвогрунтов, определяющей вместе с теплоэнергетическими ресурсами, интенсивность этого процесса. Значительное внимание расчету испарения по влажности деятельного слоя почвы было уделено В.С. Мезенцевым [1960, 1969].

Основываясь на трехстадийности процесса просыхания почвы и его зависимости от водно-физических свойств, увлажненности деятельного слоя и теплоэнергетических ресурсов, В.С.Мезенцев, интегрируя дифференциальное уравнение зависимости относительного суммарного испарения $\beta_z = Z/Z_m$ от названных факторов, получил:

$$\beta_z = (1 + V^{-r\,n})^{-1/n} \quad (5)$$

Анализ связи суммарного испарения с влажностью деятельного слоя почвы и ее водно-физическими свойствами показывает возможность и допустимость аппроксимации процесса суммарного испарения с помощью уравнения (6), охватывающего основные особенности этого процесса без разрывов непрерывности на всех стадиях просыхания почвогрунтов:

$$\delta_z = V^{1/c}(1 + e^{an} V^{n/c})^{-1/n} \quad (6)$$

Рассмотренная система уравнений связи совместно с уравнением водного и теплоэнергетического балансов позволила нам (соискателю), при наличии значений суммарного увлажнения и теплоэнергетических ресурсов климата, рассчитать все компоненты балансовых уравнений, как за годовой (табл. 1), так и за внутригодовой период.

Отметим, что трактовка этого расчетно-аналитического метода [Белоненко, 1986; Карнацевич, 1992 и др.], позволила раскрыть причинно-следственные связи между общим

увлажнением, теплообеспеченностью и интенсивностью природных процессов, происходящих в ландшафтной среде речного бассейна.

Исходные положения этого метода приняты соискателем в качестве научно-методической основы определения количественных показателей водных ресурсов, использованы при рассмотрении сущности формирования и исследовании особенностей пространственно-временной изменчивости, как элементов влагооборота, так и геоэкологических параметров, на примере речных бассейнов юга Западной Сибири и определения их устойчивости к техногенезу.

Подчеркнем, что оценка естественных условий увлажнения и теплообеспеченности речного бассейна имеет важное научно-практическое значение. Научная составляющая этого направления обусловлена необходимостью раскрыть причинно-следственные связи между общим увлажнением и теплообеспеченностью, а также интенсивностью природных процессов в конкретных физико-географических условиях речного бассейна. Это отражает природную обусловленность, как условий формирования водных ресурсов, так и каждого из параметров геоэкологической оценки территории региона исследования (табл.1).

Таблица 1 – Расчетные параметры уравнений связи, элементы влагооборота: общее увлажнение (КХ, мм); параметр, характеризующий физико-географические особенности формирования стока (m), параметр, учитывающий теплоэнергетические характеристики территории (a), суммарное испарение (Z, мм), валовое увлажнение (F, мм), суммарный (Y, мм) слой стока в средний год (фрагмент).

Ландшафтные провинции	КХ	Параметры		Z	Y	F
		a	m			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
2. Зональная область лесостепи						
9. Зауральская	500	0,52	4,57	422	78	461
10. Северопредтургайская	383	0,53	5,45	350	32	367
11. Ишимская	421	0,55	4,88	374	47	397
12. Западнобарабинская	444	0,54	4,84	398	32	415
13. Барабинская	475	0,55	4,32	412	63	447
14. Восточнобарабинская	525	0,55	3,91	429	96	486
15. Верхнеобская	584	0,54	3,69	479	105	527

Практическое значение заключается в том, что на основе оценки естественных условий увлажнения и теплообеспеченности определяются пути эффективного использования водных ресурсов речного бассейна с учетом геоэкологических последствий этого процесса.

2. Геоэкологические параметры – экологический потенциал поверхностных вод суши, предельно допустимая техногенная нагрузка, экологическая техноемкость – индикаторы состояния и использования водно-ресурсного потенциала речных бассейнов юга Западной Сибири в пределах природных и административных границ.

Если геоэкологические параметры в своей основе имеют, как это было показано выше, природную обусловленность, то влияние производственно-хозяйственной деятельности населения в отдельных случаях изменяет величину и динамику колебания геоэкологических показателей территорий. Это связано с большой вариативностью природных и антропогенных факторов, оказывающих влияние на процессы формирования и использования водных ресурсов. Различное соотношение ресурсов тепло- и влагообеспеченности территории является следствием формирования разнящихся значений, составляющих основу водно-балансовых уравнений. При неизменной доминанте величины

Z – испарения (от 77% для Томской и до 93% для Омской областей), другие элементы водного баланса, в частности, Y – суммарный сток - также меняется фактически синхронно, от 3-4% в Омской и до 11-12% в Томской областях. В других областях региона вклад обозначенных параметров имеет соотношение (%) для Алтайского края - 84/8/8; Тюменской области – 86/7/7 и т.д.

Исходя из представленных выше обоснований, можно сделать вывод о том, что комплекс физико-географических и природно-климатических условий изученной территории предопределяет разный уровень ее водности, водообеспеченности и геоэкологически обусловленной устойчивости.

В диссертационной работе выполнены расчет и анализ следующих геоэкологических параметров природопользования: экологического потенциала ($E_э$), удельной экологической емкости (e_2), экологической техноемкости ($T_э$) по методике расчета, впервые представленной в работе [Акимова, Хаскин, 1994] и используемой в других работах этих авторов [1998, 2000, 2001]. Предельно-допустимая техногенная нагрузка ПДТН (q_2) и коэффициент устойчивости ($К_{уст}$) определялись по методике, приведенной в работе [Попова, 2001]. Согласно методическим положениям, экологический потенциал или экологическая емкость поверхностных вод суши численно равна произведению трех величин – объема водной среды, концентрации экологически значимых элементов в этой среде и скорости обновления объема рассматриваемой среды, то есть:

$$E_э = W \cdot c \cdot f \qquad (7)$$

где $E_э$ – экологическая емкость определяемого компонента среды, т/год, в нашем случае поверхностных вод суши; W – объем водной среды (соответственно км^3); c – содержание (концентрация, плотность) экологически значимого элемента, т/км^3; f – параметр, характеризующий скорость обновления объема (1/год).

Необходимо отметить, что обозначенные авторы в своих работах указали подходы к количественным представлениям показателей геоэкологических параметров, рассчитав их на страновом (по миру) и региональном (Западная Сибирь) уровнях. В нашей работе представлено количественное содержание каждого из параметров геоэкологической оценки применительно к водно-ресурсному потенциалу сравнительно локального по масштабу региона - югу Западно-Сибирской физико-географической страны.

В частности, количественные значения удельного экологического потенциала поверхностных вод суши и его динамика в средний год для речных бассейнов юга Западной Сибири представлены на рисунке 4.

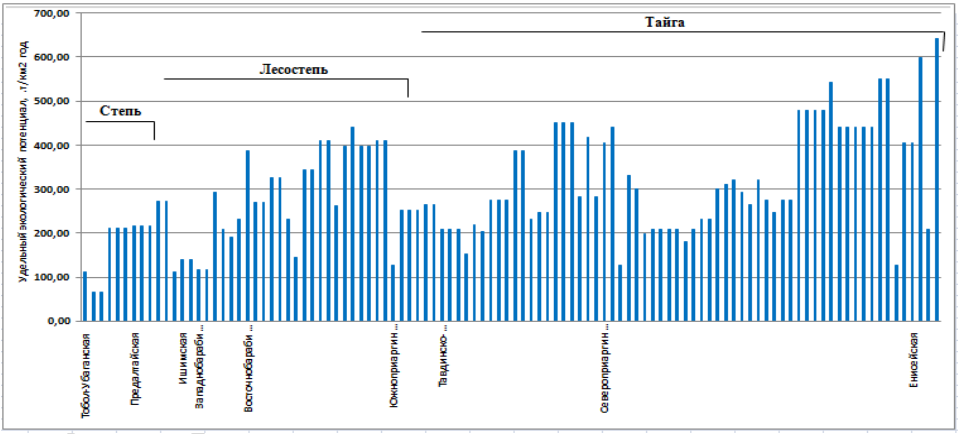

Рисунок 4. Динамика удельных значений экологического потенциала поверхностных вод суши, т/км^2 год (рассчитано и составлено автором)

Исходя из результатов расчетов выявлено, что значения ПДТН в средний год имеют динамику колебаний, близкую значениям $E_э$. Полученные численные значения $E_э$ поверхностных вод суши и ПДТН позволяют оценить и определить перспективные направления хозяйственной деятельности регионов, обеспечивающие устойчивость элементов природной среды к возможным видам негативной нагрузки. Пространственная интерпретация предельно допустимой техногенной нагрузки поверхностных вод суши исследуемого региона представлена на рисунке 5 и показывает северо-восточный тренд ее возрастания.

При оценке техногенной нагрузки на речные бассейны исследуемой территории, самым целесообразным представляется бассейновый подход. Количественная оценка экологической техноемкости ($T_э$) соизмерима со значениями допустимой техногенной нагрузки ПДТН (q_2), то есть численно равна эмиссии загрязняющих веществ. Массовые расчеты значений экологической техноемкости проводились автором по формуле, описанной в издании [Акимова, Хаскин, 1994], но с опорой на реальные данные статистических наблюдений по исследуемому региону:

$$T_э = \sum (E \cdot X \cdot \tau), \quad (8)$$

где $T_э$ - оценка экологической техноемкости, выраженная в единицах массовой техногенной нагрузки (усл.т/год);

E - оценка экологической емкости среды (т/год);

X - коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде;

τ - коэффициент перевода массы в условные тонны (коэффициент относительной опасности примесей - усл.т/т).

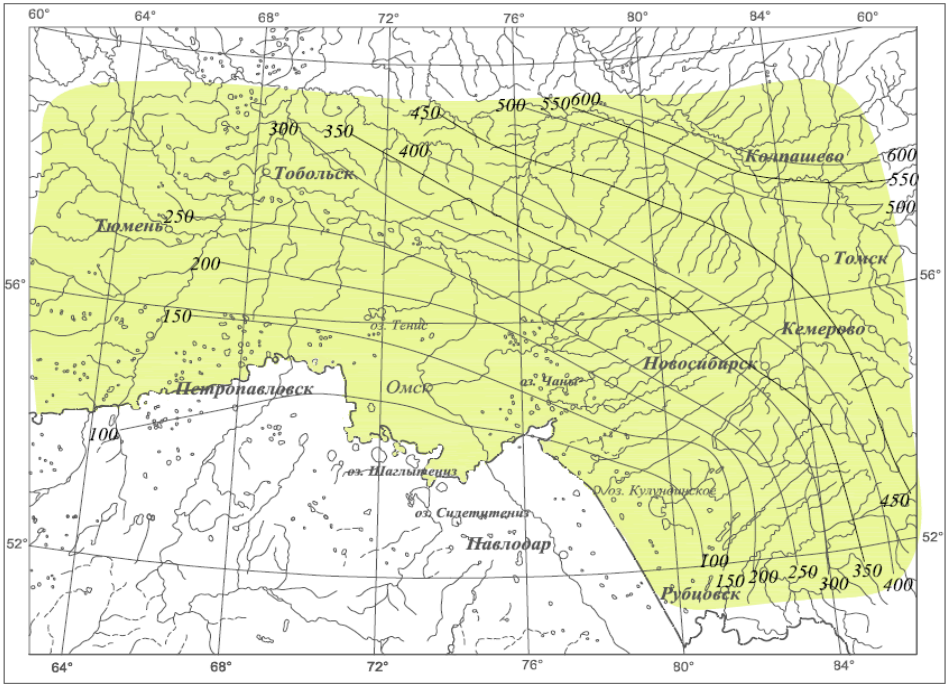

Рисунок 5. Пространственная интерпретация предельно допустимой техногенной нагрузки (q_2) поверхностных вод суши юга Западной Сибири (разработано автором)

Результаты расчетов и их картографическое отображение показали, что характер временного и пространственного распределения параметров имеет динамику, аналогичную изменениям значений поверхностного стока. Картограмма экологической техноемкости, отнесенной к единице площади, то есть удельные значения экологической техноемкости (t_2), выполнена для ландшафтных провинций и представлена на рисунке 6.

Интенсивность цветного фона указывает на фактические размеры данного показателя. Количественные значения параметров зависят от определенной совокупности как природно-климатических, физико-географических, так и экологических условий. Для получения количественных значений этих параметров были выявлены закономерности изменения во времени и пространстве параметров тепло- и влагообеспеченности исследуемой территории при помощи решения уравнений теплового и водного балансов.

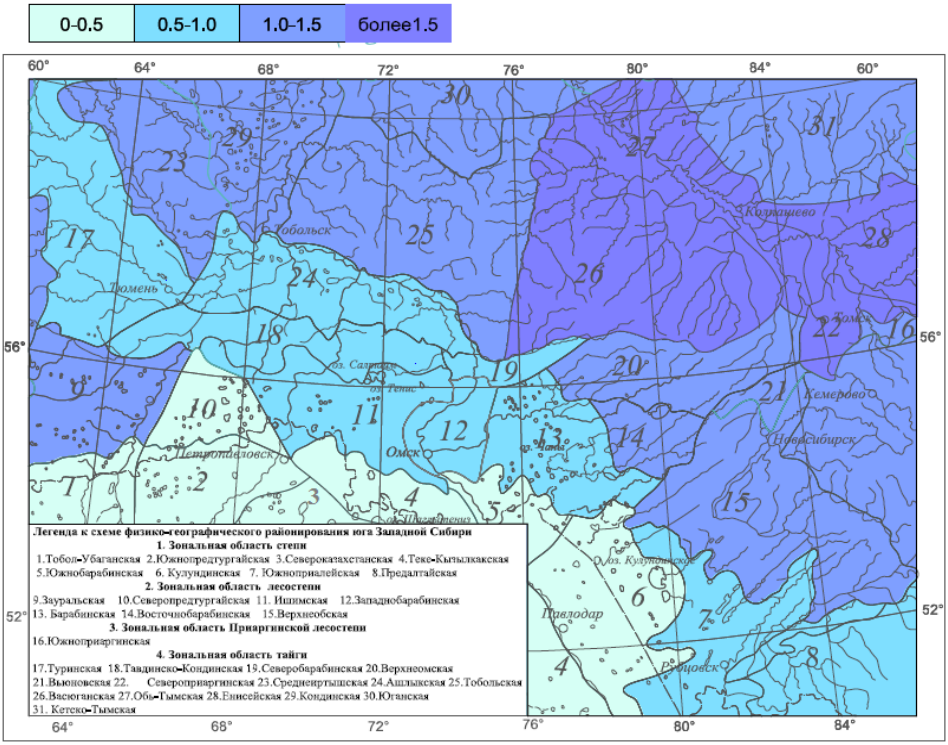

Рисунок 6. Картограмма удельной экологической техноемкости ландшафтных провинций юга Западной Сибири (разработано автором)

Таким образом, рассматриваемые геоэкологические параметры и их удельные значения отражают состояние и устойчивость элементов природной (водной) среды региона исследования и определяют их геоэкологическую оценку.

3. Водно-ресурсная обеспеченность предопределяет функционирование экономики субъектов региона, типизацию территорий по степени устойчивости к антропогенной нагрузке и является фактором формирования геоэкологической оценки.

Современные данные в отношении антропогенной нагрузки на речные бассейны свидетельствуют, что фактическая нагрузка в средний год составляет от 30% (р. Алей – г. Рубцовск, р. Каргат – пгт. Здвинск, р. Чулым – пос. Ярки) до 150% - р. Пышма – с. Богадинское, р. Исеть – с. Мехонское, р. Тартасс – с. Венгерово, р. Вагай –

д. Нововыигрышная) от общей экологической техноемкости поверхностных вод суши территории. Это указывает на широкий диапазон и различную степень нагрузки на речные бассейны в границах исследуемых территорий. В ряде случаев эти значения свидетельствуют о достаточно неблагоприятных экологических условиях использования водных ресурсов.

Для оценки степени антропогенной нагрузки применялся показатель (коэффициент), характеризующий устойчивость природных систем ($К_{уст}$). Подчеркнем, что количественно значение $К_{уст} = 1$ характеризует речные бассейны, находящиеся в состоянии предельного экологического равновесия, что позволяет назвать их фактически неустойчивыми по отношению к общему уровню антропогенной нагрузки. Соответственно, значения коэффициента устойчивости в диапазоне $0 \leq К_{уст} \leq 1$ будут характеризовать природную систему в целом как устойчивую. При этом значения коэффициента $К_{уст} = 0,7$ указывают на нагрузку, уже составляющую 70% экологической техноемкости поверхностных вод суши, что соответствует в целом критическому состоянию природной системы. Значения $К_{уст} > 1$ свидетельствуют о состоянии деградации природных систем территорий речных бассейнов. При этом значения менее 0,7 указывают на устойчивое состояние природных систем.

По расчетным значениям $К_{уст}$ ландшафтные провинции региона были объединены в группы, характеризуемые различным экологическим равновесием (по сложившейся производственно-техногенной нагрузке и имеющейся экологической техноемкости $Т_э$) – табл. 2. Тот факт, что геоэкологические параметры $Е_э$, $Т_э$, ПДТН не только определяют устойчивость природных систем, но и служат индикатором для современной оценки состояния водных ресурсов, а также планирования и прогнозирования их рационального использования, показано в исследовательских материалах и доказано результатами.

Таблица 2 – Группировка территорий с различным экологическим равновесием по значению коэффициента устойчивости $К_{уст}$ (разработана и составлена автором)

Характеристика групп ландшафтных провинций	Перечень ландшафтных провинций относящихся к данной группе	Значения $К_{уст}$
Группа экологического равновесия	Предалтайская; Североприаргинская; Обь-Тымская.	$К_{уст} < 0,5$
Группа предельного экологического равновесия	Кулундинская; Южноприалейская; Ишимская; Верхнеобская; Енисейская.	$0,5 \leq К_{уст} < 0,7$
Группа критического экологического равновесия	Тобол-Убаганская; Зауральская; Северопредтургайская; Западнобарабинская; Восточнобарабинская; Южноприаргинская; Тавдинско-Кондинская; Вьюновская; Ашлыкская; Васюганская; Кондинская.	$0,7 \leq К_{уст} < 1,0$
Группа экологической деградации	Барабинская; Туринская; Верхнеомская; Тобольская.	$К_{уст} \geq 1,0$

Известно, что одной из главных задач рационального использования водных ресурсов является гарантированное обеспечение потребителей водными ресурсами. В практике природопользования интерес представляют в первую очередь поверхностные водные ресурсы. Среднее многолетнее значение величин водных ресурсов исследуемого региона показано в табл. 3.

Из табличных данных видно, что в южной части исследуемого региона - на территориях Новосибирской, Омской, Кемеровской областей и в Алтайском крае – значение показателя суммарных водных ресурсов снижается, что является отражением влияния климата и рельефа местности. Следовательно, различие условий увлажнения, строение и формы рельефа территорий речных бассейнов объективно предопределяют распределение водных ресурсов и показателя водообеспеченности субъектов региона.

Таблица 3 - Среднее многолетнее значение величин водных ресурсов в субъектах юга Западной Сибири на 01.01.2021 г (Росводресурсы)

Субъекты Российской Федерации (области, края, республики)	Средние многолетние значения водных ресурсов, км^3 /год	Водообеспеченность населения, тыс.м^3/год /чел на 01.01.2021 год
Тюменская область, с ХМАО и ЯНАО	583,7	158,1
Алтайский край	55,1	23,9
Кемеровская область	43,2	16,3
Новосибирская область	64,3	23,0
Омская область	41,3	21,6
Томская область	182,3	169,7

Взаимосвязь природного, социального и хозяйственного компонентов в природо- и водопользовании территорий раскрывают материалы, обобщенные в табл. 4.

Таблица 4 – Сравнительные показатели водопотребления и водоотведения в субъектах Западной Сибири (Регионы России. Социально-экономические показатели, 2021)

Субъекты (области, края, республики, национальные округа)	Показатели, млн м^3					
	водопотребления				водоотведения (сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты)	
	использование свежей воды		объем оборотной и последовательно используемой воды			
	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Тюменская обл. (без округов)	404	424	1230	1340	103	83
Алтайский край	340	353	859	772	15	13
Кемеровская обл.	1751	1477	4524	4654	700	262
Новосибирская обл.	676	541	978	748	107	83
Омская обл.	258	180	1202	694	177	126
Томская обл.	531	332	882	804	14	181

Исходная основа для определения размерности показателей – это, с одной стороны, условия увлажнения и строение подстилающей поверхности территорий речных бассейнов, то есть природные факторы и динамика их пространственно-временного распределения. С другой – показатели объемов забираемой воды, а также объемов сточных вод, преимущественно зависят от численности населения и направленности хозяйственной освоенности территории.

Данные таблицы 4 отражают динамику показателей объемов водопотребления и отведения сточных вод за 2010-2020 гг. Хозяйственная деятельность субъектов региона исследования имеет преимущественно промышленную направленность, особенности производств которой отражены в табл. 5.

Таблица 5 – Виды промышленного производства на 01.01.2021г. (Регионы России. Социально-экономические показатели, 2021)

Субъекты федерации	Промышленное производство, млрд руб.			
	добыча полезных ископаемых	обрабатывающие производства	обеспечение электроэнергией газом, паром	водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов
Тюменская область (без округов)	183,2	651,7	59,0	18,5
Алтайский край	9,1	361,9	44,7	10,5
Кемеровская область	722,4	621,9	101,5	69,9
Новосибирская область	51,5	564,1	68,7	23,8
Омская область	2,1	865,4	53,2	13,7
Томская область	115,2	199,0	31,9	8,8

Сопряженный анализ сведений, обобщенных в таблицах 2-5 позволил синтезировать расчетную информацию, полученную для субъектов региона, основываясь на его природных (табл. 2), природно-административных (табл. 3), хозяйственных (табл. 4-5) особенностях. В результате в табл. 6 приведены данные по значениям геоэкологических параметров природопользования, обобщенные для субъектов региона.

Таблица 6 – Средние значения удельной экологической емкости (e_2), удельной экологической техноемкости (t_2), предельно допустимой техногенной нагрузки (q_2) и значения коэффициента устойчивости для территорий субъектов юга Западной Сибири ($К_{уст}$) (разработана и составлена автором)

Субъекты Российской Федерации (области, края, республики)	e_2, т/км^2 год	t_2, усл.т/км^2 год	q_2, тут/км^2	$К_{уст}$
1	2	3	4	5
Тюменская область, б/о	67915	0,91	215,4	0,86
Алтайский край	61463	0,79	211,9	0,54
Кемеровская область	103619	1,22	327,3	0,72
Новосибирская область	94091	1,19	317,4	0,91
Омская область	67864	0,91	244,2	0,83
Томская область	113239	1,36	365,4	0,72

Таким образом, на основе исследовательских данных стало очевидным, что основные принципы рационального природопользования и охраны водных ресурсов можно применить и осуществить на практике, владея информацией о современном состоянии водообеспеченности регионов, степени водопользования, а также о нагрузке на водные ресурсы, возникающей в ходе хозяйственной деятельности. То есть соблюсти баланс в системе трех взаимосвязанных аспектов - экологического, экономического и социального – что, в свою очередь, поспособствует развитию и сохранению устойчивости природных систем. Данные, полученные в результате расчетов и представленные в табл. 6, позволяют сделать вывод о количественных значениях обозначенных параметров: удельной экологической емкости, удельной экологической техноемкости и предельно допустимой техногенной нагрузке на ресурсы поверхностных вод речных бассейнов. $К_{уст}$ отражает реальную экологическую ситуацию, сложившуюся в субъектах региона исследования.

Подчеркнем, что на основе всестороннего исследования условий использования водных ресурсов, а также с учетом существующих видов антропогенного воздействия, на исследуемой территории нами выделено несколько структурных групп, в которых объединены территории с различными сложившимися геоэкологическими условиями.

Первая группа характеризуется природными, социально-экономическими условиями и особенностями водопользования, которые отвечают основным показателям экологического равновесия и где $К_{уст}<0,5$. Отметим, что в административных границах в эту группу не попадает ни один из субъектов исследуемого региона. Вместе с тем, отдельные районы Алтайского края, расположенные в границах Предалтайской ландшафтной провинции; Кемеровской и Томской областей в границах Североприаргинской ландшафтной провинции, а также Обь-Тымской ландшафтной провинции Томской области – характеризуются лучшими по исследуемому региону условиями, обеспечивающими сбалансированное взаимодействие окружающей природной среды и общества.

К **следующей группе**, характеризующейся условиями предельного экологического равновесия территории (согласно предложенному в работе типу объединения территорий в группы по $К_{уст}$), где $К_{уст}$ поддерживается в режиме от 0,5 и <0,7 относятся основные территории Алтайского края, Кемеровской области, а также некоторые районы Омской и Тюменской областей, территориально соответствующие Ишимской ландшафтной

провинции. В эту же зону попадает часть территорий Новосибирской и Омской областей в границах Северобарабинской ландшафтной провинции, а также часть Томской области, расположенная ближе к р.Енисей, что соответствует Енисейской ландшафтной провинции.

К **следующей группе**, характеризующейся условиями критического экологического равновесия, где $К_{уст}$ поддерживается в режиме от 0,7 и <1,0 относится около 50% территории Тюменской области (без округов); часть Новосибирской области в границах районов, соответствующих Восточнобарабинской, Вьюновской и Васюганской ландшафтным провинциям. В Омской области – это районы, территориально приуроченные к Васюганской, Западнобарабинской, Ашлыкской (Ялуторовской) и Тавдинско-Кондинской ландшафтным провинциям. В Томской области – это районы, соответствующие Васюганской ландшафтной провинции, а также Южноприаргинской. При этом в данную группу, частично входят территории всех шести субъектов исследуемого региона.

В **группу**, характеризующуюся условиями деградации, входят территории, где значения $К_{уст}$ много превышает показатель в 1,0. Данная картина наблюдается в Тюменской области, часть территорий которой расположены в пределах Туринской ландшафтной провинции. Кроме того, $К_{уст}\geq1$, демонстрируют некоторые районы в таких областях, как Омская, Новосибирская, Томская. В частности, условия деградации сложились в районах, территориально приуроченных к Тобольской ландшафтной провинции в Тюменской, Омской и Томской областях; к Барабинской ландшафтной провинции в Новосибирской и Омской областях; к Верхнеомской ландшафтной провинции в Новосибирской и Томской областях.

Исследования показали, что при дальнейшем расширении хозяйственной деятельности учет обозначенных геоэкологических условий крайне необходим, поскольку соответствует соблюдению принципов рационального природопользования.

В целом количественная оценка экологической техноемкости и предельно допустимой техногенной нагрузки изученных территорий речных бассейнов является основой для общей геоэкологической оценки территорий субъектов юга Западной Сибири. Данные параметры позволяют определить наиболее напряженные в экологическом отношении районы или участки с наибольшей техногенной нагрузкой, сформированной в результате длительного использования территории, обусловленного различными видами хозяйственной деятельности.

Следовательно, количественная оценка экологической техноемкости и предельно допустимой техногенной нагрузки изученных территорий речных бассейнов является основой для общей геоэкологической оценки этого региона. Картограмма значений коэффициента устойчивости ($К_{уст}$) для ландшафтных провинций юга Западной Сибири представлена на рисунке 7.

Таким образом, исследования, проведенные в диссертационной работе, есть аналитическая основа для разработки рекомендаций по снижению антропогенной нагрузки на поверхностные воды речных бассейнов. По нашему мнению, в мероприятиях, отвечающих такому назначению, должны быть учтены особенности каждого из рассмотренных субъектов исследуемого региона. В частности:

- для территорий, изначально испытывающих недостаток в водных ресурсах, связанный с естественными физико-географическими и гидролого-климатическими условиями, необходимо проводить мелиоративные мероприятия по улучшению условий формирования стока водосборных бассейнов. К таким регионам можно отнести Омскую, Кемеровскую и Новосибирскую области, юг Тюменской области и территории Алтайского края, обладающие наименьшими показателями по водообеспеченности населения;

- при разработке комплекса мероприятий по выявлению фактических значений ресурсных ограничений, следует учитывать суммарные ресурсы поверхностных вод в пределах речных бассейнов юга Западной Сибири как региона исследования;

- результаты проведенного исследования, в том числе показали, что в целях эффективного использования водных ресурсов, для субъектов изученной территории –

Новосибирской, Омской, Тюменской (без округов), Кемеровской, Томской областей и Алтайского края необходимо разработать программу действий по внедрению водосберегающих технологий. Подобное регулирование использования водных ресурсов позволит сократить общую техногенную нагрузку на речные бассейны.

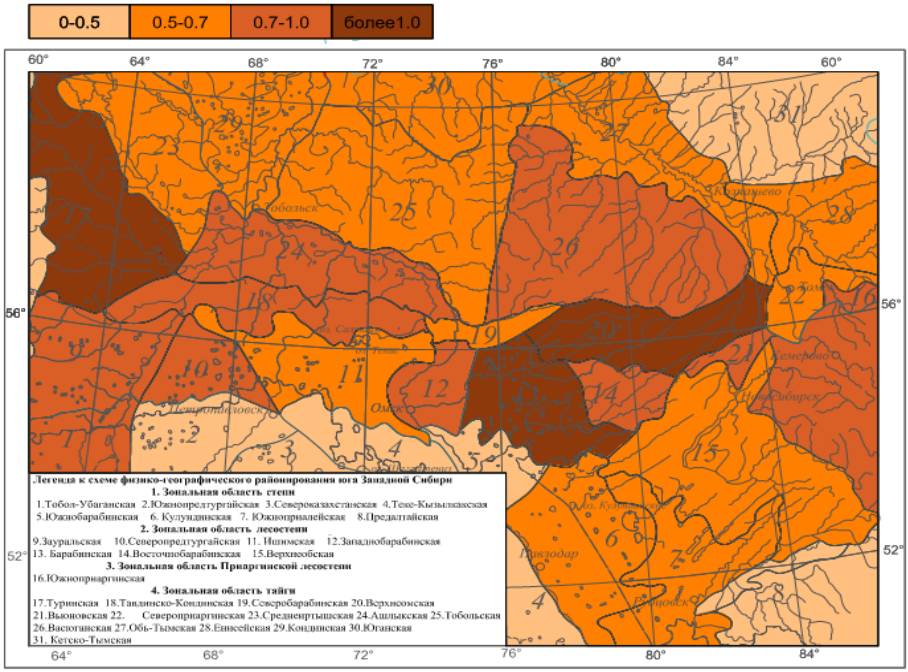

Рисунок 7. Картограмма значений коэффициента экологической устойчивости ($К_{уст}$) для ландшафтных провинций юга Западной Сибири (разработана и составлена автором)

Кроме того, увеличение числа наблюдательных пунктов гидрологической сети, особенно на малых водных объектах, способствовало бы более полному учету количественных и качественных параметров речного стока, а, следовательно, наиболее эффективному (в нашем случае, экологически нормированному) использованию ресурсов стока. Предложенные мероприятия позволят приблизить природные системы речных бассейнов в границах исследуемых территорий к состоянию их экологической устойчивости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Содержание исследовательских материалов и полученные результаты основаны на изучении, обобщении и обосновании условий формирования и рационального использования водных ресурсов, которые отражены в следующих выводах и отвечают современным задачам геоэкологии как направлению в науках о Земле:

1. В работе выполнена комплексная оценка особенностей формирования и распределения составляющих теплоэнергетического и водного балансов речных бассейнов юга Западной Сибири. Алгоритм оценки основан на анализе всех природных факторов их формирования – рельефа, геологического строения, почвенного и растительного покрова, но в первую очередь, климата, как объективной предпосылки их (факторов) постоянства в силу природных закономерностей и особенностей его (климата) теплоэнергетических ресурсов.

В ходе решения данной задачи уточнены количественные значения ресурсов тепла и ресурсов увлажнения с учетом динамики гидрометеорологических характеристик, как основополагающих параметров формирования водных ресурсов. На основе комплексного анализа создан картографический материал для отображения современных условий формирования и распределения составляющих водного и теплоэнергетического балансов. Эти физико-географические особенности представлены в 1-й главе и приложениях работы.

2. Анализ гидролого-климатических и экологических условий исследуемого региона позволили провести оценку поверхностных вод речных бассейнов юга Западной Сибири, рассчитать их количественные параметры, а также выявить закономерности их пространственно-временного распределения.

В частности, в работе показано, что пространственно-временные изменения характеристик тепловлагообеспеченности обусловливают особенности гидролого-климатического районирования территории. По данным метеостанций для речных бассейнов исследуемой территории, определены значения параметров уравнений связи, элементов влагооборота и получены аналитические зависимости по отдельным территориям. Полученные результаты представлены в тексте и таблицах приложений, а также оформлены в виде картографических материалов.

3. В работе выполнены исследования условий формирования геоэкологических параметров природопользования – экологического потенциала поверхностных вод суши, предельно допустимой техногенной нагрузки, экологической техноемкости для территории юга Западной Сибири, а также установлены закономерности их пространственного распределения.

Учитывая природу формирования экологического потенциала, физико-географическое распределение ресурсов тепло- и влагообеспеченности определяет значение, как экологического потенциала, так и предельно допустимой техногенной нагрузки территории, что и показали наши расчеты, обобщенные в серии рисунков, приведенных в материалах 3-й главы.

4. На основании анализа современной производственно-техногенной нагрузки и сформированной экологической техноемкости, в диссертационной работе показана временная динамика основных характеристик водопользования за период 2000-2020 гг., для исследуемых речных бассейнов в разрезе субъектов территории юга Западной Сибири.

В результате выполненных исследований в работе предложено деление исследуемой территории с использованием коэффициента устойчивости в качестве основополагающего критерия, позволяющего объединить в группы территории (ландшафтные провинции в границах субъектов региона) с различными сложившимися экологическими условиями.

Согласно значениям коэффициента устойчивости, ландшафтные провинции исследуемого региона распределены по группам, характеризуемым различным экологическим состоянием: от равновесного, характерного для трех ландшафтных провинций; до предельного, отличающего условия в шести ландшафтных провинциях; в критическом состоянии пребывают одиннадцать ландшафтных провинций; состояние с признаками экологической деградации характерно для четырех ландшафтных провинций.

Выполненная типизация территорий по значениям коэффициента устойчивости ($К_{уст}$) отражает результат техногенной нагрузки на имеющиеся водные ресурсы исследуемого региона в пределах природных и административных границ.

Использование специальных подходов наряду с классическими методами и приемами географической науки позволили разработать информационную основу и представить картографическое сопровождение выводов и результатов. Выполненные в диссертационной работе исследования и соответствующие им частные выводы существенно расширили имеющиеся представления о внутренней дифференциации водных ресурсов. В дальнейшем планируется разработать теоретическую основу рационального взаимодействия природной и техногенной составляющей водных ресурсов для обоснования режимов природопользования.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:
Статьи в научных изданиях из перечня ВАК

1. **Надточий В.С**. Климатические условия формирования водных ресурсов юга Западной Сибири // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т.23. № 12. С. 23-31.

2. **Надточий В.С**. Оценка динамики водопользования субъектов Западной Сибири //Вестник СГУГиТ. 2017. Т. 22. № 3. С. 215-227.

3. **Надточий В.С**., Попова Н.Б., Тусупбеков Ж.А. Водообеспеченность субъектов юга Западной Сибири //Астраханский вестник экологического образования. 2022. Т. 5 (71). С. 97-103.

4. Попова Н.Б., Ряполова Н.Л**., Надточий В.С.** Вопросы методики оценки экологической обстановки в регионе // Инновации в жизнь. 2020. № 2 (33). С. 8-18.

Материалы конференций, индексируемые WoS / Scopus

5. ZhA Tusupbekov, NL Ryapolova, **VS Nadtochy** Hydrological and climatic conditions of water resources formation in the south of Western Siberia // International Scientific and Practical Conference in commemoration of Corr. Mem., RAS, A.N. Antipov "Geographical Foundations and Ecological Principles of the Regional Policy of Nature Management" 23–27 September 2019, Irkutsk, Russian Federation Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 381 012091 Geographical Foundations IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 381 (2019) 012091 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/381/1/012091.

6. ZhA Tusupbekov, NL Ryapolova, **VS Nadtochy** Total evaporation from the surface of river catchments in Western Siberia // III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies 18-20 June 2020, Krasnoyarsk, Russia IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548(1). P. 052054 (1-6). doi:10.1088/1755-1315/548/5/052054

7. ZhA Tusupbekov, NL Ryapolova, **VS Nadtochy**, NB Popova Water resource potential of agricultural lands of Omsk region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Volume 954 (2022) 012087. International Conference on Global Technology Trends in Agribusiness (WTTA 2021) March 29-30, 2021, Omsk, Western Siberia, Russian Federation. doi:10.1088/1755-1315/954/1/012086

8. ZhA Tusupbekov, **VS Nadtochy** The influence of the level of Lake Tenis on the flooding and nderflooding of agricultural land in the adjacent territory // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1154 (2023) 012055. IOP Publishing. EESTE-II-2022. Russian Federation. doi:10.1088/1755-1315/1154/1/012055.

9. ZA Tusupbekov, VS Nadtochy, NL Ryapolova, M Ibraev Geoecological assessment of the state of water bodies in the Irtysh river basin within the Omsk region // VI International Conference on Actual Problems of the Energy Complex and Environmental Protection (APEC-VI-2023). E3S Web of Conferences 411, Number of page(s) 7, 02066 (2023). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341102066

Публикации в материалах научных и научно-практических конференциях

10. **Салтыкова (Надточий) В.С.** Изменчивость поверхностного стока территории юга Западной Сибири / В.С. Салтыкова (Надточий), Г.В. Белоненко //Актуальные вопросы современного водохозяйственного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции. Омск: ОмГАУ, 2009. С. 24-25.

11. **Салтыкова (Надточий) В.С.** Оценка допустимой техногенной нагрузки на речные бассейны Западной Сибири /Н.Л. Ряполова., В.С. Салтыкова (Надточий) //Экономика природопользования и природоохраны: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2011. С. 39-41.

12. **Салтыкова (Надточий) В.С.** Водные ресурсы Западной Сибири и их экологическая устойчивость /Н.Л. Ряполова, В.С. Салтыкова (Надточий) // Роль мелиорации

водного хозяйства в инновационном развитии АПК: Материалы Международной научно-практической конференции. Москва: Изд-во МГУП, 2012. С. 155-161.

13. **Салтыкова (Надточий) В.С.** Динамика водопользования и техногенной нагрузки на водные ресурсы в субъектах федерации Западной Сибири /Г.В. Белоненко, В.С. Салтыкова (Надточий) // Водные и экологические проблемы Сибири и центральной Азии: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Барнаул: ИВЭП, 2012. Т. I. С. 16-18.

14. **Салтыкова (Надточий) В.С.** Оценка природно-ресурсного потенциала Западной Сибири на примере использования водных ресурсов / В.С. Салтыкова (Надточий), Н.Л. Ряполова // Реализация государственной программы развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: инновации, проблемы, перспективы: материалы II Международного научно-технического форума. Омск: ОмГАУ, 2013. С. 310-312.

15. **Надточий В.С.** Гидролого-климатические и эколого-географические условия формирования элементов водного баланса озера Эбейты / Ж.А. Тусупбеков, Н.Л. Ряполова, В.С. Надточий // Природообустройство. 2014. №4. С. 60-63.

16. **Надточий В.С.** Анализ качественных показателей воды реки Иртыш в створе города Омска / В.С. Надточий, Н.Л. Ряполова // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: сборник трудов III Всероссийской научной конференции с международным участием. Барнаул: ИВЭП, 2017. Т. II. С. 161-165.

17. **Надточий В.С.** Оценка гидролого-климатических характеристик территории Омской области / Ж.А. Тусупбеков, В.С. Надточий, Н.Л. Ряполова // Актуальные проблемы природообустройства, водопользования, агрохимии, почвоведения и экологии: сборник материалов Всероссийской (Национальной) конференции. Омск: ОмГАУ, 2019. С. 79-82.

18. **Надточий В.С.** Исследования элементов водного баланса и почвенной влаги на территории Омской области с целью обеспечения рационального использования и охраны водных и земельных ресурсов /Ж.А. Тусупбеков, Н.Л. Ряполова, В.С. Надточий //Экологические чтения - 2019: материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием. Омск: ОмГАУ, 2019. С. 381-386.

19. **Надточий В.С.** Гидролого-климатические основы экологического потенциала и предельно допустимой техногенной нагрузки юга Западной Сибири /В.С. Надточий, Ж.А. Тусупбеков //Динамика и взаимодействие геосфер Земли: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2021. Т. III. С. 254-256.

20. Надточий В.С. Хозяйственное использование водных ресурсов юга Западной Сибири /В.С. Надточий, Н.Б. Попова, Ж.А. Тусупбеков, Н.Л. Ряполова //Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2022. Т. III. С. 116-121.

НАДТОЧИЙ ВИКТОРИЯ СЕРГЕЕВНА

Геоэкологическая оценка условий формирования и рационального использования водных ресурсов юга Западной Сибири

Специальность 1.6.21 – Геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

подписано в печать
объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз. заказ №
Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет путей сообщения»
630049, г. Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191. Тел/факс 8 (383) 328-04-26