

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук - обособленное структурное подразделение Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

На правах рукописи

Сивохип Жанна Тарасовна

**ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК СТЕПНОЙ ЗОНЫ
(НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ)**

1.6.21 - Геоэкология (географические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
доктора географических наук

Научный консультант,
академик РАН А.А. Чибилёв

Оренбург, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Трансграничный речной бассейн: основные принципы и подходы комплексных исследований.....	14
1.1. Государственная граница как фактор регламентации межгосударственного взаимодействия в трансграничных речных бассейнах.....	14
1.2. Развитие фундаментальных представлений о речном бассейне с позиции феномена «трансграничность»	26
Глава 2. Методологические основы изучения водных ресурсов трансграничных рек степной зоны.....	38
2.1. Анализ гидрологической изученности территории бассейна р. Урал.....	38
2.2. Методы изучения закономерностей формирования водных ресурсов	44
2.3. Методы оценки современного состояния водных ресурсов....	54
2.4. Методы пространственного анализа водосборной территории р. Урал.....	59
Глава 3. Пространственно-временные закономерности формирования ресурсов речного стока в трансграничном бассейне реки Урал.....	63
3.1. Физико-географические условия формирования речного стока.....	63
3.1.1 Геологическое строение и рельеф.....	66
3.1.2 Климатические условия.....	69
3.1.3 Гидрография и водный режим.....	78
3.1.4 Ландшафтная структура.....	82
3.2. Региональные тенденции изменения климата.....	87
3.3. Закономерности многолетних колебаний годового стока.....	108
3.4. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока	126
3.5. Оценка антропогенного воздействия на динамику годового и сезонного стока	144
Глава 4. Комплексный анализ пространственной организации природопользования в трансграничном бассейне реки Урал.....	159

4.1. Общая характеристика пространственной организации природопользования.....	159
4.2. Закономерности формирования территориальных систем расселения.....	167
4.3. Динамика территориальной структуры сельскохозяйственного природопользования.....	180
4.4. Пространственная организация горнопромышленного природопользования.....	188
4.5. Природно-хозяйственное районирование трансграничного бассейна р. Урал.....	200
Глава 5. Современное состояние и использование водных ресурсов в трансграничном бассейне реки Урал.....	209
5.1. Водно-ресурсный потенциал трансграничного бассейна р. Урал.....	209
5.2. Региональные особенности использования водных ресурсов.....	223
5.3. Интегральная оценка эффективности использования водных ресурсов.....	237
Глава 6. Институциональные форматы межгосударственного взаимодействия в трансграничных речных бассейнах.....	246
6.1. Анализ мирового опыта развития институциональных основ межгосударственного взаимодействия в трансграничных речных бассейнах.....	246
6.2. Современное состояние институциональной среды межгосударственного взаимодействия в трансграничном бассейне р. Урал.....	255
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	273
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	277
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	293

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В современных условиях глобальной перестройки климатической системы проблемы обеспечения водными ресурсами населения и экономики актуальны для многих регионов мира. Интегральной характеристикой возобновляемых водных ресурсов является речной сток, обеспечивающий основной объем водопотребления и определяющий водообеспеченность территории и населения (*Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011*). Проблема гарантированного водообеспечения ресурсами речного стока актуальна для территорий с недостаточным увлажнением, в том числе и для степной зоны Северной Евразии. Возобновление и распределение водных ресурсов рек степной зоны происходит на фоне кардинальных изменений компонентов водного баланса, обусловленных региональными эффектами глобальных трансформаций климата. На многолетнюю динамику ресурсов речного стока существенное влияние оказывает антропогенное воздействие, интенсивность которого в ряде регионов превышает скорость их возобновления (*Румянцев, Коронкевич, Измайлова и др., 2021*). В связи с этим планирование водохозяйственной деятельности должно учитывать допустимые пределы изъятия стока в разные по водности годы. Важно, что объемы безвозвратного водопотребления в отдельных секторах экономики более значимы в регионах с засушливым климатом и неустойчивым увлажнением (*Водные ресурсы России..., 2008*). Соответственно, решение проблем гарантированного водообеспечения регионов степной зоны должно осуществляться на основе реализации задач комплексного использования водных ресурсов. Особую актуальность представляют вопросы комплексного использования водных ресурсов трансграничных речных бассейнов, для которых решение обозначенных выше проблем выходит на межгосударственный уровень. Современные вызовы управления и использования трансграничных водных ресурсов обусловлены сложными пространственно-временными связями водосборных территорий и развитием противоречивых интересов государств-водопользователей (*Lorenz, Gilbert, Cofino, 2002*).

В пределах степной зоны Северной Евразии, к трансграничным бассейнам относятся бассейны рек Урал и Иртыш, использование водных ресурсов которых

находится в сфере водохозяйственных интересов России и Казахстана. Комплекс мер, направленных на решение ключевых проблем в данных бассейнах представлен в Схемах Комплексного использования и охраны водных объектов, разработанных отдельно для российского и казахстанского участков. Подобный подход не соответствует современным представлениям о трансграничных речных бассейнах как о природно-хозяйственных системах, характеризующихся высокой степенью целостности, что в свою очередь приводит к отсутствию эффективных управленческих решений по совместному использованию водных ресурсов.

Для степной зоны, характеризующейся относительно невысокими значениями водных ресурсов, их большой изменчивостью во времени, и как правило, отличающиеся значительной антропогенной нагрузкой, особенно важно детально и тщательно выявить пространственно-временные закономерности формирования и использования водных ресурсов. Решение поставленных задач обеспечивает применение географо-гидрологического подхода, теоретическую основу которого составляет представление о водных объектах как о неотъемлемых элементах географического ландшафта, свойства которых неразрывно связаны с окружающей средой.

Степень разработанности темы исследования. Исследование многолетней динамики и состояния водных ресурсов в условиях изменяющегося климата относится к числу актуальных направлений в отечественной и зарубежной науке. Основу большинства исследований составляют современные представления о состоянии и использовании водных ресурсов, их многолетней динамики, в том числе и с учетом региональной специфики условий их формирования. Из ведущих российских учреждений, разрабатывающих данное направление, необходимо отметить – Балтийский федеральный университет (г. Калининград), Московский государственный университет, Институт водных проблем РАН (г. Москва), Институт географии РАН (г. Москва), Государственный гидрологический институт (г. Санкт-Петербург), Белгородский государственный национально исследовательский университет, РосНИИВХ (г. Ростов на Дону), Институт степи УрО РАН (г. Оренбург), Институт водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул), Институт

географии СО РАН (г. Иркутск), Байкальский институт природопользования (г. Улан-Удэ), Институт водных и экологических проблем ДВО РАН (г. Хабаровск), Тихоокеанский Институт географии ДВО РАН (г. Владивосток) и др. Комплексными исследованиями охвачены трансграничные бассейны рек Преголя, Неман, Северский Донец, Урал, Иртыш, Селенга, Амур, Туманган, Уссури и др. В тоже время отметим, что при наличии большого числа публикаций по тематике трансграничных речных бассейнов, практически отсутствуют работы, в которых рассматривается специфика возобновления и использования ресурсов речного стока в условиях степной зоны.

В зарубежной науке широко распространен экополитический подход, учитывающий специфику взаимоотношений между природными и политическими границами при решении проблем использования трансграничных водных ресурсов и их роли в развитии международных конфликтов (Дартмутский Колледж, США; Университет штата Орегон, США; Лундский университет, Швеция; Амстердамский свободный университет, Нидерланды; Юньнаньский Университет, Китай) и др.

Целью диссертационного исследования является теоретико-методологическое обоснование географо-гидрологического подхода для обеспечения комплексного использования водных ресурсов трансграничных речных бассейнов степной зоны на примере бассейна р. Урал.

Для достижения поставленной цели были решены следующие *задачи*:

1. Обоснование применения географо-гидрологического подхода для реализации задач научного обеспечения комплексного использования водных ресурсов трансграничных рек степной зоны.

2. Выявление современных тенденций многолетней динамики ресурсов речного стока в трансграничном бассейне р. Урал в условиях изменяющегося климата и интенсивного антропогенного воздействия.

3. Комплексный анализ региональных особенностей пространственной организации природопользования в пределах водосборной территории р. Урал и

разработка природно-хозяйственного районирования для оптимизации рационального использования водных ресурсов.

4. Оценка современного состояния водных ресурсов (транзитного и местного стока) и водно-экологической ситуации в регионах трансграничного бассейна р. Урал.

5. Оценка эффективности использования водных ресурсов в трансграничном бассейне р. Урал с учетом региональной структуры водопотребления и среднесрочного прогноза целевых показателей.

6. Разработка предложений по совершенствованию институциональных форматов межгосударственного взаимодействия на основе результатов комплексных географо-гидрологических исследований трансграничного бассейна р. Урал.

Объект исследования – водосборный бассейн реки Урал. **Предмет исследования** – пространственно-временные закономерности формирования и использования водно-ресурсного потенциала трансграничного бассейна реки Урал в условиях степной зоны.

Научная новизна. Представлена новая трактовка понятия «трансграничный речной бассейн». Впервые разработан и использован комплексный географо-гидрологический анализ исследования трансграничной реки в условиях степной зоны. Выявлены современные тенденции многолетней динамики речного стока в условиях изменяющегося климата. Разработана комплексная схема, отражающая долю антропогенно-нарушенных территорий в границах частных водосборов территории р. Урал. Впервые проведено природно-хозяйственное районирование бассейна р. Урал. Дана оценка современного состояния ресурсов речного стока с учетом общего и местного стока; выполнен расчет величин свободного и экологического стока и получена оценка водно-экологической напряженности; рассчитаны объемы предельно допустимого изъятия стока. Разработан алгоритм интегрального ранжирования регионов по показателям эффективности использования водных ресурсов на основе непараметрического метода Паттерн. Получены принципиально новые оценки показателей перспективного использования водных ресурсов

(среднесрочный прогноз). Представлена адаптированная схема 7-летнего цикла бассейнового планирования управления водными ресурсами в трансграничном бассейне р. Урал.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты диссертационного исследования, полученные в ходе реализации географо-гидрологического подхода, могут быть использованы для научного обеспечения комплексного использования водных ресурсов р. Урал и других трансграничных рек, в первую очередь, расположенных в пределах степной зоны. Установлены пространственно-временные закономерности формирования ресурсов речного стока в бассейне р. Урал. На основе природно-хозяйственного районирования исследуемой территории предложена интегральная основа оптимизации комплексного использования водных ресурсов. Расчёт величин водно-экологического стресса с учетом местного и транзитного стока позволил оценить водно-экологическую напряженность в регионах исследуемого бассейна. Для практической реализации предложен подход к интегральной оценке эффективности использования водных ресурсов в регионах трансграничного бассейна р. Урал. На основе реестра приоритетных проблем (один из этапов бассейнового плана) предложены мероприятия для улучшения эколого-гидрологической обстановки в трансграничном бассейне р. Урал. Результаты диссертационного исследования использованы для научного сопровождения деятельности Российско-Казахстанской Комиссии по сохранению экосистемы бассейна трансграничной реки Урал. Отдельные результаты реализованы при выполнении государственного контракта «Экологическая оценка последствий регулирования стока в трансграничном бассейне трансграничной р. Урал (Жайык) и разработка научно-обоснованных предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной р. Урал (Жайык)» (ИВП РАН, г. Москва).

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использованы следующие подходы и методы: разрабатываемый географо-гидрологический подход; бассейновый подход; современные методы оценки водообеспеченности (индекс Фалкенмарк, коэффициент использования водных ресурсов; реальная водообеспеченность и др.); расчет экологического стока с использованием

метода пропорционального стока; методика расчета объема допустимого изъятия речного стока для лет различной водности; картографический метод и ГИС-технологии; непараметрический метод многомерного анализа Паттерн; статистические методы обработки и анализа многолетних рядов наблюдений (критерии Фишера и Стьюдента; регрессионный и корреляционный анализы; оценка значимости линейного тренда и др.); программа расчета параметров речного стока StokStat и др.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методологический подход, основанный на реализации положений и принципов географо-гидрологического направления, обеспечивает рассмотрение трансграничного речного бассейна как целостной природно-хозяйственной системы, что позволяет установить пространственно-временные закономерности формирования, использования и охраны водных ресурсов в пределах сопредельных государств.

2. Климатически обусловленные изменения гидрологического режима рек степной зоны и региональный водохозяйственный комплекс, основной задачей которого является гарантированное водообеспечение населения и экономики в условиях недостаточного увлажнения, определяют годовую и сезонную динамику ресурсов речного стока в трансграничном бассейне р. Урал.

3. Комплексный анализ пространственной организации природопользования в пределах водосборной территории р. Урал как системы, формирующей ресурсы речного стока, позволяет разработать интегральную основу оптимизации рационального использования водных ресурсов трансграничного бассейна.

4. Пространственная неоднородность физико-географических условий формирования и распределения местных ресурсов речного стока определяет зависимость регионов нижнего течения р. Урал от транзитного стока и выступает лимитирующим фактором экологически безопасного и рационального водопользования в трансграничном бассейне.

5. Эффективная координация геополитических, социально-экономических и правовых механизмов обеспечивает формирование институциональной среды, детерминирующей разработку и внедрение действенных форматов

межгосударственного взаимодействия, направленных на регламентацию использования водных ресурсов в трансграничном бассейне реки Урал.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Разработка научных основ рационального использования и охраны водных, воздушных, земельных, биологических, рекреационных, минеральных и энергетических ресурсов Земли (п.6). Геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов, функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем (п. 7). Оценка состояния водного режима территорий и геоэкологические последствия его изменения в связи с изменениями климатических параметров (п.12).

Степень достоверности и апробация результатов. Исходные материалы получены автором в ходе реализации тем госбюджетных НИР ИС УрО РАН. С 2004 по 2024 годы автор являлся ответственным исполнителем в ряде проектов: «Геоэкологический анализ динамики, современного состояния подземных и поверхностных вод бассейна р. Урал и прогноз их изменений» (науч. рук. академик РАН А.А. Чибилёв) в рамках Программы № 3 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Водные ресурсы, динамика и охрана подземных и поверхностных вод и ледников» (науч. рук. академик РАН М.Г. Хубларян); «Бассейн Урала как трансграничная геосистема: межгосударственные аспекты управления, регулирования, потребления и охраны водных ресурсов» (науч. рук. академик РАН А.А. Чибилёв) в рамках Программы № 13 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Формирование водных ресурсов, прогноз режима и качества вод с учетом изменения климата и развития экономики» (координаторы академик РАН М.Г. Хубларян, член-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян); «Оценка экологического состояния трансграничной реки Урал с учетом регулирования стока» (науч. рук. академик РАН А.А. Чибилёв) в рамках Программы № 11 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Оценка, прогноз и методы управления водными ресурсами с учетом их качества и экологического состояния (координатор член-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян); «Экологические риски в трансграничных бассейнах рек: проблемы межрегионального и межгосударственного

сотрудничества»; Трансграничные территории Азиатской России и сопредельных государств: геоэкологические и геополитические предпосылки устойчивого развития» (интеграционные проекты УрО РАН и СО РАН). В 2015 году автор в качестве научного консультанта принимал участие в научно-исследовательской работе «Каталог водных ресурсов и системы мониторинга для устойчивого управления водными ресурсами Западного Казахстана» Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана (г. Уральск, Республика Казахстан). В 2019 году автор выступал в качестве национального эксперта для подготовки рекомендаций по совместным институциональным и экономическим механизмам для сохранения экосистемы бассейна р. Урал (Жайык) по программе ОБСЕ. В годы подготовки диссертационного исследования автор осуществлял руководство грантами РФФИ – №13-05-97028 р_поволжье «Разработка принципов интегрированного управления водными ресурсами трансграничного бассейна р. Урал»; № 16-45-560410 р_а «Пространственно-динамическая специфика региональных систем природопользования как фактор эколого-гидрологической безопасности в трансграничном бассейне р. Урал»; № 18-05-00447 «Пространственно-динамическая специфика регионального природопользования в трансграничных речных геосистемах в современных гидроклиматических условиях»; грантом РНФ № 22-27-00239 «Многолетняя динамика водных ресурсов трансграничных рек степной зоны в условиях нестационарного климата и антропогенного воздействия (на примере рр. Урал и Тобол)». В качестве исполнителя автор принимал участие в государственном контракте № 22-14-НИР/01 «Экологическая оценка последствий регулирования стока в трансграничном бассейне трансграничной реки Урал (Жайык) и разработка научно-обоснованных предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной реки Урал (Жайык)».

Материалы диссертации прошли апробацию более чем на 40 международных и всероссийских конференциях, среди которых следует отметить: Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования (Калининград, 2011); Симпозиум Степи Северной Евразии (Оренбург, 2012, 2015, 2018, 2021); Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе

и экономике (Цимлянск, 2012); Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии (Барнаул, 2012, 2014, 2017, 2022); Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы) (Воронеж, 2012); Водная стихия: опасности, возможности прогнозирования, управления и предотвращения угроз (Краснодар, 2013); Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. (Петрозаводск, 2015); Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов (Москва, 2015); Байкальский международный экологический форум (Иркутск, 2016); Водные ресурсы Центральной Азии и их использование (Алматы, 2016); Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием (Махачкала, 2016); Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения (Сочи, 2017); Геосистемы в Северо-Восточной Азии. Типы, современное состояние и перспективы развития (Владивосток, 2018); Экология речных бассейнов (Владимир, 2018); Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов (Воронеж, 2018); Современные тенденции пространственного развития и приоритеты общественной географии (Барнаул, 2018); География: развитие науки и образования (Санкт-Петербург, 2018, 2019, 2020); Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования (Иркутск, 2019); Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения (Нижний Новгород, 2019); Современные проблемы водохранилищ и их водосборов (Пермь, 2019, 2021, 2023); Трансграничные территории востока России. Факторы, возможности и барьеры развития (Улан-Удэ, 2021); Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана (Сочи, 2021); Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейнах рек Внутренней Евразии в условиях современных изменений климата (Оренбург, 2022).

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования, формулировке основных научных положений, выносимых на защиту; обосновании применения географо-гидрологического подхода для решения задачи всесторонней оценки ресурсов речного стока трансграничных рек степной зоны; анализе и

теоретическом обобщении полученных результатов; формулировке выводов и рекомендаций; подготовке научных публикаций в рецензируемых научных изданиях.

Публикации. Автором опубликовано более 130 научных работ, из них непосредственно по теме исследования – 101, в том числе – 6 коллективных монографий, 48 статей в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК (из них 20 – в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus). **Структура работы.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы из 247 наименований, в том числе 21 источник на иностранном языке. Общий объем работы составляет 308 страниц текста, включая 74 рисунка, 85 таблиц, 7 приложений.

ГЛАВА 1. ТРАНСГРАНИЧНЫЙ РЕЧНОЙ БАССЕЙН: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Государственная граница как фактор регламентации межгосударственного взаимодействия в трансграничных речных бассейнах

В настоящее время в мире насчитывается 261 трансграничный речной бассейн (Wolf, 2003), из которых почти половина (124) в Европе и Азии, в регионах с разнообразными природно-климатическими и социально-экономическими условиями (Таблица 1). На водосборах международных рек проживают более 40 % населения мира и располагается более 50 стран (Фролова, Самохин, 2018).

Таблица 1 - Распределение международных речных бассейнов по континентам мира (McCraken, Wolf, 2019)

Континент	Регистр 1978 г.	Корректировка 1999 г.	Примеры
Африка	57	60	рр. Нил, Нигер, Конго
Азия	40	53	рр. Инд, Ганг, Амур, Тигр, Ефрат
Европа	48	71	рр. Рейн, Дунай, Днепр, Тахо
Северная Америка	33	39	рр. Колумбия, Рио-Гранде
Южная Америка	36	38	рр. Амазонка, Парана и др.
Всего	214		261

Проблемы использования водных ресурсов трансграничных рек были обозначены еще в конце XIX - начале XX столетия по мере увеличения забора воды на хозяйственно-бытовые нужды и стремительного роста численности населения. Только в XX веке суммарное водопотребление увеличилось в 6 раз и более чем вдвое превысило темпы роста населения. Значительный рост водопотребления не сопровождался сходными по темпам или масштабам водосберегающими и водоохранными технологиями (Данилов-Данильян, Хранович, 2016). Начиная с 50-х годов XX столетия в ряде стран проблемы трансграничного водопользования перешли в стадию обострения в связи с усилением антропогенного воздействия на водные ресурсы на фоне глобальных изменений климата (Данилов-Данильян, Пряжинская, 2007). В 90-х гг., в результате геополитических трансформаций проблемы

использования трансграничных водных ресурсов максимально актуальными стали для государств постсоветского пространства и стран Восточной Европы. В настоящее время вопросы трансграничного водопользования осложняются в связи с нарастанием общего дефицита пресной воды и обострением геополитических ситуаций между отдельными государствами.

Конфликтные ситуации в международных речных бассейнах подразделяют на – территориально-пограничные, водопользовательские, водно-экологические и природно-ресурсные (Корытный, Жерелина, 2010). Закономерно, что наиболее острые конфликты трансграничного водопользования возникают в регионах с низкими показателями обеспеченности водными ресурсами. В частности, климатическая обусловленность трансграничной водной напряженности подтверждается результатами территориального анализа – начиная с середины XX столетия подавляющее число конфликтных ситуаций произошло в регионах с субаридным и сухим субгумидным климатом (Джамалов, Хасиев, 2011).

Согласно общепринятой правовой практике - *международный речной бассейн* — это географический район, расположенный в пределах двух или более государств и определяющийся границами водораздела, включая поверхностные и подземные воды, впадающие в водные потоки общего значения (Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию..., 1992). Если верховья реки находятся в пределах одной страны, а низовья – в другой, то говорят о монограничном статусе реки, если же река пересекает территорию более двух стран - о полиграничном. Река также может пересекать одну и ту же границу между соседними странами в разных местах, тогда ее статус становится диграничным. В любом случае на участках пересечения рекой национальных границ существует створ, ниже которого изменяется государственная принадлежность участка реки и правила водопользования (Фролова, Самохин, 2018). Однако, сопредельные государства, расположенные в пределах одного речного бассейна, обладают специфическими, порой противоречивыми интересами в сфере использования водных ресурсов, а также могут иметь значительные различия в административных, экономических и нормативно-правовых механизмах управления водными ресурсами (Беляев, Подуст, Прохорова и др.,

2003). В пределах международных речных бассейнов особенно ярко проявляется переплетение экологической, экономической и политической взаимозависимости (Колосов, Бибанов, 1991), в основе последней лежит принцип устойчивого взаимодействия природных компонентов и социально-экономических геосистем (Солнцев, 1977).

В условиях цивилизованного международно-правового пространства, на государства верховых участков трансграничных рек накладывается определенная ответственность за водохозяйственную политику субъекты водопользования. В данном случае, наряду с собственными целями субъектов, должны присутствовать цели, отражающие коллективные блага (публичный сервитут), а разрешение конфликтных ситуаций осуществляться межгосударственными комиссиями (рр. Дунай, Рейн и др.).

В трансграничных речных бассейнах важным фактором, определяющим эффективность решения конфликтных ситуаций, является государственная граница, ее функциональный тип, протяженность, конфигурация и др. Максимально распространены водотоки, пересекающие государственные рубежи (рр. Иртыш, Нил, Инд, Дуэро и др.), либо совпадающие на отдельных участках с линией государственной границы (рр. Амур, Урал, Рейн, Рио-Гранде, Ганг и др.). С учетом географического положения государств выделяют страны-доноры (верховые) и страны-реципиенты (низовые) речного стока (Рисунок 1).

Как правило, предметом межгосударственных дискуссий, оказывается практика использования водных ресурсов верховыми странами и возникающие при этом социальные, экономические и экологические последствия для низовых стран (Фролова, Самохин, 2018). Ситуация усугубляется, если речной сток распределяется между государствами с конкурирующими социально-экономическими или геополитическими стратегиями (США и Мексика, ЮАР и Зимбабве, Китай и Мьянма и др.). Кроме того, отдельный вектор межгосударственного взаимодействия формируется в случае прохождения государственной границы по трансграничному водотоку (рр. Амур, Урал, Рейн, Рио-Гранде, Ганг и др.).

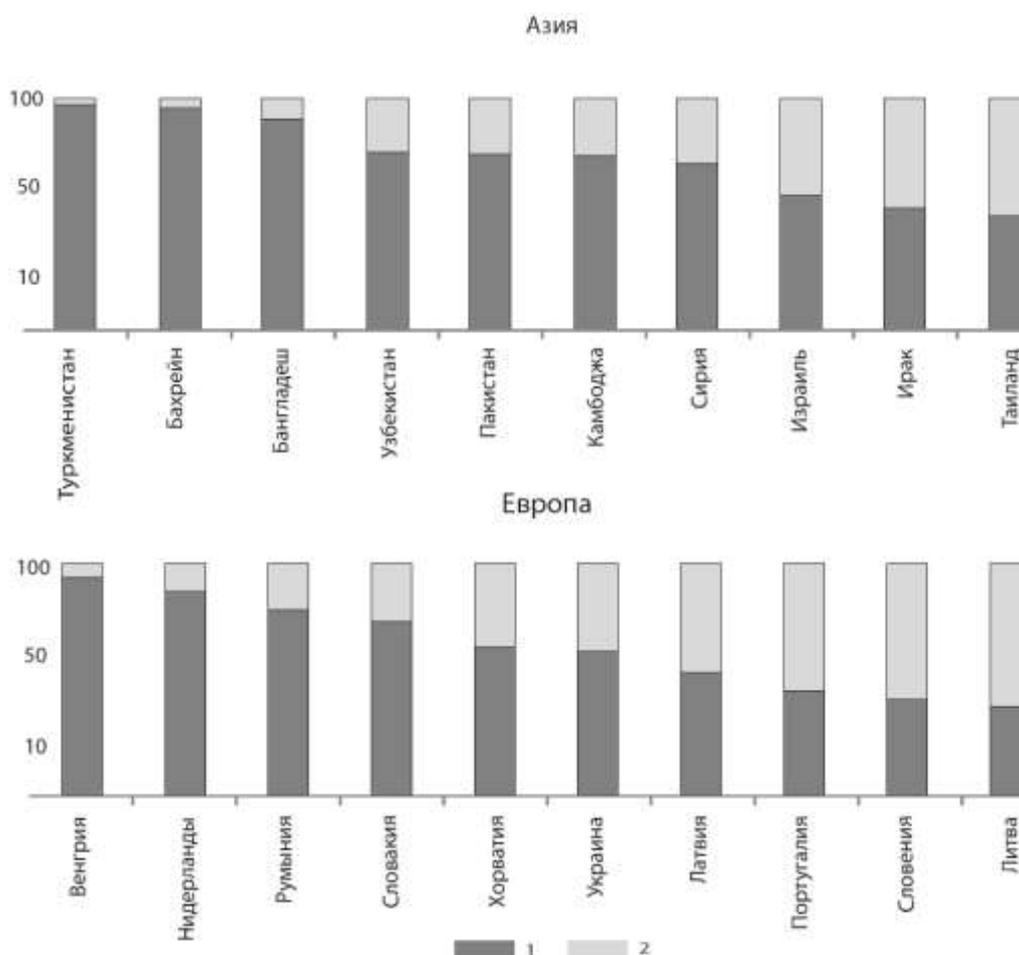


Рисунок 1 - Доля речного стока (1 – местный сток; 2 – сток с территории верховых государств) в отдельных странах и регионах мира (%)
(по данным: URL: <http://chartsbin.com>)

Добавим, что конфликты использования водных ресурсов трансграничных рек могут значительно обостриться, если для отдельных стран данные водотоки являются единственным путем, соединяющим их с морем. Например, в Африке, для многих государств, не имеющих выхода к морю, международные реки имеют ключевое значение – Замбия и Зимбабве (река Замбези, устье в Мозамбик); Мали и Нигер (река Нигер, устье в Нигерии). Соответственно, степень остроты проявления проблем совместного использования водных ресурсов международных рек зависит от расположения страны относительно линии государственной границы и от доли транзитного стока с территории сопредельного государства в суммарном стоке.

В условиях трансграничного деления стока, верховые государства обладают значительными преимуществами в использовании водных ресурсов речного бассейна и зачастую не заинтересованы в согласовании водохозяйственной

деятельности со странами-реципиентами. Например, Китай являясь «донором» значительных объемов речного стока в Азиатский субрегион (суммарный транзитный сток 569,9 км³ в 15 государств), характеризуется значительным ростом национальной экономики, который сопровождается закономерным увеличением водохозяйственной нагрузки на ресурсы речного стока (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Доля стока основных трансграничных рек в Китае
(по данным: URL: <http://chartsbin.com>)

Несмотря на тот факт, что Китаю принадлежит рекорд по максимальному числу соглашений (11) в сфере совместного использования трансграничных водных ресурсов, страна демонстрирует высокую степень «водного суверенитета». Одной из нерешенных остается проблема совместного использования р. Меконг Китаем и другими государствами, расположенными в нижнем течении трансграничной реки. С реализацией ряда энергетических проектов (строительство крупных плотин на р. Меконг и притоках), Китай, контролирующей 20 % стока трансграничной реки, решает целый комплекс задач социально-экономического

развития отдельных регионов (Корытный, Жерелина, 2010), но без учета гидроэкологических последствий для стран нижнего течения.

Особый характер межгосударственного взаимодействия проявляется в случае прохождения государственной границы по руслам рек. Возникновение спорных участков границы обусловлено постоянно происходящим формированием дна и берегов рек, заилением и другими русловыми трансформациями. Кроме того, на смещение русла реки могут влиять не только естественные природные процессы, но и проводимые одной из сопредельных стран гидротехнические мероприятия по укреплению приречных территорий (Фролова, Самохин, 2018).

Важной задачей при этом является обеспечение постоянства государственной границы, как бы она не проходила – по срединной линии или по тальвегу, по одному из берегов и др. В тоже время, несмотря на достаточно детальную проработку подобных вопросов в международном праве, в отдельных регионах сохраняется достаточно напряженная ситуация связанных с русловыми трансформациями пограничной реки. Один из примеров обострения геополитической ситуации - намыв р. Амур более двух десятков песчаных островов по обе стороны стрежня (главного фарватера) привел к спорам о принадлежности этих островов (Даманского и др.), к острому пограничному конфликту с серьезным военным столкновением между СССР и КНР в 60-х годах. Ярким примером может служить ирано-иракская война 1980-1988 годов, поводом для которой стал конфликт, связанный с делимитацией границы по тальвегу р. Шатт-эль-Араб (слияние рр. Тигр и Евфрат) и выводящему ее устью в Персидский залив, к главному нефтяному порту Ирака – г. Фао (государства оспаривали участок площадью всего 508 км²) (Рисунок 3).

Максимальное число пограничных рек приходится на Зарубежную Европу (38) и Зарубежную Азию (18). В пределах Российской Федерации гидрографические государственные границы наиболее распространены в западном секторе приграничья - рр. Нарва (российско-эстонская граница), Неман (российско-литовская граница). Для российско-казахстанского приграничного сектора, примером пограничных рек являются рр. Урал, Тобол и их притоки (Илек, Уй), а также протока Кигач в дельте р. Волга.

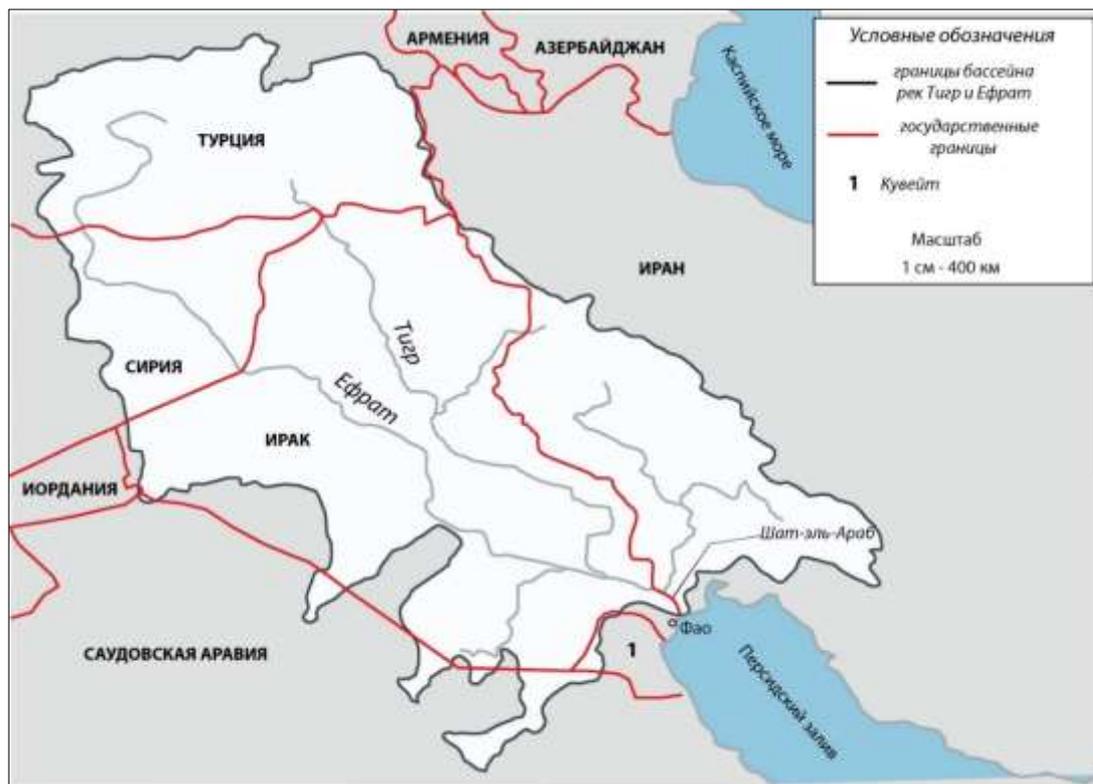


Рисунок 3 - Трансграничный бассейн рек Тигр и Евфрат

Для большей детализации, отметим, что согласно «Договору между РФ и РК о российско-казахстанской государственной границе», делимитация российско-казахстанской границы по руслу р. Урал проходит по середине реки. В статье №4 Договора отмечается, что естественные изменения русла пограничной реки не влечет за собой изменений в положении государственной границы, если государства не договорились об ином.

В пределах трансграничного бассейна р. Урал наиболее интенсивные русловые трансформации отмечены на пограничном участке р. Урал (с. Илек-с. Раннее). За последние 60 лет отмечено два случая трансформации, сопровождающиеся разрушением основания излучин и спрямлением русла. Разрушение оснований смежных излучин (на схеме – А) отмечено в 1960-1975, 1999 годах, что в итоге к 2006 году привело к спрямлению русла (Рисунок 4).

Исходя из современного положения русла реки на пограничном участке относительно поймы можно сделать вывод о преобладающем развитии речной долины в направлении левого берега (т.е. в сторону казахстанской территории). Отметим, что пойма реки на рассмотренных участках практически не освоена, поэтому

изменение положения русла и, соответственно, государственной границы в настоящее время не вызывает острых территориальных споров.



Рисунок 4 - Русловые трансформации в зоне государственной границы: 1 – положение границы РФ и РК, положение р. Урал в 1984 г., 2 – положение р. Урал в 2015 г., А, Б – участки спрямления излучин, В – эрозионно-опасный участок, укрепленный в 2015 г. (Павлейчик, Сивохиц, Падалко, 2018)

В итоге, специфика пространственной ориентации речного бассейна относительно государственных границ (верхнее или нижнее течение бассейна; совпадение русла реки и линии государственной границы и др.) имеет важное, но не определяющее значение. На наш взгляд, эффективность реализации программ комплексного использования трансграничных водных ресурсов зависит от функционального состояния государственных границ (барьерная и контактная функции), определяющее интенсификацию процессов интеграции или дезинтеграции государств-водопользователей. Как правило, основными факторами усиления барьерной функции является совпадение государственных границ с контрастными этнокультурными, лингвистическими или геополитическими рубежами. Ключевое значение для усиления барьерной функции имеет идеологическая несовместимость приграничных государств. Примером положительного и конструктивного опыта регулирования трансграничного водопользования являются страны Зарубежной Европы (Таблица 2), государственные рубежи которых прошли все этапы эволюции - от отчуждающих до интеграционных (Колосов, Туровский, 1997).

Таблица 2 - Примеры функциональных типов государственных границ в трансграничных речных бассейнах

Бассейн	Государства-водопользователи	Площадь, %	Функциональный тип границы	Межгосударственные интеграционные группировки
Св. Лаврентия	США Канада	40 60	Контактная	НАФТА (Североамериканская ассоциация свободной торговли)
Рио-Гранде	США Мексика	58 42	Фильтрующая	НАФТА (Североамериканская ассоциация свободной торговли)
Парана (Ла-Плата)	Бразилия Боливия Парагвай Аргентина Уругвай	47 7 13 27 5	Контактная	МЕРКОСУР (Аргентину, Бразилию, Парагвай), ассоциированные члены – Чили, Боливия
Ефрат-Тигр	Иран Ирак Саудовская Аравия Сирия Турция	19 46 2 13 20	Барьерная	Отсутствует
Инд	Афганистан Китай Индия Пакистан	8 10 32 50	Барьерная	Отсутствует
Рейн	Швейцария Франция ФРГ Бельгия Нидерланды	14 17 54 7 6	Контактная	ЕС (Европейский союз)
Дунай	Австрия ФРГ Венгрия Словакия Сербия Хорватия Болгария Румыния	10 7 12 6 10 4 6 29	Контактная	ЕС (Европейский союз), кроме Сербии (официальный кандидат в ЕС)
Урал	Российская Федерация Республика Казахстан	43 56	Фильтрующая	Евразийский экономический союз

Кроме того, в приграничных районах следствием «прозрачности» политических границ является формирование контактных географических структур за счет сочетания природно-ресурсных и хозяйственных компонентов и систем расселения (Бакланов, 2000). Подобная территориальная организация приграничных территорий также способствует эффективному решению проблем межгосударственного

взаимодействия, в том числе и в сфере совместного использования водных ресурсов.

На основании вышесказанного, отметим, что особенности геополитического взаимодействия приграничных государств (в том числе и в области совместного использования водных ресурсов) зависят от конкретного типа политических рубежей – отчуждающая (территориальные споры и претензии); полупроницаемая (наличие договоров; попытки реализации общих интересов); соединяющая (стабильные и разнообразные межгосударственные отношения) и интеграционная (многолетний опыт реализации процессов интеграции) (Колосов, Туровский, 1997). Как отмечают авторы, в настоящее время доминируют полупроницаемые границы, а границы соединяющего и интеграционного типа сформировались в Северной Америке (США и Канада) и в странах Западной Европы. В тоже время, современные утверждения о формировании геополитического пространства, характеризующегося полным «стиранием» государственных границ, представляются достаточно спорными. Исходя из определения, что «государственная граница – это биоэтносоциальный инвариант общественной жизни» (Raffestin, 1993), выполняющий своеобразную функцию обмена между этнической и государственной территорией и окружающей средой (Колосов, Туровский, 1997), становится понятным, почему невозможно формирование абсолютно «прозрачного» единого геополитического пространства. Государственные рубежи, в том числе и в регионах с высокой степенью межгосударственной интеграции важны для поддержания определенного геополитического баланса и осуществления важной функции фильтрации потоков товаров и людей.

В итоге, очевидно, что от функционального состояния государственной границы напрямую зависит успешное решение задач комплексного использования водных ресурсов в трансграничных речных бассейнах. Важнейшим этапом является создание оптимальных условий для эффективной реализации контактной функции политических рубежей. Необходимо учитывать, что барьерность – динамичная категория, зависящая от процессов перераспределения контактных и барьерных функций между границами разных уровней, а также векторов внешней

политики и интеграции (Scott, 2000). В зависимости от степени обеспечения контактной функции в приграничных государствах будет формироваться конкретный тип политических рубежей (полунепроницаемый, соединяющий или интеграционный) (Колосов, Туровский, 1997), который в свою очередь будет определять эффективность форматов межгосударственного взаимодействия в трансграничных речных бассейнах.

Отдельный интерес в рамках данного диссертационного исследования представляет изучение эволюции функционального состояния государственных рубежей на постсоветском пространстве. В целом, с учетом длительной истории единого союзного государства, вполне ожидаемо наличие благоприятных предпосылок для активизации контактной функции государственных границ. Как отмечают (Колосов, Туровский, 1997), в странах СНГ была возможность «обойти» этапы развития границ и приграничных районов, пройденными развитыми странами, но нерешенность ряда задач государственного обустройства на начальном этапе (середина 90-х) усилило барьерную функцию политических рубежей. Кроме того, период правового «оформления» геополитических рубежей совпал с глубоким социально-экономическим кризисом на фоне острых геополитических разногласий с рядом государств. В итоге, государственные границы Российской Федерации на отдельных участках характеризуются различным уровнем барьерности – от сильного на западных (кроме Белоруссии) и юго-восточных рубежах (граница с Монголией и Китаем) пограничного сектора и слабого уровня – российско-казахстанский пограничный сектор (Колосов, Зотова, Себенцов, 2016).

Российско-казахстанская государственная граница - самая длинная в мире непрерывная сухопутная граница между двумя странами (7598,8 км) приобрела современные очертания еще в 30-е годы XX столетия, а межгосударственный статус в 1991 году. Как отмечалось выше, более 1500 км российско-казахстанской государственной границы проведено по руслам рр. Кигач, Малый Узень, Урал, Илек, Уй, Тобол и др. Для успешного решения задач комплексного использования водных ресурсов трансграничных рек России и Казахстана имеется значительный потенциал, обусловленный историко-географической, геополитической и социально-

экономической общностью стран на протяжении длительного периода (Сивохиц, Чибилев, 2014).

Российско-казахстанская граница практически на всем протяжении отличается достаточно низкой контрастностью, что соответствует т.н. постадминистративному типу, для которого характерно отсутствие исторических аналогов, четкой ландшафтной выраженности, а границы проведены по прежним административным границам (Колосов, Туровский, 1997). Граница не совпадает с территорией компактного проживания народов региона - русские, казахи, а также другие национальности (немцы, татары, украинцы) проживают по обеим сторонам границы. Вместе с тем с учетом значительной протяжённости государственных рубежей необходимо отметить наличие определенных различий на региональном уровне и прежде всего по степени этнической контрастности. Так повышенной этнической контрастностью отличается центральная часть оренбургского участка (бассейн рр. Илек, Большая Хобда); южная часть челябинского участка (бассейн верхнего течения р. Тобол); центральная часть омского участка (бассейн р. Ишим) и др. (Колосов, Туровский, 1997). Кроме того, за последние десятилетия уровень этнической контрастности приграничных районов на отдельных участках стал еще выше, в первую очередь из-за оттока русского населения в регионы Российской Федерации.

Таким образом, неотъемлемым условием для активизации интеграционных процессов в трансграничных речных бассейнах является интенсификация процессов и явлений, возникающих в результате взаимодействия экономических, политических, правовых систем приграничных государств (Колосов, Туровский, 1997). В свою очередь, от степени интенсивности (плотности, насыщенности) данных процессов и явлений зависит глубина приграничного пространства (Кудияров, 1996). Важно, что структурно-функциональная целостность трансграничных речных бассейнов обуславливает расширение и углубление приграничного пространства, в границы которого вовлекаются не только участки непосредственного пограничного контакта, но и «периферийные» участки водосборной площади.

1.2. Развитие фундаментальных представлений о речном бассейне с позиции феномена «трансграничность»

Траектория эволюции фундаментальных представлений о речном бассейне изменялась от «эрозионного комплекса» Р. Хортон и А.А. Вирского до «информационной модели» А.Д. Арманда и «стокоформирующих комплексов» Ю.В. Виноградова (Таблица 3).

В настоящее время концептуальным является представление о речном бассейне как о сложной динамической водобалансовой системе, преобразовывающей атмосферные осадки в другие элементы водного баланса (Булавко, 1971). Важно отметить, что через единство водного и энергетического балансов реализуется пространственная общность тепла и влаги (Напрасников, 2017). При этом процессы влагооборота в речном бассейне всегда развиваются в направлении его приведения к определенному равновесному состоянию, т.е. он является в некотором смысле саморегулирующейся системой (Корытный, 2001). В итоге, обоснованным является вывод о соподчиненности и иерархичности речных бассейнов, обуславливающих развитие сложной динамической системы, объединенной в единое целостное образование однонаправленным водным потоком (Корытный, 2001).

Таблица 3 - Развитие фундаментальных представлений о речном бассейне в XX – XXI вв.

Автор	Год	Основная идея	Концептуальное определение
В.Г. Глушков	1933	Отмечена необходимость изучения вод суши на генетической основе, в зависимости от тех природных условий, в которых эти воды находятся, подчеркнута важнейшая роль физико-географических факторов (Глушков, 1934)	Основы географо-гидрологического подхода
Р. Хортон	1948	Предложена система анализа речных бассейнов по направлениям: определение порядков речной сети; изучение ее структуры; исследование роли структуры бассейна в флювиальном процессе (Хортон, 1948)	Эрозионный комплекс
А.А. Вирский	1960	Типологическая единица «эрозионный комплекс» - набор взаимосвязанных	Эрозионный комплекс

		элементов (склонов, днищ), обладающий целостностью (Вирский, 1960)	
М.И. Львович А.Г. Булавко, Н.И. Коронкевич	1971	Воднобалансовая система, в которой происходит преобразование атмосферных осадков в другие элементы водного баланса (Булавко, 1971)	Воднобалансовая система
А.И. Перельман	1975	Геохимический ландшафт – «это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов» (Перельман, 1975)	Парагенетическая ассоциация
А.Д. Арманд	1975	Бассейн как информационная модель: «русло реки – это канал связи; сверху вниз передается информация о составе и количестве рыхлого материала, поступившего в реку...» (Арманд, 1975)	Единая информационная модель, объединенная вещество-энергетическими потоками
А.Ю. Ретеюм	1975	Речной бассейн – функционально целостная природная геосистема (Ретеюм, 1975)	Бассейновая геосистема как основная форма интеграции геосистем суши
И.Н. Гарцман,	1977	Водные потоки представляют собой гидрологическую подсистему интегральной географической системы «бассейн» (Гарцман, 1977)	Интегральная географическая система «бассейн»
Ф.Н. Мильков	1981	Речные бассейны – особые природные комплексы, со сложным взаимодействием региональных природных комплексов, активно обменивающихся веществом и энергией (Мильков, 1981)	Парадинамическая и парагенетическая системы
М.А. Глазовская	1988	Основная единица для расчетов балансов загрязняющих веществ, самоочищения природных сред, миграций токсических элементов предложила термин (Глазовская, 1988)	Совокупность ландшафтно-геохимических катен, ограниченных общим водосбором и солесборным бассейном
Ю.И. Виноградов	1988	Речной бассейн – сочетание стокоформирующих комплексов, для которых характерно особая структура водного и теплового балансов (Виноградов, 1988)	Стокоформирующий комплекс
Н.И. Коронкевич, А.Н. Антипов, В.Н. Федоров, Л.М. Корытный	2000	Ландшафтно-гидрологический комплекс – часть земной поверхности, где взаимодействие гидрологических процессов и природных структур обладает локализовано специфическими, предопределенными одним или рядом географических факторов закономерностями (Антипов, Федоров, 2000)	Ландшафтно-гидрологическая система
Л.М. Корытный	2001	Бассейн как особая пространственная единица биосферы наиболее перспективен для многоаспектного изучения природы и экономики планеты и для управления	Природная геосистема высокой степени целостности, сочетающая абиогенную основу и

		окружающей средой» - основные положения бассейновой концепции (Корытный, 2001)	ряды функционирования биоты
--	--	--	-----------------------------

Необходимо подчеркнуть, что речной бассейн - «открытая» динамическая система, интенсивно взаимодействующая с внешней средой, характеризующаяся возможностью изменения состояния во времени и обратной связи, которая может обуславливать появление новых свойств системы (Харвей, 1974). Кроме того, речной бассейн рассматривается как социально-экономическая категория, как важная ресурсная единица современной структуры природопользования и территориальных систем расселения. Современные фундаментальные представления о речном бассейне как об интегральной природно-хозяйственной системе положены в основу бассейновой концепции управления природопользованием (Корытный 2001). Для трансграничных речных бассейнов реализация основных положений данной концепции имеет существенное значение – в данном случае речной бассейн рассматривается как единое целое для сопредельных государств при сохранении их национального суверенитета (Шаталова, 2015).

Итогом логического обобщения идей целостности природных и антропогенных подсистем является утверждение о том, что речной бассейн характеризуется определенным уровнем порядка элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, что соответствует концептуальному определению понятия «система» (Берталанфи, 1969). Идентификация речного бассейна как системы целесообразна и для бассейнов рек, пересеченных государственной границей. С учетом проявления феномена «трансграничность», данные природно-хозяйственные системы сохраняют структурно-динамическую целостность и после прохождения государственной границы. Соответственно, трансграничность как явление и процесс трансформирует функциональное состояние государственной границы, создавая условия для формирования целостной природно-хозяйственной системы. Кроме того, с позиции феномена «трансграничность» трансграничный речной бассейн может быть сопоставим с основными географическими категориями

(пространство, территория, регион, геосистема), что позволит обеспечить полимасштабный подход к исследованию данных систем (Сивохиц, Чибилёв, 2022).

Трансграничное пространство рассматривается как трехуровневая система с инфраструктурными, экономическими и административными границами (Ганзей, 2004). В пределах речных бассейнов, пересеченных государственными границами, происходит расширение и углубление пространства, в пределы которого вовлекаются не только участки непосредственного пограничного контакта, но и периферийные участки водосборных территорий. Добавим также, что от степени и качества (глубины) «проработки» трансграничного пространства зависит и эффективность межгосударственного взаимодействия. Кроме того, гидрологическая и структурно-динамическая целостность трансграничного бассейна является преимуществом для формирования трансграничных пространственных систем (Колосов, Бибанов, 1991). и социальных связей (Трансграничный регион..., 2010).

В отличие от категории «пространство», «территория» характеризуется конкретностью и локализованностью, с присущими ей природными и антропогенными свойствами. В отечественной географии теоретическое обоснование категории «*трансграничная территория*» актуализировано в начале XXI века. В частности, трансграничная территория рассматривается как сложная природно-антропогенная система, составными частями которой является природная геосистема, ее природно-ресурсный потенциал и виды хозяйственного использования (Трансграничный регион..., 2010). В монографии С. С. Ганзея (2004) данная категория характеризуется как «любые относительно целостные территории, разделенные географическими границами и отдельные части, которых испытывают влияние сопредельных территорий». Отмечается, что «целостность трансграничных территорий усиливается, если в их основе лежат единые *природные системы* – например, бассейны рек». Ключевой характеристикой трансграничных территорий является наличие элемента управления (целенаправленное вмешательство человека), который не позволяет новым структурно-функциональным связям системы переходить в исходное состояние (Бакланов, Ганзей, 2004; Бакланов, Ганзей, 2008).

Закономерным итогом трансграничных объединительных процессов (трансграничного взаимодействия) является формирование *трансграничного региона*. Первые дефиниции данной категории сформулированы в конце 70-х гг. XX века - «потенциальный регион, единый с точки зрения географии, истории, экологии этнических групп, экономических возможностей и т.д., но разбитый на части суверенитетом правительств, управляющих по обеим сторонам границы» (Rougement, 1977). В дальнейшем определение данной категории региона было дополнено, в том числе и российскими учеными. В частности, трансграничный регион рассмотрен как современная форма приграничного сотрудничества европейского образца (Колосов, 1988); функциональная типизация международных трансграничных регионов проведена на основе системного подхода (Федоров, Корнеевец, 2009) как феномен трансграничного взаимодействия данная категория рассматривается в рамках междисциплинарной парадигмы (Трансграничный регион..., 2010) и др.

Принимая во внимание структурно-динамическую целостность речных бассейнов, достаточно целесообразно рассматривать их в качестве «опорного каркаса» для устойчивого функционирования трансграничных регионов. В Европе широкое распространение получили особые приграничные образования – еврорегионы, функциональными ядрами многих из них являются бассейны рек (рр. Неман, Буг, Дунай, Прут, Днепр). Спецификой трансграничных регионов в пределах речных бассейнов является «сглаживание» процессов пространственной поляризации, что позволяет успешно реализовывать комплекс мероприятий в рамках программ межгосударственного взаимодействия. Кроме того, трансграничные регионы в пределах речных бассейнов характеризуются четкой пространственной когерентностью, поскольку в основе их формирования лежат внутренние связи, объединяющие приграничные регионы в единое целое (Федоров, Корнеевец, 2009).

С позиции системной парадигмы, фундаментальной географической категорией является геосистема - «особый класс управляющих систем, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с человеческим обществом» (Сочава, 1978). Одним из общесистемных свойств является эмерджентность - приобретение новых

свойств, поддерживающих или нарушающих состояние устойчивого функционирования геосистемы. Для трансграничных, в том числе и бассейновых геосистем, данное свойство напрямую связано с территориальной организацией природопользования по обе стороны государственной границы. В пределах трансграничной бассейновой геосистемы происходит развитие двухзвенных природно-хозяйственных структур, объединенных сопряженными связями природно-ресурсных и хозяйственных объектов (Ганзей, 2004). Необходимо обратить внимание, что для геосистем регионального уровня объективное выделение единых (интегральных) природно-хозяйственных (природно-общественных) систем достаточно проблематично (Исаченко, 2004).

Функциональной особенностью географических систем является их территориальность – особое системообразующее значение территориальных связей (Исаченко, 2004). В связи с этим, одной из актуальных задач остается идентификация структуры территориальных систем (в т.ч. и природно-общественных). Для трансграничных бассейнов как природно-общественных систем идентификация структуры актуальна и с позиции комплексного управления водными ресурсами, отправной точкой для которого может стать некоторое инвариантное состояние, характеризующее устойчивое функционирование системы.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что трансграничный речной бассейн рассматривается нами как *природно-хозяйственная система, характеризующаяся высокой степенью целостности, объединенная однонаправленными вещественно-энергетическими потоками и сопряженными связями природно-ресурсных подсистем сопредельных государств* (Таблица 4).

Для успешной практики комплексных исследований трансграничных речных бассейнов очевидна необходимость применения универсального методологического подхода, позволяющего объединить отдельные принципы в единую концептуальную модель.

Таблица 4 - Трансграничный речной бассейн как природно-хозяйственная система

Свойства системы	Определение	Природная подсистема	Антропогенная подсистема
Целостность	«Сила» связей элементов внутри системы выше, чем «сила» связей элементов системы с элементами внешней среды (Блауберг, Юдин, 1973)	Парадинамическая система, объединенная в единое целое однонаправленным потоком вещества и энергии	Природно-ресурсная система регионального уровня, характеризующаяся наличием пространственной взаимозависимости в пределах сопредельных государств
Иерархичность	Каждый элемент системы может рассматриваться как система; система может также характеризоваться как элемент некоторой надсистемы (Блауберг, Юдин, 1973)	Многозвенная гидрографическая структура речного бассейна	Взаимодействие парциальных (частных) территориальных систем разного уровня (природно-сельскохозяйственные, природно-рекреационные и др.), характеризующихся определенным уровнем интеграции
Синергичность	Суммирующий эффект взаимодействия двух или более факторов, характеризующийся тем, что их действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде их простой суммы (Блауберг, Юдин, 1973)	Нарастание водности реки по мере увеличения площади водосбора или густоты речной сети	Накопление количественных (позитивных или негативных) изменений в результате антропогенной трансформации водосборных территорий и переход системы от одного состояния к другому (качественные изменения)
Эмерджентность (системный эффект)	Наличие у системы особых свойств, не присущих её элементам, а также сумме элементов, не связанных особыми системобразующими связями (Блауберг, Юдин, 1973)	Объединение стокоформирующих комплексов в воднобалансовую систему, обладающую способностью к саморегуляции	Формирование природно-хозяйственной системы, высокой степени целостности, объединенной сопряженными связями территориальных природно-ресурсных подсистем сопредельных государств.

Подобные задачи могут быть успешно решены на основе системного подхода, который «ориентирован на раскрытие сущности объектов как целостных систем, исследование их многообразных внутренних и внешних связей и механизмов формирования устойчивой структуры» (Харвей, 1974). Отметим, что речной бассейн – наиболее подходящий объект для всестороннего применения системного подхода (Корытный, 2001).

Основная задача системного рассмотрения трансграничного речного бассейна - выявление закономерностей и противоречий взаимодействия природных и антропогенных подсистем, в том числе в аспекте формирования и распределения ресурсов речного стока. Фундаментальная концептуализация поставленной задачи может быть достигнута в ходе комплексных исследований трансграничных речных бассейнов на основе положений и принципов *географо-гидрологического подхода* (Рисунок 5).

Востребованность данного подхода для комплексных исследований трансграничных речных бассейнов прослеживается в ходе анализа основных этапов развития. Начиная с первых идей, высказанных В.Г. Глушковым в 1933 году и заканчивая современными представлениями, происходило поэтапное развитие и теоретическое обоснование географического направления в комплексных исследованиях водных ресурсов суши. В частности, были сформулированы основные положения данного подхода, который "устанавливает причинную связь всех вод данного района с географическим ландшафтом в целом, включая сюда, кроме климата, геологию, геоморфологию, почвы, растительность и на основе этой связи устанавливает характеристики свойств самих вод" (Глушков, 1933).

В дальнейшем, после нескольких десятилетий доминирования статистических методов в гидрологии, в различных научных центрах страны возрождается или вновь формируется географо-гидрологическое направление. В Институте географии РАН - традиционное географо-гидрологическое (М.И. Львович, Н.И. Коронкевич), Институте водных проблем РАН - географо-гидрологическое (Г.В. Воропаев, А.Б. Авакян, С.Л. Вендров) и палеогеографо-гидрологическое (Р.К.

Клиге), Государственном гидрологическом институте - зонально-ландшафтное (А.А. Соколов, П.С. Кузин, В.И. Бабкин), Московском государственном университете - ландшафтно-гидрологическое (А.И. Субботин), Воронежском государственном университете – гидрологическое районирование (А.Г. Курдов), концепция географо-гидрологической оценки водных ресурсов (В. А. Дмитриева), Институте географии Сибирского отделения РАН, в Иркутске - геосистемно-гидрологическое (И.Н. Гарцман, А.Н. Антипов, Л.М. Коротный) и др. Из зарубежных ученых выделим М. Парде, М. Мейбека, Г.Уайта.

Географо-гидрологические исследования предполагают изучение генезиса гидрологических явлений, взаимосвязей между различными объектами гидросферы, а также между гидросферой и другими компонентами, в том числе и социально-экономическими. Как отмечает Шикломанов И.А. (1979), «в условиях современной значительной освоенности речных водосборов географо-гидрологический подход апробирован для оценки влияния антропогенной деятельности на формирование речного стока и водные ресурсы».

Актуальность и своевременность географо-гидрологических исследований в решении энергетических, продовольственных, межнациональных и экологических проблем, особенно с учетом существенной роли водно-ресурсной составляющей отмечена Л.М Коротным (2017). Выделим также географическую роль речного стока как индикатора происходящих в пределах речного бассейна изменений под воздействием природных факторов и хозяйственной деятельности (Закономерности гидрологических процессов, 2012; Дмитриева, 2015). Важным теоретическим положением географо-гидрологической концепции является единство бассейнового и административного принципов исследования (Дмитриева, 2015). В.Г. Глушков обратил внимание на зональность природных вод, что означало признание географической природы гидрологических явлений и объектов, что важно с методологической точки зрения при решении ряда водных проблем (Дмитриева, 2000). Кроме того, исследования речных бассейнов на зональной основе является закономерным следствием пространственной нацеленности географо-гидрологического подхода (Географические направления в

гидрологии, 1995). Не менее важна роль зонального принципа и для оценки современного состояния, распределения и использования водных ресурсов (Водные ресурсы России..., 2008).

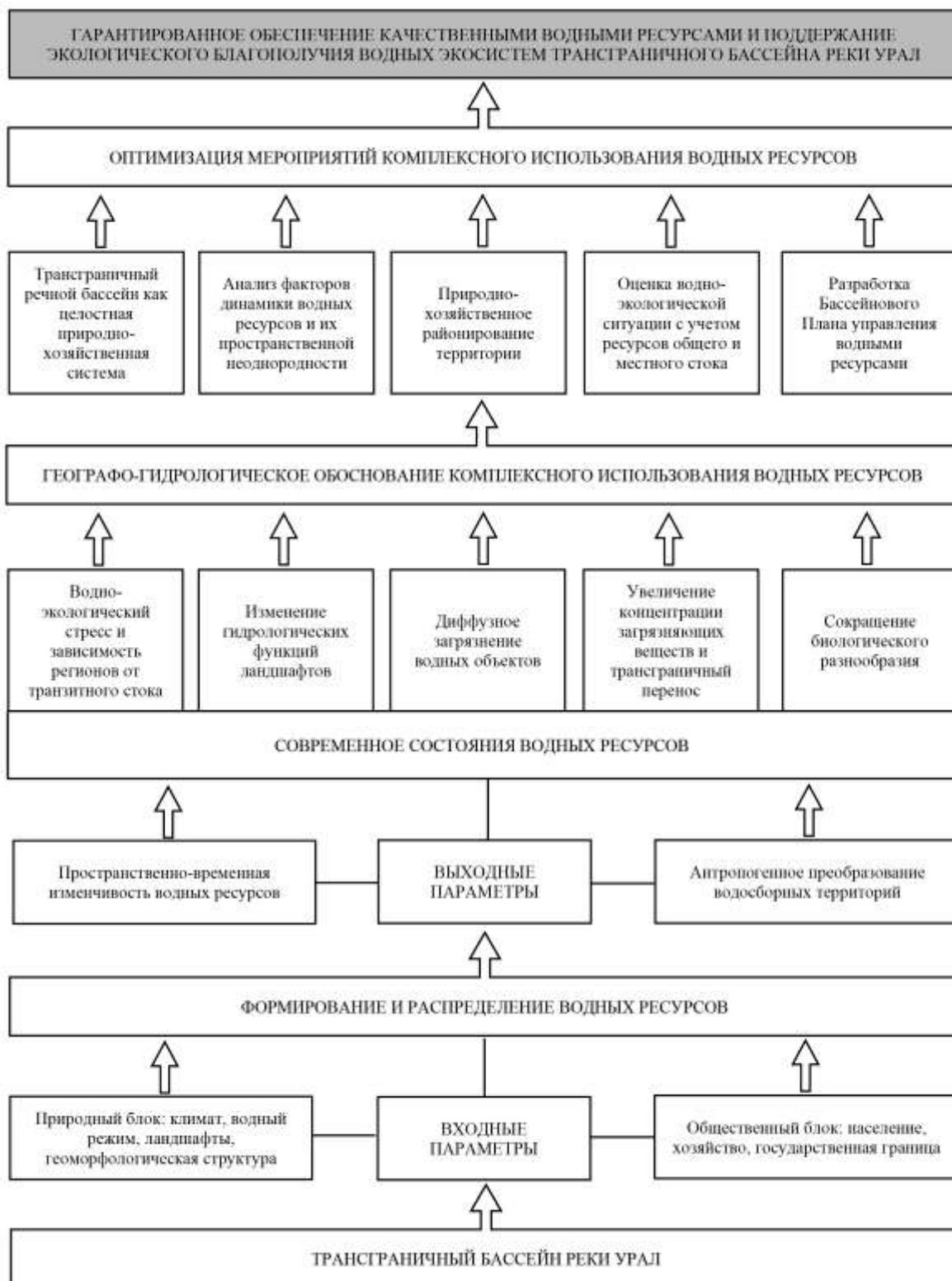


Рисунок 5 - Концептуальная схема исследования трансграничного бассейна реки Урал на основе географо-гидрологического подхода

Обобщая вышесказанное, отметим, что географо-гидрологический подход позволяет выполнить комплексный анализ многообразия причин, особенностей и следствий гидрологических явлений и процессов, в том числе в выявлении роли воды в функционировании природы и общества (Коронкевич, 2008; Географо-гидрологические исследования, 2012).

Научное обоснование комплексного использования водных ресурсов трансграничных речных бассейнов на основе географо-гидрологического подхода предполагает изучение современного состояния водно-ресурсного потенциала с учетом изменений условий формирования стока и пространственных закономерностей хозяйственного освоения водосборной территории в пределах сопредельных государств. Важно, что при этом, трансграничный речной бассейн рассматривается как целостная природно-хозяйственная система с характерными зональными и аональными компонентами, взаимодействие которых осуществляется в условиях интенсивного антропогенного преобразования поверхности водосбора. Отмеченное выше единство бассейнового и административного принципов, для трансграничных рек имеет ключевое значение, особенно с учетом пространственной дифференциации физико-географических факторов формирования речного стока и региональных особенностей использования водных ресурсов.

Таким образом, реализация географо-гидрологического подхода обеспечивает системное рассмотрение трансграничных речных бассейнов и в полной мере раскрывает сущность феномена «трансграничность». Кроме того, успешно могут быть решены приоритетные задачи комплексных исследований трансграничных бассейнов с учетом зональных особенностей условий формирования и распределения ресурсов речного стока в условиях степной зоны. Следует отметить, что частные подходы не позволяют получить достоверные сведения о трансграничных речных бассейнах как о системах, характеризующихся высокой степенью целостности, функционирование которых происходит порой в противоречивых социально-экономических и геополитических реалиях, определяемых политикой сопредельных государств.

Для трансграничного бассейна реки Урал обоснованность и своевременность разработки логической схемы исследований на основе географо-гидрологического подхода определяется наличием комплекса проблем и противоречий, обусловленных пространственной спецификой формирования ресурсов речного стока (транзитных и местных) и структурой регионального водохозяйственного комплекса. Кроме того, на протяжении длительного времени в регионах исследуемого бассейна обозначена проблема разработки эффективных форматов институционального сотрудничества, направленных на обеспечение экологически безопасного и рационального водопользования, что также невозможно решить без всесторонней оценки условий формирования и распределения ресурсов речного стока.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК СТЕПНОЙ ЗОНЫ

2.1. Анализ гидрологической изученности территории бассейна р. Урал

Использование водных ресурсов трансграничных речных бассейнов предполагает оптимизацию данного процесса на принципе рациональности, эффективности и безопасности, что в свою очередь требует привлечения детальной информации о состоянии природной среды и характере водопользования (Алексеевский, Завадский, Кривушин и др., 2015).

Гидрологическая сеть в России, в том числе и в пределах бассейна р. Урал - одна из старейших в мире, максимального периода развития достигла к 1975 г. В бассейне р. Урал значительное количество гидрологических постов (8) было закрыто в 1988 г., из которых большая часть проводила наблюдения в пределах бассейнов малых рек. Практически прекратила существование сеть мониторинга по наиболее загрязненным рекам Башкортостана, ранее осуществляемая «Филиалом ФГБВУ «Центррегионводхоз» по мониторингу водных объектов бассейнов рек Белой и Урала». С 7-ми до 3-х сократилось количество постов «Управления эксплуатации Ириклинского водохранилища». В пределах казахстанского участка исследуемого бассейна в постсоветский период отмечалось сокращение сети гидрометрических постов – с 1991 по 1998 гг. были закрыты гидропосты в бассейнах рр. Орь, Утва и др.

Современный состав и структура действующих национальных (государственных, РФ и РК) наблюдательных сетей за состоянием водных объектов выглядит следующим образом (Рисунок 6, Приложение 1).

Распределение сети *гидрологических постов* по территории бассейна р. Урал достаточно равномерно – с максимальной плотностью в северо-восточной части (верхнее течение) и с минимальной – в южной части (нижнее течение). С учетом зонального принципа, максимальное число постов находится в пределах степной, минимальное – в полупустынной и пустынной зонах.

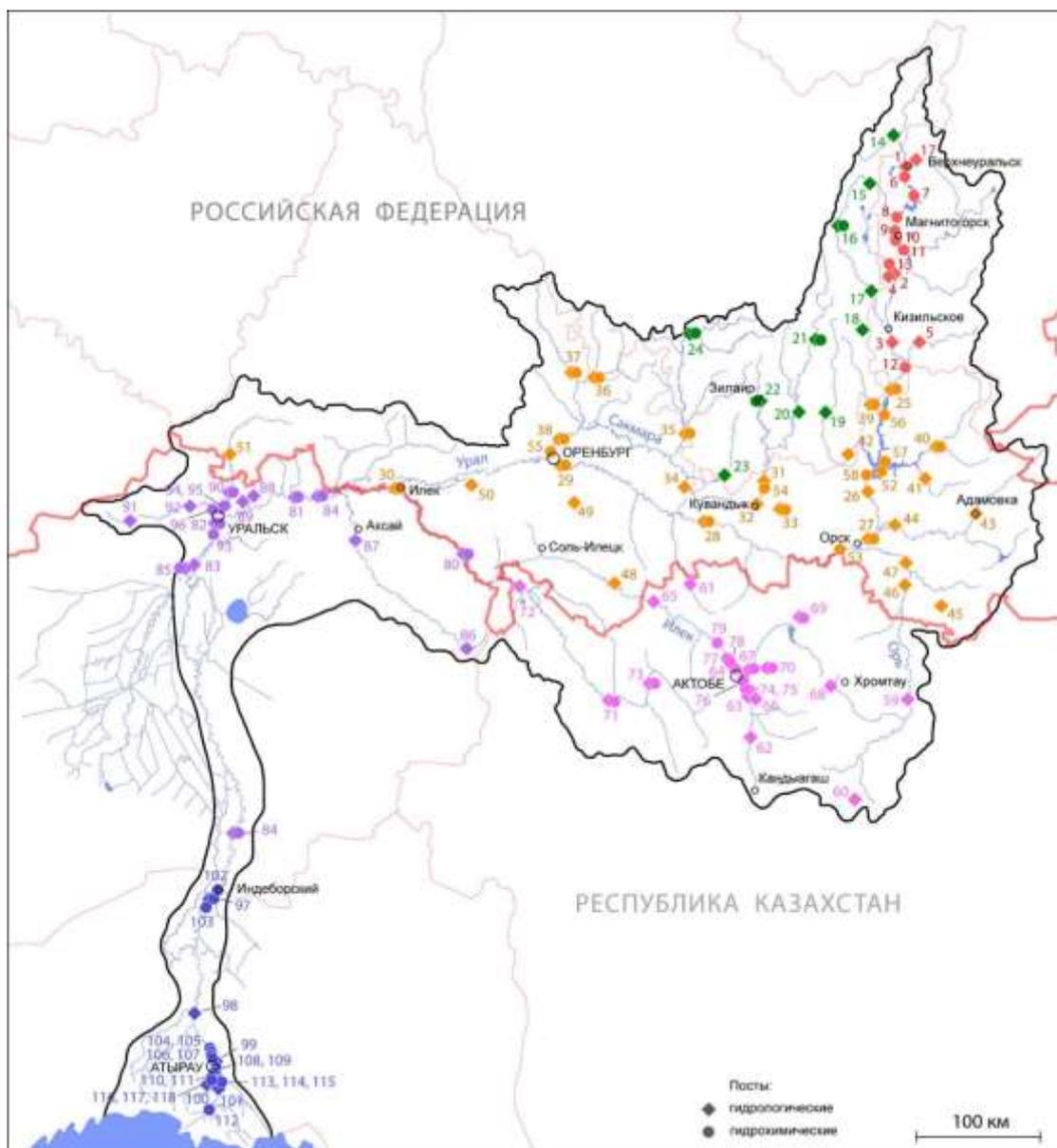


Рисунок 6 - Размещение государственных постов наблюдения за состоянием водных объектов в бассейне р. Урал (нумерация в Приложении 1)

Первые результаты анализа гидрологической изученности бассейна р. Урал получены в 1934, при разработке Схемы комплексного использования водно-земельных ресурсов реки Урал под руководством С.Г. Боскиса и М.Н. Троцкого (Боскис, Троцкий, 1934). Авторы Схемы отмечали слабую изученность рек исследуемого бассейна, чему способствовала ограниченность данных гидрологических исследований в различных физико-географических и гидрологических районах бассейна. Наиболее ранние водомерные наблюдения в бассейне р. Урал производились на заводских прудах верхнего течения, еще в XVIII веке. Первые

измерения расходов воды в среднем и нижнем течении производились в 1889-1890 гг. Переселенческим Управлением при гидрографическом описании рек и озер. По состоянию на 1934 г. единственным пунктом с многолетним рядом гидрологических наблюдений был пост в устье р. Сакмара (открыт в 1881 г.).

Регулярные гидрологические наблюдения на р. Урал начинаются в 1912 году – пост в п. Кушум. Начиная с 1923 г. экспедиционные исследования рек исследуемого бассейна велись достаточно планомерно, в зависимости от проектных и строительных задач. В частности, в 1923, 1926 и 1942 гг. обследования проводились для решения вопросов судоходства; в 1926-1928 гг. – в связи с постройкой Магнитогорского металлургического комбината; в 1931-1940 гг. – для целей энергетики и др.

На Рисунке 7 представлены данные по количеству гидрологических постов, открытых в 1910-2000 гг.

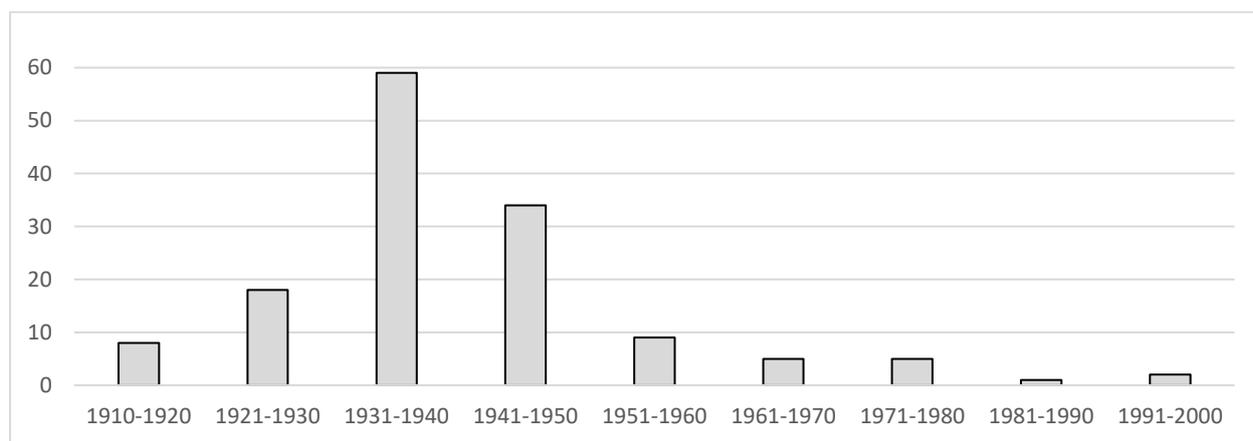


Рисунок 7 - Число гидрологических постов в бассейне р. Урал, открытых в разные периоды

Максимальное количество гидропостов (59) было открыто Гипроводом в 30-е гг. в связи с разработкой Схемы комплексного использования водно-земельных ресурсов (Боскис, Троцкий, 1934). В этот период широко практиковалась ведомственная сеть, действующая 2-3 года в отдельные сезоны. Гидрометрические наблюдения различной продолжительности проводились не только на реке Урал (7), но и на притоках – рр. Сакмара (3), Малый Кизил (Муракаево), Большой

Кумак (Новоорск), Орь (Конезавод), Губерля (Малое Халилово), Большой Ик (Поляковка), Илек (Мертвецовка).

В послевоенные годы (1946-1960 гг.) в связи восстановлением народного хозяйства число пунктов наблюдений увеличилось, особенно в верхнем течении исследуемого бассейна. Позже, освоение новых месторождений полезных ископаемых и интенсивное развитие сельского хозяйства значительно увеличили потребности в воде, в том числе и в лимитирующий период, что послужило причиной для открытия новых гидрологических постов.

Распределение гидрологических створов по величине площадей водосборов представлено в Таблице 6. К настоящему времени, наиболее изученными являются реки с площадями водосбора от 1000 до 10000 км², на которых число гидропостов с различными периодами наблюдений составляет 68 в российской и 12 в казахстанской частях. Наименее изученными - водотоки с площадью водосбора менее 100 км².

Таблица 6 - Распределение гидрологических створов по величине площадей водосборов в бассейне р. Урал

	Площадь водосбора, км ²							Всего
	11-100	101-200	201-500	501-1000	1001-10000	10001-20000	>20000	
<i>Российская Федерация</i>								
Число	7	3	17	21	68	10	15	141
%	5	2	12	15	48	7	11	100
<i>Республика Казахстан (без Эмбы и Узени)</i>								
Число	-	-	-	1	12	4	8	25
%	-	-	-	4	48	16	32	100

Согласно Рисунку 8, продолжительность наблюдений за годовым стоком в большинстве гидропостов невелика – 21 % пунктов наблюдения имеют ряды до 5 лет; 13 % - от 5 до 10 лет. Длительные ряды наблюдений (более 70 лет) составляют 26 %. В целом, сведения о стоке рек по бассейну р. Урал имеются более чем по 140 (60) пунктам наблюдений, из них 30 – с наиболее длинными рядами наблюдений.

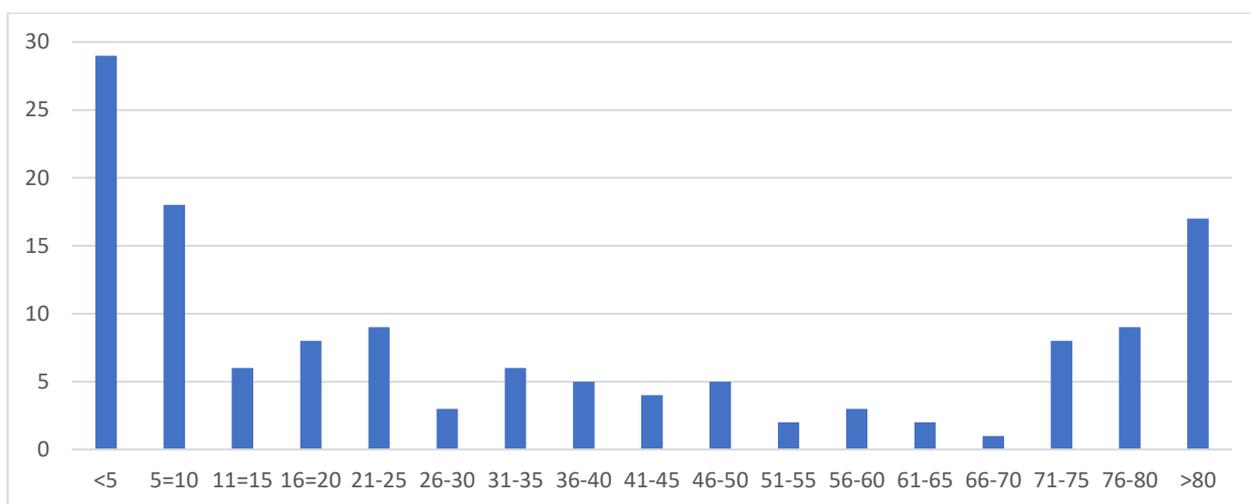


Рисунок 8 - Количество гидрологических постов с различным периодом наблюдений

В итоге, на современном этапе, в бассейне р. Урал насчитывается 43 (Российская Федерация) и 33 (Республика Казахстан) действующих гидрологических постов с разной продолжительностью наблюдений, что позволяет при их относительно равномерном распределении по территории оценивать обеспеченность водными ресурсами в бассейнах крупных и средних рек в различные по водности годы.

Вместе с тем, с учетом трансграничного статуса бассейна р. Урал, ряд задач совместных гидрологических наблюдений реализовать достаточно сложно. В частности, решение задачи международного контроля поступления речного стока, характеристик опасных гидрологических явлений и их изменений, осложняется целым комплексом факторов. В первую очередь необходимо отметить территориальные различия сети гидрологических наблюдений не только по обе стороны государственной границы РФ и РК, но и в пределах национальных участков исследуемого бассейна. Пространственные особенности распределения сети гидрометрических станций в сочетании с неоднозначной интерпретацией результатов наблюдений затрудняют получение достоверной информации.

Согласно результатам территориального анализа формирования сети гидрологических наблюдений, в течение последних 30 лет (1990-2020 гг.) в бассейне р. Урал было открыто всего 2 гидропоста в РФ, в пределах водосборной

территории крупнейшего притока р. Сакмара – Большое Чураево (р. Сакмара) и Октябрьское (р. Большой Юшатырь) в 1998 году. В пределах казахстанского участка, начиная с 2000 годов ситуация с развитием сети гидрометрических начинает улучшаться (всего открыто 17 постов). Так, на р. Урал за период 2000-2020 годы было открыто 5 гидрологических постов (Январцево, Тайпак, Индербор, Еркенкала, Жанаталап); на р. Илек – 2 гидропоста в верхнем течении (Тамды, Бестамак) и 1 пост в среднем течении (Целинное), а также в данный период регулярными гидрологическими наблюдениями охвачены рр. Шийли (2006), Урта-Буртя (2002), Тамды (2020), Кокпекты (2020) и др.

Гидрохимический мониторинг поверхностных вод трансграничного бассейна р. Урал проводится по разреженной сети наблюдений; без необходимого обоснования размещения гидропостов; с аналитическим контролем произвольно выбранных ингредиентов-загрязнителей; несоблюдение принципа непрерывности наблюдений и др. В итоге, полученные данные имеют слабую информативность, что в ряде случаев не позволяет дать репрезентативную оценку качества воды. Кроме того, выявление изменений в загрязнённости водных объектов во времени и в пространстве становится невозможным из-за несопоставимости результатов.

В связи с этим, для сокращения подобных разногласий, рабочей группой по трансграничным рекам Урало-Каспийского бассейна в составе Российско-Казахстанской комиссии по совместному использованию и охране трансграничных водных объектов принято решение о совместном отборе проб на отдельных створах. В рекомендациях данной рабочей группы отмечено, что оптимально организованная сеть гидрохимических режимных наблюдений позволит не только более детально охарактеризовать состояние загрязнённости вод, но и определить конкретный участок водосборной площади реки, с которого загрязняющие вещества поступают в водоток.

В заключении отметим, что задача определения и обоснования принципов рационального размещения сети гидрометрических и гидрохимических наблюдений в пределах трансграничных речных бассейнов, заключается в определении

оптимального числа постов и их географической привязки. При этом количество пунктов наблюдений должно отвечать следующим критериям – во-первых, обеспечивать получение достоверных и репрезентативных гидрологических характеристик; во-вторых, обеспечивать эффективное использование гидрологической информации при обосновании решений комплексного использования водных ресурсов; в - третьих – отражать объективные закономерности режима вод суши в современных условиях нестационарного климата и др.

2.2. Методы изучения закономерностей формирования водных ресурсов

Научно-методические основы изучения закономерностей формирования водных ресурсов и их оценки заложены в работах Кочерина (1927); Будыко (1947); Воскресенского (1962); Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли (1974); Львовича (1974); Вендрова (1987); Воропаева, Ратковича (1988); Ратковича (2003); Водные ресурсы России и их использование (2008); Данилов-Данильян (2009); Водные ресурсы и качество вод (2010); и др.

Для оценки современных процессов гидрологического цикла важное значение имеет изучение многолетних колебаний атмосферной циркуляции. В диссертационном исследовании данная задача решалась на основе применения макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов Г. Я. Вангенгейма – А.А. Гирса (Вангенгейм, 1948), представляющий собой классификацию синоптических процессов над атлантико-евразийским сектором северного полушария. Процессы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) обобщены в следующие формы – западную W, восточную E и меридиональную C (Вангенгейм, 1948). Количественной характеристикой данной классификации служит число дней с определенной формой циркуляции или их аномалий. Изучение многолетних колебаний атмосферной циркуляции в диссертационном исследовании осуществлено на основе данных о повторяемости форм циркуляции W, E и C, которые опубликованы в виде календарного каталога макросиноптических процессов (Дмитриев, Дубравин, Беязо, 2018).

Для изучения региональных тенденций изменения климата в качестве исходных приняты многолетние ряды данных метеонаблюдений за 81-летний период (1940 -2020 гг.) по 15 метеостанциям (МС), расположенным в бассейне р. Урал и на прилегающих территориях (Рисунок 9, Таблица 7).

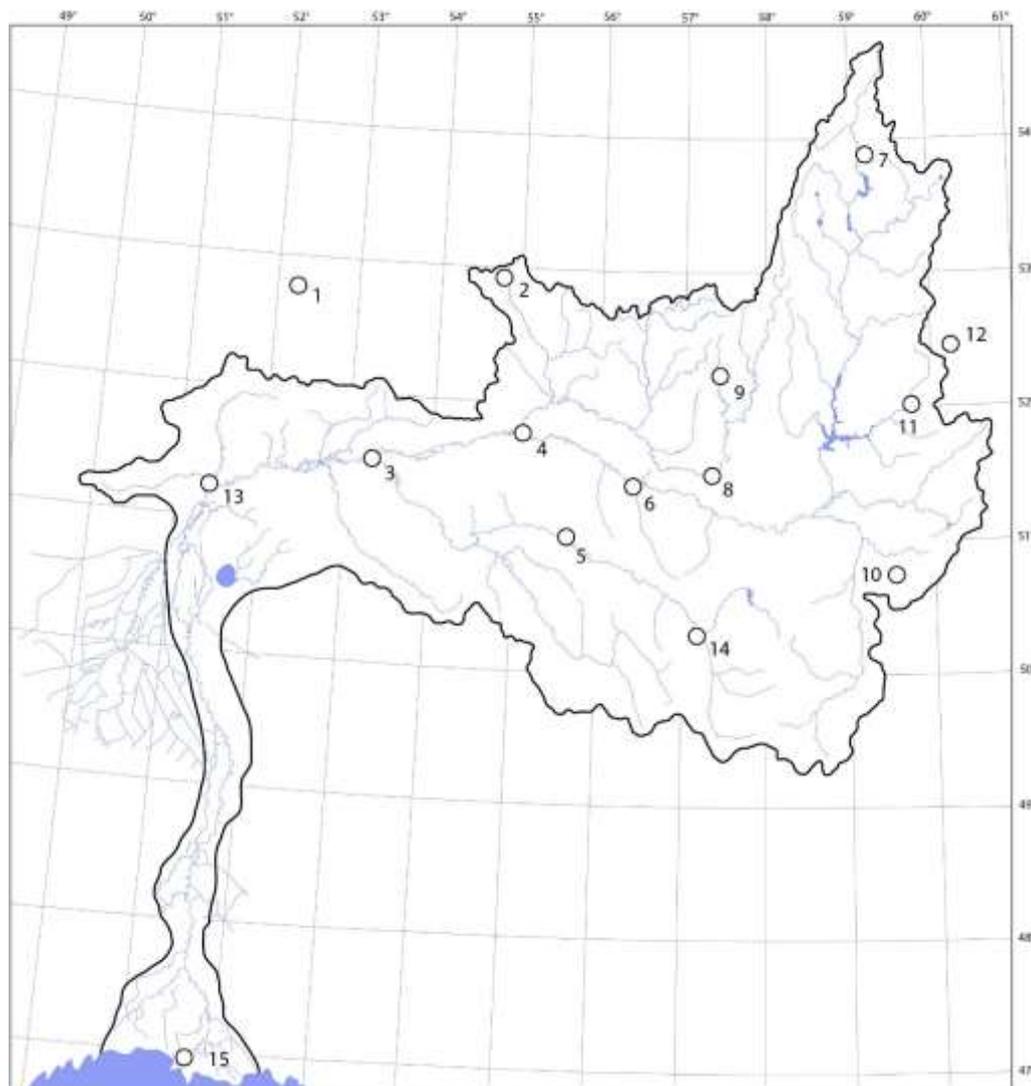


Рисунок 9 - Схема расположения метеорологических станций:

- 1 – Бузулук, 2 – Шарлык, 3 – Илек, 4 – Оренбург, 5 – Акбулак, 6 – Беляевка,
7 – Верхнеуральск, 8 – Кувандык, 9 – Зилаир, 10 – Домбаровский,
11 – Айдырля, 12 – Бреды, 13 – Уральск, 14 – Актобе, 15 – Атырау

Основным источником многолетних данных по температуре воздуха и атмосферным осадкам стал Интернет ресурс ВНИГМИИ МЦД (URL: <http://meteo.ru/data>).

Таблица 7 - Физико-географическая характеристика метеостанций в трансграничном бассейне р. Урал и прилегающих территорий

№ на карте	Пункт	Высота м	Год открытия	Провинция, подзона/подобласть	Бассейн
1.	Бузулук	79	1927	Общесыртовско-Предуральская возвышенная, северная степь	Самара
2.	Шарлык	190	1924	Заволжско-Предуральская возвышенная, южная лесостепь	Салмыш
3.	Илек	67	1936	Общесыртовско-Предуральская возвышенная, южная степь	Илек
4.	Оренбург	115	1843	Общесыртовско-Предуральская возвышенная, северная степь	Урал
5.	Акбулак	143	1927	Общесыртовско-Предуральская возвышенная, южная степь	Илек
6.	Беляевка	131	1933	Общесыртовско-Предуральская возвышенная, южная степь	Урал
7.	Верхнеуральск	400	1904	Зауральская высоко-равнинная, северная степь	Урал
8.	Кувандык	216	1924	Зилаирско-Сакмарская низкогорная, подобласть гор Южного Урала	Сакмара
9.	Зилаир	522	1932	Зилаирско-Сакмарская низкогорная, подобласть гор Южного Урала	Сакмара
10.	Домбаровский	277	1937	Зауральская высоко-равнинная, южная степь	Орь
11.	Айдырля	328	1937	Зауральская высоко-равнинная, северная степь	Суундук
12.	Бреды		1937	Зауральская высоко-равнинная, северная степь	Водораздел рр. Урал и Тобол
13.	Уральск	35	1926	южная степь	Урал
14.	Актобе	209	1926	южная степь	Илек
15.	Атырау	-15	1933	северная полупустыня	Урал

Выводы о направленности, величине и региональных особенностях изменения климата в исследуемом бассейне сформулированы на основе расчета коэффициентов линейного тренда за период 1950-2021 годы (Таблица 8).

Уравнение линейного тренда - $y(x)=a+bx$, где: y - последовательность значений среднемесячной температуры; x — номер периода (порядковый номер месяца); a – точка пересечения с осью y на графике (минимальный уровень); b – это значение, на которое увеличивается следующее значение временного ряда.

Оценка статистической значимости тренда была выполнена в программе Statistica 12.0 с использованием двух уровней достоверности – $p < 0,01$ и $p < 0,05$.

Таблица 8 - Результаты значимости линейных трендов в рядах среднегодовых и среднемесячных температур воздуха

Метеопосты	Периоды	Коэффициент тренда ($^{\circ}\text{C}$), b	Стандартное отклонение, σ , мм	Коэффициент множественной детерминации, R^2	Значимость тренда, p
Бузулук	1950-2021	0,35	1,18	0,38	<0,01
	1980-2021	0,44	1,03		
Шарлык	1950-2021	0,27	1,15	0,26	<0,01
	1980-2021	0,35	1,06		
Оренбург	1950-2021	0,36	1,22	0,39	<0,01
	1980-2021	0,43	1,03		
Беляевка	1950-2021	0,28	1,15	0,26	<0,01
	1980-2021	0,38	1,01		
Кувандык	1950-2021	0,15	0,94	0,12	<0,01
	1980-2021	0,23	0,92		
Зилаир	1950-2021	0,33	1,05	0,43	<0,01
	1980-2021	0,38	0,91		
Илек	1950-2021	0,38	1,23	0,42	<0,01
	1980-2021	0,40	1,01		
Акбулак	1950-2021	0,31	1,16	0,32	<0,01
	1980-2021	0,41	1,04		
Домбаровка	1950-2021	0,31	1,12	0,34	<0,01
	1980-2021	0,36	1,02		
Айдырля	1950-2021	0,30	1,23	0,25	<0,01
	1980-2021	0,27	1,00		
Бреды	1950-2021	0,33	1,16	0,36	<0,01
	1980-2021	0,36	1,03		
Уральск	1950-2021	0,38	1,28	0,38	<0,01
	1980-2021	0,41	1,09		
Актобе	1950-2021	0,29	1,10	0,30	<0,01
	1980-2021	0,38	0,99		
Атырау	1950-2021	0,37	1,17	0,42	<0,01
	1980-2021	0,61	1,13		

Согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации (ВМО) в качестве базового периода для оценки изменения климатических параметров использовался 30-летний период – 1961-1990 гг. На основе расчета нормы климатических параметров (температуры приземного слоя воздуха и

количества атмосферных осадков) рассчитаны отклонения от нормированных значений.

Кроме оценки изменений климатических средних и отклонений от нормированных значений, существенный интерес для выявления региональных тенденций изменения климата представляет изучение экстремальных значений метеорологических величин. Впервые для территории исследуемого бассейна были рассчитаны региональные индексы аномальности и экстремальности климата - индекс аномальности климата (коэффициент аномальности Н.А. Багрова) рассчитывается как среднее квадратическое из стационарных значений нормированной аномалии температуры или атмосферных осадков (1) и параметр Токарева, позволяющий оценивать не только величину температурной аномалии, но и ее знак (Токарев, 1983).

$$K = \frac{1}{N} \sum \left(\frac{\Delta T}{\sigma} \right)^2 \quad (1),$$

где N – количество точек с положительной аномалией температуры (ΔT_+)

При характеристике естественной увлажненности (по осадкам) рассчитана среднемноголетняя величина (норма) годовых атмосферных осадков с учетом величины стандартного отклонения и числа лет наблюдений. К числу маловодных по осадкам лет отнесены годы, величина осадков которых менее $P_{\text{ср}} - 2\sigma$. В дальнейшем, по эмпирической кривой обеспеченности аномалий годовых осадков определялся диапазон обеспеченности, соответствующий маловодным по осадкам годам.

Комплексная оценка сочетания условий распределения атмосферной влаги и температуры реализована расчетами гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК), представляющий собой отношение суммы осадков за период не менее месяца ($\Sigma_{\text{ос}}$) к сумме температур выше 10°C за этот же период (ΣT) ($\text{ГТК} = \Sigma_{\text{ос}} * 10 / \Sigma T$). По среднемноголетним значениям ГТК выделяют зоны увлажнения: влажная – 1,6–1,3; слабо засушливая – 1,3–1,0; засушливая – 1,0–0,7; очень засушливая – 0,7–0,4; сухая – $<0,4$ (Селянинов, 1928).

Для расчета ГТК использованы многолетние данные (1940-2021) по 5 метеостанциям, отражающие характерные по ландшафтно-гидрологическим характеристикам, зоны формирования стока рек бассейна р.Урал: *Зилаир* – горнолесные условия Южного Урала, основная зона питания правобережных притоков в верховьях р. Урал и реки Сакмара; *Бреды* – степное Зауралье, восточная часть бассейна; *Оренбург* – степное Предуралье, центральное положение в бассейне; *Актобе* – сухостепная южная часть бассейна, зона питания р. Илек; *Уральск* – замыкание водосборной площади, ниже – транзитный участок р.Урал.

Анализ многолетней динамики ресурсов речного стока в исследуемом бассейне проведен на основе данных 14 ключевых постов гидрометрических наблюдений (Рисунок 10, Таблица 9).

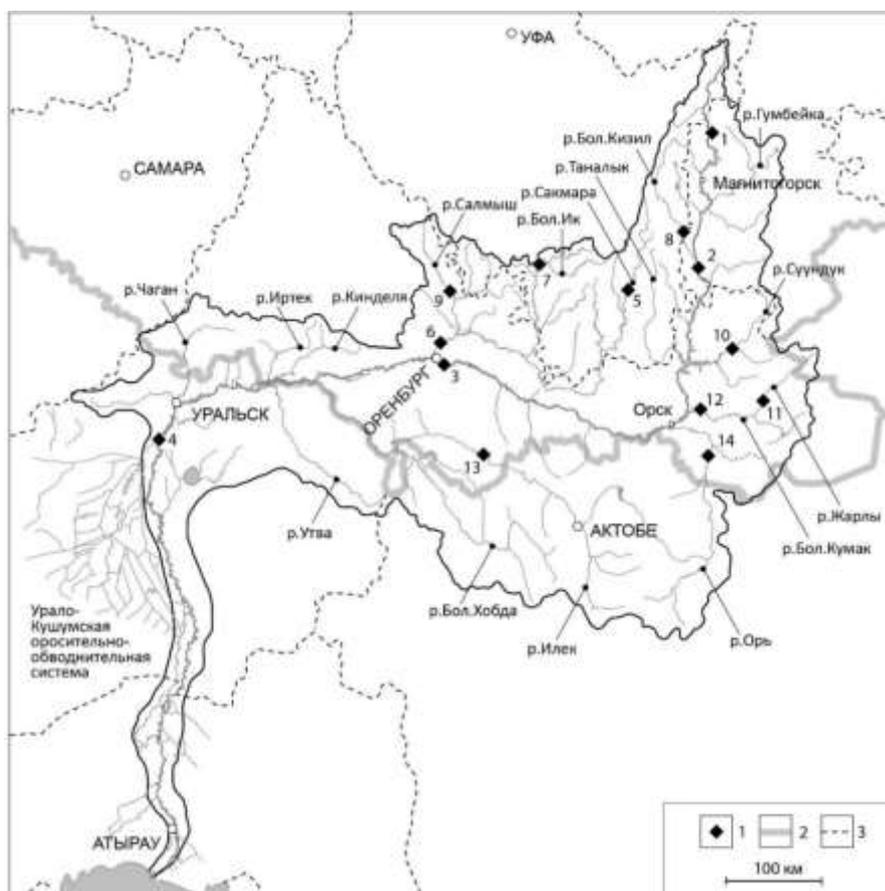


Рисунок 10 - Расположение ключевых постов гидрометрических наблюдений в трансграничном бассейне р. Урал: 1 – гидропосты (нумерация соответствует таблице 9); 2 – государственная граница Российской Федерации и Республики Казахстан; 3 – административные границы регионов

Таблица 9 - Общая характеристика ключевых постов гидрометрических наблюдений в бассейне р. Урал

№ п/п	Река, пункт	Период наблюдений	S, км ²	Отметка нуля поста, м	Q _{ср} , м ³ /с	W _{ср} , км ³
1.	Урал (Верхнеуральск)	1948-2021	2650	397,3	7,2	0,23
2.	Урал (Кизильское)	1938-2021	17200	289,0	28,6	0,88
3.	Урал (Оренбург)	1927-2021	82300	81,6	92,0	2,90
4.	Урал (Кушум)	1921-2021	190000	15,8	294,3	9,54
5.	Сакмара (Акьюлово)	1946-2021	4420	262,3	12,9	0,39
6.	Сакмара (Каргала)	1928-2021	29600	86,9	130,4	1,72
7.	Большой Ик (Мраково)	1953-2021	1870	229,0	15,4	0,49
8.	Большой Кизил (В. Абдряшево)	1949-2021	1830	332,5	4,6	0,15
9.	Салмыш (Буланово)	1960-2021	2580	122,2	8,1	0,25
10.	Суундук (Майский)	1970-2021	4020	248,6	4,5	0,14
11.	Жарлы (Адамовка)	1951-2021	2490	264,5	3,8	0,12
12.	Большой Кумак (Новоорск)	1967-2021	7250	203,1	10,4	0,33
13.	Илек (Веселый)	1951-2021	17200	123,9	21,7	0,68
14.	Орь (Истемес)	1956-2021	13000	208,3	6,0	0,19

Выбор постов обоснован продолжительностью рядов непрерывных наблюдений, позволяющей выявлять циклы (серии лет) различной водности и, тем самым повысить достоверность полученных результатов. Сформированная база данных охватывает многолетний период до 2020 г. включительно, максимально продолжительный ряд составляет 80 лет для рр. Урал и Сакмара, а для основных притоков – от 50 до 70 лет. Также, выбор гидропостов был основан на различиях физико-географических условий стокоформирования и степени антропогенного воздействия на речной сток; сток рр. Урал и Илек зарегулирован водохранилищами многолетнего регулирования. В итоге, анализ многолетних данных по 14 ключевым гидропостам позволил отразить разнообразие условий

стокоформирования в пределах основных природных зон и получить достоверные сведения о пространственных особенностях формирования и распределения ресурсов речного стока в исследуемом бассейне.

Для рек Европейской территории России 1978 г. установлен как пороговый год изменения водности под влиянием климатических факторов (Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017), поэтому сравнительный анализ отдельных параметров речного стока выполнен для двух периодов близких по продолжительности – 1950-1977 гг. (28 лет); 1978-2008 гг. (31 год). Период с ноября по март принят за зимний сезон, июнь-октябрь – за летне-осенний сезон.

Для расчета нормы стока рек бассейна р. Урал определен период 1950-2008 гг. (продолжительность наблюдений составляет 59 лет), на основе рекомендаций использования в качестве нормы периодов, включающих полные циклы фаз водности. В нашем случае этот период охватывает две долговременные фазы – пониженного стока (1950-1989) и повышенного стока (1990-2007). Кроме того, репрезентативность данного периода подтверждается значениями средних квадратических ошибок, для большинства рек, не превышающих 10 %.

В связи с тем, что наблюдаемые значения параметров стока содержат в своем составе интервалы, характеризующиеся нарушением стационарности, проведена проверка однородности рядов ресурсов речного стока. С этой целью использованы классические методы проверки гипотез – критерий Стьюдента и Фишера в программе Stokstat 1.2.1 для средних значений при уровне значимости 5 %.

На начальном этапе была проведена проверка устойчивости дисперсии по критерию Фишера, для чего ряд наблюдений ресурсов речного стока разбивался на две выборки по дате нарушения водного режима (например, год начала заполнения водохранилища) или на две равные части. Аналогичным образом была выполнена оценка стационарности среднего значения ряда водных ресурсов исследуемого бассейна с использованием критерия Стьюдента. Результаты проверки рядов водных ресурсов рек бассейна р. Урал на однородность по данным методикам представлены в Таблице 10.

Таблица 10 - Проверка рядов водных ресурсов бассейна р. Урал на однородность по методикам Фишера и Стьюдента

№ п/п	Река - створ	Период	W, км ³ /год	C _v	Однородность ряда по критерию	
					Фишера	Стьюдента
1	Урал - Верхнеуральск	1948-2021	0,23	0,48	+	+
2	Урал - Кизильское	1938-2021	0,88	0,71	+	+
3	Урал – Оренбург	1927-2021	2,92	0,72	-	+
4	Урал - Кушум	1921-2021	9,29	0,57	-	+
5	Сакмара - Акъюлово	1946-2021	0,39	0,56	+	+
6	Сакмара – Каргала	1928-2021	4,11	0,45	+	+
7	Большой Ик - Мраково	1953-2021	0,49	0,42	+	+
8	Салмыш – Буланово	1960-2021	0,25	0,41	+	+
9	Большой Кизил – Верхне-Абдряшево	1949-2021	0,15	0,56	+	+
10	Большой Кумак – Новоорск	1967-2021	0,33	0,77	+	+
11	Орь-Истемес	1956-2021	0,19	0,78	+	+
12	Жарлы – Адамовка	1951-2021	0,12	0,89	-	-
13	Суундук - Майский	1970-2021	0,14	0,70	+	+
14	Илек - Веселый	1951-2021	0,68	0,59	+	+

Согласно результатам проведенной оценки в 11 (из 14) створах речных бассейнов ряды водных ресурсов стационарны и по среднему, и по дисперсии (верхнее течение р. Урал и притоки (Большой Кизил), р. Сакмара и притоки (Б.Ик, Салмыш); притоки юго-восточного сектора бассейна р. Урал (Илек, Большой Кумак, Орь, Суундук). 2 ряда стационарны по среднему значению и нестационарны по дисперсии – (р. Урал в створах Оренбург и Кушум). Полностью нестационарен ряд ресурсов речного стока р. Жарлы (Адамовка).

Анализ многолетних изменений стока в бассейне р. Урал основан на использовании разностно-интегральных кривых и значений модульного коэффициента, которых рассчитывались по следующей формуле:

$$S_r = \sum (K_{Q_i} - 1), \quad (2)$$

где модульный коэффициент K_{Q_i} равен отношению Q_i/\bar{Q} , в котором \bar{Q} – среднее арифметическое значений всего ряда; S_r – кривая накопления стока в координатах с масштабом $Q_0 = 1$. В итоге, были выделены фазы низкой ($K_{Q_i} < 1$) и высокой водности ($K_{Q_i} > 1$) различной продолжительности.

Согласованная смена фаз водности большинства рек бассейна р. Урал проиллюстрирована не только общей направленностью нормированных значений стока, но и сильной теснотой корреляционных связей между рядами величин речного стока. Построены матрицы парных коэффициентов корреляции, рассчитаны коэффициенты линейной детерминации: $r =$ до 0,3 – связь отсутствует; 0,3-0,5 – слабая связь; 0,5-0,7 – умеренная связь; 0,7-1,0 – функциональная сильная.

Анализ многолетней динамики стока рассматриваемых рек также проведен по эмпирическим кривым обеспеченности, при котором параметры годового стока представляются в виде количественной оценки отвечающей той или иной заданной обеспеченности или повторяемости. Для створов с продолжительными рядами наблюдений (Кизильское, Оренбург, Кушум и Каргала) сопоставление эмпирических кривых обеспеченности среднегодовых расходов проведено по трем 20-летним периодам – 1938 – 1957 годы (условно-естественный сток); 1958 – 1977 годы (период нарастания антропогенной нагрузки); 1978-1997 годы (период максимальной антропогенной нагрузки) (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018) и современный период – 1998-2021 годы. Для построения кривых обеспеченности максимальных расходов использовалась формула С.Н. Крицкого – М.Ф. Менкеля – $p = (m / (n + 1)) * 100 \%$, а для расчета обеспеченности среднегодовых и минимальных расходов – формула Н.Н. Чегодаева - $p = ((m - 0.3) / (n + 0.4)) * 100 \%$ (Свод правил по проектированию..., 2004).

Анализ внутригодового распределения стока проведен с учетом современных тенденций изменения водного режима рек исследуемого бассейна. Особое внимание уделено анализу изменений *минимального стока* в бассейне р. Урал. Исходя из определения периода зимней межени (Владимиров, 1970) за временные пределы данной фазы для рек бассейна р. Урал приняты границы гидрологического сезона (ноябрь-март), характеризующегося низкими и устойчивыми по величине расходами. Сравнительный анализ параметров минимального стока и анализ динамики среднесуточных и абсолютных минимумов речного стока зимней межени проведен для 6 гидрологических постов: Урал (Оренбург),

Сакмара (Каргала) и Зилаир (Зилаир) – 1950-2021; Илек (Веселый) – 1951-2021, Орь (Истемес) – 1957-2021 и Салмыш (Буланово) – 1960-2021 годы в разрезе трех периодов – до 1978 года; 1978 – 2008 годы; за весь период наблюдений.

Оценка вклада антропогенных факторов в формировании ресурсов речного стока проведена для двух створов реки Урал, расположенных ниже Ириклинского водохранилища – Оренбург и Кушум с использованием методики независимого восстановления годового и сезонного стока по регрессионным связям со стоком реки-аналога (р. Сакмара) (Таблица 11). Условно-естественный сток рассчитан для периода 1927-1956 гг., нарушенный сток – для периода 1957-2021 гг.

Таблица 11 - Параметры регрессионной связи между стоком р. Урал (Оренбург, Кушум) и р. Сакмара (Каргала)

Створы	год		половодье		лето-осень		зима	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
Урал - Оренбург	0,94	0,88	0,91	0,84	0,94	0,88	0,95	0,90
Урал - Кушум	0,95	0,90	0,90	0,82	0,93	0,87	0,95	0,90

Оценка суммарного эффекта антропогенного воздействия на формирование речного стока в исследуемом бассейне проведена на основе анализа кривых нарастающих сумм отклонения фактического от восстановленного (условно-естественного) стока.

2.3. Методы оценки современного состояния водных ресурсов

Основная информация, необходимая для оценки состояния водных ресурсов, получена из следующих источников – многолетние данные о наличии, использовании и охране водных ресурсов в регионах Российской Федерации и Республики Казахстан, представленные в статистических сборниках «Водные ресурсы и водное хозяйство России» и «Охрана окружающей среды в Республике Казахстан». Отдельная информация получена из справочных изданий «Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество» (2014, 2019,

2020) и «Реки и озера Российской Федерации (ресурсы, режим и качество воды) (2020).

Сопоставительная оценка водообеспеченности регионов исследуемого бассейна проведена по традиционным методикам, широко используемым в России и за рубежом. Одним из распространенных подходов в европейской практике является критерий Фалкенмарк – удельная водообеспеченность менее 1700 м³/год свидетельствует о наличии водной напряженности (Falkenmark, Lundqvist, Widstrand, 1989). Однако данный критерий отражает лишь запасы воды, но не принимает во внимание потребности в водных ресурсах, предполагая, что спрос однозначно определяется численностью населения страны (Фридман, 2012).

В итоге, оценка современного состояния водных ресурсов производилась на основе сопоставления объема водных ресурсов: а) с объемами используемой воды (коэффициент использования водных ресурсов (отношение величины полного водопотребления к возобновляемым водным ресурсам (местные и приток речных вод с соседних территорий) (Водные ресурсы России..., 2008); б) с численностью населения – потенциальная водообеспеченность (тыс. м³/чел); в) с площадью территории региона – природная обеспеченность (тыс. м³/год на км²). Отдельно обратим внимание, что для комплексной оценки состояния водных ресурсов целесообразно также проводить оценку обеспеченности регионов трансграничного бассейна р. Урал не только ресурсами общего, но и местного стока.

Соответственно, для детальной оценки состояния водных ресурсов, выполнены оценки на уровень 2020 г. антропогенной нагрузки на водные ресурсы и реальной водообеспеченности (отношение среднегодовой величины водных ресурсов за трехлетний маловодный период, безвозвратного водопотребления и численности населения) с учетом ресурсов речного стока местного формирования и общего стока.

Для трансграничных рек степной зоны, характеризующихся значительной многолетней и внутригодовой динамикой водного режима, ключевое значение

имеет определение величин допустимого изъятия речного стока и объемов экологического стока.

Объем допустимого безвозвратного изъятия стока ($W_{ди\text{ср}}$) определялся по следующей формуле для двух гидропостов (Оренбург и Кушум):

$$W_{ди\text{ср}} = W_{кр} - W_{ист}, \quad (3)$$

где $W_{ист}$ – восстановленный сток 99 % обеспеченности, а в качестве $W_{кр}$, принят объем восстановленного стока года 97 % обеспеченности по условиям водности, сохраняющий минимально необходимые условия функционирования речной экосистемы (Дубинина, Косолапов, Скачедуб и др., 2011).

Расчет величины допустимого безвозвратного изъятия речного стока для *различных по водности* лет проводился по формуле:

$$W_{ди\text{i}} = W_{ди\text{ср}} \frac{W_i}{W_{ср}}, \quad (4)$$

где W_i и $W_{ср}$ – естественный (восстановленный) сток в i -год и среднеего-летний естественный (восстановленный) сток в замыкающем створе соответственно (Дубинина, Косолапов, Скачедуб и др., 2011).

Важным для оценки современного состояния ресурсов речного стока в трансграничном бассейне р. Урал является сопоставление значений общего и местного стока с объемами экологического и свободного стока (в разрезе регионов исследуемого бассейна). Для оценки экологического стока, был использован метод пропорционального стока, предложенный В.В. Шабановым, в соответствии с которым экологический сток определяется с помощью эмпирически переходных коэффициентов для стока разной обеспеченности. Для среднегодовых значений стока переходный коэффициент принимался равным 0,7; для маловодных лет допускается снижение величины экологического стока с поправочными коэффициентами 0,8 и 0,9 к среднему многолетнему экологическому стоку соответственно 75 и 95 % обеспеченности (Маркин, 2005). Под свободным стоком (допустимым изъятием) понимается сток, который можно использовать для различных хозяйственных нужд без вреда для водных экосистем (Георгиади, Коронкевич, Барабанова и др., 2021).

На основе расчетов величин свободного стока проведена оценка водно-экологической напряженности (водно-экологический стресс) в регионах исследуемого бассейна – соотношение забора пресной воды и свободного стока с учетом местных и общих водных ресурсов. Индекс стресса: менее 0,1 – незначительный; 0,1-0,2 – низкий; 0,2-0,4 – средний; 0,4-0,8 – высокий; > 0,8 – очень высокий.

В качестве показателей эффективности использования водных ресурсов были использованы объемы оборотного и повторно-последовательного водоснабжения (млн м³), потери воды при транспортировке (млн м³) и водоемкость валового регионального продукта (ВРП). Водоемкость ВРП является универсальным показателем эффективности регионального водопользования, отражающим совокупность изменений производственных процессов в водной инфраструктуре, и его величина, в первую очередь, будет зависеть от изменчивости двух показателей – производства электроэнергии и расходов воды на орошение (Демин, 2012). Отметим, что водоемкость характеризуется удельной величиной использования водных ресурсов, единицами измерения которой выступают следующие размерности – м³/т, м³/шт., м³/тыс. руб. (Рыбкина, 2015).

С учетом региональной специфики территориальной организации природопользования ключевое значение имеет детальная оценка использования воды в сельском хозяйстве (в орошаемом земледелии). Отдельно был проведен анализ динамики площадей орошаемых и фактически политых земель. Пространственную специфику использования водных ресурсов на орошение иллюстрирует расчет удельного водопотребления (тыс. м³/га). Важнейшим показателем эффективности использования водных ресурсов в орошаемом земледелии является потребление воды на 1 руб. продукции растениеводства.

Интегральная оценка эффективности использования водных ресурсов в исследуемом бассейне (в разрезе регионов) проведена по следующим показателям – доля использованной свежей воды на производственные нужды (%) в валовом водопотреблении; доля потерь воды при транспортировке в объеме использованных водных ресурсах (%); водоемкость ВРП (м³/тыс. руб.); водоемкость растениеводства (м³/тыс. руб.); забор воды с/х на душу населения, м³/чел. Для

получения итоговой оценки эффективности использования водных ресурсов, использован непараметрический метод многомерного анализа – метод «Паттерн» (PATTERN), который был разработан еще в конце 60-х годов в США и представляет собой разновидность методик системного анализа (Гладкевич, Терский, Фролова, 2011).

Алгоритм интегральной оценки эффективности использования водных ресурсов с использованием методики «Паттерн» включает следующие этапы:

1. Выбор и расчет основных показателей эффективности использования водных ресурсов.

2. Составление итоговой сводной таблицы основных показателей эффективности использования водных ресурсов в исследуемых регионах.

3. Определение максимальных значений по каждому показателю, с последующим приведением остальных показателей к этому значению: $P = X_n / X_{max}$, где X_n – значение показателей для конкретного региона, X_{max} – максимальное значение в данном ряду показателей.

4. Определение итоговой суммы ранжированных значений показателей эффективности использования водных ресурсов - $\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$.

5. Расчет итоговых рангов показателей (K_3), на основе которых определены регионы с разным уровнем эффективности использования водных ресурсов (<1,07 – высокий; 1,07–2,14 – средний; > 2,14 - низкий).

Оценка перспективного использования водных ресурсов проводилась с использованием официальных прогнозных данных социально-экономического развития субъектов Российской Федерации и регионов Республики Казахстан (РК).

Согласно ранее разработанным методикам (Водные ресурсы России..., 2008) среднесрочный (до 2025 г.) и долгосрочный (2030, 2035 гг.) прогноз использования водных ресурсов на *хозяйственно-питьевые нужды* выполнен на основе следующих показателей – динамика целевого использования водных ресурсов за период 2000-2020 гг.; динамика удельного водопотребления на 1 человека; результаты демографического прогноза на 2025, 2030 и 2035 годы. Прогноз использования водных ресурсов на *производственные цели* выполнен на основе

современных характеристик промышленного водопотребления – динамика использование свежей воды для производственных целей (2000-2020 гг.); объема воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения; коэффициента оборота воды ($K_{об}$); результаты среднесрочного прогноза социально-экономического развития регионов (до 2025 г.). Прогноз использования водных ресурсов для целей сельскохозяйственного водоснабжения и орошения выполнен на основе следующих показателей – динамика целевых видов водопотребления (2000-2020 гг.); водоемкость сельскохозяйственного производства; среднесрочный прогноз объемов продукции сельского хозяйства (до 2025 г.); прогноз индекса сельскохозяйственного производства.

2.4. Методы пространственного анализа водосборной территории р. Урал

При проведении геоинформационных исследований и создании ГИС бассейна реки Урал нами в качестве исходных (первичных) картографических материалов были использованы топографические основы (масштаб 1:500 000 и 1:100 000) и космические снимки высокого пространственного разрешения (Landsat 5 TM и Landsat 8 OLI c) (Рисунок 11).

Для анализа динамики сельхозугодий в бассейнах рр. Малая и Большая Хобда (Рисунок 12) использовались архивные данные дистанционного зондирования земли – мультиспектральные спутниковые снимки Landsat 5 TM и Landsat 8 OLI с 1986 по 2019 гг. (1986, 1995, 2007, 2019 гг.) и точки геопозиционирования, полученные в ходе экспедиционных исследований.

Процесс подготовки и дешифрации снимков проводился в геоинформационной программе ArcGIS 10.3, и включал следующие этапы: - создание композита из каналов 5-4-3 в сочетании RGB изображения для Landsat 5 TM и 6-5-4 каналов для Landsat 8 OLI с помощью инструмента CompositeBand в ArcGIS 10.3. Такое сочетание каналов позволяет хорошо идентифицировать в видимом диапазоне растительность и почвы (пашня до вегетации растительности);

проведение классификации каждого снимка с помощью инструмента Image Classification.

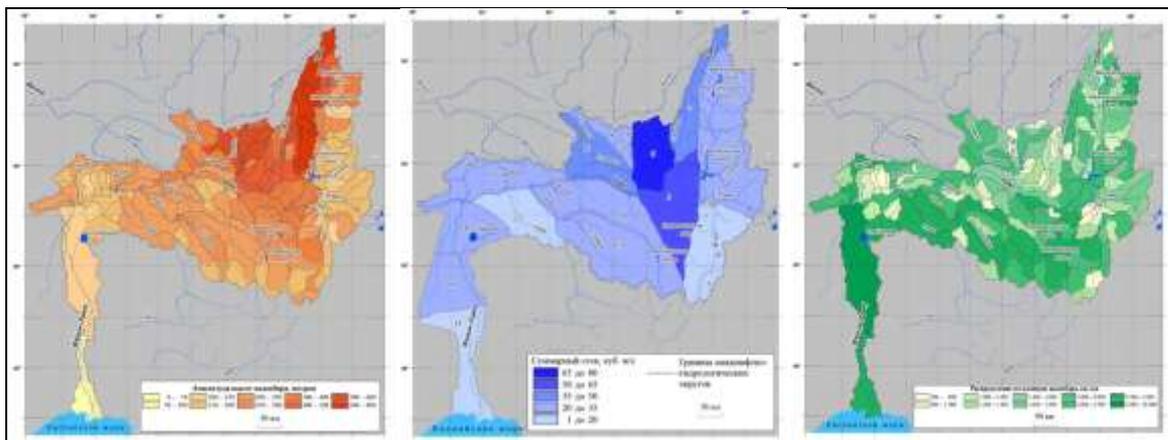


Рисунок 11 - Примеры цифровых карт бассейна р. Урал (MapInfo 11.5)

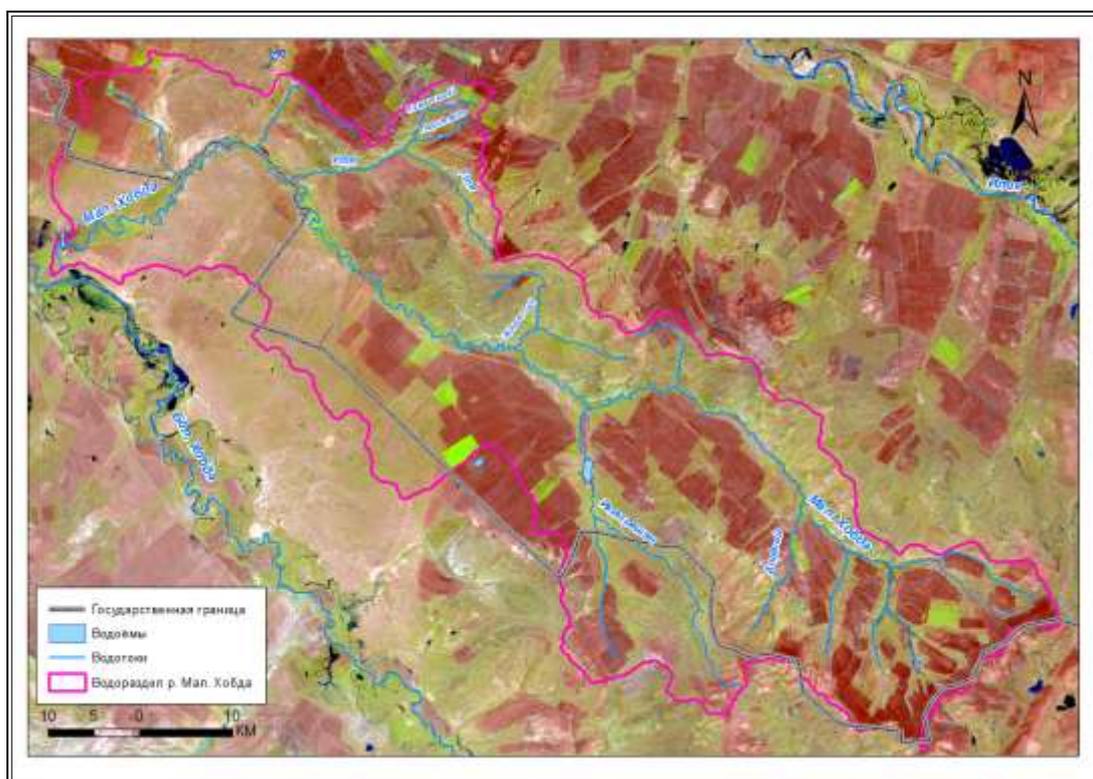


Рисунок 12 - Снимок территории водосбора р. Малая Хобда, апрель 1986 г. (Landsat 5 TM).

Применялся алгоритм классификация с обучением (Interactive Supervised Classification) на примерах (образцах) участков, занятых сельхозугодиями (пашня), лесной растительностью и водными объектами; итоговый слой с

конвертировался в векторный слой для последующей корректировки от ошибок и проверки топологии слоёв. Данные сравнивались со снимками высокого разрешения и топографическими картами района исследований.

Объектам (полигонам) из векторного слоя присваивалась атрибуты по категории угодий, площади, дате, использования. На основе полученных данных проведён анализ динамики изменений в площади пашни, а также физико-географических закономерностей размещения пахотных угодий на территории бассейна.

Отдельная методика использована для морфометрического анализа водосбора р. Большая Хобда. Для определения морфометрических характеристик и оконтуривания водоразделов водосборных территорий используют данные трехмерной спутниковой съемки и геоинформационное программное обеспечение для расчета морфометрических характеристик, а также топографические карты с целью верификации результатов. В работе использованы данные SRTM 3 с разрешением в три угловых секунды или примерно 90 м. Используя данные трехмерной спутниковой съемки, строится цифровая модель рельефа (ЦМР) исследуемой территории для определения базовых физико-географических характеристик территории: гипсометрии, уклона склонов и экспозиции. Морфометрические характеристики определялись в MapInfo 12.5 с приложением Vertical Mapper. С помощью инструмента Slope&Aspect была создана поверхность уклона склонов водосбора. Определение значений морфометрических характеристик осуществлялось с инструментом зональной статистики Region Inspection.

В качестве основного метода для комплексного анализа пространственной организации природопользования в трансграничном бассейне р. Урал использовано среднемасштабное картографирование отдельных типов использования природных ресурсов. Посредством дешифрирования мозаики космоснимков Landsat была сформирована геоинформационная база тематических слоев, отражающих пространственную организацию земель бассейна р. Урал – контуры пахотных угодий, лесопромышленного производства, населенных пунктов,

размещение сельских населенных пунктов и водопойных прудов, контуры с очагами деградации пастбищных угодий и источниками органических загрязнений и др. В ходе подготовки, сверки и наложения тематических слоев была получена схема распределения антропогенно-нарушенных территорий в границах частных водосборов, детальность которой примерно соответствует картам масштаба 1:100 000.

ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ РЕЧНОГО СТОКА В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

3.1. Физико-географические условия формирования речного стока

Бассейн реки Урал (площадь 231 тыс. км²) охватывает ландшафты лесостепной, степной и пустынной природных зон (Рисунок 13).

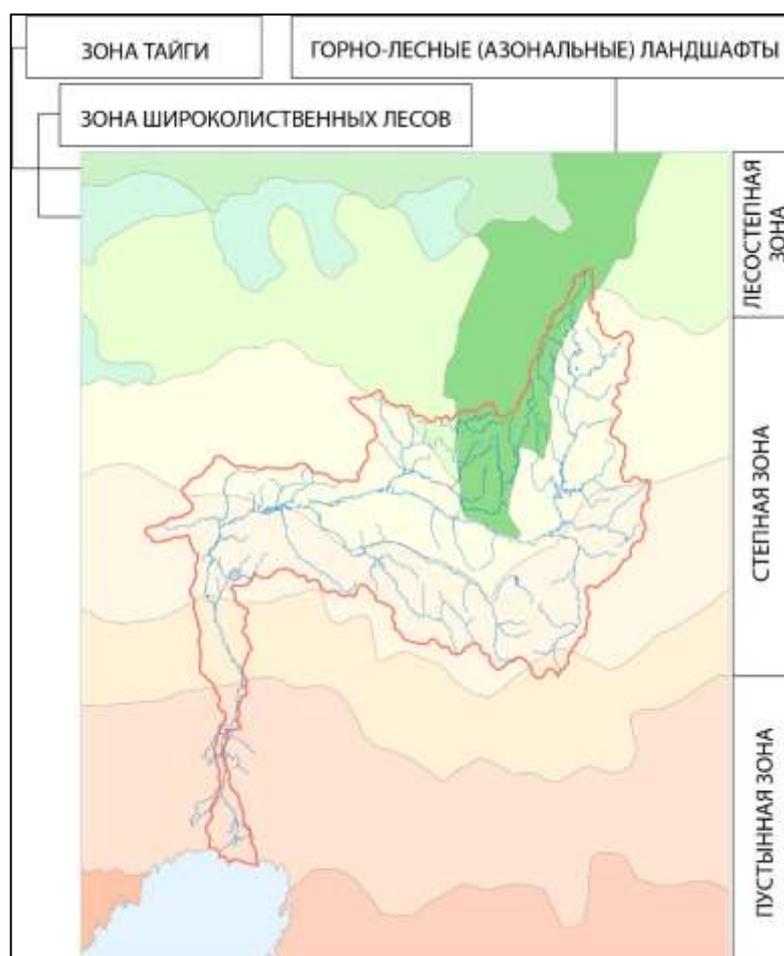


Рисунок 13 - Природные зоны трансграничного бассейна р. Урал

Возвышенный и расчлененный рельеф верхней части бассейна, занимающей горнолесные ландшафты Южного Урала, нарушает зональные принципы распределения атмосферной влаги и способствует развитию области активного стокоформирования. В данной части бассейна берут начало главные реки – Урал и Сакмара, а также некоторые правобережные притоки. На степную зону

приходится порядка около 75 % площади бассейна, охватывающую равнины Южного Предуралья, Зауралья и Северного Прикаспия. В пределах данных территорий р. Урал принимает притоки, водосборные площади которых полностью расположены в равнинно-степных условиях (Кумак, Орь, Илек, Утва и др.).

Разнообразие физико-географических условий формирования поверхностного стока закономерно отражается на водности рек (Рисунок 14, Таблица 12).

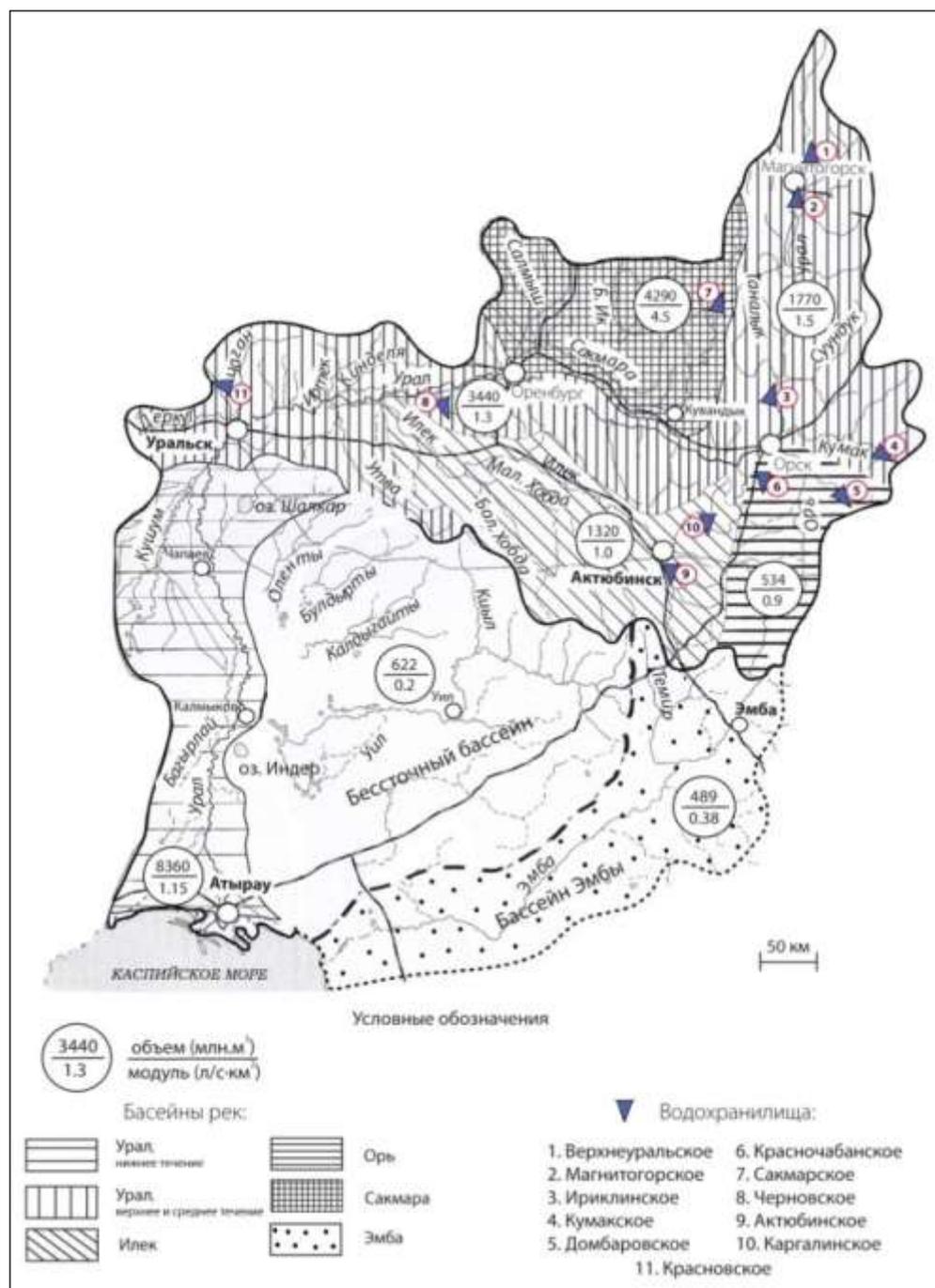


Рисунок 14 - Распределение годового стока в бассейне р. Урал (Чибилев, 2008)

Таблица 12 - Характеристика поверхностного стока бассейна р. Урал
(Водные ресурсы и водное хозяйство России, 2019)

Река- створ	Площадь водосбора, км ²	Модуль стока, л/с км ²	Расход, м ³ /с	Коэффициент		Объем стока различной обеспеченности, км ³ /год		
				вариации	асимметрии	P=50%	P=75%	P=95%
р. Урал - граница Республики Башкортостан и Челябинской области	2510	3,13	7,86	0,63	1,26	0,25	0,133	0,06
р. Урал - Магнитогорское водохранилище	6420	2,2	14,1	0,67	1,34	0,447	0,227	0,091
р. Урал - граница Челябинской и Оренбургской областей	22200	1,55	34,4	0,72	1,44	1,09	0,517	0,183
р. Урал - г. Орск	46100	1,46	67,5	0,77	1,54	2,14	0,939	0,295
р. Урал - г. Оренбург	82300	1,3	107	0,73	1,82	3,39	1,652	0,719
р. Урал - выше впадения р. Илек	119000	2,13	254	0,55	1,38	8,1	4,88	2,683
р. Урал - г. Уральск	188000	1,7	320	0,64	1,6	10,147	5,18	2,7
р. Урал - с. Кушум	190000	1,75	333	0,61	1,52	10,56	6,025	3,09
р. Урал - с. Тополи	235000	1,31	308	0,53	1,86	9,77	6,06	3,425
р. Гумбейка - устье	4490	0,34	1,53	0,82	1,64	0,048	0,019	0,005
р. Зингейка - устье	1650	1	1,65	0,64	1,60	0,052	0,029	0,015
р. Таналык - устье	4160	1,57	7,24	0,50	0,75	0,229	0,143	0,06
р. Большой Кизил - устье	2080	2,61	5,3	0,62	1,24	0,168	0,091	0,04
р. Большой Кумак — устье	7900	1,22	9,64	0,82	1,64	0,306	0,123	0,034
р. Сакмара - г. Кувандык	6520	3,13	20,4	0,42	0,63	0,647	0,447	0,256
р. Сакмара - устье	30200	4,83	146	0,46	0,69	4,63	3,06	1,62
р. Салмыш - устье	7430	4,05	29,7	0,54	1,02	0,942	0,57	0,291
р. Илек - граница Оренбургской области и Казахстана	15300	1,36	20,8	0,77	1,92	0,659	0,304	0,124
р. Илек - устье	41300	1,03	42,5	0,82	2,05	1,348	0,58	0,22
р. Хобда - устье	14000	0,74	10,4	0,85	2,12	0,329	0,136	0,049

Среднемноголетние значения речного стока для верхней горнолесной части составляют от 3-4 л/сек с км² (западный наветренный макросклон Южного Урала, значительная часть бассейна р. Сакмара) до 2-4 л/сек с км² (восточный макросклон, правобережные верховья р. Урал). К югу, в равнинной части бассейна, величины модуля стока закономерно снижаются от 2-3 л/сек с км² в лесостепной части до 0,1 л/сек с км² на стыке с зоной северных пустынь

3.1.1. Геологическое строение и рельеф

В геологическом отношении бассейн р. Урал характеризуется сложным строением. В пределах исследуемой территории выделяются: Уральская складчатая область, Восточно-Европейская платформа, Восточно-Уральский прогиб и Зауральское поднятие на востоке, на юге в границы бассейна р. Урал входит северная периферия Северокаспийской депрессии.

На Рисунке 15 выделены ключевые морфоструктурные зоны, определяющие условия питания рек, степень расчлененности рельефа, строение речных долин и степень их современной разработанности; данные зоны соответствуют в основном важнейшим геолого-тектоническим структурам региона.

Урало-Мугоджарская зона (I) занимает осевое положение на рассматриваемой территории и, ввиду значительной атмосферной увлажненности, является важнейшим местом формирования стока. Водный сток проходит в условиях глубоко врезанных балок и узких речных долин, в связи с чем эрозионные процессы ограничены в пространстве. Независимо от водности рек преобладающим является адаптивный тип русла. Возвышенный массив пересечен короткой (около 85 км) долиной прорыва р. Урал, после которой долина постепенно расширяется. Основной орографический элемент данной зоны - *хребет Уралтау*, выраженный на всём протяжении Южного Урала как главный водораздел между бассейнами Каспийского (рр. Кама, Белая, Урал и др.) и Карского морей (р. Тобол). Средние высоты хребта - 700-900 м. Западная часть хребта отличается развитием более густой речной сети – реки имеют облик горных потоков с порожистыми руслами, значительными уклонами и скоростью течения (Шакиров, 2011). Модуль стока может в отдельные годы достигать 7 л/с/км² (Быков, 1963). Речная сеть восточных склонов сравнительно редкая, модуль стока не превышает 1-2 л/с/км² (Шакиров, 2011). К востоку от главного хребта в меридиональном направлении тянутся хребты *Крыктытау* и *Ирендык* с наивысшей отметкой 987 м. Ирендык образует водораздел между р. Урал и главным притоком - р. Сакмара. К юго-западу от хребта Уралтау располагается *Зилаирское*

плато, с которого берут начало правобережные притоки р. Сакмара - Большой Ик, Касмарка, Урман-Зилаир, Баракал, Зилаир и др. Район характеризуется плоскими выровненными водоразделами и глубоко врезынными долинами рек. *Мугоджары* служат водоразделом рр. Эмба и Иргиз (бассейны внутреннего стока), с западных склонов на север стекает р. Орь (левый приток р. Урал). Речная сеть редкая, представлена некрупными водотоками системы р. Эмба, верховьям рр. Орь и Иргиз

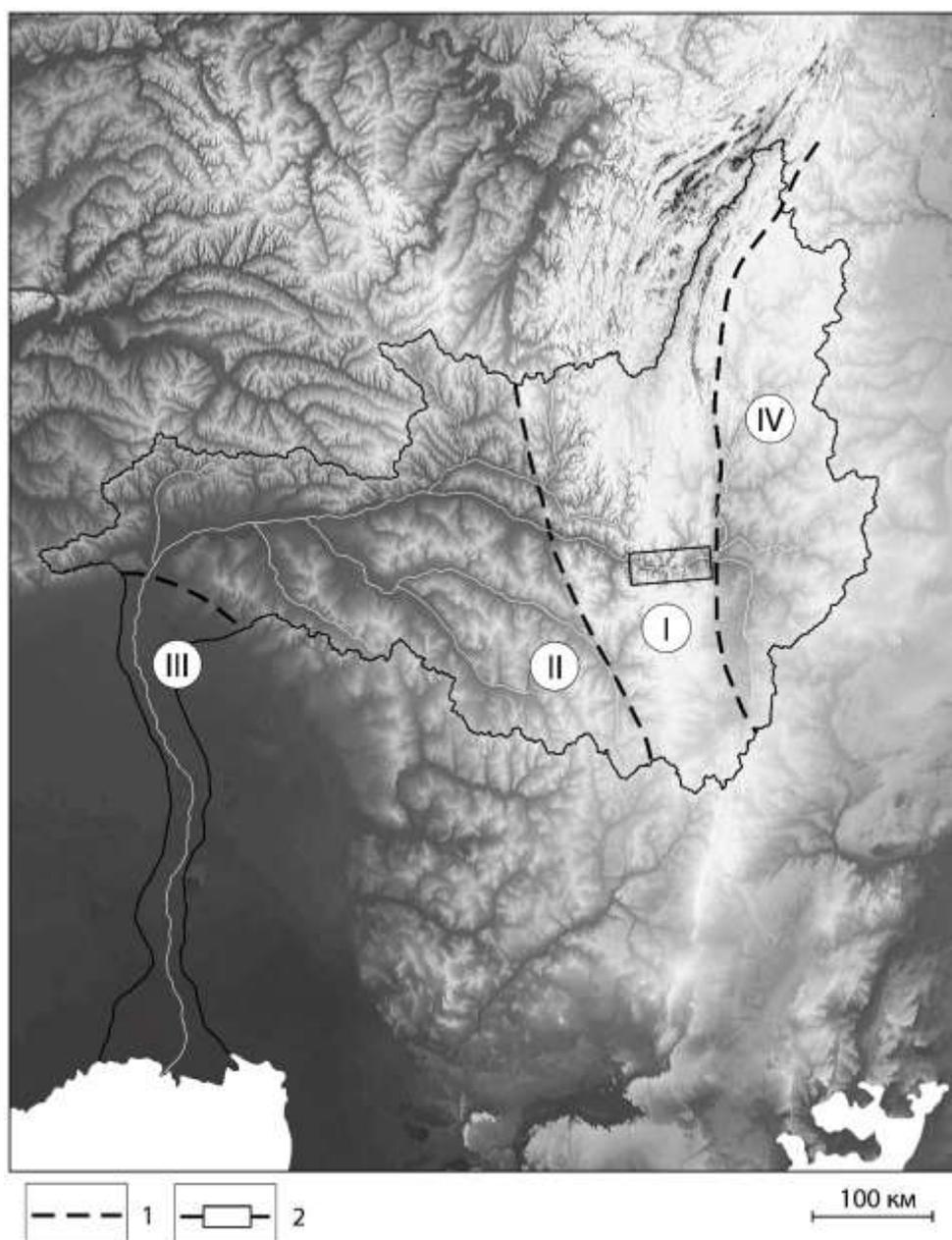


Рисунок 15 - Расположение бассейна реки Урал относительно ключевых морфоструктурных зон: 1 - границы зон; 2 – долина прорыва р. Урал

Общесыртовско-Подуральская зона (II) включает разнородные по строению и возрасту денудационные равнины, соответствующие юго-западному склону Общего Сырта, Южного Предуралья и Подуральского плато. Для этой зоны характерна достаточно значимая пространственная и вертикальная расчлененность эрозионно-речной системой. Долин рек имеют субширотное развитие и именно здесь находятся основные участки с широкопойменными условиями стока. Это относится как к главной реке (Урал), так и многим ее притокам различного порядка (Сакмара, Салмыш, Илек, Хобда и другие). Вдоль южных отрогов Сырта простирается обширная предсыртовая равнина (ширина у г. Уральска - 60 км), пересекаемая многочисленными долинами мелких рек, имеющая увалистый характер и лишь на юге крутым уступом обрывающаяся к Прикаспийской низменности. *Подуральское плато* примыкает к Прикаспийской низменности с востока и представляет собой увалисто-холмистую равнину, расчлененную долинами р. Урал и ее левых притоков (рр. Илек, Утва), а также долинами рек Оленты, Булдырты, Калдыгайты и других более мелких водотоков, стекающих в Прикаспийскую низменность. Водоразделы рек расположены на отметках 400-450 м.

Прикаспийская зона (III) представлена единственным транзитным водотоком – р. Урал в ее нижнем течении. Сочетание ряда факторов (отсутствие значимых притоков, существенные потери воды на испарение в условиях аридного климата, забор воды в оросительные системы) приводит к сокращению водности реки к устьевой части. По мере снижения стока к устью сокращается ширина поймы, что особенно заметно ниже с. Тайпак (Калмыково). Поверхность низменности испещрена множеством различных по размеру сорных впадин, озер и неглубоких протоков, которые относятся к береговым линиям, связанным с различными уровнями Каспийского моря.

Зауральская зона (IV) охватывает возвышенные цокольные равнины Зауральского пенеplена, на отдельных участках коренные породы покрыты мощным чехлом мезозойской коры выветривания. В верхнем течении геолого-геоморфологические условия Зауральского пенеplена и относительная

маловодность рек обуславливают развитие преимущественно русел адаптированного типа и, соответственно, практически полное отсутствие значительных смещений русла. Долины рек сходятся к упомянутой выше долине прорыва в районе Орской депрессии. Широкой поймой здесь отличаются р. Ор и небольшие сегменты рек Урал и Большой Кумак. Восточный уступ Зауральского плато относится к бассейну р. Тобол.

3.1.2. Климатические условия

Климатические условия бассейна р. Урал формируются под влиянием радиационного баланса, циркуляционных процессов, а также особенностей подстилающей поверхности (Рисунок 16).

Значительная часть территории исследуемого бассейна (кроме нижнего гидрографического участка и устьевой зоны) характеризуется умеренно континентальным климатом, главной особенностью которого является формирование над внутриматериковыми районами. Основная характеристика континентального климата – значительные годовые амплитуды колебаний приземной температуры воздуха. Воздушные массы умеренно континентального климата содержат минимальное количество влаги, что отражается на количестве атмосферных осадков - в среднем за год выпадает от 300 до 600 мм. При этом коэффициент увлажнения умеренно континентального климата меньше единицы ($k < 1$), что также свидетельствует о недостаточном увлажнении воздушных масс. Продолжительность солнечного сияния составляет в среднем 2300-2900 часов в год; в пределах Южного Урала, где число пасмурных дней больше, она составляет 1800-2200 часов в год. Южнее г. Уральск (Западно-Казахстанская область) континентальность климата становится еще более выраженной, годовое количество атмосферных осадков сокращается до 250-300 мм. Амплитуды температур между самым холодным и жарким месяцем также высоки – в среднем 35-40° С.

Температурный режим. В связи со значительной протяженностью территории температурные условия в пределах бассейна р. Урал различны (Таблица 13).

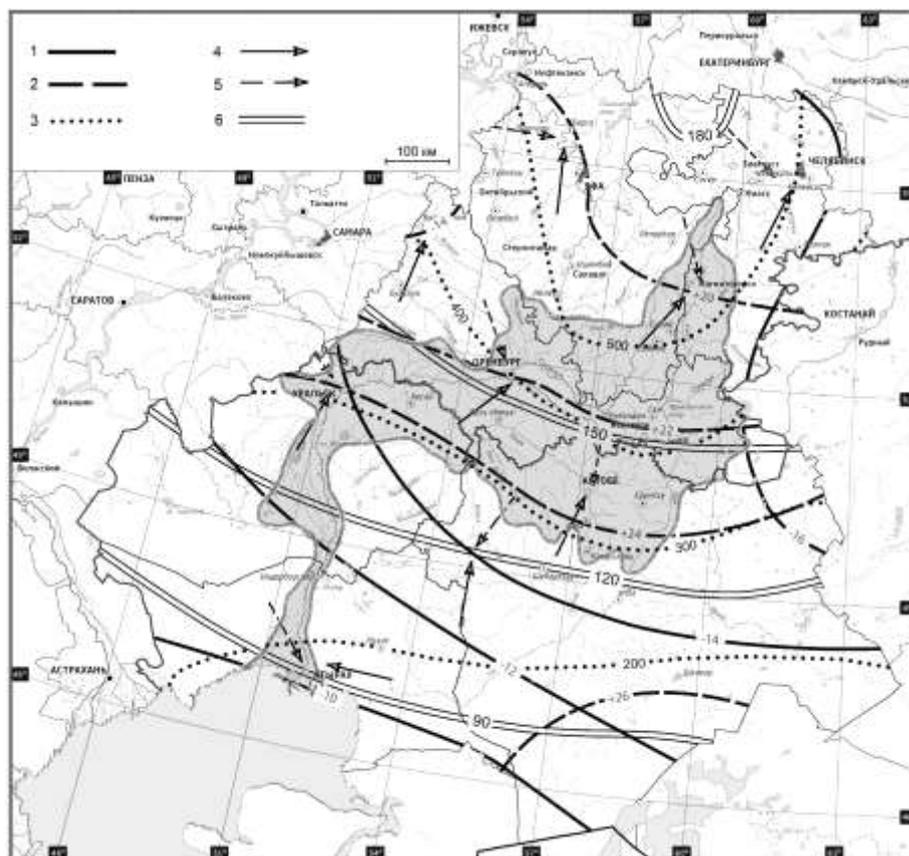


Рисунок 16 - Характеристика основных параметров климата в бассейне р. Урал: средние значения температуры ($^{\circ}\text{C}$) – 1 – января, 2 – июля; 3 – среднегодовое количество осадков (мм); преобладающие направления ветра – 4 – январь, 5 – июль; 6 – продолжительность ледяного покрова (дней).

Средняя годовая температура воздуха изменяется от 1°C на северо-востоке исследуемой территории (с. Учалы) до $9,4^{\circ}\text{C}$ на юге (г. Атырау).

Самым холодным месяцем является январь. При вторжениях арктических масс температура воздуха сильно понижается (абсолютный минимум составляет в северо-восточных районах $-42, -48^{\circ}\text{C}$, на юге территории $-34, -36^{\circ}\text{C}$). Рост температур отмечается с февраля, особенно интенсивным он бывает при переходе от марта к апрелю.

Таблица 13 - Средняя месячная и годовая температура воздуха в бассейне р. Урал (°, С)

Метеостанция	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Республика Башкортостан</i>													
Учалы	-16,4	-14,8	-8,4	2,1	10,2	15,4	16,9	14,9	8,9	1,8	-6,7	-13,3	0,9
Аскарово	-15,5	-14,6	-8,1	2,8	11,0	15,5	17,6	15,3	9,8	1,8	-6,4	-12,3	1,4
Акъяр	-16,8	-16,1	-9,7	2,7	12,7	17,6	19,6	17,5	11,2	2,6	-6,4	-13,5	1,8
Зилаир	-15,8	-14,3	-8,1	3,0	11,5	15,6	17,5	15,6	9,6	1,4	-6,7	-12,7	1,4
<i>Челябинская область</i>													
Верхнеуральск	-16,4	-15,9	-9,0	2,9	11,1	15,9	17,6	15,5	9,8	1,5	-6,5	-14,0	1,0
Магнитогорск	-16,9	-15,7	-9,1	2,6	11,6	16,6	18,3	16,1	10,2	1,9	-7,1	-14,0	1,2
Кизильское	-17,5	-16,6	-10,0	2,1	12,1	16,9	18,6	16,4	10,6	2,3	-7,1	-14,5	1,1
Бреды	-17,2	-16,1	-9,2	3,8	12,8	17,7	19,4	17,3	11,5	2,5	-6,4	-13,6	1,9
<i>Оренбургская область</i>													
Троицкое	-15,7	-14,9	-8,1	3,7	13,7	17,6	19,2	17,3	11,4	2,7	-5,4	-12,1	2,5
Оренбург, ГМО	-14,8	-14,2	-7,3	5,2	15,0	19,7	21,9	20,0	13,4	4,5	-4,0	-11,2	4,0
Кувандык	-15,4	-14,5	-7,3	4,9	14,2	18,6	20,6	18,8	12,7	3,9	-4,7	-11,9	3,3
Акбулак	-14,8	-14,1	-7,3	6,2	15,2	19,9	22,3	20,5	13,7	4,4	-3,8	-11,0	4,3
Домбаровский	-16,9	-15,9	-8,7	5,0	14,5	19,3	21,5	19,4	13,1	3,4	-5,4	-12,8	3,0
<i>Западно-Казахстанская область</i>													
Уральск	-11,9	-17	-6,9	6,1	16,7	19,2	26,5	21,1	14,2	6,8	-5,3	-8,9	5,1
<i>Актюбинская область</i>													
Актобе	-16,2	-17,1	-7,5	9,7	15,9	20	25,6	20,7	15,1	6,3	-7,3	-12,4	4,4
<i>Атырауская область</i>													
Атырау	-8,1	-11,3	-0,4	10,3	19,8	24,7	30,6	25,8	18,5	10,6	-2,1	-6	9,4

Таблица 14 - Среднее месячное и годовое количество осадков в бассейне р. Урал (мм)

Метеостанция	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Республика Башкортостан</i>													
Аскарово	18	13	17	23	43	63	82	53	36	30	27	24	429
Акъяр	15	12	14	19	29	31	40	30	25	38	27	24	304
Зилаир	33	32	38	38	49	61	65	53	50	69	50	49	587
<i>Челябинская область</i>													
Верхнеуральск	15	13	16	21	35	53	84	46	33	26	18	19	379
Магнитогорск	13	12	13	22	35	53	72	40	30	26	18	16	350
Кизильское	14	11	15	18	33	48	63	40	28	23	22	20	335
Бреды	16	15	17	27	31	48	64	36	28	29	21	19	351
<i>Оренбургская область</i>													
Троицкое	25	23	33	36	42	46	52	39	46	61	43	35	481
Оренбург, ГМО	27	22	24	25	38	44	41	32	31	39	36	34	393
Кувандык	28	27	32	35	41	43	47	34	40	61	44	38	470
Акбулак	19	19	19	19	26	35	35	23	27	36	28	24	310
Домбаровский	15	13	16	18	27	28	37	28	22	30	22	20	276
<i>Западно-Казахстанская область</i>													
Уральск	13	17	35	43	22	1	21	24	27	81	8	22	312
<i>Актюбинская область</i>													
Актобе	18	28	21	24	14	23	31	19	16	33	33	19	279
<i>Атырауская область</i>													
Атырау	24	2	27	20	37	3	2	12	2	19	3	23	173

Самый теплый месяц – июль (в последние годы – август), средняя температура изменяется в пределах 18-29° С, а максимальные температуры достигают 38-42° С. Наиболее резкое понижение температуры (на 7-9° С) отмечается при переходе от сентября к октябрю. Первые заморозки наступают раньше - в период с середины августа.

В формировании температурного режима воздуха значительную роль играют орографические особенности местности. Так на западном склоне Южного Урала, в бассейне р. Большой Ик (с. Мраково), где циклоническая деятельность развита интенсивнее, средние месячные температуры воздуха зимой на 2° С выше, чем на восточном склоне, в бассейне р. Большой Кизил (с. Кизильское) в условиях более устойчивой антициклонической погоды.

Режим атмосферных осадков. Разнообразие форм рельефа обуславливают большую пространственно-временную вариативность распределения атмосферной влаги в исследуемом бассейне (Таблица 14, Рисунок 17).

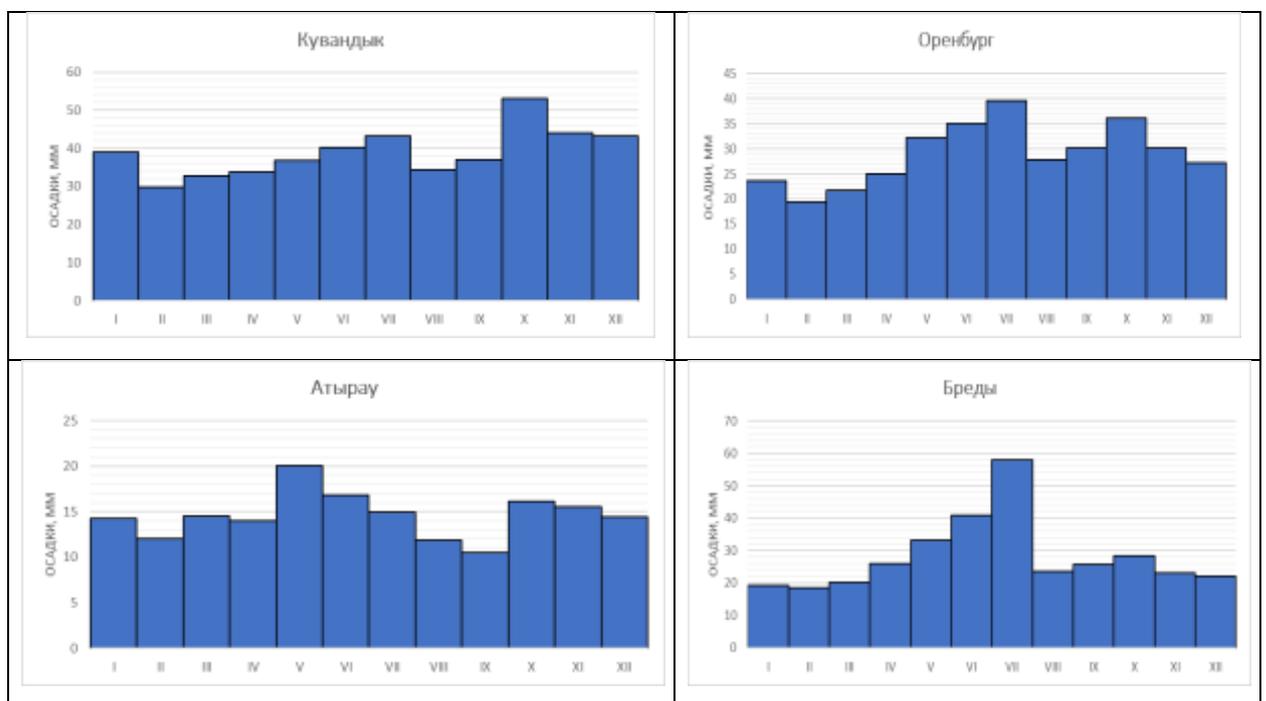


Рисунок 17 - Гистограмма распределения среднемесячного количества атмосферных осадков в бассейне р. Урал

По величине годовых сумм осадков рассматриваемую территорию можно разделить на следующие районы: I - западные склоны Уральских гор и юго-восточные отроги Общего Сырта. Годовая сумма осадков составляет 500-650 мм; II - восточные склоны Уральских гор и юго-восточный сектор исследуемого бассейна (в пределах Оренбургской области). Годовая сумма осадков 350-450 мм; III - центральный и северо-западный. Годовая сумма осадков 225-500 мм. Наибольшая величина имеет место в области южных отрогов Общего Сырта; IV - западные склоны Мугоджар и Подуральское плато. Годовая сумма осадков 250-300 мм; V – Прикаспийская низменность и устье р. Урал. Годовая сумма осадков 150-250 мм. Орографические особенности территории бассейна р. Урал приводят к определенному нарушению зональной циркуляции воздушных масс. Горные сооружения Южного Урала представляют довольно мощный барьер для западного переноса воздушных масс, в результате чего количество осадков на западных склонах существенно больше, чем на восточных. С высотой местности годовые суммы осадков возрастают, причем интенсивность роста составляет в среднем 63 мм/100 м на западных и 49 мм/100 м на восточных склонах гор.

В отдельные годы количество осадков может существенно отличаться от средних многолетних величин. Ливневые дожди наблюдаются преимущественно в июне - августе, в пределах западных и восточных склонов Южного Урала – г. Кувандык – 99 мм (среднее значение августа - 33,6 мм), п. Зилаир – 176 мм (среднее значение августа – 44,6 мм). Отметим, что выдающиеся атмосферные осадки приводят к быстрому подъему уровня рек и формированию летних паводков.

Для значительной части бассейна р. Урал, особенно в нижнем течении, характерны длительные засушливые периоды, в течение которых может наблюдаться практически полное отсутствие атмосферных осадков. Так, в пределах регионов Республики Казахстан среднее количество дней с атмосферной влажностью менее 30 % изменяется от 90 на севере Западно-

Казахстанской и Актюбинской областей до 120 дней в Атырауской области (Национальный Атлас Республики Казахстан, 2010).

Многолетняя изменчивость годовых сумм осадков в бассейне р. Урал составляет в среднем 20-22 %, достигая наибольших значений в степных и сухостепных районах (25 % - Илек, 26 % - Акбулак, 27,4 % – Оренбург) (Таблица 15). Изменчивость атмосферных осадков подтверждается значительной амплитудой – в среднем 422,0 мм с максимумом в г. Оренбург – 577,5 мм и 538,3 в г. Кувандык. Во внутригодовом разрезе максимальное количество осадков выпадает в июле, минимальное – в феврале и марте. Дополнительный второй максимум осадков отмечается в октябре, преимущественно в пределах низкогорной залесенной части бассейна р. Урал (г. Кувандык – максимум 122 мм).

Таблица 15 - Показатели изменчивости годовой суммы осадков в бассейне р. Урал и сопредельных территориях

Метеостанции	Средние многолетние, мм			Экстремумы, мм		Показатели изменчивости, мм		
	1940-1960	1961-1990	1991-2020	max	min	σ , мм	C_v , %	A, мм
Бузулук	313,4	397,4	432,8	632,0 (1990)	204,0 (1951)	105,2	27,1	428,0
Сорочинск	-	357,5	390,0	583,3 (1990)	249,2 (1951)	70,0	18,9	334,1
Илек	336,6	363,6	381,0	582,0 (1945)	157,2 (1955)	91,3	25,0	424,8
Оренбург	327,5	368,1	353,3	731,0 (1945)	153,5 (1955)	97,2	27,4	577,5
Акбулак	274,8	339,2	330,0	498,5 (1973)	171 (1943)	83,1	25,9	327,5
Беляевка	313,4	338,9	313,2	601 (1945)	182,8 (1972)	86,6	26,6	418,2
Кувандык	449,9	482,9	464,5	782,3 (1990)	244,0 (1949)	122,6	26,0	538,3
Айдырля	232,9	294,6	306,3	479,9 (1990)	149,0 (1948)	92,6	33,5	330,9

Максимальные амплитуды распределения осадков отмечается в горнолесной части бассейна, в верховьях главного притока р. Урал – р. Сакмара (г. Кувандык). В равнинной части бассейна р. Урал, особенно в пределах южного и юго-восточного секторов, распределение осадков в годовом разрезе более

равномерное – годовая амплитуда изменяется от 327,5 мм в п. Акбулак до 424,8 мм в п. Илек; значения среднеквадратического отклонения не превышают 93 мм. В целом, если говорить о показателях многолетней изменчивости годовой суммы осадков, то можно отметить отсутствие четкой тенденции в многолетнем распределении атмосферных осадков в пределах трансграничного бассейна р. Урал.

В сезонном аспекте минимальное количество осадков наблюдается в зимний период, и, прежде всего в восточных степных районах, что негативно отражается на процессе формирования весенних запасов влаги (Таблица 16).

Таблица 16 - Показатели сезонной изменчивости годовой суммы осадков в бассейне р. Урал

Метеостанции	Холодный период (ноябрь-март)			Теплый период (апрель-октябрь)		
	σ , мм	C_v , %	A , мм	σ , мм	C_v , %	A , мм
Оренбург	39,0	31,5	176,4	86,6	37,0	579,5
Илек	41,3	29,4	186,9	76,0	33,6	417,7
Акбулак	41,2	33,6	171,7	68,8	34,5	321,8
Беляевка	34,2	32,0	175,2	82,2	37,3	460
Кувандык	62,4	33,4	327,4	97,7	34,5	509

Снежный покров. Для бассейна р. Урал, как и для других рек степной зоны, основным источником влагозапасов является снеговое питание. Накопление осадков в виде снега определяет главные черты водного режима рек умеренного климата – наличие весеннего половодья и зимней межени [3]. Территория бассейна р. Урал относится к району с устойчивым залеганием снежного покрова в течение 2,5-5 месяцев в году (наиболее интенсивное снегонакопление в декабре-январе), за исключением Атырауской области, где устойчивый снежный покров бывает менее чем в 50 % зимнего сезона. Период установления снежного покрова колеблется - от второй половины октября до начала ноября на северо-востоке исследуемого бассейна и первой декадой декабря в южных районах. Образование устойчивого снежного покрова раньше всего наступает в западной части бассейна (Общий Сырт, Предуралье) - начало ноября, а

на восточных склонах Южного Урала - во второй декаде ноября. Снегонакопление продолжается до середины февраля - середины марта. Высота снежного покрова на большей части исследуемой территории составляет 30-40 см с максимальными значениями (50 см и более) в горной части (верховья рр. Урал и Сакмара) и минимальными (10-25 см) в пределах равнинных сухостепных и полупустынных участках нижнего течения.

Распределение снегозапасов соответствует зональной изменчивости количества зимних осадков, а также на интенсивность накопления снега влияют ландшафтные особенности местности. Процессы снегонакопления в залесенных низкогорных массивах Южного Урала (верховья рр. Урал, Сакмара) примерно в 1,2-1,5 раза интенсивнее, чем в пределах степных участков. В верхнем течении р. Урал величина снегозапасов за многолетний период составляет 70-120 мм, а в среднем и нижнем – 30-50 мм. Наибольшие снегозапасы достигают 210 мм – западные склоны хребта Уралтау (бассейн р. Сакмара), в Зауралье они составляют около 80 мм. На остальной части бассейна р. Урал максимальные запасы воды в снеге по мере удаления к югу уменьшаются от 120 на юго-востоке бассейна (в пределах Оренбургской области) до 30 мм в Прикаспийской низменности. Кроме того, под действием сильных ветров и метелей происходит перераспределение снежного покрова на равнинных водосборах.

Обращает внимание, что в связи с частыми зимними оттепелями снегозапасы перед весенним снеготаянием не всегда бывают максимальными. Средние даты схода устойчивого снежного покрова колеблются в пределах от первой декады марта на юге до первой декады апреля в восточных районах бассейна р. Урал и второй декады апреля в пределах западных участков. Установление погоды с теплыми воздушными массами, обычно сопровождающееся активной циклонической деятельностью, приводит к дружному снеготаянию на всей водосборной площади и сближению прохождения максимальных расходов в притоках, вызывая затопление поймы р. Урал.

3.1.3 Гидрография и водный режим

Бассейн р. Урал имеет ассиметричное строение – общая площадь правобережья 71,6 тыс. км², левобережья – 107,8 тыс. км² (Справочник по водным ресурсам СССР, 1936). Густота речной сети на правобережье бассейна р. Урал составляет 0,28 км/км², на левобережье – 0,19 км/км², а среднее значение по бассейну – 0,25 км/км². Правые притоки, стекающие с более возвышенных и расчлененных участков бассейна, в питании р. Урал играют большую роль. Общее падение р. Урал составляет 787 м, средний уклон 0,3 % (Рисунок 18).

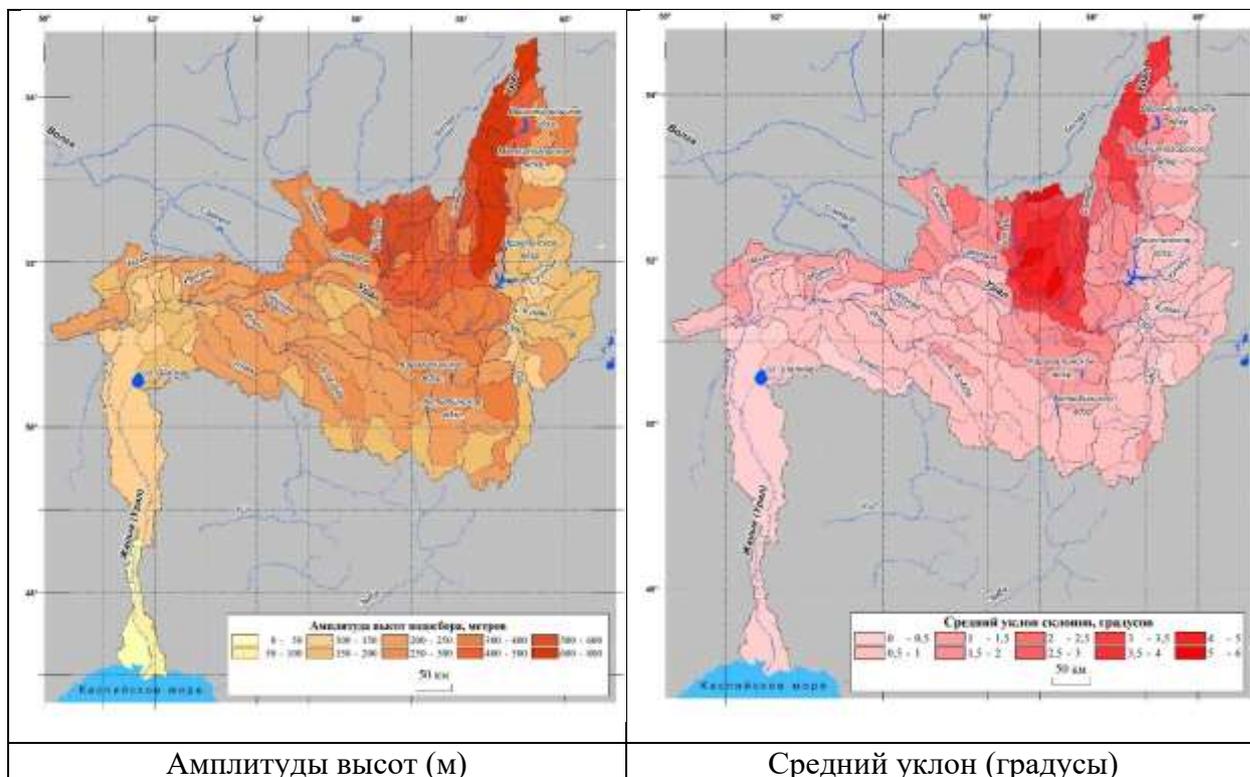


Рисунок 18 - Гидрографическая структура бассейна р. Урал

По общему направлению течения р. Урал выделяют верхний, средний и нижний гидрографические участки. Верхний участок (710 км до г. Орск) имеет южное направление, средний (920 км до г. Уральск) – западное и нижний (до устья) – южное. Активная часть водосбора р. Урал заканчивается южнее г. Уральск после впадения р. Барбастау и начала Кушумского канала. Южнее п.

Кушум и до устья границы водораздела выражены слабо, речной бассейн представляет собой узкую полосу, шириной 50-120 км.

На территории бассейна р. Урал имеется 8444 водотоков, общей длиной 51 600 км (Приложение 2). Основная доля речной сети приходится на малые реки (менее 25 км), количество которых составляет 97 % от общего числа водотоков (Таблица 17, Рисунок 19).

Таблица 17 - Распределение водотоков бассейна р. Урал по длине

Число рек с длиной, км							
<10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	301-500	>500
7413	749	135	60	24	7	3	3

По особенностям формирования гидрографической сети территорию бассейна р. Урал можно разделить на следующие районы:

1. Верхняя часть бассейна рр. Урал и Сакмара. Данный район охватывает горные участки Южного Урала и прилегающие к нему возвышенные предгорья. Территория района расположена в пределах лесостепной и степной зон, только северные и северо-западные участки достаточно хорошо облесены. Правые притоки р. Урал - Бирся, Миндяк, берущие начало на восточном склоне Уралтау, текут в древней долине дочетвертичного возраста. Южнее р. Миндяк в той же долине текут в разных направлениях рр. Малый и Большой Кизил. Южнее р. Большой Кизил древняя долина между хребтами Уралтау и Ирендык перехватывается р. Сакмара, которая берет начало на склоне Уралтау, течет на юг, а затем поворачивает на запад. Более южные правые притоки р. Урал - Большая Уртазымка и Таналык - текут в зоне общего погружения всей Ирендыкской системы, где грядово-мелкосопочный рельеф (500-800 м) постепенно заменяется к югу мелкосопочником. Несколько южнее, в области Таналыкской депрессии, характеризующейся сложно расчлененным рельефом с абсолютными высотами 300-400 м, в направлении к широтному отрезку р. Урал протекает р. Губерля с притоком р. Сухая Губерля.

Водосборы левых притоков верховьев р. Урал расположены в лесостепных районах Зауралья, по своей водообильности значительно уступают

правобережным притокам. Левые притоки р. Урал степной зоны, к которым относятся реки Большая Караганка, Малая Караганка, Суундук (с притоком Джуса) и Большой Кумак, расположены южнее на слабо расчлененной, полого-холмистой местности, также имеют слаборазвитые долины. В пределах данной территории только реки Урал и Сакмара имеют постоянное течение на всем протяжении.

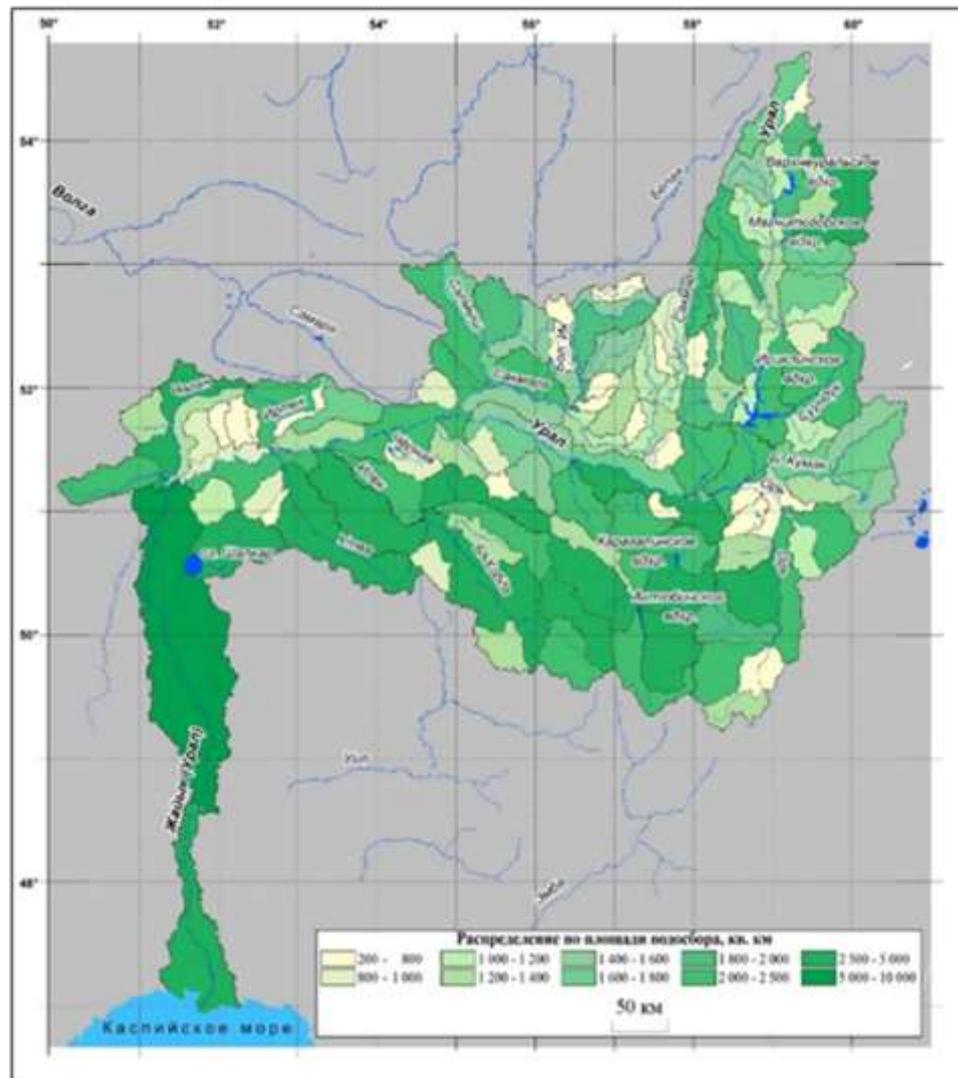


Рисунок 19 - Гидрографическая структура бассейна р. Урал: площадь водосбора (км²)

II. Реки юго-восточного склона Общего Сырта.

Реки Общего Сырта, впадающие в р. Урал и в бессточные понижения северной части Прикаспийской низменности, берут начало на территории, сложенной глинами, песчаниками и конгломератами пермского и триасового периодов. Рельеф водоразделов рек в восточных районах Сыртов

характеризуется отсутствием дробного расчленения гидрографической сети, в связи, с чем междуречья здесь более монолитны, чем в районах складчатого Урала. Правые притоки р. Урал ниже г. Оренбург - Кинделя, Иртек, Ембулатовка, Быковка, Рубежка, Чаган и Деркул - стекают с маловодных южных сыртовых склонов, образуя неширокие долины, в которых прослеживаются три надпойменные террасы. Поймы основных рек развиты слабо и имеют ширину не более 1-2 км.

III. Реки юго-западного склона Южного Урала. Реки, стекающие с Зилаирского плато, наиболее водообильны (Быков, 1963). Главным водотоком является р. Сакмара (нижнее течение), впадающая в р. Урал ниже г. Оренбург. Несмотря на менее значительную площадь водосбора, р. Сакмара по водности превышает основную реку. В верхнем течении р. Сакмара дренирует обильные трещинные воды, связанные с зонами тектонических разломов. В долине реки и в верховьях ее притоков (Зилаир-Крепостной, Баракал, Зилаир-Урман) отмечаются многочисленные выходы подземных вод. Ниже по течению р. Сакмара принимает правые притоки Касмарку и Большой Ик, стекающие также с Зилаирского плато, и р. Салмыш, стекающую с Общего Сырта.

IV. Реки Подуральского плато, впадающие в р. Урал выше г. Уральск.

В р. Урал на широтном ее отрезке от г. Орска до г. Уральск впадают левые притоки: Уртабуртя, Буртя, Бердянка, Донгуз, Черная, Илек, Утва, Жаксы-Бурля. Водосборные площади всех этих рек располагаются в районах развития песчано-глинистых пермских, триасовых, юрских и известково-мергелистых меловых отложений. Речные долины здесь имеют ширину 2-3 км, в низовьях до 6 км. Ширина поймы основных рек достигает 1-1,5 км, затапливаются в среднем один раз в 3-4 года. Русла довольно хорошо разработаны, ширина их до 40-60 м.

Водным режим. Главной причиной внутригодовой изменчивости расходов воды является сезонное изменение роли источников питания. Водный режим большинства рек бассейна р. Урал (кроме бассейна р. Сакмара и верховий р. Урал) относится к казахстанскому типу с преобладанием снегового питания

(прежде всего в период максимального стока), доля которого повышается от верховий к приустьевой части. Для рек равнинно-степной части исследуемого бассейна зимние осадки являются основным элементом приходной части водного баланса, во многом определяющим объемы весеннего половодья и характер стока в течение всего года. По данным расчетов соотношения источников питания в формировании годового стока рек степной зоны ЕТР, для рр. Илек и Салмыш доля снегового питания составляет 66 %, а для р. Сакмара – 55-60 % (Алексеевский, Лебедева, Соколовский, 2007).

Отдельно отметим, что наряду с климатическими факторами определенное значение для питания рек исследуемого бассейна имеет гидрогеологическая структура водосборной территории. Важно, что характер подземного питания в различных частях исследуемого бассейна неодинаков. В горной части (бассейны рр. Урал и Сакмара) коэффициент подземного стока составляет 0,03-0,05, а коэффициент подземного питания достигает 15-20 %. В среднем и нижнем течении величина подземного питания значительно больше у рек с небольшими площадями водосборов (Ресурсы поверхностных вод..., 1970).

3.1.4. Ландшафтная структура

Ландшафтная структура бассейна реки Урал характеризуется значительным разнообразием и является отражением геологического развития исследуемой территории.

Верховья бассейна р. Урал расположены в *лесостепной зоне*, характерной особенностью которой является чередование преимущественно широколиственных водораздельных лесов с безлесными междуречными пространствами луговых степей. Северо-западная часть бассейна расположена в пределах *Заволжско-Предуральской возвышенной лесостепной* (рр. Салмыш, Б. Юшатырь и др.) и *Зилаирско-Сакмарской низкогорной лесостепной провинциях* (рр. Сакмара, Б. Ик и др.). Общей характерной чертой ландшафтов является чередование узких и широких междуречий с невысокими останцовыми грядами и

интенсивным проявлением карстовых процессов. Естественный растительный покров представляет сложное сочетание (зависящее, в первую очередь от особенностей рельефа) степных пространств с лесными массивами, а также развитием горных каменистых степей.

Восточнее и южнее, лесостепная зона сменяется провинциями *степной зоны*. В пределах Уральской горной страны выделяют *Урало-Мугоджарскую низкогорную и Урало-Тобольскую высокоравнинную провинции*.

Урало-Мугоджарская низкогорная провинция охватывает низкогорья Южного Урала и Северных Мугоджар, включая меридиональный отрезок р. Урал, долину рр. Урта-Буртя, Губерля, истоки рр. Илек, Орь, Буртя и др. Морфологическую структуру низкогорных ландшафтов формируют эрозионно-останцовые массивы, образующие сложную систему сыртов с мелкосопочным и грядово-холмистым рельефом (Чибилёв, Дебело, 2006). Для междуречья рек Сакмара и Урал характерно развитие карстовых процессов, связанных с распространением пермских гипсов и известняков. В растительном покрове доминирует разнотравно-ковыльная степь, которая к югу от р. Урал сменяется типчаково-ковыльной. Древесно-кустарниковая растительность развита только в речных долинах и обводненных ручьями горных балках и представлена галерейными тополевыми и черноольшанниками.

Урало-Тобольская высокоравнинная провинция занимает часть Уральской складчатой системы, простирающейся от границы региона к югу до верховий рр. Орь, Иргиз и др. Морфоструктура ландшафтов представлена сочетанием полос грядово-увалистого денудационного рельефа и пологоволнистым останцовым пенепленом. Речную сеть представляют рр. Урал, Орь, Суундук, Б. Кумак, Жарлы и их притоки. Значительная часть провинции безлесна, кроме крайнего северо-востока, где на выходах гранитов сформировались остепненные березово-осиновые колки и сосново-лиственничное редколесье. Зональный тип растительности представлен разнотравно-типчаково-ковыльными и типчаково-ковыльными степями.

Общесыртовско-Предуральская возвышенная степная провинция занимает возвышенную восточную часть Общего Сырта и Предуралья (среднее течение р. Урал в пределах Оренбургской области). Геолого-геоморфологическую основу составляют возвышенный Общий Сырт и западное Предуралье, для которых характерно чередование выровненных междуречий с пологими склонами с невысокими останцовыми грядами, разделенными речными долинами. В Предуралье также широко развиты формы рельефа, связанные с карстовыми процессами (гипсовый и соляной карст).

Урало-Илекская возвышенная степная провинция занимает Урало-Илекское междуречье. Большая часть провинции представляет собой пологую сыртово-увалистую возвышенность, в пределах которой выделяется ряд более мелких структур, разбитых крупными нарушениями и разделенных долинами притоков рр. Урал и Илек. Речная сеть бедна и представлена средним течением р. Урал и нижним течением р. Илек, а также их небольшими притоками – рр. Донгуз, Черная, Бердянка, Буртя. Зональным типом растительности является типчаково-ковыльная степь, а в поймах рек распространены пойменные злаково-разнотравные луга с озерно-болотной растительностью по старицам и озерам (Чибилёв, Дебело, 2006).

Подуральско-Илекская провинция занимает возвышенную равнину между долиной р. Илек, Мугоджарами и Прикаспийской низменностью. Плато представляет систему возвышенных эрозионно-денудационных пластово-ярусных равнин. Широко развиты также структурно-денудационные формы и элементы рельефа (небольшие плато, уступы, ступени) и формы рельефа, обусловленные солянокупольной тектоникой. Провинция располагает разветвленной речной сетью. На севере Илекского плато сеть представлена рр. Илек, Б. и М. Хобда, Утва; центральная и южная часть – верховья бессточных рек и р. Эмба. Фоновым типом растительности на темно-каштановых и каштановых почвах являются типчаково-ковыльковые и разнотравно-еркековые сообщества, сменяющиеся на светло-каштановых почвах типчаково-тырсовыми, а на солонцеватых – чернополынными сообществами.

Южно-Сыртовая пологоволнистая-увалистая наклонная степная провинция занимает промежуточное положение между Общим Сыртом на северо-западе бассейна и Прикаспийской низменностью на юге. Долина реки Урал совпадает с восточным участком провинции, который отличается преобладанием невысоких сыртов с плоскими или слегка волнистыми водоразделами. Речная сеть представлена рр. Урал, Чаган, Иртек, Кинделя и др. Естественная растительность в связи с интенсивным освоением территории сохранилась слабо. Нераспаханные участки водоразделов заняты фрагментами типчаково-ковыльной и типчаковой степи, сменяющиеся на склонах галофитными вариантами.

Южнее г. Уральск степная зона сменяется ландшафтами полупустынной зоны. Практически вся долина р. Урал расположена в пределах *Северной Волго-Уральской плоскоравнинной полупустынной провинции*. Морфологическая структура провинции (в пределах речной долины) представляет собой сложное сочетание эрозионных и аккумулятивных форм рельефа, сложенных дельтовыми и русловыми отложениями. Прирусловая часть представлена узкими открытыми пляжами, сменяющимися зарослями кустарниковых ив. В центральной части поймы древесная растительность редка, а в пониженных участках и к верхней пойме полностью исчезает, сменяясь разнотравно-злаковыми лугами.

Нижнее течение и дельта р. Урал охватывает ландшафты пустынной зоны, которые представлены ландшафтными округами *Южной Волго-Уральской бугристо-песчаной и Северо-Каспийской приморско-равнинной провинций*.

Ландшафтная структура *Южной Волго-Уральской провинции* в пределах бассейна р. Урал характеризуется развитием пойменных-слаботеррасированных комплексов. Высокая, редко затапливаемая пойма отличается расчлененным рельефом в виде грив, повышенных участков и островов, разделенных старицами или озерами (Чибилёв, Дебело, 2006). Облесенность высокой части поймы незначительна.

Усть-Уральский ландшафтный округ, входящий в состав *Северо-Каспийской приморско-равнинной провинции*, включает участки древней и современной дельты р. Урал. Преобладают волнистые равнины, на отдельных участках осложненные бэровскими буграми (Чибилёв, Дебело, 2006). В растительном покрове доминируют чернополынные ассоциации, на отдельных участках наблюдаются крупные массивы солонцов и солончаков. На приморском участке прирусловая врезанная и приречная возвышенная части, сужаются, постепенно исчезают, и дельта приобретает облик плоской приморской равнины, затопляемой при высоких паводках. Растительность дельтового участка изменяется в зависимости от рельефа – растительные сообщества прирусловых пляжей представлены небольшими колками ивы белой и тамарикса; незатопляемые повышения с солонцовыми комплексами заняты белополынными и биюргуновыми сообществами; в приморской части господствуют заросли тростника и рогозов (Чибилёв, Дебело, 2006).

Таким образом, территория бассейна р. Урал характеризуется сложной ландшафтной структурой, для которой характерно сочетание зональных и азональных природных комплексов. Нарушение зонального принципа распределения воздушных масс в исследуемом бассейне обусловлено сложным геолого-структурным строением исследуемой территории и наличием крупных орографических единиц (хребет Уралтау). В итоге, в пределах бассейна р. Урал формируются области с высоким гидрологическим потенциалом (модуль стока может достигать 6-7 л/с/км²), совпадающие с верхним гидрографическим участком (рр. Урал и Сакмара). В тоже время, отсутствие боковой приточности в пределах нижнего гидрографического участка (южнее г. Уральск) и непродуктивное испарение с поверхности широкой поймы приводит к формированию зоны потерь стока.

Как было отмечено выше, параметры водного режима детерминируются сезонными изменениями роли источников питания и спецификой их пространственно-временного сочетания. Для рек бассейна р. Урал определяющим типом питания является снеговое, при чем роль данного источника в

формировании стока не совпадает с календарными сроками вследствие особенностей накопления воды в пределах речного бассейна и его расходования (Евстигнеев, 1990). Кроме того, накопление осадков в виде снега определяет главные черты водного режима рек исследуемого бассейна - наличие весеннего половодья, летне-осенней и зимней межени.

3.2. Региональные тенденции изменения климата

Влияние климатического фактора на формирование и современное состояние водных ресурсов имеет зональный характер. Для Европейской территории России роль этого фактора увеличивается с севера на юг и с запада на восток, по мере сокращения естественного увлажнения (Водные ресурсы России..., 2008). Несомненно, что характерная для степной зоны пространственно-временная неоднородность климатических условий является основной причиной значительной вариативности в распределении водных ресурсов по территории трансграничного бассейна р. Урал.

Основные черты многолетних колебаний большинства гидрологических характеристик в значительной мере обусловлены преобладанием различных типов циркуляции воздушных масс, которые в свою очередь влияют на динамику основных параметров климата. В тоже время, атмосферные осадки являются метеорологической величиной, и соответственно, изменения значительно зависят от местных физико-географических условий, которые могут ослаблять или усиливать влияние процессов атмосферной циркуляции.

Согласно исследованиям (Сальников, Турулина, Поляков и др., 2011; Савичев, Мироничева, Цепелев, 2015), по характеру преобладающих тропосферных переносов в настоящее время в атлантико-евразийском секторе доминирует W форма, для которой характерно преобладание зонального переноса воздушных масс (Рисунок 20, Таблица 18).

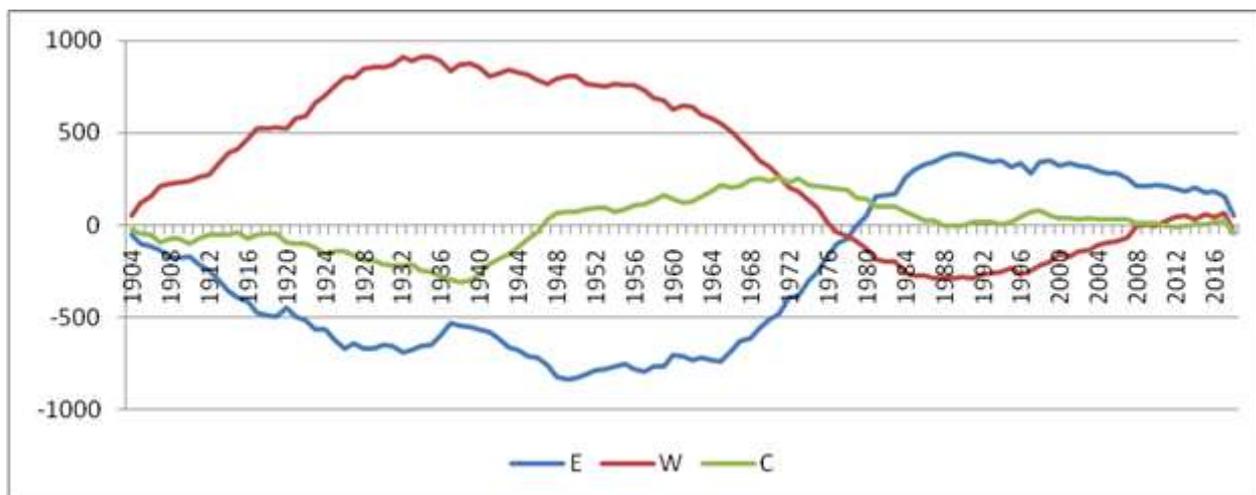


Рисунок 20 - Интегральные кривые годовых аномалий числа дней повторяемости W, С и Е форм циркуляции (типизация форм атмосферной циркуляции Вангенгейм-Гирса)

Кроме того, в эпоху W над континентом Евразия формируется обширная область положительных аномалий температуры, которая обусловлена переносом теплого воздуха с океана на континент (Савичев, Мироничева, Цепелев, 2015). Важно, что аномальное развитие форм циркуляции в определенную эпоху четко проявляется в одном или двух сезонах (Гирс, 1963). Так, для отдельных сезонов текущей циркуляционной эпохи характерно аномальное развитие процессов форм С и Е – например, в период с июля по сентябрь повторяемость процессов Е формы превышает норму (Савичев, Мироничева, Цепелев, 2015).

В зимние месяцы, которые играют основную роль в формировании стока половодья, и, следовательно, годового стока рек степной зоны, процессы формы W наблюдаются в комбинации с процессами формы С. В отдельные годы, особенно в январе и феврале, отмечается рост повторяемости процессов формы Е.

Таблица 18 - Соотношение аномалий числа дней с различными формами атмосферной циркуляции и аномалиями атмосферных осадков в бассейне р. Урал

Год	Форма	Повторяемость формы, %	Аномалии осадков (к норме 1961-1990), мм				
			Оренбург	Кувандык	Беляевка	Уральск	Атырау
1936	Е	55	-101	-38	-62	-58	34

1938	Е	41	-125	-120	-184	-32	-13
1941	С	39	-46	153	45	42	93
1966	Е	59	-7	-98	-39	-48	34
1975	Е	56	-130	-128	-167	-134	-53
1980	Е	57	-20	-50	-11	41	-10
1984	Е	67	-98	-144	-76	6	-86
1998	W	39	-127	-105	-163	-49	61
2004	W	37	128	114	35	118	28
2010	W+E	29+45	-78	-154	-159	-56	-13
2016	W+E	28+43	90	50	-28	85	193

Согласно данным Таблицы 18, в современную эпоху W (1990-2018), режим атмосферных осадков характеризуется отсутствием устойчивых положительных отклонений от нормы, что еще раз подтверждает влияние местных физико-географических условий на распределение атмосферных осадков в пределах бассейна р. Урал. Усиление роли местных факторов в эпоху W связано, в том числе с быстрым смещением волн малой амплитуды с запада на восток. Кроме того, для современного периода характерна меньшая повторяемость формы W (чаще всего не превышает 40 %) и преобладание комбинированных форм циркуляции. Устойчивые отрицательные аномалии отмечаются в годы эпохи E (1936, 1938, 1966, 1975 и др.), что обусловлено формированием обширной области отрицательных аномалий и преобладанием в тропосфере стационарных волн значительной амплитуды. На основании вышесказанного, установлены определенные закономерности в формировании много- и маловодных периодов в бассейне р. Урал в соответствии с преобладанием различных циркуляционных эпох (Таблица 19, Рисунок 21).

Сопоставительный анализ разностно-интегральных кривых годовых аномалий числа дней повторяемости W, С и E форм циркуляции и величин объема годового стока рр. Урал (п. Кушум) и Сакмара (п. Каргала) подтверждает зависимость между развитием много- и маловодных циклов и доминированием форм циркуляции.

Таблица 19 - Характеристика основных метеорологических параметров и речного стока в различные циркуляционные эпохи (п. Кушум, Республика Казахстан)

Периоды	Эпохи	Т _{ср} , С ⁰	Осадки, мм	Расход, м ³ /с			
				10%	50%	75%	95%
1903-1928	W	-	-	758,9	431,6	198,8	82,6
1929-1939	E	4,6	-	613,3	140,8	105,1	95,9
1940-1948	C	4,3	373	800,5	652,4	228,4	120,2
1949-1965	E+C	4,8	307	780,9	324,9	184,3	107,1
1966-1989	E	5,4	309	536,1	322,6	174,1	111,4
1990-2018	W	6,5	348	534,2	407,0	203,2	163,2

В первую очередь обращает внимание совпадение маловодных циклов (1930-1940; 1959-1969; 1973-1986 гг.) и восточной (E) формы циркуляции, для которой характерно расположение блокирующего антициклона над обширной территорией Восточной Европы (до Уральских гор) (Вангенгейм, 1948). Современная эпоха западной (W) циркуляции характеризуется положительными аномалиями, но с меньшими отклонениями от нормы по сравнению с эпохой W 1903-1928 гг.

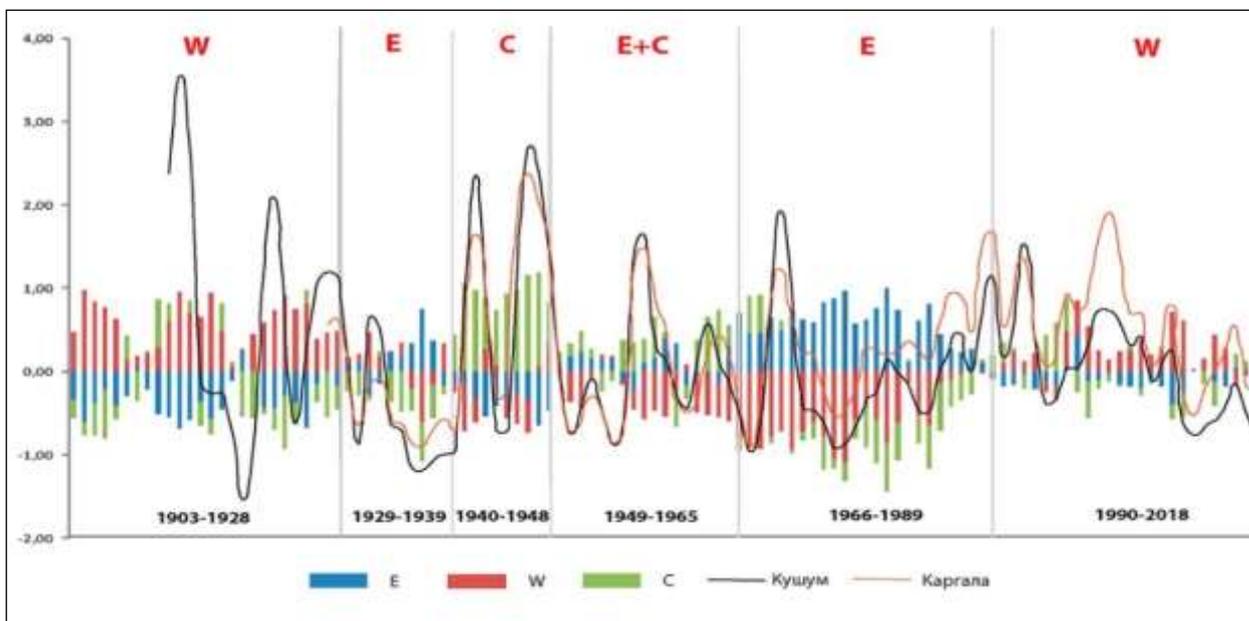


Рисунок 21 - Разностно-интегральные кривые годовых аномалий числа дней повторяемости W, C и E форм циркуляции в бассейне р. Урал

Кроме того, для текущей циркуляционной эпохи характерно значительное колебание водности – достаточно длительный (19 лет) многоводный цикл сменился затяжным маловодным. Данное утверждение совпадает с

полученными ранее выводами о том, что в случае преобладания комбинированных форм циркуляции (W+C; W+E) наблюдается чередование лет различной водности (Сальников, Турулина, Поляков и др., 2011).

Температурный режим. Температура приземного слоя воздуха относится к числу основных климатических параметров, определяющих гидрологические особенности территории. В первую очередь, изменение температурного режима приводит к изменению влагообмена и вещественного обмена между элементами высотно-пространственной дифференциации речных бассейнов (атмосферой, растительностью, зоной аэрации и зоной насыщения). Установлено, что в теплый период, когда возрастает роль испарения, рост температуры обуславливает снижение осадков - например, 16 мм на один градус в пределах Русской равнины (Долгов, Коронкевич, 2012). В тоже время, температура воздуха, в отличие от осадков, относится к косвенным факторам формирования речного стока и соответственно при оценке климатических изменений данные показатели должны рассматриваться независимо друг от друга (Коронкевич, Барабанова, Зайцева, 2007; Долгов, Коронкевич, 2012). Но вместе с тем, при сопоставлении гидрометеорологических данных по отдельным сезонам наблюдается достаточно тесная связь и прежде всего в холодный период года (Долгов, 2011). Для степных водосборных территорий р. Урал, рост температуры и дефицита влажности воздуха играет существенное значение в теплый период, что сказывается в первую очередь на уменьшение речного стока и увеличением компенсационных потерь подземных вод.

Согласно отчету Межправительственной группы экспертов по изменению климата, потепление климатической системы является неоспоримым фактом, и, начиная с 1950-х годов многие наблюдаемые изменения являются беспрецедентными в масштабах от десятилетий до тысячелетий. Каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли по сравнению с любым предыдущим десятилетием начиная с 1850 г. Вместе с тем, за достаточно продолжительный период времени (1911-1941 гг.), когда эффект антропогенных выбросов парниковых газов был очень

мал, рост глобальной температуры составил приблизительно $0,65^{\circ}\text{C}$ (Добровольский, 2007).

В многолетнем ходе глобальной температуры приземного слоя наиболее интенсивное потепление прослеживается в течение последних 30-40 лет - в пределах территории России скорость потепления составляет более $0,45^{\circ}\text{C}/10$ лет, при чем интенсивность потепления не одинакова в разных частях страны (Второй оценочный доклад..., 2014; Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017). Результаты модельных расчетов иллюстрируют, что к середине XXI века среднее за год потепление в пределах территории России составит от $0,7$ до $2,6^{\circ}\text{C}$ в зависимости от времени года (максимальный рост в холодное время года) и региона (Мелешко, Голицын, Говоркова и др., 2004). Территория бассейна р. Урал по интенсивности роста среднегодовых температур относится к единой с европейской частью России зоне, для которой характерны значения $0,4-0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет (Второй оценочный доклад..., 2014). Текущее потепление началось в бассейне р. Урал в 1970-х гг., с максимальным ростом температур воздуха с середины 90-х гг. (Магрицкий, Кенжебаева, 2017). Согласно мультимодельным оценкам, ожидается, что по сравнению с базовым периодом (1980-2000 гг.) к 2030 г. годовая температура в бассейне р. Урал возрастет на $1,6^{\circ}\text{C}$ (Мелешко, Голицын, Говоркова и др., 2004).

Устойчивый рост приземной температуры в пределах исследуемой территории подтверждают результаты сценарных прогнозов полученных на основе расчета данных ансамбля глобальных климатических моделей CMIP 5 (Таблица 20).

Таблица 20 - Сценарные прогнозы роста приземной температуры воздуха в бассейне р. Урал (российская часть) на основе моделей CMIP 5 (базовый период 1981-2000) (по данным: URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/>)

Периоды	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
<i>RCP 4.5</i>					
2011-2031	+1,6	+1,4	+1,3	+1,3	+1,4
2041-2060	+3,2	+2,9	+2,4	+2,4	+2,7
2080-2099	+4,3	+3,7	+3,1	+3,2	+3,6
<i>RCP 8.5</i>					

2011-2031	+1,7	+1,7	+1,4	+1,4	+1,5
2041-2060	+3,9	+3,4	+3,1	+3,2	+3,4
2080-2099	+7,6	+6,1	+5,8	+5,8	+6,3

Согласно полученным данным, прогнозируемое потепление климата обусловлено ростом температур во все сезоны года, но наиболее значительное увеличение значений прогнозируется для зимнего и весеннего сезонов. Аналогичные значения роста приземной температуры иллюстрируют сценарные прогнозы на основе региональной модели высокого пространственного разрешения, разработанной Главной геофизической обсерваторией им А.И. Воейкова (г. Санкт-Петербург) (Таблица 21).

Таблица 21 - Сценарные прогнозы роста приземной температуры воздуха (2090-2099) в бассейне р. Урал (российская часть) на основе региональной модели ГГО им А.И. Воейкова (базовый период 1981-2000)

(по данным: URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/>)

Сценарии	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
RCP 4.5	+2-3	+3-4	+2-3	+3-4	+1-2	+2-3	+2-3	+3-4	+2-3	+2-3
RCP 8.5	+3-4	+7-9	+2-3	+5-7	+2-3	+5-7	+2-3	+5-7	+3-4	+7-9

Так, для периода 2090–2099 максимальный рост прогнозируется в зимний период – в частности для сценария RCP 4.5 увеличение значений температуры составит +3° С, а для сценария RCP 8.5 +7° С. Важно отметить, что мультимодельные расчеты изменения климата, выполненные с учетом различных сценариев роста парниковых газов, показывают, что региональное потепление не зависит от выбранного сценария в первые 40-50 лет расчета, поскольку в начальный период скорость потепления определяется концентрацией парниковых газов, накопленных в атмосфере за предыдущие годы (Мелешко, 2006).

Рост значений приземной температуры в бассейне р. Урал проиллюстрирован результатами оценки аномалий среднегодовой температуры воздуха по отношению к нормированным значениям. Максимальные величины аномалий среднегодовых температур приземного слоя воздуха в трансграничном бассейне р. Урал иллюстрируют региональные особенности современных изменений параметров климата (Рисунок 22).

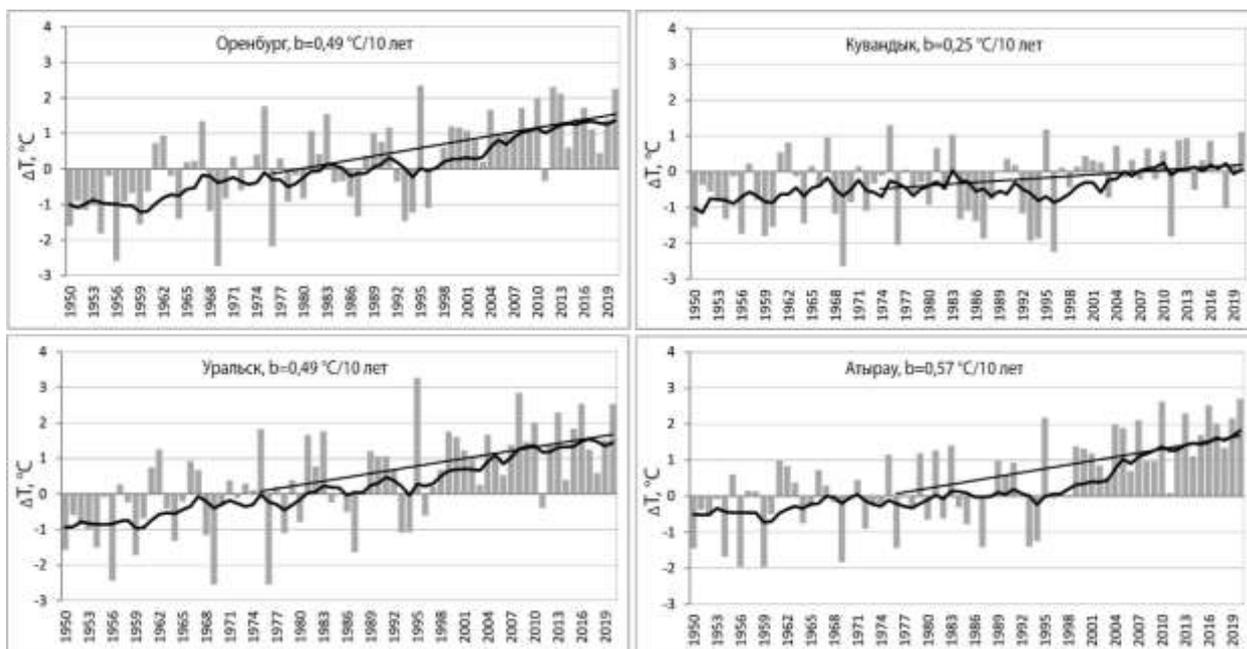


Рисунок 22 - Среднегодовые аномалии температуры приземной температуры воздуха (1950-2021 годы). График 11-летних скользящих значений; линейный тренд за 1976–2020 гг.; b – коэффициент тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет)

Максимальная величина среднегодовой аномалии в 2020 году в г. Атырау составляет $+2,7^{\circ}\text{C}$ и занимает 1 место в ранжированном ряду начиная с 1940 года. Самым теплым годом для гг. Оренбург и Уральск остается 1995 год – среднегодовая аномалия $+2,34$ и $3,27^{\circ}\text{C}$ соответственно; для г. Кувандык – 1975 с аномалией $+1,30^{\circ}\text{C}$ (по состоянию на 2021 год). Среднегодовые аномалии 2020 года для гг. Оренбург, Уральск и Кувандык занимают 3 место в ранжированном ряду ($+2,25$, $+2,53$ и $1,11^{\circ}\text{C}$) соответственно.

Установлено, что значительные положительные аномалии характерны для всех сезонов, но с разными максимальными величинами отклонения от нормы. Например, температурные аномалии лета изменяются от $+0,04$ в г. Кувандык и $+0,25^{\circ}\text{C}$ в г. Оренбург до максимальных значений в казахстанской части исследуемого бассейна – Уральск $+0,47$; Атырау $+0,57^{\circ}\text{C}$. Согласно рассчитанным значениям коэффициента линейного тренда за период 1976-2020 гг., максимальная скорость роста отклонений от нормированных значений в летний период отмечается в нижнем течении р. Урал – г. Атырау ($0,63^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В Таблице 22 представлен ранжированный ряд сезонных аномалий температуры приземного слоя воздуха за период с 1940 по 2020 годы.

Таблица 22 - Ранжированный ряд сезонных аномалий температуры приземного слоя воздуха за период с 1940 по 2020 годы в бассейне р. Урал

Оренбург		Кувандык		Уральск		Атырау	
Год	ΔT	Год	ΔT	Год	ΔT	Год	ΔT
Весна							
1993	4.7	1977	3.7	2016	5.6	2012	3.7
2012	3.9	1995	3.5	1995	4.8	1977	3.0
1967	3.8	1967	3.3	2008	3.7	2013	2.9
2008	3.6	1951	3.0	2020	3.5	2016	2.8
1977	3.5	1962 1975	2.9	1977	3.3	1995 2008 2020	2.7
Лето							
2010	4.8	2010	3.4	2010	4.9	2010	4.7
2012	3.9	2012	3.1	1995	4.0	2012	2.9
1998	3.4	1940	2.7	1998 2012	3.2	2014	2.7
1988	2.8	1952 1998	2.3	1981	2.9	2020	2.6
1940	2.4	1975	1.9	1988	2.6	2016	2.5
Осень							
1971	2.8	1971	3.6	1971 2012	2.9	2010	3.2
2013	2.5	2004 2012 2013	2.4	2013	2.5	2005	3.0
2010	2.4	1963	2.3	2009 2010 2017	2.3	1971	2.8
2012	2.3	1974	2.2	1995	2.2	1974	2.6
2004 2009	2.1	1954	2.0	2005	2.1	2017	2.5
Зима							
2020	6.7	1982 2006	4.2	2020	7.4	2015	7.4
1982	6.6	2020	4.1	1982	6.9	2020	6.5
2006	6.3	1999	3.6	2006	6.5	2006	6.2
1999	6.0	2001	3.3	1999	5.9	1999	5.6
2015	5.6	2015	3.2	2015	5.8	1957	4.8

На основании полученных данных, отметим следующее - наиболее заметное потепление отмечается в зимний сезон с максимальными положительными аномалиями в казахстанской части исследуемого бассейна. В

региональном разрезе минимальные величины отклонений от нормированных значений для всех сезонов отмечаются для г. Кувандык, расположенного в горнолесной части водосборной площади р. Урал.

Современные тенденции изменения приземной температуры воздуха в бассейне р. Урал подтверждаются статистически значимыми коэффициентами линейного тренда (Рисунок 23).

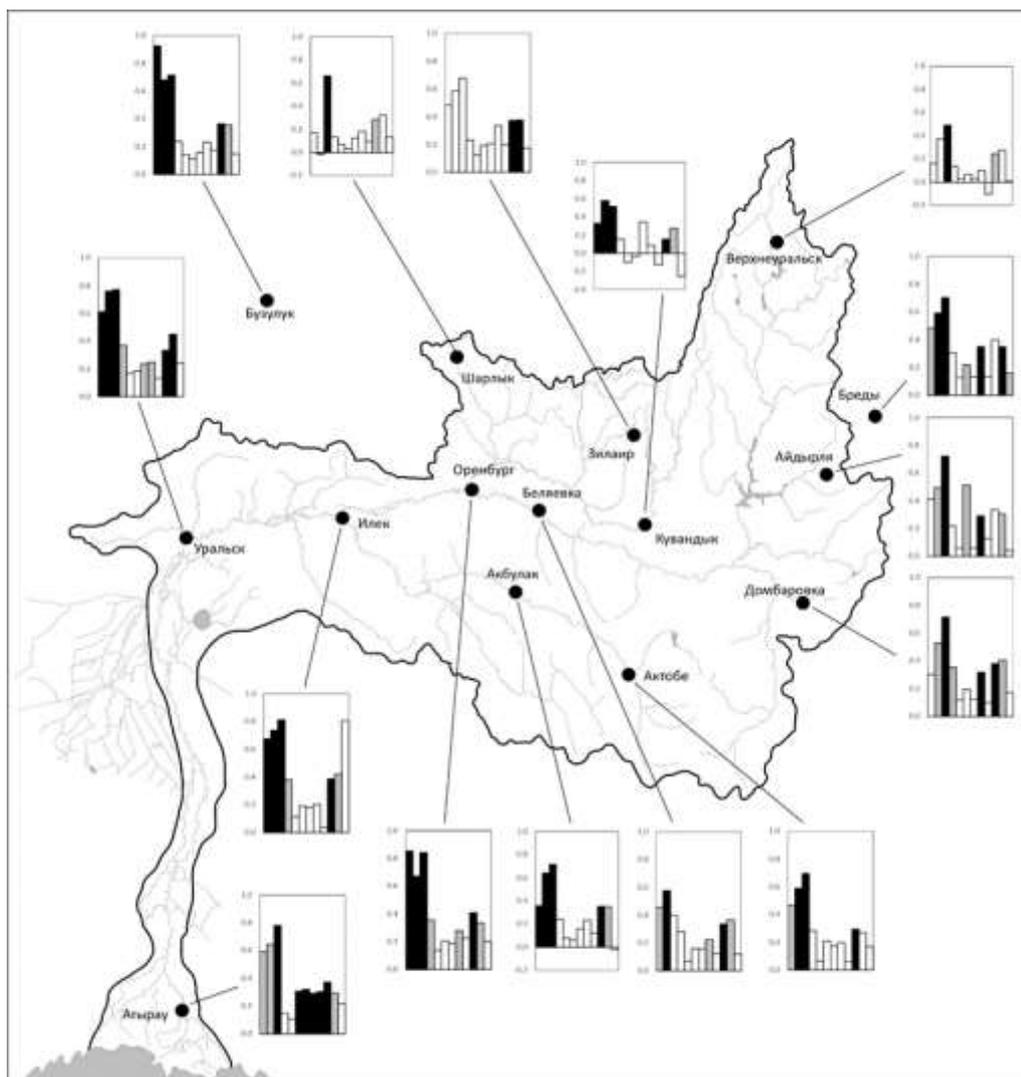


Рисунок 23 - Диаграммы коэффициентов линейного тренда сезонных температур за период 1950–2020 гг. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет). Уровень статистической значимости: черный цвет – 0,01, серый – 0,05; белый – не имеют статистической значимости

Для подавляющего большинства метеостанций (МС) среднегодовые значения коэффициентов линейного тренда находятся в диапазоне $0,30\text{--}0,35^{\circ}\text{C}/10$ лет (Sivokhip, Pavleychik, Chibilev, 2023). Исключение составляет МС

Кувандык (0,15), занимающая специфическое котловинное положение, и 3 МС в различных частях бассейна (Шарлык, Беляевка и Актобе) с несколько меньшими значениями – 0,27–0,29°C/10 лет. Максимальный прирост температур отмечен в нижнем секторе бассейна (Илек, Уральск, Атырау), а также в Зауралье (Бреды) – 0,33–0,34°C/10 лет.

Наибольший вклад в рост среднегодовых температур вносят первые три месяца календарного года (январь-март) и осенние месяцы (октябрь-ноябрь). Среди них наиболее значимый и практически повсеместный прирост температур наблюдается в марте (в среднем 0,70°C/10 лет). В безморозный сезон тенденции нарастания температур за 70-летний период не столь значительны и однозначны, в среднем скорость составляет 0,21°C/10 лет. Важно отметить, что региональная дифференциация коэффициентов линейного тренда в бассейне р. Урал иллюстрируют зональные закономерности многолетней динамики температуры приземного слоя, что обуславливает определенное запаздывание распространения общих тенденций в зависимости от широтного расположения территории. В частности, максимальный рост температуры в августе установлен для восточных районов исследуемого бассейна (0,29°C/10 лет – Айдырля; 0,32°C/10 лет – Домбаровка, 0,35°C/10 лет – Бреды). Разнонаправленные тенденции иллюстрирует г. Кувандык (особенно в безморозный период), что обусловлено особенностями физико-географического положения в пределах отрогов Уральских гор (Сивохиц, Павлейчик, 2022б).

Полученные результаты свидетельствуют о региональной специфике изменения температурного режима, обусловленной как широтно-зональными, так и местными физико-географическими условиями водосборных территорий р. Урал. Кроме того, фиксируемый рост зимних температур сопровождается увеличением частоты случаев перехода через 0°C, что приводит к нарастанию продолжительности и интенсивности оттепелей (Таблица 23).

Многолетний ход показателей, отражающих наступление оттепелей, для разных метеостанций в пределах исследуемого бассейна неоднороден и определяется в первую очередь особенностями географического положения.

Таблица 23 - Основные показатели наступления оттепелей в бассейне р. Урал

МС	Среднегодовая сумма положительных температур воздуха, °С				Среднегодовая продолжительность дней с положительными среднесуточными температурами, сутки			
	1916–1930	1931–1960	1961–1990	1991–2020	1916–1930	1931–1960	1961–1990	1991–2020
Зилаир		5,12	6,11	6,62		3,16	3,30	3,07
Бреды		2,45	5,19	7,46		2,64	4,03	5,34
Оренбург	4,38	8,15	12,30	16,01	4,69	7,04	9,33	13,17
Актобе		7,54	11,88	14,95		6,52	8,50	10,29
Акбулак			13,33	16,71			9,63	12,48
Домбаровка			6,18	8,33			4,88	6,34

В то же время, несмотря на пространственную неоднородность, временное распределение дат наступления оттепелей имеет общий и синхронный характер. Ниже представлены диаграммы значений сумм положительных температур воздуха за декады зимних месяцев в пересчете на 10 лет, распределенных по 30-летним периодам. Максимальное число суток с температурой выше 0° С фиксируется в период 1991-2020 годов, преимущественно в декабре и феврале (Рисунок 24).

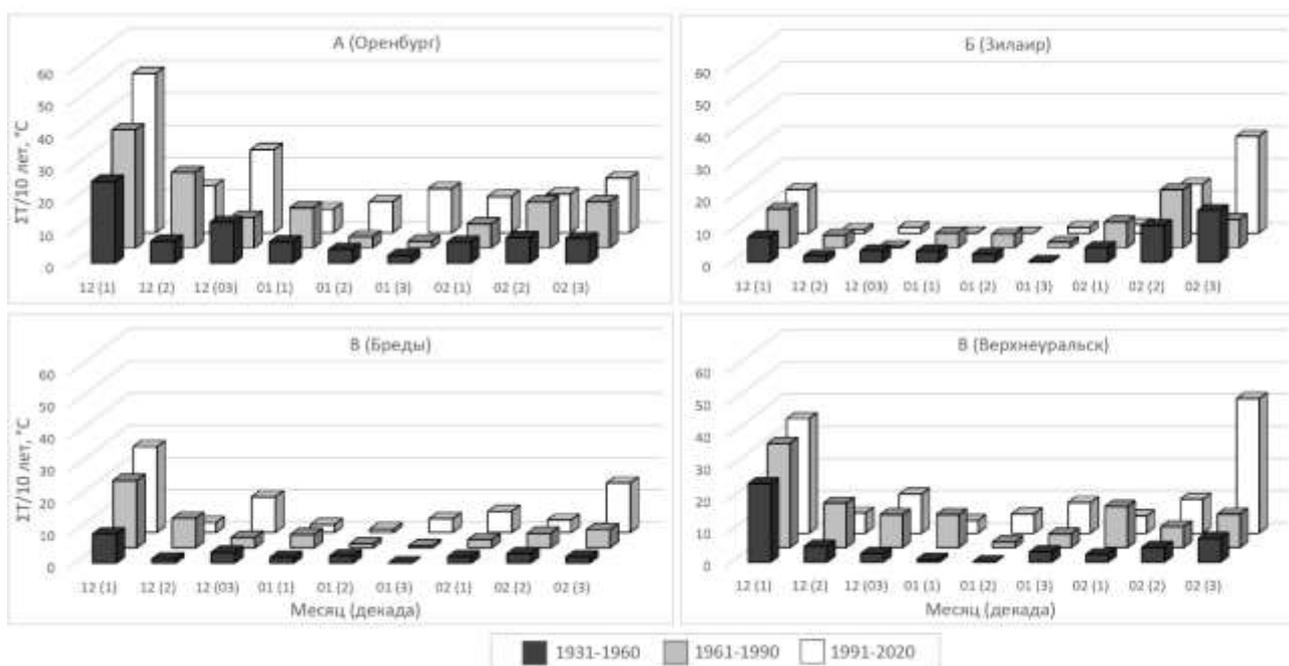


Рисунок 24 - Распределение сумм положительных температур воздуха за декады зимних месяцев (XII–II) по 30-летним периодам

Следствием установленной тенденция роста температуры воздуха приземного слоя в зимний период в бассейне р. Урал является внутригодовое перераспределение сезонного стока с увеличением доли стока зимней межени (Сивохиц, Павлейчик, Падалко, 2021; Сивохиц, Павлейчик, Чибилёв, 2021).

Кроме оценки изменений климатических средних и отклонений от нормированных значений, существенное значение для установления региональных тенденций изменения климата представляет изучение динамики экстремальных значений метеорологических величин. Общеизвестно, что наблюдаемые изменения климата характеризуются изменением частоты экстремальных погодных и климатических явлений. В условиях глобальных и региональных тенденций потепления климатической системы отмечается увеличение числа экстремально жарких дней и дней с интенсивными осадками при уменьшении экстремально холодных дней. Увеличение числа климатических экстремумов создают предпосылки для возникновения экстремальных гидрологических ситуаций – маловодье и многоводье, что в условиях неравномерного внутригодового распределения стока рек степной зоны обуславливает сложную гидроэкологическую и водохозяйственную обстановку.

Важным критерием экстремальности величин температуры являются региональные коэффициенты - индекс аномальности климата (коэффициент аномальности Н.А. Багрова) рассчитывается как среднее квадратическое из станционных значений нормированной аномалии температуры и индекс Токарева, позволяющий оценивать не только величину аномалии, но и ее знак (Переведенцев, Гоголь, Наумов и др., 2007) (Таблица 24).

Таблица 24 - Региональные индексы аномальности температуры приземного слоя воздуха в бассейне р. Урал

Метеостанции	Период	Нормированная аномалия	Индекс Багрова	Индекс Токарева
Оренбург	1940-1960	-1,07	3,22	-2,16
	1961-1990	-0,08	2,86	-0,29
	1991-2021	0,89	2,55	1,28
	1940-2021	0,02	2,84	-0,29
	1940-1960	-0,96	3,02	-1,83

Беляевка	1961-1990	-0,02	3,11	-0,07
	1991-2021	0,81	2,99	1,30
	1940-2021	0,04	3,04	-0,02
Акбулак	1940-1960	-0,88	2,93	-1,72
	1961-1990	0,01	2,99	-0,35
	1991-2021	0,88	2,93	1,54
	1940-2021	0,10	2,95	-0,01
Зилаир	1940-1960	-0,58	1,29	-2,05
	1961-1990	-0,001	2,93	-0,39
	1991-2021	1,08	2,93	1,90
	1940-2021	0,25	3,04	0,03
Кувандык	1940-1960	-1,00	2,89	-1,35
	1961-1990	-0,43	2,96	-0,94
	1991-2021	-0,10	3,07	-0,16
	1940-2021	-0,46	2,99	-0,75
Актобе	1940-1960	-0,80	3,01	-1,85
	1961-1990	0,004	3,07	-0,19
	1991-2021	0,77	2,95	1,34
	1940-2021	0,07	3,01	-0,11
Уральск	1940-1960	-0,91	3,19	-1,87
	1961-1990	0,01	3,10	-0,53
	1991-2021	1,12	2,98	1,56
	1940-2021	0,18	3,05	-0,10
Атырау	1940-1960	-0,56	3,32	-1,41
	1961-1990	0,01	2,99	-0,40
	1991-2021	1,15	3,34	1,89
	1940-2021	0,28	3,21	0,19

Согласно полученным результатам, нормированные аномалии среднегодовой температуры воздуха (1991–2021) для метеостанций, расположенных в пределах разных участков бассейна р. Урал, имеют положительный знак – от 0,8 (Актобе) до 1,1 в нижнем течении р. Урал (Атырау, Уральск). Индексы аномальности подтверждают установленную тенденцию долгосрочных изменений температурного режима в пределах исследуемого бассейна. В первую очередь необходимо отметить устойчивый рост индекса Токарева – максимальный прирост дней с аномально высокими значениями температуры наблюдается в период с 1991 по 2021 годы. В данный период для всех МС значения индекса Токарева имеют положительный знак, изменяясь от 1,28 и 1,30 в г. Оренбург и п. Беляевка соответственно до 1,56, 1, 89 и 1,90 в метеостанциях Уральск, Атырау и Зилаир.

Результаты проведенных исследований региональной специфики изменения приземной температуры воздуха в целом соответствуют установленным закономерностям увеличения числа дней с аномально высокой температурой для большей части Российской Федерации, кроме зимы. Согласно выявленным тенденциям, максимальный рост числа экстремально жарких дней отмечен летом на юге Европейской России и Южном Урале (Коршунова, Булыгина, Разуваев и др., 2018).

Многолетние изменения режима осадков. Наблюдаемое потепление, несомненно, приводит к изменению компонентов гидрологического цикла и в первую очередь – атмосферных осадков (Huntington, 2006). Согласно результатам исследований, установлено, что интенсивность осадков, как и влагоемкость атмосферы, возрастает при потеплении климата (Мохов, Хон, Тимажев и др., 2014). Вместе с тем, для современного потепления характерно уменьшение градиента температуры между полюсом и экватором, ослабление региональной циркуляции, увеличение повторяемости событий атмосферного блокирования (Мохов, 2006).

Атмосферные осадки – главная приходная составляющая стока, в связи с чем значительные колебания их количества могут рассматриваться в качестве основного условия для развития многоводных или маловодных лет (Черенкова, Сидорова, 2021). Стокоформирующая роль осадков зависит от ряда условий и факторов – особенности водного режима рек в определенный год (многоводный или маловодный); физико-географические условия водосборной территории; доля подземного стока в питании реки и др. Установлено, что теснота связи с годовыми осадками (в пределах Европейской части России) больше, чем отдельно с осадками холодного и теплого периодов (Долгов, 2011).

В отличие от выявленной устойчивой тенденции роста среднегодовых величин температуры приземного слоя воздуха, для многолетней динамики количества атмосферных осадков в трансграничном бассейне р. Урал характерно отсутствие устойчивых однонаправленных тенденций (Рисунок 25).

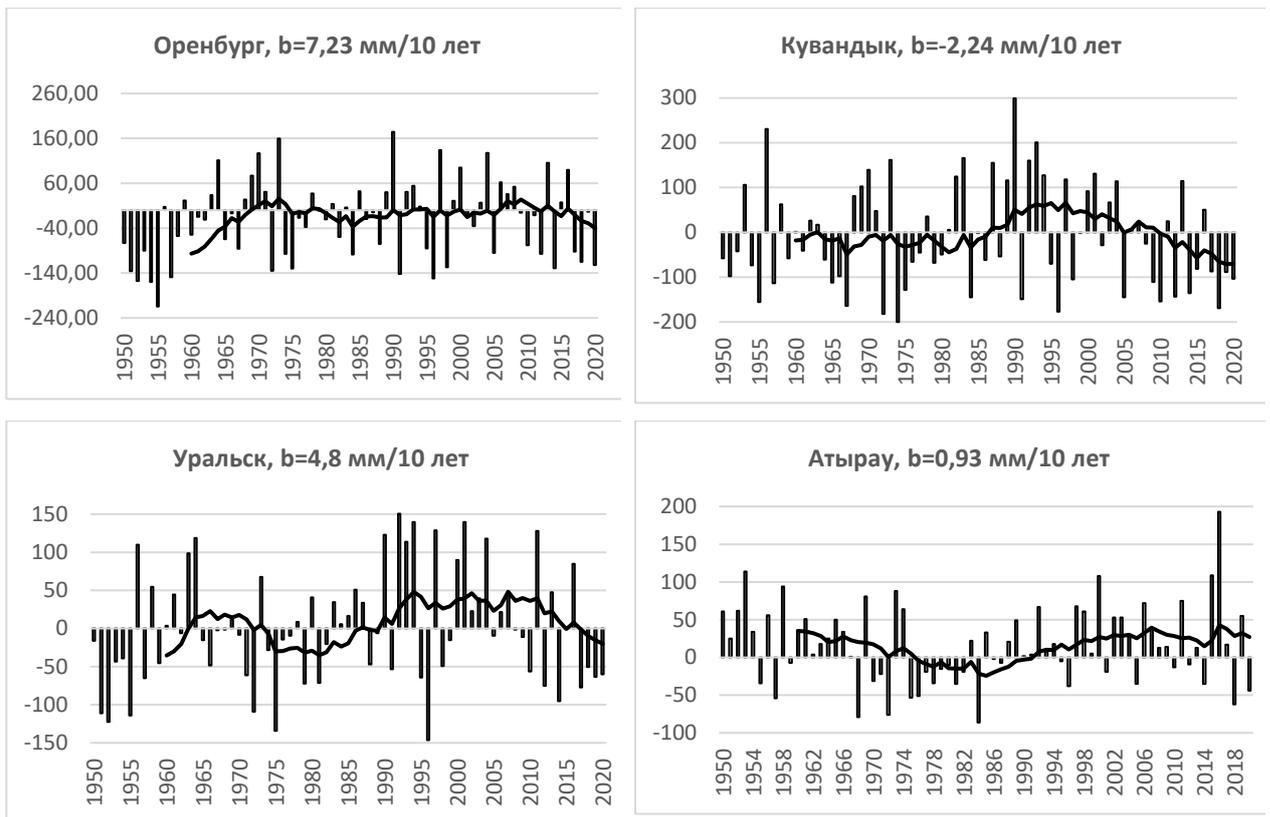


Рисунок 25 - Аномалии годовой суммы атмосферных осадков в бассейне р. Урал (1950–2021 годы). График 11-летних скользящих значений; b – коэффициент тренда (мм/10 лет)

В годовом выражении отмечается статистически значимое увеличение годового количества атмосферных осадков только в западной части бассейна р. Урал (Илек – 10 мм/10 лет; Шарлык – 13 мм/10 лет) и на сопредельных территориях (Бузулук – 18 мм/10 лет). Выявлены статистически значимые положительные тенденции для зимнего и весеннего сезонов в нижнем течении р. Урал, указываемые и другими авторами (Ивкина, Галаева, Саиров и др., 2020). Для остальной территории не выявлено статистически значимых изменений в условиях атмосферного увлажнения. Значения коэффициентов линейного тренда также подтверждают отсутствие устойчивых региональных тенденций в многолетнем режиме атмосферных осадков в исследуемом бассейне. Пространственно-временную несогласованность тенденций иллюстрируют результаты расчета аномалий годовых сумм атмосферных осадков. В частности, положительные отклонения аномалий за 1976-2020 годы установлены для МС Уральск и Атырау – 11,4 мм и 14,6 мм от нормы (1961–1990), тогда как в

центральной части бассейна отклонения от нормы менее значительны – 7,8 мм в г. Оренбург и 1,46 мм в г. Кувандык. Отсутствие значимых трендов в годовом и сезонном увлажнении степных регионов Европейской России объясняется взаимной компенсацией разнонаправленных изменений увлажнения в разные сезоны (Золотокрылин, Черенкова, Титкова, 2020).

Данные Таблицы 25 подтверждают отсутствие устойчивой тенденции в многолетних изменениях годового количества атмосферных осадков и в современном периоде. Начиная с 1980 года, группировки лет по условиям естественного увлажнения характеризуются незначительной продолжительностью (в среднем 3-4 года).

Таблица 25 - Нормированные значения положительных и отрицательных аномалий годового количества атмосферных осадков за период 1980-2020 годов

	Оренбург	Кувандык	Уральск	Атырау		Оренбург	Кувандык	Уральск	Атырау
1980	45,3	-45	40,7	-10,13	2001	-49,1	135,7	139,7	-19,13
1981	-78,7	9,8	-71,3	-35,13	2002	59,9	-24,3	22,7	52,87
1982	-20,5	128,9	-20,3	-19,13	2003	79,9	71,7	39,7	52,87
1983	-22,5	170,3	34,7	21,87	2004	-58,1	118,7	117,7	27,87
1984	54,9	-140	5,7	-86,13	2005	64,9	-140,3	-9,3	-35,13
1985	-41,5	3	16,7	32,87	2006	46,9	10,7	21,7	71,87
1986	-9	-57,1	50,7	-2,13	2007	36,9	21,7	43,7	38,87
1987	-59,6	159,8	33,7	-7,13	2008	0,9	-20,3	-1,3	12,87
1988	31,8	-49,1	-47,3	20,87	2009	-129,1	-106,3	-11,3	13,87
1989	117	120,9	-6,3	48,87	2010	26,9	-149,3	-56,3	-13,13
1990	-95,1	304	122,7	1,87	2011	-65,8	29,7	127,7	74,87
1991	67,1	-144,3	-53,3	3,87	2012	90,6	-138,8	-75,3	-9,13
1992	57,1	164,7	150,7	66,87	2013	-118,3	119	47,7	12,87
1993	-5,1	205,6	113,7	7,87	2014	1,6	-131,3	-95,3	-35,13
1994	-82,1	131,7	139,7	17,87	2015	154,2	-77,2	0,7	108,87
1995	-105,1	-65,3	-64,3	-5,13	2016	226,9	54,7	84,7	192,87
1996	91,9	-172,3	-146,3	-38,13	2017	44,9	-82,3	-77,3	16,87
1997	-140,1	122,7	128,7	67,87	2018	21,9	-164,3	-50,3	-62,13
1998	-44,1	-100,3	-49,3	60,87	2019	133,9	-84,3	-63,3	54,87
1999	88,9	2,7	-15,3	4,87	2020	14,9	-99,3	-60,3	-44,13
2000	-74,1	96,7	89,7	107,87					

Максимально продолжительный семилетний цикл избыточного увлажнения (2014-2020 годы) наблюдается в г. Оренбург. Циклы с отрицательными

нормированными аномалиями в среднем охватывают 3-4 года. Несогласованность значений нормированных аномалий в отдельные годы отражает отмеченную выше пространственную неоднородность в распределении атмосферных осадков по территории исследуемого бассейна и существенную роль местных физико-географических условий.

Одной из установленных закономерностей, общей для значительной части территории Европейской России, является увеличение доли осадков холодного периода, обусловленное устойчивым ростом температур зимнего сезона. В пределах исследуемого бассейна тенденция сезонного перераспределения атмосферных осадков зафиксирована для всех секторов водосборной территории, кроме нижнего (Атырау) (Таблица 26).

Таблица 26 - Изменение доли осадков холодного и теплого периодов в бассейне р. Урал

Метеостанции	1940–1960		1961–1990		1991–2021	
	XI–III	IV–X	XI–III	IV–X	XI–III	IV–X
Оренбург	30,1	69,8	37,0	63,0	40,1	59,9
Кувандык	37,6	62,4	39,5	60,5	44,8	55,2
Зилаир	32,9	67,1	37,2	62,8	42,2	57,8
Акбулак	24,7	75,3	35,4	64,6	37,8	62,2
Айдырля	-	-	27,1	72,9	29,9	70,1
Домбаровка	-	-	34,6	65,4	38,6	61,4
Уральск	33,4	66,6	40,2	59,8	38,1	61,9
Атырау	41,3	58,7	41,1	58,9	41,8	58,2

Значительный рост доли осадков холодного периода зафиксировано для среднего течения р. Урал (Оренбург +10 %, Акбулак +13 %) и для горнолесных водосборных территорий (Кувандык +7 %, Зилаир +10 %). За последние 30 лет норма атмосферных осадков холодного периода (ноябрь-март) в МС Кувандык была превышена 20 раз, Оренбург – 17 раз, Уральск – 13 раз, со средним значением положительной аномалии 49, 31 и 29 мм соответственно. Менее значимый рост отмечается в юго-восточных районах исследуемого бассейна.

Результаты группировки лет с учетом среднемноголетних величин годовых атмосферных осадков и стандартного отклонения подтверждают

макрорегиональную тенденцию внутригодового перераспределения атмосферных осадков (Таблица 27).

Таблица 27 - Распределение маловодных лет ($P_{cp}-2\sigma$) с отклонениями от нормы годовой и сезонной сумм атмосферных осадков (Т-теплый период; Х – холодный период)

Метеостанции	1940-1980			1980-2021		
	Т (IV-X)	Х (XI-III)	Год	Т (IV-X)	Х (XI-III)	Год
Оренбург	20	30	23	22	16	21
Акбулак	25	27	28	23	14	19
Зилаир	21	27	21	27	15	27
Атырау	21	21	18	21	14	15

По сравнению с периодом 1940-1980 гг. наиболее заметное сокращение числа лет с отклонениями от нормы холодного периода установлен для МС Оренбург (14 лет), Акбулак (13 лет), Зилаир (12 лет), Троицк (11 лет) и др. На фоне общей тенденции сокращения числа маловодных лет, обращает внимание МС Зилаир (горнолесная часть бассейна р. Урал), которая характеризуется увеличением числа лет с отклонениями от нормированных значений годового и сезонного (теплый период) количества осадков. Начиная с середины 90-х годов, превышение $P_{cp}-2\sigma$ зафиксировано только для 3 лет (1997, 1999 и 2000) для теплого периода и для 4 лет (1997, 1999, 2000 и 2007) в годовом аспекте, что свидетельствует о продолжительном маловодном периоде распределения атмосферной влаги в пределах крупного стокоформирующего района.

На основе построения эмпирических кривых обеспеченности аномалий годовых и сезонных осадков, определен диапазон обеспеченности, соответствующий маловодным по количеству атмосферных осадков годам (Таблица 28).

Таблица 28 - Параметры кривой обеспеченности аномалий годового и сезонного количества атмосферных осадков в бассейне р Урал (1940-2021 годы)

Метеостанции	Обеспеченность, %			
	20	50	75	95
<i>Аномалии годового количества атмосферных осадков, мм</i>				
Оренбург	65	-18	-85	-139

Зилаир	98	-31	-150	-244
Акбулак	52	-25	-72	-150
Атырау	69	5	-22	-64
<i>Аномалии количества атмосферных осадков холодного периода, мм</i>				
Оренбург	29	-6	-38	-74
Зилаир	51	-5	-52	-118
Акбулак	31	0	-30	-86
Атырау	31	3	-15	-29
<i>Аномалии количества атмосферных осадков теплого периода, мм</i>				
Оренбург	60	-5	-57	-121
Зилаир	74	-41	-93	-191
Акбулак	61	-9	-65	-122
Атырау	38	-1	-19	-58

Отрицательные значения нормированных аномалий зафиксированы для лет $P=50\%$ (кроме МС Атырау). В экстремально маловодные годы ($P=95\%$) отрицательные отклонения от нормы годового количества атмосферных осадков изменяются в пределах -64 мм (Атырау), 100-150 мм (Оренбург) до -244 мм в МС Зилаир.

Степные районы водосборной территории р. Урал характеризуются относительно быстрым установлением устойчивых отрицательных температур, что обусловлено достаточно частым распространением отрога Азиатского антициклона. В связи с этим, предзимний сезон непродолжительный, а процент вероятности лет, когда снежный покров устанавливается сразу, значителен (Галахов, 1960). Вместе с тем, условия увлажнения предзимнего периода имеют ключевое значение для водности рек казахстанского типа (с весенним половодьем). В частности, стаивание временного снежного покрова при невысоких положительных значениях температуры воздуха и слабом испарении способствует увеличению запасов влаги в почвенном покрове (Галахов, 1960). В исследуемом бассейне последние 30 лет (1991-2020) характеризуются ухудшением условий естественного увлажнения предзимнего периода, о чем свидетельствует повсеместное преобладание отрицательных значений нормированных аномалий атмосферных осадков ноября. Максимальные отклонения выявлены для горнолесных районов (Кувандык – 24,6 мм, Зилаир – 27,5 мм), минимальное – нижнего течения (Атырау – 8 мм). Отметим, что сокращение

атмосферных осадков в предзимний период проходит на фоне устойчивого и статистически значимого роста температур приземного слоя.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что в результате интегральной оценки параметров атмосферного увлажнения и температурного режима, реализованной через расчет гидротермического коэффициента (ГТК) установлено, что значительная часть бассейна р. Урал относится к «очень засушливой» зоне увлажнения (0,4-0,7) с закономерным снижением значений в южном направлении (Таблица 29).

Таблица 29 - Основные показатели гидротермического коэффициента в бассейне р. Урал

МС	ГТК					
	среднее		коэффициент вариации		коэффициент линейного тренда	
	1961–1990	1991–2020	1961–1990	1991–2020	1961–1990	1991–2020
Зилаир	1,02	0,76	2,55	2,41	0,18	-0,44
Бреды	0,70	0,59	2,91	2,14	-0,05	-0,35
Оренбург	0,58	0,51	2,82	2,35	0,01	-0,06
Уральск	0,48	0,53	3,17	2,00	0,06	-0,32
Актобе	0,45	0,42	2,63	2,00	0,13	-0,18
Атырау	0,20	0,21	1,88	2,69	-0,03	-0,04

В многолетнем разрезе для отдельных гидрографических участков исследуемого бассейна установлены разнонаправленные тенденции. Наиболее заметным является сокращение значений ГТК для основных районов питания рек, в первую очередь подчиняющихся изменениям в циклонической деятельности – низкогорья Южного Урала (Зилаир) и равнины Южного Зауралья (Бреды). Выявленное снижение обусловлено как ростом температур в теплый период, так и снижением количества атмосферных осадков.

Оценка тесноты связей рядов данных по рассматриваемым метеостанциям также подтверждают, что для многолетних изменений температурного режима и условий увлажнения характерны общие макрорегиональные климатические процессы. Несмотря на широтно-зональную и геоморфологическую неоднородность ландшафтов бассейна р. Урал, различия в коэффициентах

парной корреляция не превышают 0,11, а сами значения варьируют в пределах от 0,58 до 0,69.

Таким образом, анализ региональных эффектов глобальных изменений климата в бассейне р. Урал подтверждает наличие устойчивых тенденций трансформации температурного режима, отчетливо проявляющихся на параметрах речного стока. Многие устойчивые внутригодовые изменения согласуются с тенденциями, характерными, как минимум, для Европейской части России и отчетливо проявляются на речном стоке (Долгов, Коронкевич, 2012; Сивохиц, Павлейчик, Падалко, 2021). В частности, рост температур в холодный период года приводят к повсеместному увеличению частоты и продолжительности оттепелей, что обуславливает повышение водности рек в период зимней межени. Вместе с тем, разнообразие физико-географических условий формирования регионального климата определяет пространственную неоднородность отклика на глобальные и макрорегиональные изменения. Наиболее устойчивым к современным трансформациям является климат низкогорий Южного Урала, в пределах которых расположена крупная область формирования речного стока исследуемого бассейна. Анализ региональных изменений климата актуален для оперативного решения проблем гарантированного обеспечения водными ресурсами регионов степной зоны и разработки мер по адаптации водопользования к текущим и будущим трансформациям климатической системы.

3.3. Закономерности многолетних колебаний годового стока

Многолетние колебания речного стока обусловлены действием природных и антропогенных факторов. Из природных, ведущая роль принадлежит климатическим факторам, которые проявляются в виде изменения режима атмосферных осадков и приземной температуры воздуха, а также пространственной смене ландшафтов в пределах водосборных территорий. Антропогенные факторы обуславливают трансформацию гидрологического режима

водных объектов за счет изъятия или поступления воды, перераспределения и регулирования речного стока.

При отсутствии значительного влияния хозяйственной деятельности на водные объекты и их водосборы, многолетние колебания гидрологических характеристик можно рассматривать как детерминированный или вероятностный процесс (Закономерности гидрологических процессов, 2012). Стохастическая природа многолетних колебаний речного стока обусловлена рядом причин. В частности, крупномасштабная турбулентность атмосферы порождает вероятностную изменчивость гидрологических характеристик и процессов (Евстигнеев, 1990). Еще одна причина – многофакторный характер гидрологических процессов (прежде всего формирование склонового поверхностного и подземного стока и его трансформацию в речную сеть), сочетание данных факторов имеет случайный характер (Закономерности гидрологических процессов, 2012).

При исследовании многолетних колебаний гидрологической характеристики (например, расход воды) анализируемый ряд наблюдений представляет собой реализацию случайного процесса и при отсутствии климатических и антропогенных изменений данный процесс считается стационарным (Закономерности гидрологических процессов, 2012). Нестационарность процесса проявляется в наличии трендов – неслучайных тенденций к систематическому увеличению или уменьшению расходов воды или амплитуды колебаний относительно их среднего значения.

Многолетняя последовательность различных характеристик стока рек рассматривается как случайный стационарный процесс с определенными индивидуальными для каждой отдельной реки статистическими параметрами (Многолетние колебания и изменчивость..., 2021). В последние десятилетия происходит нарушение стационарности процесса формирования стока, обусловленное значительными изменениями климатических условий. В зависимости от физико-географических условий бассейнов, изменение в водном режиме рек под воздействием климатических факторов началось в период с

конца 1970-х годов до середины 1980-х годов на ЕТР, и со второй половины 1980-х – на АТР (Второй оценочный доклад..., 2014).

Для отдельных рек бассейна р. Урал наличие трендов в рядах годового стока не отрицается, однако относительно направленности этих изменений сложно сделать конкретные выводы (Водные ресурсы России..., 2008; Многолетние колебания и изменчивость..., 2021); и в основном, считается, что данные изменения являются частью природных естественных колебаний. Отсутствие устойчивых тенденций в многолетних колебаниях стока подтверждается и результатами собственных исследований. Проведенная оценка значимости линейных трендов не выявила статистически значимых изменений в годовом стоке 14 ключевых рек исследуемого бассейна.

В целом, изменение стока главной реки за современный период 1978-2021 годов, относительно предшествующего, находится в пределах 10 %, что свидетельствует об отсутствии однонаправленных тенденций увеличения или уменьшения стока р. Урал (Таблица 30).

Таблица 30 - Статистические параметры годового стока рек бассейна р. Урал

№ п/п	Река - створ	Периоды	Среднее значение, Q м ³ /с	Дисперсия, σ^2	C _s	C _v
1	Урал - Верхнеуральск	1948-1977	7,29	15,32	0,63	0,54
		1978-2021	7,16	9,89	0,35	0,44
		%	-1,8	-35	-45	-20
2	Урал - Кизильское	1938-1977	27,94	475,72	1,33	0,78
		1978-2021	29,62	328,94	1,27	0,61
		%	6	-31	-5	-22
3	Урал – Оренбург* (рег.)	1938-1977	97,36	6533,14	1,69	0,83
		1978-2021	97,07	2993,47	1,23	0,56
		%	-0,3	-54	-27	-33
4	Урал – Кушум* (рег.)	1938-1977	307,91	40952,48	1,19	0,66
		1978-2021	280,60	12367,18	0,69	0,39
		%	-9	-70	-42	-41
5	Сакмара - Акъюлово	1948-1977	11,99	40,92	0,71	0,53
		1978-2021	13,88	39,62	0,92	0,45
		%	15	-3	30	-15
6	Сакмара - Каргала	1938-1977	127,63	4413,58	0,95	0,52
		1978-2021	143,62	2390,63	0,50	0,34
		%	12	-46	-47	-35

7	Большой Кизил – Верхнее Абдряшево	1949-1977	4,30	6,03	0,99	0,57
		1978-2021	4,93	7,38	1,86	0,55
		%	13	22	87	-4
8	Большой Ик - Мраково	1978-2021	17,43	82,32	0,66	0,52
9	Салмыш - Буланово	1978-2021	8,57	8,76	0,05	0,34
10	Илек – Веселый* (рег.)	1978-2021	22,40	160,31	0,99	0,56
11	Суундук – Майский	1978-2021	4,64	10,30	1,09	0,69
12	Большой Кумак - Новоорск	1978-2021	12,15	61,71	1,38	0,65
13	Орь - Истемес	1978-2021	5,66	20,72	0,86	0,80
14	Жарлы - Адамовка	1978-2021	4,53	15,56	2,55	0,87

В створах рек Сакмара (Акьюлово, Каргала) и Большой Кизил (Верхнее Абдряшево) отмечается увеличение стока по сравнению с предыдущим периодом на 15, 12 и 13 % соответственно. Кроме того, согласно данным научно-прикладного справочника «Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации», увеличение годового стока также установлено для р. Большой Ик (Мраково) на 16 % и для р. Жарлы (Адамовка) на 55 %. Сокращение среднегодовых значений расходов воды зафиксировано для р. Орь (-6 %) и для р. Илек (-18 %) (Таблица 31).

Таблица 31 - Оценка линейных трендов (%) и их значимости годового стока рек бассейна р. Урал
(Многолетние колебания и изменчивость..., 2021)

Река - створ	Значимость	Тренд
Урал - Верхнеуральск	не значим	-3
Урал - Оренбург	не значим	22
Жарлы - Адамовка	не значим	55
Орь - Истемес	не значим	-6
Сакмара - Акьюлово	не значим	20
Сакмара - Каргала	не значим	24
Большой Ик – Мраково	не значим	16
Илек - Веселый	не значим	-18

В работе (Юмина, Козлов, 2021) проведена оценка статистической значимости дисперсии годового стока рек исследуемого бассейна. Авторами установлено статистически значимое изменение дисперсии для р. Урал в створах Верхнеуральск, Оренбург, Кушум и Тополи (после 1975 года), что обусловлено, по мнению авторов, вводом в эксплуатацию крупных водохранилищ в

верхнем течении бассейна (Верхнеуральское, Ириклинское). Максимальное сокращение дисперсии годового стока (в 2-3 раза) установлено для Оренбурга, Кушума и Тополи.

Из общих тенденций современного периода отметим сокращение межгодовой изменчивости среднегодовых расходов стока как для рек с условно-естественным режимом, так и для рек с зарегулированным стоком (Таблица 30). Максимальное сокращение C_v зафиксировано для зарегулированных участков р. Урал (Оренбург – 33 %; Кушум – 44 %). Статистически значимое снижение межгодовой изменчивости (по *F-тест*) характеристик стока рек исследуемого бассейна установлено (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018). Так же важно отметить, что уменьшение C_v зафиксировано не только для среднегодовых, но и для максимальных и минимальных расходов воды.

Ключевой и устойчивой характеристикой, определяющей общую водность рек и потенциальные водные ресурсы бассейна является норма годового стока, или средний многолетний сток (Таблица 32).

Таблица 32 - Средний многолетний сток рек в бассейне р. Урал

№ п/п	Река - створ	Норма стока, км ³ /год	Отклонения от нормы, км ³ /год	
			1978-1998	1999-2021
1	Урал – Верхнеуральск	0,23	-0,02	0,01
2	Урал-Кизильское	0,84	-0,04	0,23
3	Урал – Оренбург	2,97	0,25	-0,07
4	Урал – Кушум	9,30	0,45	-1,14
5	Сакмара – Акъюлово	0,41	0,06	-0,04
6	Сакмара – Каргала	4,29	0,48	0,01
7	Большой Ик – Мраково	0,50	0,06	-0,02
8	Большой Кизил – Верхнее Абдряшево	0,14	0,001	0,03
9	Салмыш – Буланово	0,26	0,01	0,00
10	Жарлы – Адамовка	0,12	0,04	0,01
11	Суундук – Майский	0,16	0,01	-0,04
12	Большой Кумак – Новоорск	0,37	0,05	-0,02
13	Орь - Истемес	0,19	0,04	0,00
14	Илек - Веселый	0,74	0,12	-0,20

Согласно данным Таблицы 32, в современный период (1999-2021 годы) для большинства рек отклонение от нормы составляет не более 0,05 км³/год. В тоже время, для рек исследуемого бассейна характерной чертой являются значительные вариации колебаний стока в отдельные годы. Наиболее существенный размах вариаций значений годового стока за весь период наблюдений установлен для притоков р. Урал 1-2 порядков. Некоторые из них, преимущественно в маловодные годы, практически полностью прекращают поверхностный сток, представляя собой чередование озеровидных слабопроточных плесов и заросших участков русла (Орь, Жарлы, Суундук и др.). Но и крупные реки в разные по водности годы характеризуются значительным размахом величин речного стока. До 1957 года объемы речного стока многоводных лет в створе Оренбург превышал объемы речного стока более чем в 10 раз по сравнению с маловодным. Например, в 1946 г. годовой объем стока у Оренбурга составил 9,55 км³, а в 1955 г. – лишь 0,89 км³. Подобная разница в объемах стока зафиксирована и для р. Сакмара (Каргала) – 9,8 км³ (1946) и 1,12 (1967) при среднем значении 4,41 км³. В верховьях р. Урал (п. Кизильское) годовой объем стока изменяется менее значимо - от 2,73 км³ (1947) до 0,13 (1976). Пределы колебаний нормированных значений речного стока за многолетний период приведены в Таблице 33.

С учетом особенностей водного режима рек бассейна р. Урал, наиболее значительный размах колебаний характерен для нормированных величин максимального стока.

Таблица 33 - Пределы многолетних колебаний речного стока рек бассейна р. Урал

№ п/п	Река, створ	Пределы колебания годового стока	
		Wmin/W _{ср.}	Wmax/W _{ср.}
1	Урал - Верхнеуральск	0,19	2,38
2	Урал - Кизильское	0,14	2,97
3	Урал - Оренбург	0,28	2,97
4	Урал – Кушум	0,29	2,61
5	Сакмара - Акьюлово	0,22	2,51
6	Сакмара - Каргала	0,25	2,19
7	Большой Кизил – В. Абдрашево	0,20	3,33

8	Салмыш – Буланово	0,32	1,76
9	Большой Ик - Мраково	0,20	2,20
10	Илек - Веселый	0,14	3,07
11	Суундук - Майский	0,15	2,79
12	Б. Кумак - Новоорск	0,08	3,76
13	Жарлы - Адамовка	0,04	0,81
14	Орь - Истемес	0,03	2,92

Значительные амплитуды колебаний максимальных объемов стока отмечены для крупных левобережных притоков р. Урал (пр. Большой Кумак, Илек, Орь) в пределах юго-восточного сектора исследуемого бассейна, занимающего засушливые территории сухих степей. В верховьях значительные амплитуды максимального стока характерны для правых притоков р. Урал, берущих начало в низкогорных ландшафтах Южного Урала (пр. Большой Кизил, Малый Кизил). По максимальным нормированным значениям объема годового стока определенную общность проявляют различные по величине и характеру стока реки – Урал (как в верхнем, так и среднем течении), Орь и Илек, а по минимальным значениям – реки Урал и Сакмара (Каргала). Напротив, р. Бол. Кумак и приток р. Жарлы, характеризующиеся относительно сходными физико-географическими условиями формирования речного стока, кардинально отличаются по величине амплитуды колебаний максимальных значений стока относительно среднемноголетних значений (Сивохип, Павлейчик, Чибилёв и др., 2018).

В итоге, можно сделать вывод об определенных циклических колебаниях водности рек исследуемого бассейна – последовательной смене многоводных и маловодных групп лет, отличающихся продолжительностью и степенью отклонения от нормированных значений стока (Васильев, Сивохип, Чибилёв, 2016). Для многолетних колебаний речного стока отсутствует устойчивая периодичность – каждый новый цикл не повторяет полностью предыдущего цикла (Закономерности гидрологических процессов..., 2012). Так, для фактических и восстановленных среднегодовых расходов в бассейне р. Урал продолжительность значимых циклов варьирует (1913-2014 годы) от 4,9 лет до 11,3 и 14,6 лет (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018).

Расчет модульных коэффициентов стока рек как с условно-естественным, так и с зарегулированным режимом, позволил выделить фазы низкой и высокой водности в бассейне р. Урал (Рисунок 26, Таблица 34).

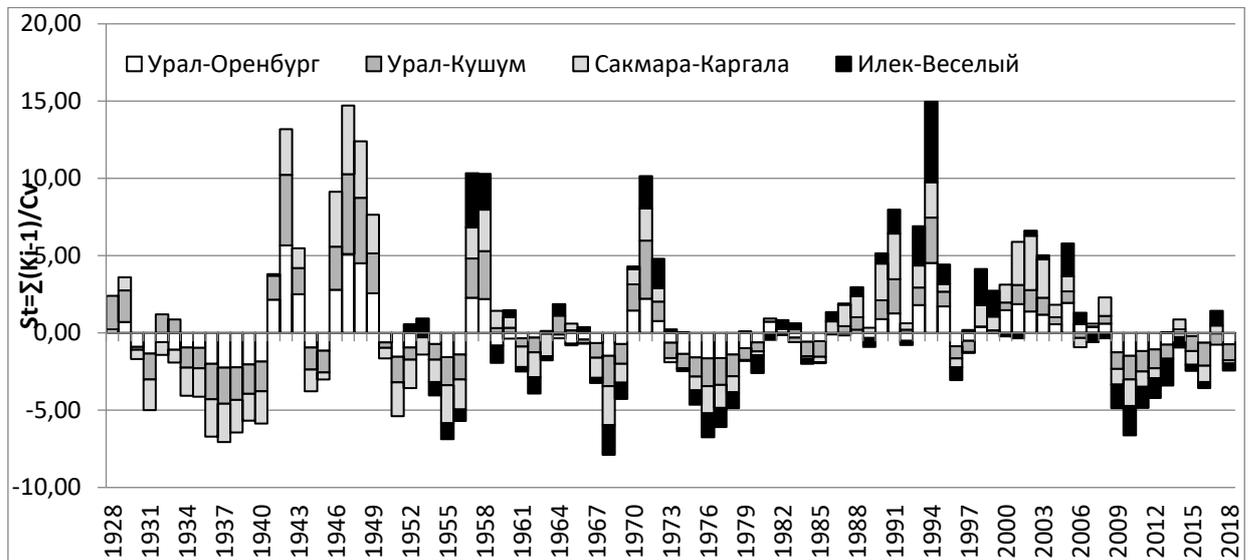


Рисунок 26 - Фазы низкой и высокой водности в бассейне р. Урал (м³/с)

Для большинства рек исследуемого бассейна (с условно-естественным и зарегулированным стоком), вне зависимости от площади бассейна, характерны синфазные колебания стока, что обусловлено достаточно однородными погодными-климатическими условиями в пределах водосборных территорий. Наиболее тесная синфазность свойственна циклическим колебаниям годового стока, а менее тесная отмечается в колебаниях стока половодья и межени, что объясняется, по-видимому, в значительной мере недостатками их выделения (Кузин, 1970).

Продолжительность фаз водности для отдельных рек исследуемого бассейна может быть смещена на 2-3 года. Внутри многоводных (маловодных) фаз отмечаются относительно кратковременные периоды с высоким (низким) стоком, не оказывающие принципиального влияния на общие закономерности многолетних колебаний речного стока. Асинхронный характер колебаний стока (в разрезе одного года) наиболее часто проявляются в периоды смены фаз, занимающие не более 3-4 лет. Кроме того, на многолетние колебания стока р. Урал влияют параметры стока крупных притоков и их «отклик» на

изменения условий формирования стока (погодно-климатические условия; антропогенное воздействие и др.). Соответственно, в экстремальные по водности годы при асинхронных изменениях стока, крупные притоки могут «выравнивать» сток главной реки.

Таблица 34 - Изменение модульных коэффициентов (K_{Qi}) годового и сезонного стока в бассейне р. Урал в разные фазы водности (Н – фаза низкого стока; В – фаза высокого стока)

Река – створ	Фазы водности	Год	IV-V	VI-X	XI-III
Урал - Верхнеуральск	(1950-1989) Н	0,99	0,97	1,08	0,80
	(1990-2007) В	1,12	1,19	0,96	1,33
	(2008-2021) Н	0,82	0,74	0,86	1,23
Урал - Кизильское	(1941-1949) В	1,76	1,73	1,96	1,27
	(1950-1989) Н	0,86	0,86	0,78	1,32
	(1990-2007) В	1,47	1,37	1,40	2,95
Урал – Оренбург* (рег.)	(2008-2021) Н	0,94	0,76	1,18	1,68
	(1930-1940) Н	0,47	0,47	0,56	0,28
	(1941-1949) В	2,06	2,31	1,82	1,07
Урал – Кушум* (рег.)	(1950-1989) Н	0,91	0,84	0,92	1,33
	(1990-2007) В	1,46	1,26	1,66	2,25
	(2008-2021) Н	0,74	0,53	0,98	1,35
Урал – Кушум* (рег.)	(1930-1940) Н	0,64	0,66	0,63	0,52
	(1941-1949) В	1,68	1,74	1,66	1,30
	(1950-1989) Н	0,94	0,90	0,98	1,15
Сакмара - Акьюлово	(1990-2007) В	1,22	0,93	1,53	1,99
	(2008-2021) Н	0,71	0,53	0,85	1,35
	(1950-1989) Н	0,86	0,94	0,88	0,79
Сакмара – Каргала	(1990-2007) В	1,27	1,27	1,46	1,48
	(2008-2021) Н	0,67	0,73	0,57	0,84
	(1930-1940) Н	0,65	0,68	0,63	0,49
Большой Кизил – В. Абдряшево	(1941-1949) В	1,58	1,60	1,49	1,49
	(1950-1989) Н	1,01	0,99	1,03	1,09
	(1990-2007) В	1,42	1,37	1,41	1,78
Салмыш - Буланово	(2008-2021) Н	0,92	0,88	0,93	1,01
	(1950-1989) Н	0,92	0,90	0,85	1,01
	(1990-2007) В	1,09	1,05	1,85	1,06
Большой Ик - Мраково	(2008-2021) Н	1,15	1,14	1,16	0,75
	(1950-1989) Н	0,91	0,97	0,80	0,76
	(1990-2007) В	1,22	1,11	1,45	1,52
Илек – Веселый* (рег.)	(2008-2021) Н	0,89	0,92	0,83	0,83
	(1950-1989) Н	0,96	0,98	0,90	1,01
	(1990-2007) В	1,16	1,15	1,17	1,15
Суундук – Майский	(2008-2021) Н	0,88	0,84	1,07	0,73
	(1950-1989) Н	0,97	1,11	0,66	0,89
	(1990-2007) В	1,29	1,07	1,75	1,42
Большой Кумак –	(2008-2021) Н	0,67	0,55	0,98	0,74
	(1950-1989) Н	0,97	1,02	0,77	0,99
	(1990-2007) В	1,27	1,25	1,37	1,19
Большой Кумак –	(2008-2021) Н	0,64	0,64	0,82	0,73
	(1950-1989) Н	0,74	0,75	0,75	0,75
	(1990-2007) В	1,38	1,38	1,24	1,41

Новоорск	(2008-2021) Н	0,84	0,82	0,97	0,78
Орь - Истемес	(1950-1989) Н	0,97	0,94	1,06	0,92
	(1990-2007) В	1,02	1,03	0,84	0,69
	(2008-2021) В	1,04	1,13	1,08	0,19
Жарлы - Адамовка	(1950-1989) Н	0,79	0,83	0,67	0,86
	(1990-2007) В	1,49	1,42	1,78	1,50
	(2008-2021) Н	0,92	0,92	0,92	0,63

Период 1930-1940 гг. характеризуется преобладанием маловодных лет ($K_{cp} = 0,47$ (Оренбург); 0,64 (Кушум); 0,65 (Каргала)). Начиная с 1940-х гг. и вплоть до 1950 г. выделяется фаза высокого стока ($K_{cp} = 2,06$ (Оренбург); 1,68 (Кушум); 1,58 (Каргала)), которая была общей для большинства рек восточного и юго-восточного секторов Восточно-Европейской равнины. Длительная фаза снижения годового стока охватывает период с 1950-х до конца 1980-х гг. ($K_{cp} = 0,91$ (Оренбург); 0,94 (Кушум); 1,01 (Каргала) в пределах которой выделяется отдельные многоводные годы. В целом, можно утверждать, что многоводная фаза 1941-1949 разделила длительный маловодный период на две маловодные фазы (1930-1940 и 1949-1989 гг.), что согласуется с ранее проведенными исследованиями (Кузин, 1970).

Фаза высокого стока, начавшаяся с 1990-х гг. продлилась до второй половины 2000-х гг. ($K_{cp} = 1,46$ (Оренбург); 1,22 (Кушум); 1,42 (Каргала)), в отдельные годы – с асинхронными колебаниями стока; в данный период отмечаются абсолютные максимумы стока для многих рек (1991, 1994). Многоводная, для большинства рек исследуемого бассейна, фаза совпадает с общей тенденцией увеличения водности, характерной для рек Европейской территории России, обусловленной увеличением объемов циклонических осадков атлантического происхождения (Водные ресурсы России..., 2008). Начиная со второй половины 2000-х гг. происходит общее снижение годовых значений стока ($K_{cp} = 0,71$ (Оренбург, Кушум); 0,92 (Каргала)).

Современная фаза сокращения стока (2008-2021) для рек верхнего участка бассейна р. Урал (Урал – Кизильское, Большой Кизил, Большой Ик) характеризуется повышенными значениями модульных коэффициентов в отдельные сезоны (Таблица 34). Прежде всего, обращают внимание значения

$K_{\text{лето-осень}} > 1-1,07$ (Большой Ик); 1,16 (Большой Кизил); 1,18 (Урал); рост значений последних обусловлен прохождением экстремального ливневого паводка в августе 2013 года. Например, в данный период $Q_{\text{ср}}$ в створе Кизильское (Урал) составил $438 \text{ м}^3/\text{с}$ (при норме $17,9 \text{ м}^3/\text{с}$). Кроме того, текущая фаза водности для отдельных рек (р. Урал) характеризуется значениями $K_{\text{зима}} > 1$ – от 1,23 (Верхнеуральск) до 1,35 (Оренбург, Кушум) и 1,68 (Кизильское).

Согласованная смена фаз водности большинства рек бассейна р. Урал характеризуется не только общей направленностью нормированных значений стока, но и теснотой корреляционных связей между рядами величин речного стока (Таблица 35, Рисунок 27).

Таблица 35 - Коэффициенты корреляции между стоком рек бассейна р. Урал (1972-2021 годы)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1,00	0,89	0,66	0,66	0,65	0,65	0,57	0,64	0,51	0,53	0,49	0,40	0,38	0,29
2		1,00	0,76	0,69	0,65	0,69	0,53	0,73	0,58	0,57	0,55	0,53	0,39	0,30
3			1,00	0,91	0,80	0,79	0,55	0,48	0,56	0,86	0,66	0,87	0,80	0,47
4				1,00	0,91	0,91	0,67	0,48	0,70	0,87	0,66	0,81	0,76	0,32
5					1,00	0,90	0,75	0,55	0,64	0,82	0,58	0,67	0,61	0,33
6						1,00	0,79	0,57	0,75	0,80	0,59	0,71	0,65	0,34
7							1,00	0,57	0,53	0,59	0,49	0,47	0,42	0,17
8								1,00	0,45	0,40	0,38	0,37	0,24	0,24
9									1,00	0,59	0,46	0,52	0,36	0,13
10										1,00	0,73	0,82	0,79	0,49
11											1,00	0,65	0,51	0,30
12												1,00	0,78	0,52
13													1,00	0,50
14														1,00

Примечание: 1 – Урал (Верхнеуральск); 2 - Урал (Кизильское); 3 – Урал (Оренбург); 4 – Урал (Кушум); 5 – Сакмара (Акьюлово); 6 – Сакмара (Каргала); 7 – Большой Ик (Мраково); 8 – Большой Кизил – Верхнее Абдряшево; 9 – Салмыш (Буланово); 10 – Суундук (Майский); 11 – Жарлы (Адамовка); 12 - Большой Кумак (Новоорск); 13 – Илек (Веселый); 14 – Орь (Истемес)

Наиболее тесная связь выявлена для рек со сходными физико-географическими условиями формирования стока. Так, для рек западного сектора исследуемого бассейна (*Сакмара, Большой Ик, Салмыш*) коэффициент корреляции изменяется в диапазоне 0,7-0,9. Умеренной связью ($r=0,5-0,7$) между стоком характеризуются реки восточного и юго-восточного секторов бассейна р. Урал, охватывающие обширные степные пространства (*Суундук, Большой*

Кумак, Жарлы). Из сопоставляемых по изменениям стока рек, отсутствие или слабая корреляционная связь зафиксирована для *р. Орь* (Истемес) – $r=0,1-0,5$.

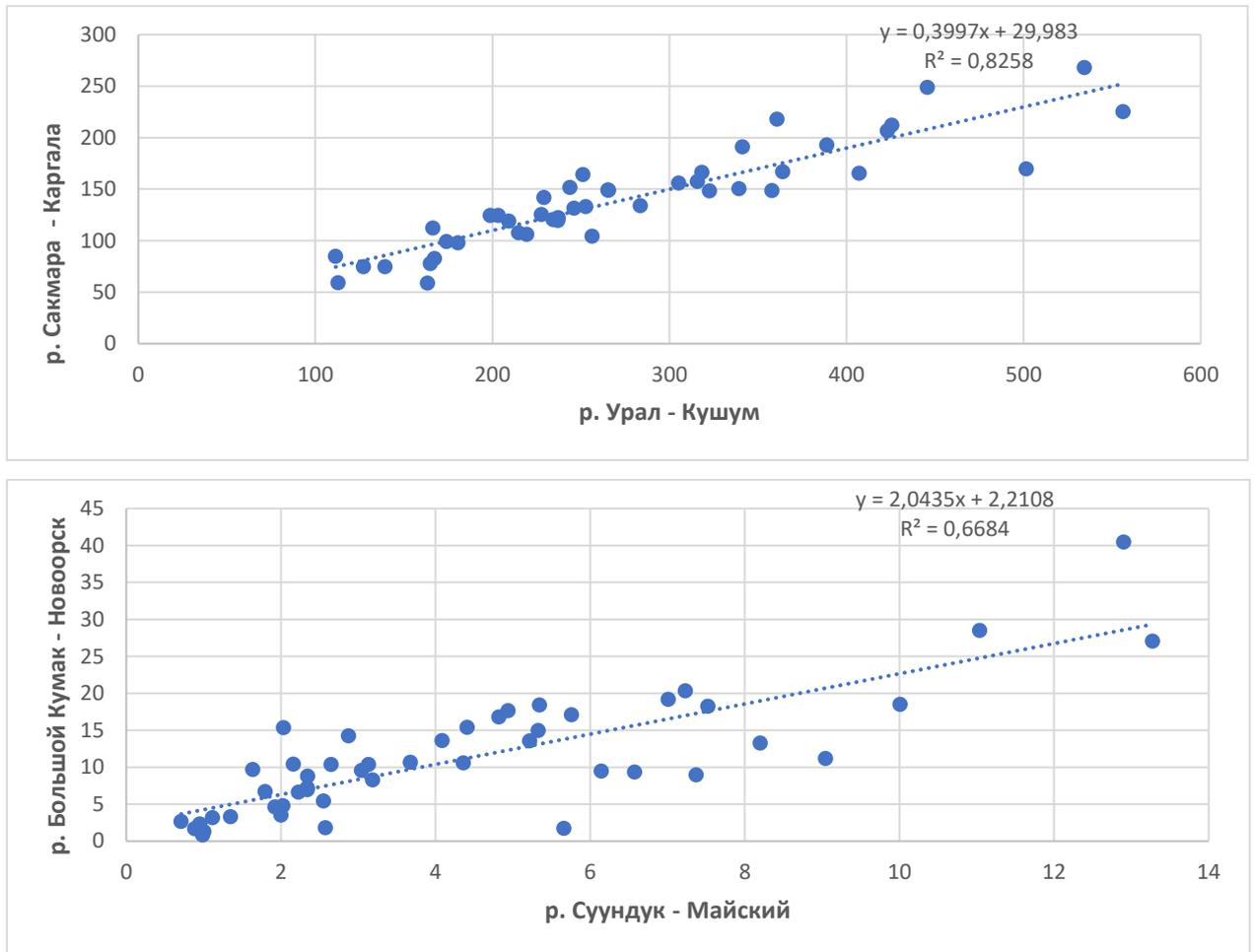


Рисунок 27 - Графики корреляционной связи среднегодовых расходов воды (в бассейне р. Урал)

Определенные закономерности многолетних колебаний стока выявлены при анализе динамики сезонных объемов стока, и в первую очередь стока весеннего половодья. Важно подчеркнуть, что коэффициенты корреляции стока за год и за половодье, в значительной мере зависят от соотношения их средних величин. Значения годовых величин объема стока рек исследуемого бассейна напрямую зависят от водности периода весеннего половодья ($r=0,97-0,98$). В течение данного периода формируется в среднем от 60 до 85 % годового стока и отмечаются абсолютные максимумы расходов воды. В тоже время, коэффициенты корреляции между стоком половодья и межени значительно меньше,

однако значимость последних больше, так как они отражают внутреннюю связь между частями стока и характеризуют инерцию стока (Кузин, 1970).

Устойчивой тенденцией водного режима рек бассейна р. Урал является сокращение доли стока весеннего половодья в годовом объеме, что в целом согласуется с аналогичными тенденциями, установленными для других рек степной зоны ЕТР (Многолетние колебания и изменчивость..., 2021). Данные изменения водного режима подтверждаются модульными коэффициентами стока весеннего половодья, которые независимо от фаз водности и режима стока (условно-естественный или зарегулированный) характеризуются сокращением значений (Рисунок 28).

Модульный коэффициент весеннего стока фаз высокой водности (разных по продолжительности) в створе Кизильское (р. Урал) сократился незначительно - с 1,60 (1941-1949) до 1,33 (1990-2007); в створе Каргала (р. Сакмара) в аналогичные периоды К сократился с 1.54 до 1.31. Более значительное сокращение модульных коэффициентов зафиксировано для зарегулированных участков главной реки с 2,34 до 1,27 в створе Оренбург; с 1,87 до 0,99 в створе Кушум. Вместе с тем, в изменениях зимнего (преимущественно) и летне-осеннего стока наблюдается повышение водности, что создает определенные компенсационные условия, в результате чего многолетние изменения годового стока в бассейне р. Урал остаются (относительно) стабильными.

Многолетняя изменчивость речного стока в исследуемом бассейне выступает в роли фактора, лимитирующего водохозяйственную деятельность в степной зоне. В связи с этим, анализ многолетней динамики величин стока в различные по водности фазы и оценка пределов возможных колебаний должен учитываться при осуществлении и планировании водохозяйственных мероприятий.

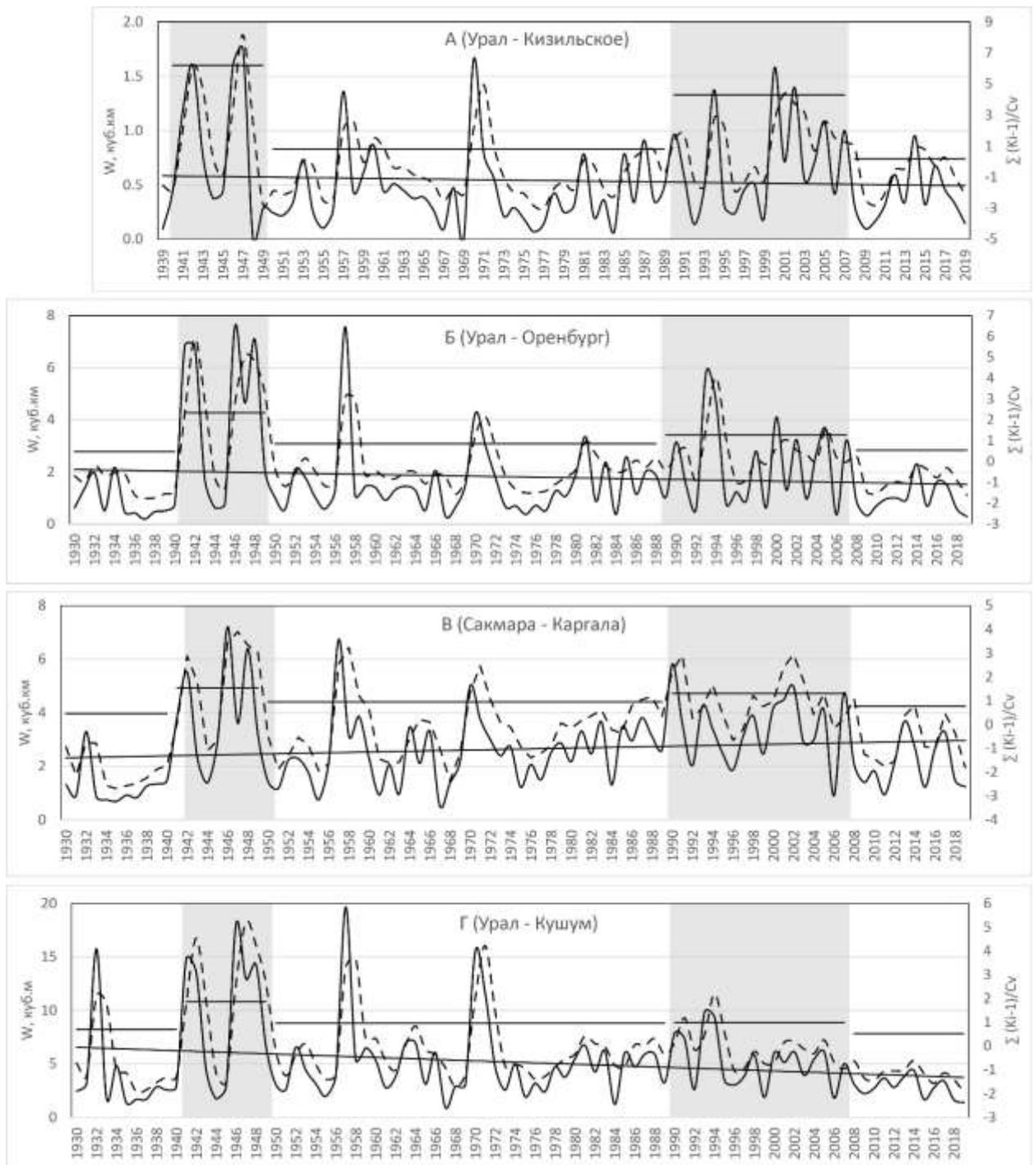


Рисунок 28 - Многолетние изменения объемов стока весеннего половодья рр. Урал и Сакмара: W , половодье - сплошная линия; разностно-интегральная кривая – пунктирная линия; K_{Qi} (модульный коэффициент) – горизонтальная пунктирная линия

Вместе с тем, наличие разных по продолжительности циклов водности в бассейне р. Урал не позволяет с достаточной степенью достоверности прогнозировать величину стока. Кроме того, имеющиеся ряды наблюдений у

большинства исследуемых рек не настолько продолжительны, чтобы получить достоверные величины годового стока редкой (экстремальной) повторяемости. Для решения перечисленных проблем проведен анализ многолетней изменчивости стока рассматриваемых рек по эмпирическим кривым обеспеченности, при котором параметры годового стока представляются в виде количественной оценки отвечающей той или иной заданной обеспеченности или повторяемости (Таблица 36, Рисунок 29).

Таблица 36 - Расчетные величины средних годовых расходов рек бассейна р. Урал

Река, створ	Периоды	Расходы, м/с					Q _{5%} Q _{95%}
		5%	25%	50%	75%	95%	
Урал - Кизильское	1938-1957	86,6	48,0	18,4	10,3	4,9	17,7
	1958-1977	65,1	30,3	21,6	14,5	4,1	15,9
	1978-1997	66,1	34,0	20,4	15,4	10,5	6,3
	1998-2021	85,2	48,7	33,0	22,1	8,1	10,5
Урал - Оренбург	1938-1957	302,6	263,0	80,4	40,8	25,2	12,0
	1958-1977	193,2	90,6	74,3	47,8	31,9	6,1
	1978-1997	248,3	114,4	84,3	61,4	52,1	4,8
	1998-2021	212,7	141,5	89,2	57,4	48,4	4,4
Урал - Кушум	1938-1957	801,6	630,7	232,0	140,8	120,2	6,7
	1958-1977	655,3	336,5	252,7	174,2	112,9	5,8
	1978-1997	556,2	388,8	265,6	229,1	209,2	2,7
	1998-2021	341,2	445,6	425,7	190,0	195,8	1,7
Сакмара - Каргала	1938-1957	310,4	211,6	103,4	77,2	55,1	5,6
	1958-1977	205,7	150,0	112,6	76,8	59,1	3,5
	1978-1997	267,9	166,3	148,6	120,4	104,5	2,6
	1998-2021	248,8	191,0	150,5	119,5	74,7	3,3
Урал - Верхнеуральск	1948-2021	13,4	9,5	6,6	4,5	2,6	5,2
Б, Кизил – В, Абдряшево	1949-2021	10,1	6,0	4,2	2,8	1,5	6,7
Сакмара - Акъюлово	1950-2021	24,8	16,5	11,8	7,9	5,3	4,7
Б, Ик - Мраково	1953-2021	25,4	20,1	14,9	11,4	6,5	3,9
Салмыш - Буланово	1960-2021	13,2	11,0	8,0	5,4	3,6	3,7
Илек - Веселый	1951-2021	46,5	28,4	17,7	11,9	5,1	9,1
Суундук - Майский	1950-2021	11,0	7,0	3,7	2,0	0,9	12,2
Б, Кумак - Новоорск	1950-2021	27,0	16,8	9,4	4,6	1,5	18,0
Орь - Истемес	1956-2021	15,4	9,2	5,3	2,7	0,3	51,3
Жарлы - Адамовка	1951-2021	9,5	5,1	2,9	2,2	0,5	19,0

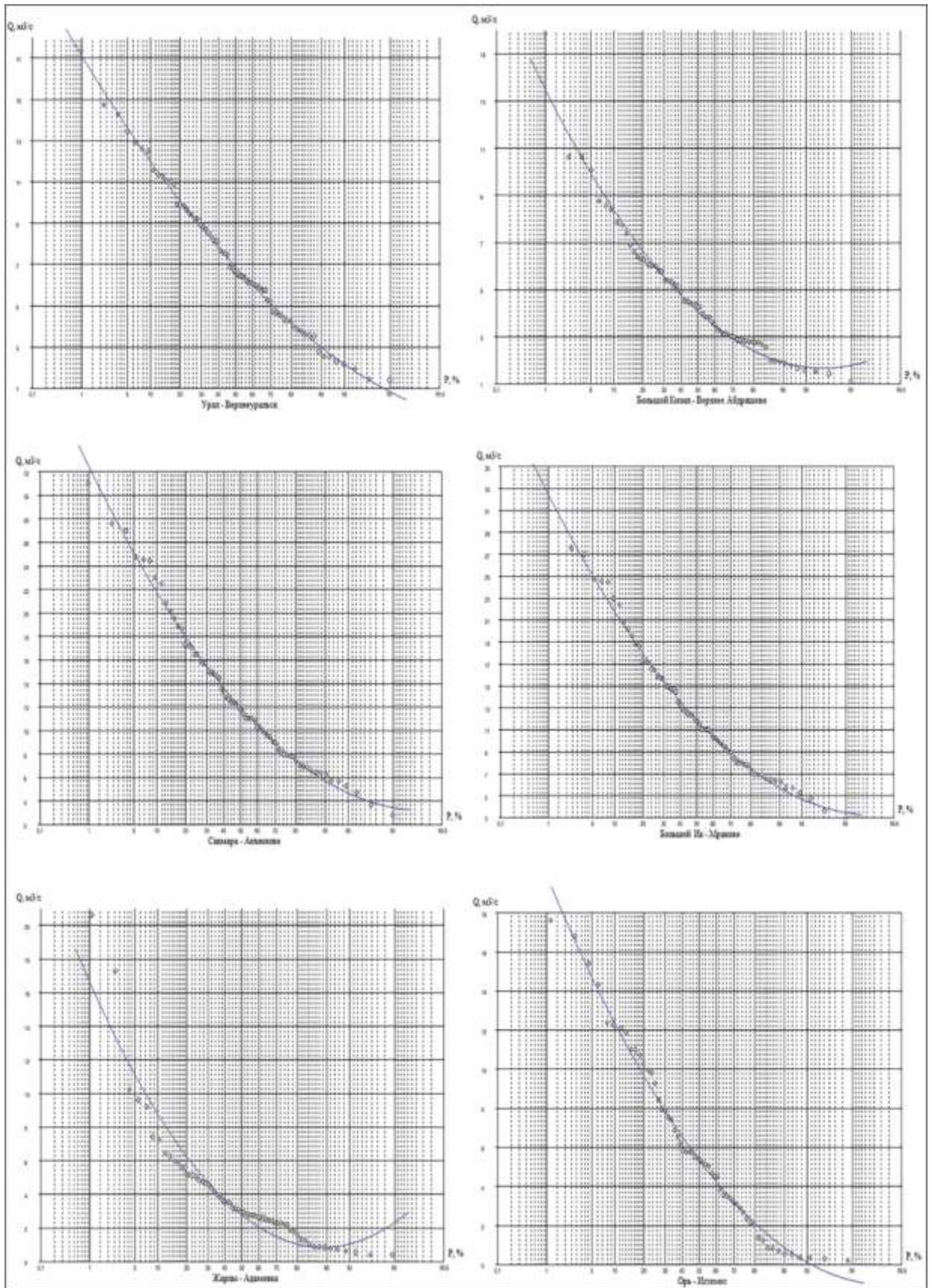


Рисунок 29 - Эмпирические кривые обеспеченности средних годовых расходов рек бассейна р. Урал

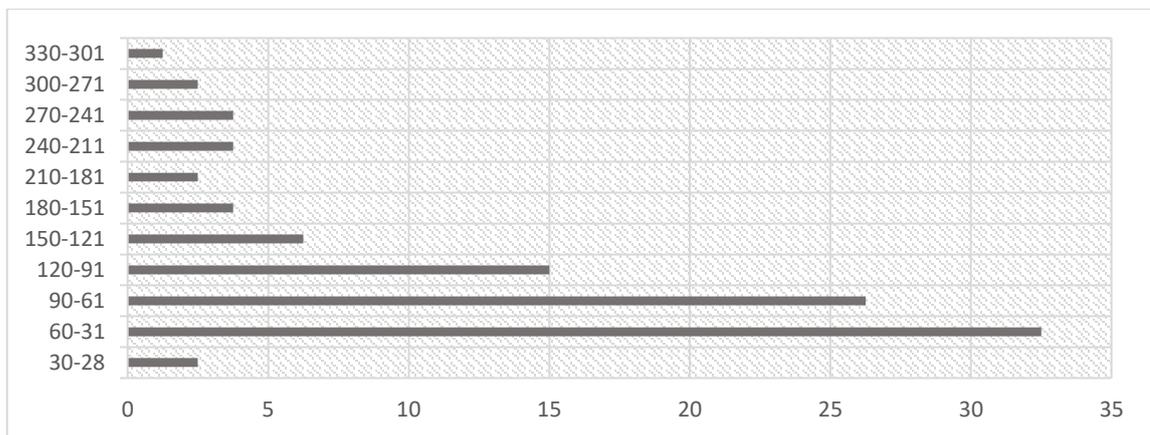
Сопоставление расчетных величин различной обеспеченности показало, что в первую очередь произошли изменения расходов редкой повторяемости, характеризующие многоводные годы. Закономерно, что максимальное сокращение обеспеченных расходов экстремальной повторяемости ($P=5\%$) зафиксировано для створов р. Урал, расположенных ниже Ириклинского водохранилища - в г. Оренбург на 30% , в п. Кушум – 58% . В створе р. Сакмара (Каргала) с условно-естественным стоком также установлено сокращение расчетных величин редкой повторяемости ($P=5\%$) в среднем на 20% . Современные тенденции увеличения доли стока меженного периода, в первую очередь зимнего, подтверждаются увеличением обеспеченных расходов ($P=95\%$) – р. Урал (Кизильское на 65%); р. Сакмара (Каргала) – 35% . В связи с установленными изменениями величин экстремальных расходов ($P=5\%$ и $P=95\%$) произошло значительное снижение $Q_{5\%}$ к $Q_{95\%}$, что в очередной раз свидетельствует о сокращении многолетней изменчивости параметров речного стока в исследуемом бассейне как у рек с условно-естественным, так и с зарегулированным режимом (крупные реки). Вместе с тем, значительные колебания стока в годы разной водности сохранились в пределах юго-восточного сектора бассейна р. Урал, для рек равнинного сухостепного Зауралья (Суундук, Большой Кумак, Жарлы, Орь).

Определенные закономерности многолетних колебаний годового стока также фиксируются в ходе анализа гистограммы распределения, которая является графическим изображением статистического ряда переменных величин (среднегодовых расходов) и показывает повторяемость или частоту групп их значений (Таблица 37, Рисунок 30).

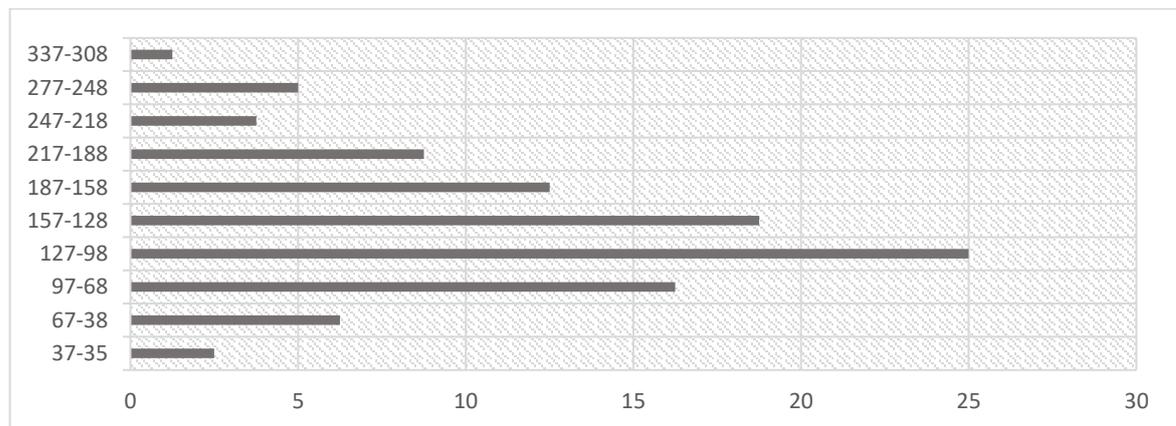
Таблица 37 - Распределение средних годовых расходов (m^3/c) рек Урал (Оренбург) и Сакмара (Каргала)

Интервал расходов, m^3/c	Повторяемость (частота)		Интервал расходов, m^3/c	Повторяемость (частота)	
	n	%		n	%
Урал, Оренбург			Сакмара, Каргала		
30-28	2	2,5	37-35	2	2,5
60-31	26	32,5	67-38	5	6,25
90-61	21	26,25	97-68	13	16,25

120-91	12	15,0	127-98	20	25,0
150-121	5	6,25	157-128	15	18,75
180-151	3	3,75	187-158	10	12,5
210-181	2	2,5	217-188	7	8,75
240-211	3	3,75	247-218	3	3,75
270-241	3	3,75	277-248	4	5
300-271	2	2,5	307-278	0	0
330-301	1	1,25	337-308	1	1,25



Урал (Оренбург)



Сакмара (Каргала)

Рисунок 30 - Гистограммы распределения фактических величин средних годовых расходов (м³/с) в бассейне р. Урал

Согласно гистограмме распределения средних годовых расходов, для р. Урал наиболее характерные значения стока отмечаются в интервале 31-60 м³/с (P=33 %) и 61-90 м³/с (P=26 %) при среднем многолетнем значении 99,03 м³/с. (P=15 %). Для главного притока р. Урал наиболее характерные расходы отмечаются в пределах 98-127 м³/с (P=24 %) и 128-157 м³/с (P=19 %). Гистограмма повторяемости средних годовых расходов р. Сакмара отличается более

равномерным распределением – величины расходов от 68 до 187 м³/с расположены в границах от 10 до 25 %.

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены основные закономерности многолетней динамики речного стока в бассейне р. Урал. В первую очередь обращает внимание отсутствие статистически значимых и однонаправленных трендов в рядах годового стока исследуемого бассейна. Из общих тенденций современного периода (после 1978 г.) необходимо отметить сокращение значений коэффициента вариации и дисперсии годового стока. О ведущей роли климата в формировании водности рек свидетельствует общность в динамике параметров, проявляющаяся в синфазных колебаниях стока.

3.4. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока

С учетом современных трансформаций глобального и регионального климата, актуальным направлением для оценки динамики водных ресурсов рек степной зоны является изучение текущих тенденций во внутригодовом распределении речного стока (Сивохип, Павлейчик, 2020). Сезонная специфика параметров речного стока обусловлена взаимодействием климатических факторов (общий характер распределения стока) и местных физико-географических условий.

Динамика минимального стока. Минимальный сток летне-осеннего и зимнего сезонов имеет различную генетическую структуру, в связи, с чем их пространственно-временные аспекты исследуются отдельно. Но, в целом, продолжительность и устойчивость периода низкого стока определяются стокообразующими факторами, из которых ключевое значение имеют атмосферные осадки и подземные воды, непосредственно участвующие в формировании приходной части стока. Влияние атмосферных осадков на сезонный сток различно для зон избыточного и недостаточного увлажнения вследствие

существенного отличия величин испарения (Владимиров, 1970). Важно, что в формировании подземной составляющей стока заметную роль играют осадки не только за текущий год, но и за предыдущие 2-3 года. Исходя из разнообразия и генетической разнородности факторов формирования стока, необходимо обратить внимание на трудности при определении синхронности колебания стоковых и метеорологических характеристик (Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017). Отдельно отметим, что при исследованиях характеристик стока за период осреднения, меньший, чем год, влияние местных особенностей бассейнов рек значительно возрастает и, в первую очередь, это относится к межениному и минимальному стоку (Комлев, 2002).

Также необходимо, учитывать, что минимальный сток является составляющей годового стока, что определяет достаточно высокую степень тесноты связей между этими параметрами (Рисунок 31).

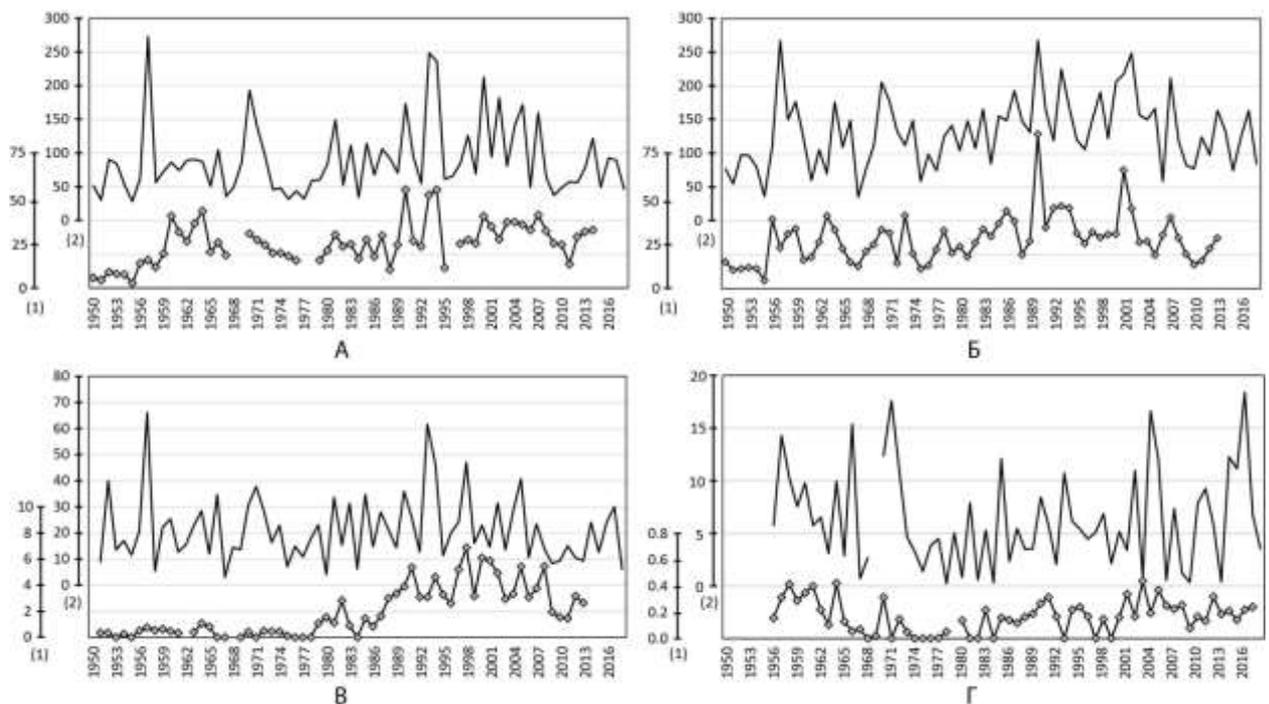


Рисунок 31 - Изменение величин стока 30-суточного минимального стока зимней межени (1) и годового стока (2) (Q , $\text{м}^3/\text{с}$): А – Урал (Оренбург); Б – Сакмара (Каргала); В – Илек (Веселый); Г – Орь (Истемес)

Вместе с тем, период низкого стока отличается особыми условиями и факторами стокоформирования, не проявляющимися в остальные сезоны года. В частности, продолжительность маловодных фаз определяется в первую

очередь устойчивостью межени – зимняя межень зависит от длительности периода с отрицательными температурами, а летне-осенняя – от интенсивности атмосферных осадков (Закономерности гидрологических процессов, 2012).

Согласно результатам многочисленных исследований, устойчивой тенденцией внутригодового распределения стока рек Европейской территории России (ЕТР) является сокращение доли стока весеннего половодья и увеличение доли меженного стока (Алексеевский, Лебедева, Соколовский, 2007; Шикломанов, Георгиевский, 2007; Второй оценочный доклад..., 2014; Фролова, Нестеренко, Шенберг, 2010; Болгов, Коробкина, Трубецкова и др., 2014; Джамалов, Фролова, Телегина, 2015; Георгиади, Коронкевич, Кашутина и др., 2016; Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018; Дмитриева, Маскайкина, 2013; Дмитриева, Нефедова, 2018; Сивохиц, Павлейчик, Падалко, 2021; Sivokhip, Pavleychik, Chibilev, 2021; Сивохиц, Павлейчик, 2024). Основная причина данной трансформации – существенный многолетний рост значений приземной температуры воздуха в холодный сезон с закономерным увеличением частоты оттепелей и расходов зимней межени (Закономерности гидрологических процессов, 2012; Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017). В итоге, в современный период (с середины 1970-х) в результате климатических изменений произошло значительное сокращение числа лет, когда формируется т.н. «запирающий слой» в почвенном слое водосборных территорий. Соответственно, в период весеннего половодья снижается поверхностный сток и возрастает инфильтрационное питание грунтовых вод и, как следствие, увеличение подземного питания водотоков в меженный период (Многолетние колебания и изменчивость..., 2021). Отметим, что на большей части ЕТР произошло увеличение стока и в период летне-осенней межени – наиболее значительное (40-100%) на реках лесостепной и степной зон (Закономерности гидрологических процессов..., 2012). Согласно данным (Многолетние колебания и изменчивость..., 2021) минимальный летний и зимний сток рек бассейна р. Урал характеризуется положительным и значимым трендом – Урал (Оренбург), Жарлы (Адамовка), Илек (Веселый). Для отдельных рек (Урал –

Верхнеуральск; Сакмара – Акьюлово, Каргала) только рост значений минимального стока (зима) характеризуется статистически значимым трендом, а для р. Орь (Истемес) – статистически значимый рост установлен для минимального стока летнего сезона.

Как было отмечено выше, многолетняя динамика водности рек исследуемого бассейна детерминируется особенностями внутригодового распределения стока, основная доля которого приходится на период весеннего половодья (Таблица 38).

Таблица 38 - Динамика речного стока (м³/с) в бассейне р. Урал

Река – створ	Периоды	Q _{III-V}	Q _{XII-II}	Q _{год}	$\frac{Q_{III-V}}{Q_{год}}$	$\frac{Q_{XII-II}}{Q_{год}}$
Урал - Верхнеуральск	1948-1977	21,05	0,88	7,29	2,88	0,12
	1978-2008	18,53	1,58	3,51	5,27	0,45
	1948-2021	17,10	1,33	7,17	2,38	0,18
Урал - Кизильское	1940-1977	76,08	3,46	29,1	2,61	0,12
	1978-2008	79,37	8,58	31,3	2,53	0,27
	1948-2021	73,67	5,82	29,1	2,53	0,20
Урал - Оренбург	1940-1977	286,79	24,35	101,20	2,83	0,24
	1978-2008	284,58	40,00	108,70	2,61	0,37
	1940-2021	246,72	31,15	98,20	2,51	0,32
Урал - Кушум	1940-1977	834,79	68,01	317,03	2,63	0,21
	1978-2008	714,35	104,61	316,20	2,26	0,33
	1940-2021	722,01	85,41	297,69	2,42	0,28
Сакмара -Акьюлово	1946-1977	34,21	2,53	12,00	2,85	0,21
	1978-2008	42,00	4,21	15,49	2,71	0,27
	1946-2021	35,67	3,25	12,96	2,75	0,25
Сакмара – Каргала	1940-1977	367,37	28,79	130,20	2,82	0,22
	1978-2008	425,81	45,31	155,90	2,73	0,29
	1940-2021	377,9	34,74	136,20	2,77	0,25
Большой Кизил – Верхне-Абдряшево	1949-1977	9,60	0,92	4,30	2,23	0,21
	1978-2008	12,39	0,66	4,71	2,63	0,14
	1949-2021	12,14	0,73	4,63	2,62	0,15
Большой Ик – Мраково	1953-1977	40,40	3,28	14,04	2,87	0,23
	1978-2008	49,73	3,88	17,54	2,83	0,22
	1953-2021	43,82	3,35	15,45	2,83	0,21
Салмыш – Буланово	1960-1977	21,97	1,38	7,10	3,09	0,19
	1978-2008	23,98	3,33	9,10	2,63	0,36
	1960-2021	22,42	2,54	8,10	2,76	0,31
Жарлы – Адамовка	1951-1977	10,47	0,13	2,80	3,73	0,05
	1978-2008	16,90	0,65	4,90	3,44	0,13
	1951-2021	13,55	0,42	3,80	3,56	0,11
Орь – Истемес	1956-1977	27,09	0,26	6,96	3,89	0,04
	1978-2008	20,10	0,25	5,23	3,84	0,05

	1956-2021	23,13	0,25	6,02	3,84	0,04
Илек – Веселый	1951-1977	75,90	0,96	21,2	3,58	0,04
	1978-2008	72,20	4,47	25,3	2,85	0,17
	1951-2021	66,93	2,89	21,7	3,08	0,13

Примечание: весна - III-V, зима - XII-II

По мере истощения весеннего стока общей характеристикой рек бассейна реки Урал становится сокращение объемов воды, вплоть до начала половодья следующего года. Маловодный период, как правило, прерывается в предзимнее время (октябрь-декабрь) относительным увеличением объемов стока, обусловленным более благоприятными условиями увлажнения. Наиболее явно предзимний период повышения стока выражен в бассейне р. Сакмара, водосборная территория которой расположена в пределах горнолесных ландшафтов Южного Урала. Данные, представленные в таблице 38, подтверждают современные тенденции внутригодового распределения стока – для большинства рек отмечен устойчивый рост значений стока зимней межени (Урал, Сакмара, Большой Ик, Салмыш, Жарлы, Илек). В тоже время в ряде створов (преимущественно с условно-естественным стоком) установлено увеличение величин весеннего стока в период 1978-2008 гг., что обусловлено в первую очередь максимальными (выдающимися) объемами стока весеннего половодья в отдельные годы (1993, 1994, 2000, 2001, 2005, 2007).

Для рек степной зоны с казахстанским типом водного режима основной характеристикой является продолжительный маловодный период, объединяющий фазы летне-осенней и зимней межени (Рисунок 32).

Фаза летне-осенней межени в верховьях исследуемого бассейна может прерываться дождевыми паводками, которые к низовьям реки практически не нарушают гидрограф межени (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018). На отдельных реках бассейна р. Урал межень сопровождается периодами нулевого стока – периоды полного пересыхания или промерзания рек (Сивохип, Павлейчик, Падалко, 2021).

С учетом местных физико-географических условий и площади действующего водосбора, маловодные фазы на реках исследуемого бассейна

отличаются по срокам наступления, продолжительности и устойчивости. В частности, р. Урал характеризуется менее продолжительной зимней меженью по сравнению с крупными притоками (Сакмара, Салмыш и Орь), которые отличаются более растянутой фазой с минимальными значениями стока во второй половине сезона.

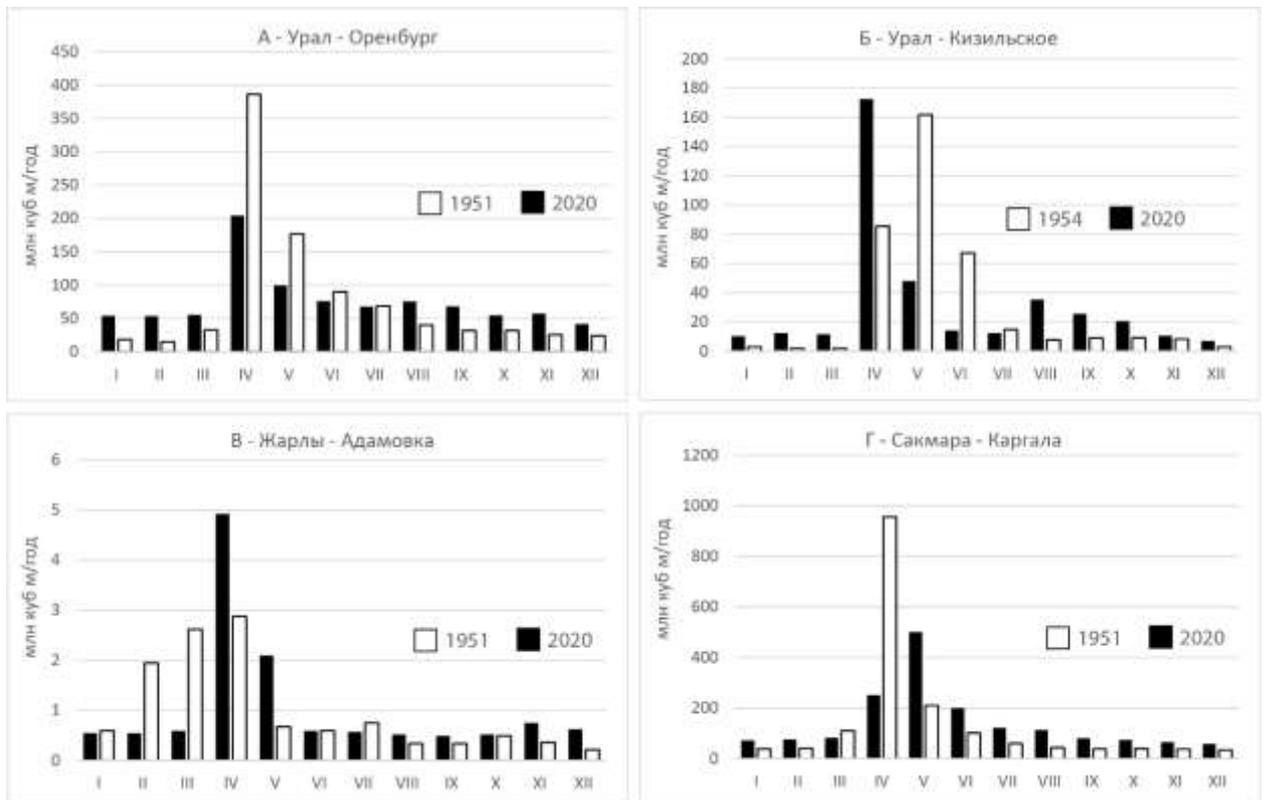


Рисунок 32 - Гидрографы годового стока рек бассейна р. Урал (годы низкой водности)

Анализ многолетней динамики 30-суточного минимального стока в бассейне р. Урал иллюстрирует стабильный рост значений для большинства исследуемых створов (Таблица 39, Рисунок 33). Максимальное увеличение минимального стока установлено для зимнего сезона у р. Илек (более чем на 90 %) и р. Салмыш (60 %). На реках Урал и Сакмара прирост менее существенный (в пределах 30-35 %), что объясняется обширностью водосборных площадей и разнообразием условий стокоформирования. Минимальный рост 30-суточных значений зимнего стока установлен для р. Орь – менее 10 %.

Практически полное отсутствие положительной динамики значений 30-суточного минимального стока демонстрирует р. Зилаир.

Таблица 39 - Статистические характеристики минимального стока зимнего сезона (ноябрь-март) в бассейне р. Урал

Река-пункт	Периоды	Q, м/с (средний, минималь- ный)	C _v	Расход воды в годы различной обеспеченности, %		
				80	90	95
<i>Минимальный суточный сток</i>						
Урал – Оренбург	1950-1977	15,80 (2,30)	0,55	8,48	5,60	3,90
	1978-2008	24,34 (7,68)	0,44	16,60	13,40	9,30
	1950-2018	20,50 (2,30)	0,45	11,90	6,97	3,90
Сакмара – Каргала	1950-1977	17,70 (4,12)	0,45	10,50	9,25	5,39
	1978-2008	29,70 (11,80)	0,39	21,60	16,80	15,50
	1950-2018	23,20 (4,12)	0,53	14,00	10,90	10,10
Илек – Веселый	1951-1977	0,26 (0,00)	0,83	0,06	0,01	0,01
	1978-2008	2,89 (0,00)	0,59	1,37	0,60	0,18
	1951-2018	1,79 (0,00)	1,00	0,18	0,06	0,03
Орь – Истемес	1957-1977	0,15 (0,00)	0,97	0,00	0,00	0,00
	1978-2008	0,14 (0,00)	0,79	0,00	0,00	0,00
	1957-2018	0,15 (0,00)	0,79	0,00	0,00	0,00
Салмыш – Буланово	1960-1977	0,89 (0,45)	0,32	0,60	0,52	0,45
	1978-2008	2,51 (0,48)	0,44	1,87	1,01	0,87
	1960-2018	1,88 (0,45)	0,60	0,86	0,68	0,52
Урман-Зилаир – Зи- лаир	1950-1977	0,20 (0,002)	0,80	0,022	0,005	0,002
	1978-2008	0,29 (0,002)	0,54	0,16	0,11	0,037
	1957-2018	0,23 (0,002)	0,67	0,11	0,022	0,005
<i>Минимальный 30-суточный сток</i>						
Урал – Оренбург	1950-1977	19,53 (2,70)	0,56	7,73	5,71	3,90
	1978-2008	29,26 (10,20)	0,39	20,88	15,40	10,80
	1950-2018	25,15 (2,70)	0,46	15,40	10,00	7,00
Сакмара – Каргала	1950-1977	21,40 (4,46)	0,49	11,70	11,00	9,80
	1978-2008	33,98 (17,62)	0,41	25,30	19,00	18,60
	1950-2018	27,22 (4,46)	0,48	15,90	12,50	11,00
Илек – Веселый	1951-1977	0,33 (0,00)	0,85	0,20	0,10	0,10
	1978-2008	3,22 (0,00)	0,57	1,50	0,80	0,00
	1951-2018	2,05 (0,00)	0,95	0,34	0,00	0,00
Орь – Истемес	1957-1977	0,16 (0,00)	0,94	0,00	0,00	0,00
	1978-2008	0,17 (0,00)	0,68	0,00	0,00	0,00
	1957-2018	0,17 (0,00)	0,74	0,02	0,00	0,00
Салмыш – Буланово	1960-1977	1,14 (0,58)	0,26	0,94	0,81	0,60
	1978-2008	2,84 (0,80)	0,43	1,98	0,96	0,81
	1960-2018	2,18 (0,58)	0,57	1,07	0,94	0,81
Урман – Зилаир – Зи- лаир	1950-1977	0,31 (0,01)	0,77	0,10	0,02	0,01
	1978-2008	0,39 (0,19)	0,45	0,25	0,21	0,20
	1957-2018	0,34 (0,01)	0,60	0,19	0,10	0,03

Установленная динамика объемов стока зимнего периода приводит к выравниванию соотношения между расходами летне-осенней и зимней межени.

Сходная тенденция наблюдается и применительно к значениям 30-суточных минимальных расходов маловодных фаз. Соотношение этих значений (летне-осенняя межень к зимней) за 1950-2018 гг. максимально сократилось для р. Илек – 7,5 и 2,1. Менее значительные изменения соотношения расходов летне-осеннего и зимнего сезона отмечены для р. Урал – с 2,0 до 1,0; р. Сакмара с 1,7 до 1,2; р. Салмыш – с 1,9 до 1,3; Зилаир – с 3,6 до 1,7.

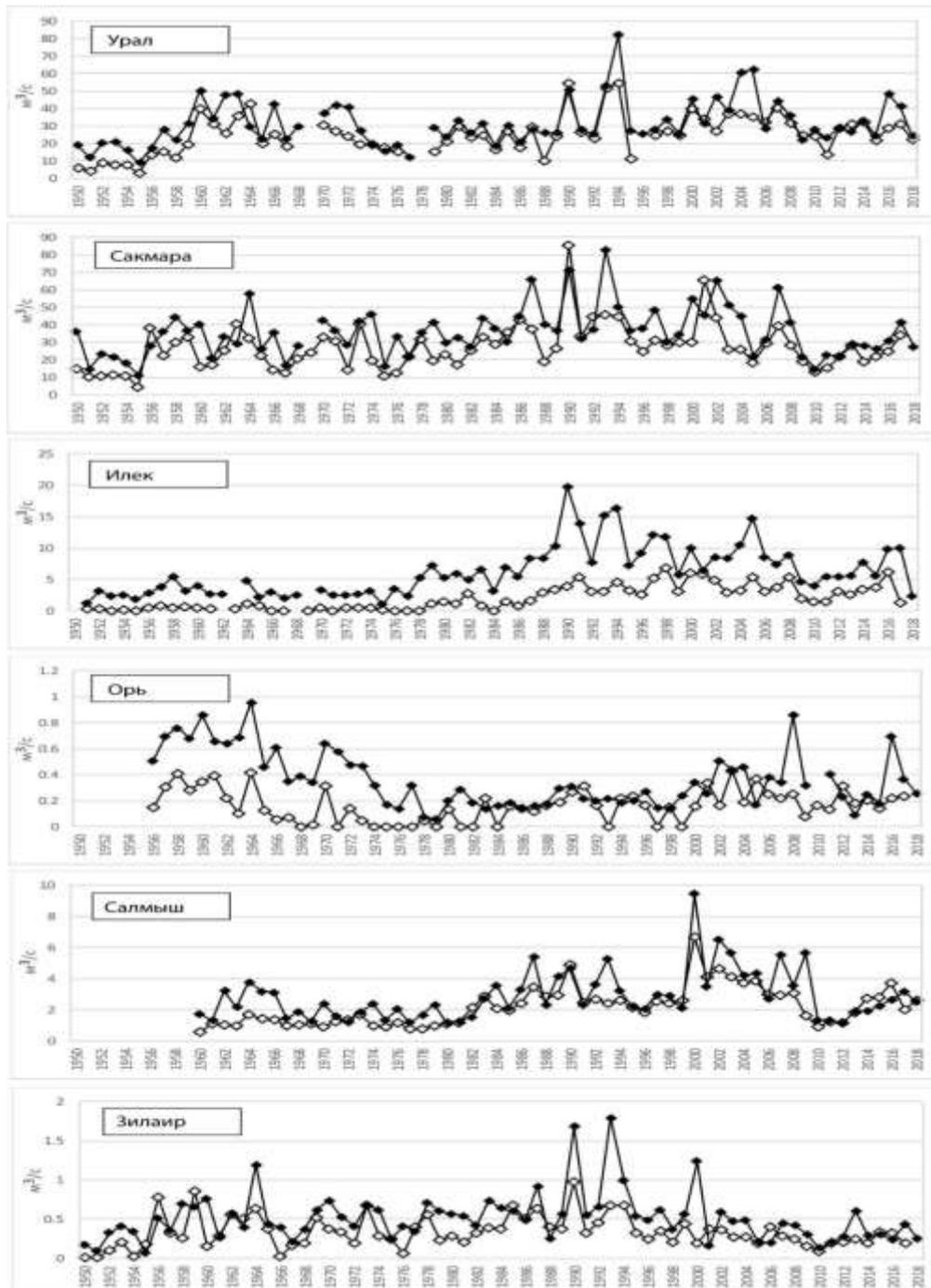


Рисунок 33 - Распределение дат наступления периода минимального 30-суточного стока зимней и летне-осенней межени (%) за 1950-1977 и 1978-2018 гг.

Положительную динамику подтверждают отклонения значений минимального стока современного периода от среднемноголетних величин (за период 1950-2008 гг.). Максимальные отклонения от нормы характерны, в первую очередь, для расходов зимней межени. Если в период 1950-1977 гг. значения модульных коэффициентов (К) для рр. Урал, Сакмара, Илек, Салмыш и Зилаир составляли 0,74, 0,74, 0,16, 0,47 и 0,84, соответственно, то для следующего тридцатилетнего периода (1978-2008 годы) – 1,17, 1,24, 1,74, 1,32 и 1,21. Исключение составляет р. Орь, модульные коэффициенты стока которой демонстрирует отрицательную динамику – 1,12 и 0,96, соответственно.

Тенденция увеличения расходов зимней межени подтверждаются ростом значений абсолютных минимумов, в том числе и в экстремально маловодные годы (Таблица 40).

Таблица 40 - Абсолютные минимумы периода зимней межени в годы низкой водности в бассейне р. Урал

Река-пост	1955-1956		1975-1976		2010-2011	
	Q м ³ /сек	Дата	Q м ³ /сек	Дата	Q м ³ /сек	Дата
Урал (Кизильское)	0,037	2,03	0,45	07,02	0,86	15,02
Урал (Оренбург)	2,30	12,02	16,20	15,12	7,12	23,01
Сакмара (Акьюлово)	0,065	12,01	0,73	01,01	1,52	30,01
Сакмара (Каргала)	4,20	20,01	10,50	19,02	11,00	07,01
Зилаир (Зилаир)	0,12	08,01	0,21	02,12	0,072	30,01
Илек (Веселый)	0,00	01,02	0,061	28,03	1,43	28,02
Жарлы (Адамовка)	-	-	0,00	09,02	0,20	21,02

Выявленные тенденции роста величин абсолютных минимумов зимней межени являются непосредственным отражением многолетних трансформаций внутригодового распределения стока. Несмотря на общую тенденцию увеличения доли зимнего стока выявлены и определенные различия для рек исследуемого бассейна, обусловленные неоднородностью условий стокоформирования. В частности, о региональных особенностях формирования стока зимней межени свидетельствуют различные сроки наступления максимального (полного) истощения речного стока. Также обращает внимание изменение в

датах наступления абсолютных минимумов стока современного периода по сравнению с 1950-1977 гг. (Рисунок 34).

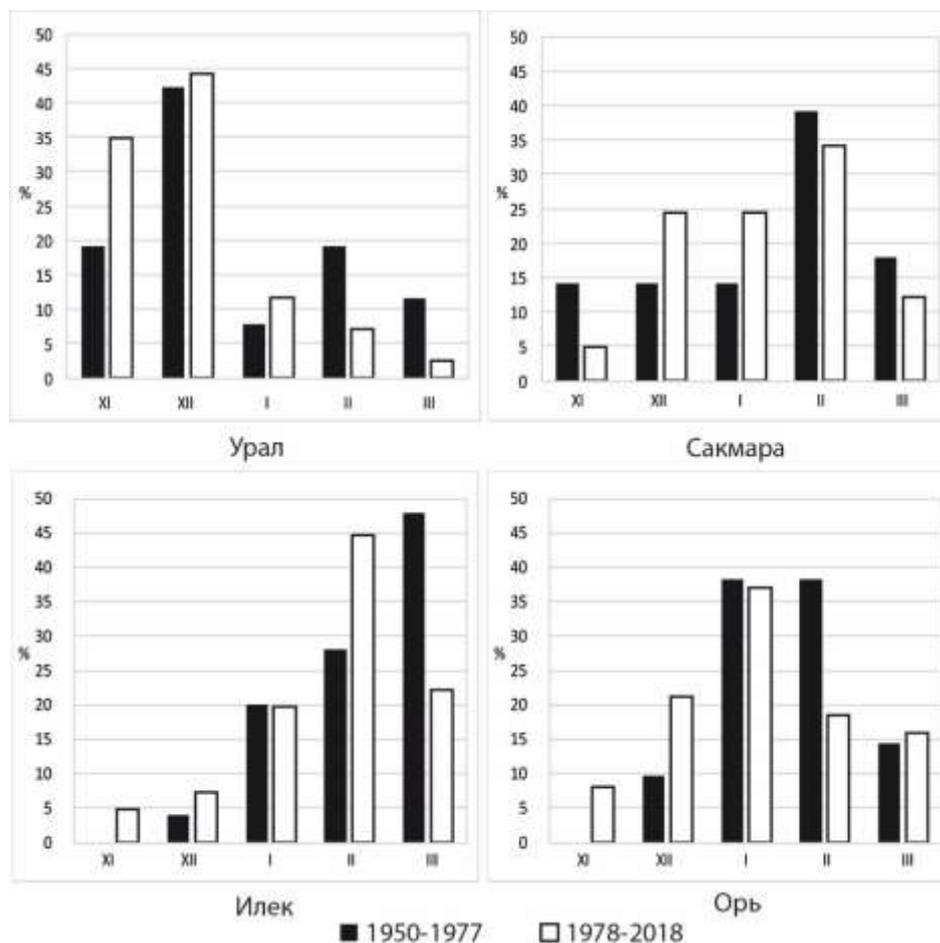


Рисунок 34 - Распределение дат (%) наступления абсолютного минимума стока зимней межени (1950-1977 гг.; 1978-2018 гг.)

Согласно Рисунку 34, период истощения зимнего стока р. Урал менее продолжительный, чем у главного притока – р. Сакмара, и наблюдается в первой половине лимитирующего сезона (преимущественно в декабре), с постепенным нарастанием водности. Река Сакмара характеризуется продолжительным периодом истощения стока с минимальными значениями расходов воды во второй половине зимнего сезона (февраль). Для периода зимней межени р. Илек характерно интенсивное сокращение водности, продолжающееся на протяжении всего зимнего периода с минимальными величинами речного стока в третьей декаде февраля – первой декаде марта.

На основе выявленных тенденций изменения минимального стока можно утверждать о закономерном сокращении экстремальности маловодного периода. В то же время степень истощения речного стока в бассейне р. Урал по-прежнему крайне вариабельна и в отдельные годы довольно значительна, что подтверждают результаты оценки параметров истощения стока (Таблица 41).

Таблица 41 - Параметры истощения зимнего стока в бассейне р. Урал

Река	Периоды	Продолжительность, суток	Амплитуда, м ³ /с	Интенсивность истощения, м ³ /с/сут.
Урал	1950-1977	51	22,2	0,85
	1978-2008	31	20,4	1,02
	1950-2017	41	21,5	0,95
Сакмара	1950-1977	76	46,7	0,84
	1978-2008	67	53,0	1,38
	1950-2017	68	46,0	1,04
Илек	1951-1977	105	4,8	0,04
	1978-2008	95	6,9	0,08
	1950-2017	98	5,8	0,06
Орь	1957-1977	80	0,5	0,007
	1978-2008	66	0,2	0,004
	1957-2017	70	0,3	0,005
Салмыш	1960-1977	82	2,4	0,03
	1978-2008	64	2,9	0,05
	1960-2017	68	2,5	0,04
Урман-Зилаир	1950-1977	90	1,4	0,015
	1978-2008	82	1,9	0,039
	1957-2017	84	1,8	0,055

Продолжительность истощения зимнего стока (период между датами максимального и минимального расхода воды) сократилась, что согласуется с установленным ранее смещением дат начала наступления 30-ти суточных минимумов стока. Обращает внимание увеличение интенсивности истощения зимнего стока (кроме р. Орь), что связано, прежде всего, с увеличением амплитуды колебаний расходов воды в условиях сокращения продолжительности истощения. Исходя из того, что амплитуда колебаний расходов холодного сезона определяется изменчивостью их максимальных значений, фиксируемых в начале сезона (Комлев, 2006), можно сделать вывод об увеличении суточных расходов в первой-второй декадах ноября.

Динамика максимального стока в бассейне р. Урал. Многолетняя динамика стока весеннего половодья – результат взаимодействия разнообразных явлений и процессов, происходящих на водосборе (Сивохип, Падалко, 2014). Решающую роль в формировании половодного стока играет комбинация действующих факторов – запасы воды в снежном покрове, атмосферные осадки и термический режим в период снеготаяния и половодья, увлажнение почвы, интенсивность и дружность снеготаяния и др. Важно отметить, что процессы стокоформирования в последние десятилетия происходят в условиях нестационарного климата, что выражается в появлении направленной тенденции на определенном временном отрезке или в резком (скачкообразном) изменении параметров стока (Георгиевский, Грек, Грек и др., 2019).

Многолетние изменения стока весеннего половодья рек исследуемого бассейна характеризуется определенными пространственными различиями (Рисунок 35). Минимальная доля в годовом объеме стока характерна для верховий р. Урал (Верхнеуральск, Кизильское), р. Большой Кизил (Верхнее Абдряшево), р. Сакмара (Акьюлово, Татарская Каргала) и ее главных притоков (рр. Большой Ик, Салмыш). В среднем для рек бассейна доля половодья составляет 57–62 % с незначительным сокращением (1–2 %) в современном (1978-2020) периоде. Обращает внимание увеличение абсолютных величин весеннего стока рек с горнолесными условиями стокоформирования (Сакмара, Большой Кизил, Большой Ик), главным образом за счет выдающихся расходов в отдельные годы современного периода (1993, 1994, 2000, 2001, 2005, 2007). Максимальная доля весеннего стока (75–80 %) зафиксирована для рек юго-восточного сектора бассейна (Суундук, Большой Кумак, Орь, Жарлы). Наиболее значительным сокращением доли стока весеннего половодья характеризуются реки с зарегулированным режимом – Урал (Оренбург, Кушум), Илек (Веселый).

Устойчивая тенденция уменьшения доли весеннего стока сопровождается сокращением максимальных расходов, в том числе со статистически значимыми трендами для рр. Урал, Илек, Салмыш и Орь (Таблица 42).

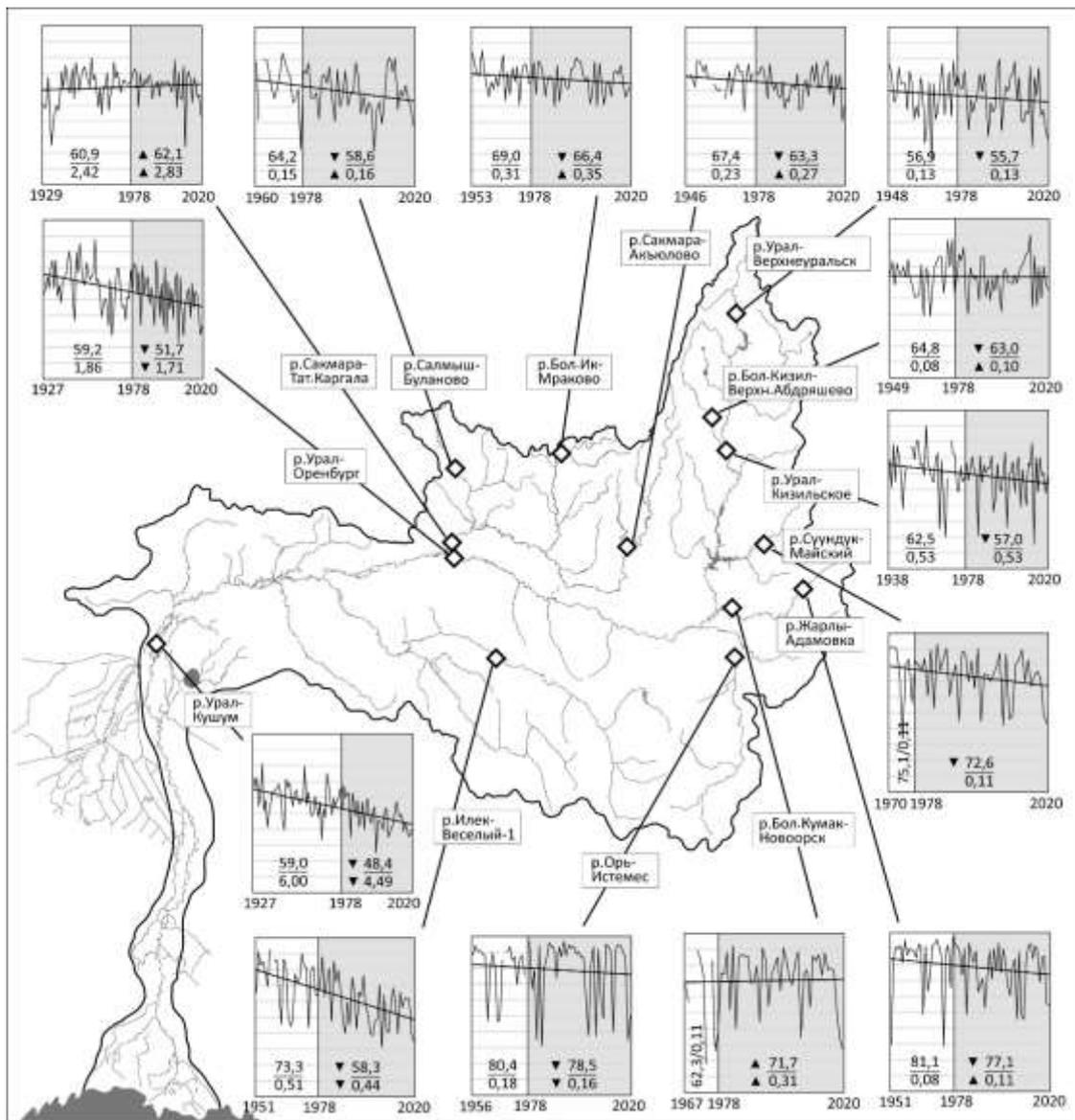


Рисунок 35 - Многолетняя динамика доли стока весеннего половодья (IV-V) рек бассейна р. Урал: ось X – годы и периоды, ось Y – 100%; числитель – средние значения доли стока за периоды, %, знаменатель – средний объем стока за периоды, млн м³

Трендовая составляющая (R^2) превышает 10 % и составляет в створе р. Урал (Оренбург) – 13 %, р. Салмыш – 14 %, р. Илек – 19 %, р. Орь – 21 %. Установлено нарушение однородности в многолетних рядах максимальных расходов большинства рек исследуемого бассейна по критериям Стьюдента и Фишера.

Таблица 42 - Статистические параметры максимальных расходов ($\text{м}^3/\text{с}$) весеннего половодья в бассейне р. Урал

№ п/п	Река – створ	Период	а, $\text{м}^3/\text{с}/10$ лет	р	Однородность ряда по критерию	
					Фишера	Стьюдента
1	Урал – Верхнеуральск	1936-2020	-4,4	>0,05	-	+
2	Урал – Кизильское	1936-2020	-25,3	>0,05	-	+
3	Урал – Оренбург	1940-2020	-249,9	<0,01	-	-
4	Сакмара – Акьюлово	1944-2020	-4,7	>0,05	+	+
5	Сакмара – Каргала	1940-2020	-72,2	>0,05	-	+
6	Б. Кизил – Абдрашево	1949-2020	2,3	>0,05	+	+
7	Б. Ик – Мраково	1948-2020	-1,7	>0,05	+	+
8	Салмыш – Буланово	1958-2020	-28,2	<0,05	-	-
9	Б. Кумак – Новоорск	1967-2020	-40,7	>0,05	-	+
10	Жарлы – Адамовка	1951-2020	0,65	>0,05	-	+
11	Орь – Истемес	1948-2020	-41,9	<0,01	-	-
12	Илек – Веселый	1951-2020	-96,0	<0,01	-	-

Примечание: а – коэффициент линейного тренда, р – уровень значимости

Согласно результатам оценки только в трех (из 12) створах значения максимальных расходов стационарны и по среднему, и по дисперсии (верхнее течение – Большой Кизил, Сакмара (Акьюлово) и Большой Ик). Нестационарны по дисперсии ряды р. Урал (верховье), Сакмара (Каргала) и притоки р. Урал, преимущественно юго-восточного сектора водосборной территории (Жарлы, Большой Кумак). Полностью нестационарны ряды максимальных расходов рр. Урал (Оренбург), Илек (Веселый), Салмыш (Буланово) и Орь (Истемес).

Динамика основных параметров максимального стока бассейна р. Урал представлены в Таблице 43.

Таблица 43 - Основные параметры максимального стока (период весеннего половодья) в бассейне р. Урал

Река-створ	Периоды	Q, м/с (средний, максимальный)	C _v	Расход воды в годы различной обеспеченности, %		
				5	10	15
Урал - Верхнеуральск	1948-1977	95,5 (218)	0,76	264	229	218
	1978-2008	74,7 (155)	0,47	137	125	92

	1948-2020	82,7 (218)	0,71	229	141	125
Урал – Оренбург	1940-1977	1536,3 (10100)	1,45	8730	4140	3800
	1978-2008	906,1 (3010)	0,78	2570	1980	1710
	1940-2020	1125,4 (10100)	1,46	4140	2820	1790
Сакмара – Каргала	1940-1977	1570,4 (4500)	0,71	4320	3580	3020
	1978-2008	1614,6 (2720)	0,39	2580	2440	2330
	1940-2020	1510,0 (4500)	0,59	3580	2580	2140
Илек – Веселый	1951-1977	669,7 (3110)	0,91	3110	1340	1020
	1978-2008	471,6 (1180)	0,64	1050	1010	803
	1951-2020	495,9 (3110)	0,94	1180	1010	736
Орь – Истемес	1956-1977	317,4 (801)	0,79	801	736	631
	1978-2008	152,7 (414)	0,57	279	257	235
	1956-2020	225,5 (801)	0,89	725	554	414
Салмыш – Буланово	1960-1977	249,8 (732)	0,73	732	651	469
	1978-2008	176,8 (388)	0,57	321	321	307
	1960-2020	190,9 (732)	0,72	469	335	318
Б. Кумак - Новоорск	1967-1977	305,9 (1210)	1,18	-	-	-
	1978-2008	402,4 (1350)	0,85	1310	956	924
	1967-2020	343,9 (1350)	0,97	1210	956	737
Б. Кизил – Верхне-Аб- дряшево	1949-1977	54,1 (179)	0,70	135	111	96
	1978-2008	62,6 (135)	0,55	135	100	96
	1949-2020	60,5 (179)	0,66	135	101	96
Жарлы - Адамовка	1951-1977	288,5(825)	0,77	825	720	516
	1978-2008	357,7 (1560)	1,05	1100	1060	629
	1951-2020	318,1 (1560)	0,94	1060	724	600
Б. Ик - Мраково	1948-1977	284,0 (872)	0,63	872	458	450
	1978-2008	328,8 (844)	0,47	697	496	416
	1940-2020	290,6 (872)	0,57	697	458	416

В частности, о снижение величин максимальных расходов свидетельствует и сокращение повторяемости расходов 10 %-ной обеспеченности – в пределах исследуемого бассейна данная тенденция выявлена как для рек с зарегулированным стоком, так и с условно-естественным.

Пространственные особенности формирования стока весеннего половодья рек исследуемого бассейна отчетливо прослеживаются при сравнительном анализе коэффициентов вариации максимальных расходов. Максимальные значения коэффициента характерны для рек юго-восточного сектора исследуемого бассейна – Орь, Жарлы, Большой Кумак, что обусловлено сходными условиями стокоформирования, определяющими однотипный «отклик» на изменение погодных условий в период снеготаяния. Для крупных рек, водосборы которых охватывают горнолесные ландшафты с развитой

гидрографической сетью (Сакмара, Большой Ик, Большой Кизил, Салмыш) вариации максимального стока менее значимы. Несмотря на пространственную неоднородность формирования максимального стока, общей тенденцией для рек бассейна является сокращение изменчивости стока весеннего половодья (кроме р. Жарлы).

Сопоставление расчетных величин максимальных расходов различной обеспеченности (Таблица 43) показало изменение расходов редкой повторяемости ($P=5\%$). Максимальное сокращение (60-70 %) закономерно установлено для створов зарегулированных участков рек – Урал (Оренбург) и Илек (Веселый). Для других рек (вне зависимости от географического положения створа) сокращение расчетных величин редкой повторяемости ($P=5\%$) стока весеннего половодья составило от 20 % (Большой Ик) до 40 % (Сакмара) и 65 % (Орь).

Природно-зональная специфика формирования максимального стока в пределах исследуемого бассейна подтверждается многолетней динамикой расходов воды в период весеннего половодья (Рисунок 36).

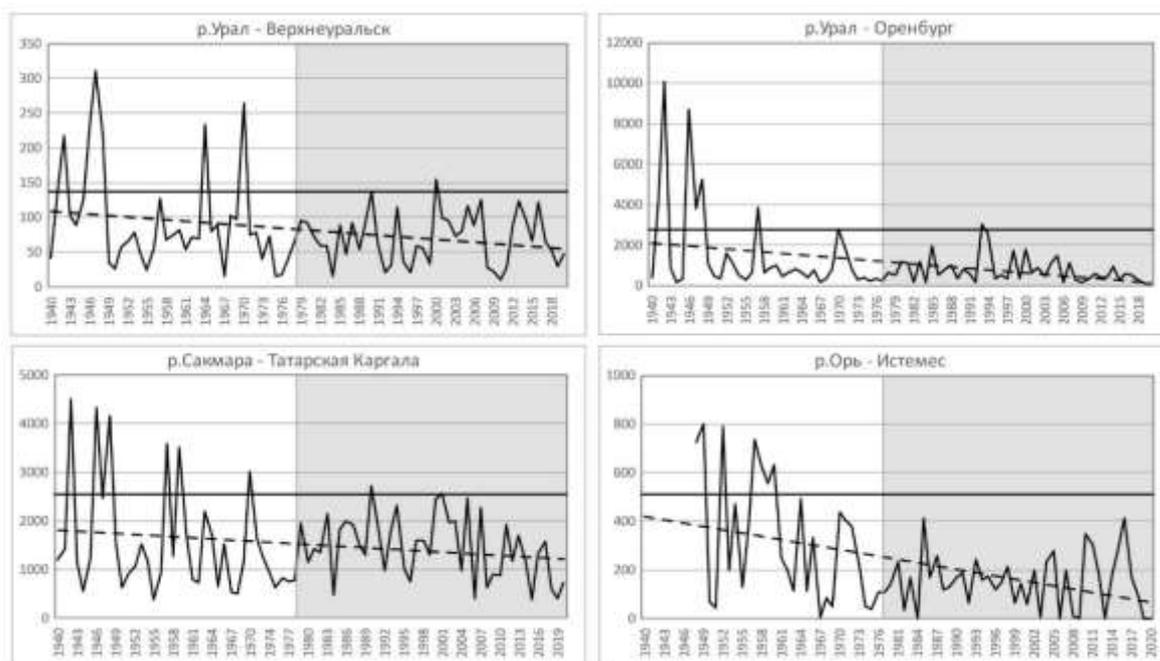


Рисунок 36 - Многолетняя динамика максимальных расходов (m^3/c) в бассейне р. Урал: сплошная линия – максимальные расходы 10%-ной обеспеченности; пунктирная – линейный тренд за период 1940-2020 годы

Взаимосвязь между сокращением доли весеннего половодья в годовом объеме стока и сокращением средних и абсолютных значений максимальных расходов установлена, прежде всего, для зарегулированных участков рек (Урал – Оренбург; Илек – Веселый) и отдельных водотоков с условно-естественным режимом (Урал – Верхнеуральск; Орь – Истемес; Салмыш – Буланово). В то же время, часть рек исследуемого бассейна демонстрируют рост средних значений максимальных расходов, преимущественно это водотоки горнолесной части (Большой Ик, Большой Кизил, Сакмара). Обращает внимание, что для большинства исследуемых рек экстремальный расход воды (абсолютный максимум) наблюдался в период до 1978 г. (рр. Урал и Сакмара – 1942 г.; Орь – 1949; Илек и Б. Кизил – 1957 г.). В период 1978–2020 гг. также наблюдались годы экстремальной водности (1985, 1986, 1993, 1994), общие для большинства рек бассейна р. Урал.

Современные тенденции в трансформации внутригодового стока находят отражение в смещении дат наступления максимумов весеннего половодья на более поздние сроки (Рисунок 37).

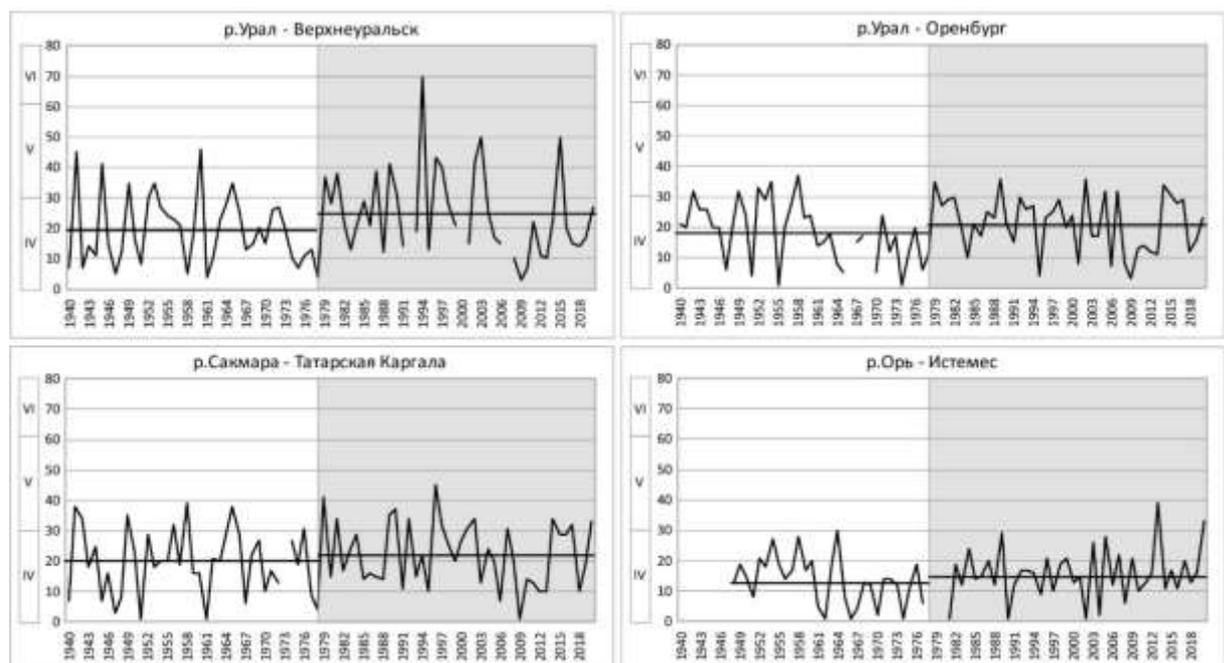


Рисунок 37 - Многолетняя динамика наступления дат максимальных расходов весеннего половодья в бассейне р. Урал. Средние значения дат за периоды: ось Y – месяцы и последовательность дней, начиная с 1 апреля

Даты наступления максимальных расходов на реках бассейна р. Урал зависят от природно-зонального положения и расчлененности рельефа на водосборах, запасов снега и непосредственно от погодных условий, установившихся в период активного снеготаяния. Таким образом, реки бассейна вносят разновременный и существенно отличающийся по объемам вклад в формировании волны половодья на разных участках главной реки.

В результате проведенных исследований установлено, что рекам бассейна р. Урал в целом свойственны современные тенденции изменения водного режима, наблюдаемые на Европейской территории России. В частности выявлено, что в последние десятилетия отмечается повсеместная трансформация сезонного распределения стока в сторону увеличения доли меженных стоков (особенно зимнего) и, соответственно, сокращения доли стока в периоды весенних половодий. Эта тенденция наиболее явно прослеживается в разрезе многолетней динамики экстремальных (максимальных и минимальных) значений стока. Наиболее достоверным объяснением этой общей для обширной территории тенденции может служить изменение климатических условий на макрорегиональном уровне. В тоже время, несмотря на общность выявленных тенденций, для отдельных рек исследуемого бассейна (Сакмара и притоки) современные тенденции изменения внутригодового распределения стока не имеют четкой выраженности.

Так же отметим, что современные изменения внутригодового распределения речного стока обуславливают определенное выравнивание гидрографа годового стока. Полученные результаты свидетельствуют об изменениях основных характеристик водного режима рек казахстанского типа – сокращение доли весеннего половодья и увеличение доли меженных периодов.

Изменчивость сезонного стока рек степной зоны является фактором, потенциально лимитирующим структуру водопотребления и объемы использования водных ресурсов. Если сельскохозяйственное производство в той, или иной мере способно адаптироваться к подобным условиям, то для промышленности необходимы гарантированные объемы водных ресурсов. В

результате в середине XX века формирование крупных промышленных центров в Южном Зауралье происходило совместно с сооружением крупных водохранилищ на р. Урал, чем локально решалась проблема неравномерного речного стока. Антропогенные факторы вносят определенный вклад в процессы трансформации стока, как прямой (регулирование стока), так и косвенный (изменение условий поверхностного стока). В итоге, современные тенденции водного режима, обусловленные климатическими флуктуациями на фоне высокой антропогенной освоенности территорий, должны быть учтены при оптимизации мероприятий комплексного использования водных ресурсов трансграничных рек.

3.5. Оценка антропогенного воздействия на динамику годового и сезонного стока

Значительное воздействие на многолетнюю динамику водных ресурсов рек степной зоны оказывают антропогенные факторы, ключевыми из которых является многолетнее регулирование стока и безвозвратное изъятие водных ресурсов. В целом, отдельные виды безвозвратного изъятия стока могут значительно зависеть и от климатических факторов (потери на дополнительное испарение при транспортировке воды от места водозабора до места использования), но преимущественно потери воды определяются характером использования водных ресурсов в производстве и быту. Однако, объемы безвозвратного водопотребления в отдельных секторах экономики при прочих равных условиях будут более значительными в регионах с засушливым климатом и неустойчивым увлажнением (Водные ресурсы России..., 2008).

Согласно расчетам И. А. Шикломанова (1979), сокращение стока рек в бассейне р. Урал изменялось от 0,3-0,6 в 1936-1955, до 1,2-2,0 в 1956-1975 и 2,7-3,9 км³/год в 1976-1985 годы. Из основных факторов выделены – орошение 0,60 км³/год (на уровень 1975 г.); агротехнические мероприятия 0,60 км³/год (на уровень 1970 г.) и русловое регулирование стока (испарение с зон затопления водохранилищ) – 0,26 км³/год. В целом, годовой сток р. Урал в условиях

интенсивного антропогенного воздействия (уровень 1975 г.) уменьшился в среднем на 2 км³/год, или на 18 % нормы стока за условно-естественный период (Шикломанов, 1979).

Детальная оценка влияния безвозвратного водопотребления на водные ресурсы (уровень 1975 года) исследуемого бассейна проведена О. М. Григорьевым для двух участков р. Урал – верховье (с. Кизильское) и среднее течение (г. Оренбург) (Таблица 44).

Таблица 44 - Осредненные значения безвозвратного водопотребления на промышленно-коммунальные нужды по участкам бассейна р. Урал, м³/с (Григорьев, 1981)

Период	Урал - Кизильское	Урал - Оренбург
1950-1954	1,4	2,0
1955-1959	1,7	2,8
1960-1964	2,1	3,9
1965-1969	2,3	4,4
1970-1974	2,4	4,8

В течение многолетнего периода (1950-1975 годы) потери стока р. Урал у с. Кизильское составили в среднем 2,0 м³/с, а к г. Оренбург – 3,6 м³/с. Максимальные потери стока характерны для периода 1970-1974 годов – 2,4 м³/с в с. Кизильское и 4,8 м³/с в г. Оренбург. Наиболее заметное влияние промышленно-коммунального водопотребления прослеживалось в верховьях главной реки - снижение годового стока в год 50 % обеспеченности составляло около 10 %; 75% обеспеченности – до 17 %; годы 90-95 % - соответственно до 33 и 52%. Еще более значимое сокращение было установлено для сезонного стока – летне-осенняя межень (P=50 % - сток сократился на 18%; P=90 % - на 65 %) (Григорьев, 1981).

Согласно расчетам Государственного гидрологического института, средние за период 1930-1965 гг. суммарные потери стока на наполнение прудов и лиманное орошение составили для рек бассейна р. Урал 15-20 %, в отдельные годы достигая 30 % (Рисунок 38).

Отдельно проведены оценки сокращения стока в нижнем течение р. Урал, которое традиционно выделялось интенсивным развитием лиманного и

регулярного орошения. Так, согласно данным Родионова В.З. (1977) за период 1956-1972 годов сокращение стока составило 1,48 (13 %) (Урал – Уральск) и 1,69 (15 %) км³/год (Урал – Тополи (аул Отешкали Атамбаева)). Основная доля в суммарном объеме потерь стока принадлежит - агротехническим мероприятиям (38 и 34 %); аккумуляции поверхностного стока водохранилищами и прудами (22 и 20 %) и орошению (16 и 23 %) соответственно.

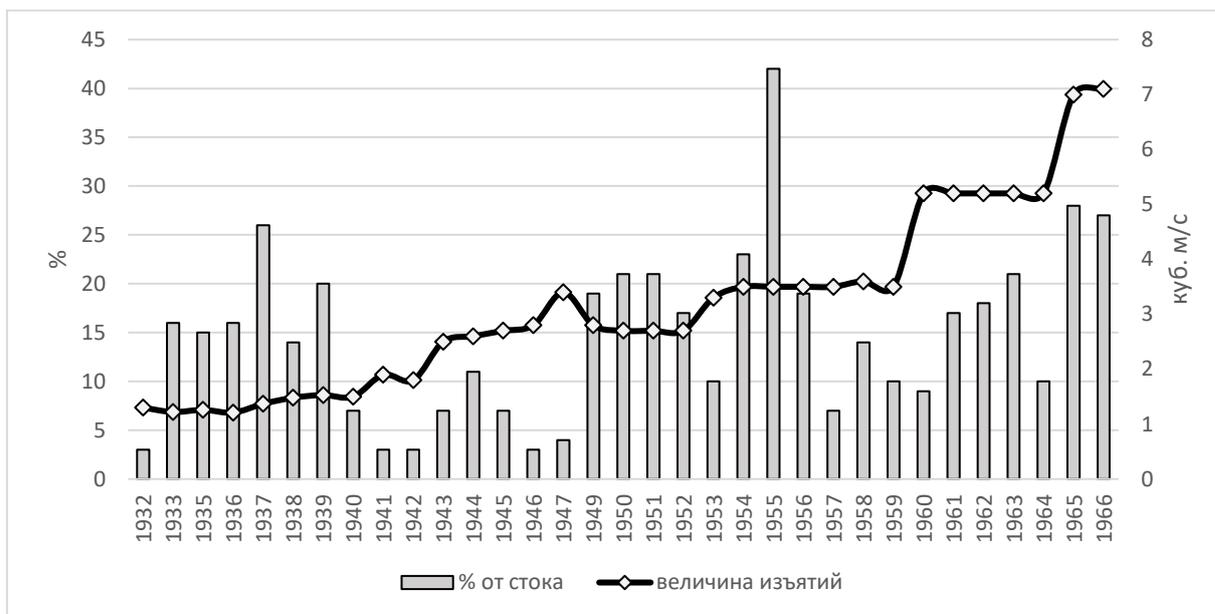


Рисунок 38 - Динамика безвозвратного изъятия водных ресурсов на лиманное орошение, заполнение прудов и водохранилищ в р. Урал (с. Кизильское) (по данным: Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970)

Как отмечает (Шикломанов, 1979), общие потери стока р. Урал ниже с. Тополи составляют в среднем 0,8 км³/год, но могут увеличиваться в многоводные или сокращаться в маловодные годы (непродуктивные потери воды на испарение в период половодья). Современное хозяйственное уменьшение стока по длине казахстанского участка р. Урал оценивается (Магрицкий, Ефимова, Гончаров и др., 2022) согласно водохозяйственным расчетам и данным наблюдений на постах, примерно в 0,80-0,95 км³/год. Из них 59,5 % в половодье (апрель – июнь) и 23,4 % в июле – октябре.

В целом, весь комплекс антропогенных факторов обусловил сокращение стока р. Урал на 2,44 км³/год (20-21 % условно-естественного стока) в 1985-1990 годы и на 1,43 км³/год (17%) в 1999-2013 годы (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018). Главный фактор сокращения стока реки Урал в период

1985-1990 годы – значительные объемы безвозвратного водопотребления (2,38 км³/год) (Ресурсы поверхностных и подземных вод..., 2015 гг.). В 1990-е годы безвозвратное водопотребление начинает сокращаться – в 1999-2007 годы составило 1,11 км³/год (Демин, 2007).

В итоге, современное антропогенное уменьшение годового стока р. Урал не превышает 1,6 км³/год или около 15 % условно-естественного стока на нижней границе зоны формирования и расходования стока (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018). В настоящее время объемы безвозвратного изъятия водных ресурсов в бассейне р. Урал (в пределах Российской Федерации) сократились по разным оценкам – от 0,15 км³/год (Magritsky, Kenzhebaeva, Yumina et al., 2021) до 0,5 км³/год (4,9 % от величины среднемноголетнего стока в условно-принятом при водохозяйственном районировании створе «граница РФ и Республики Казахстан» (Таблица 45).

Таблица 45 - Забор (изъятие) воды в бассейне р. Урал на территории Российской Федерации, млн м³ (Прохорова, Косолапов, 2011)

Забор воды для использования			Забор относительно поверхностного стока	Потери из прудов и водохранилищ	Сброс	Итого изъято с учетом потерь из прудов и водохранилищ	Безвозвратное изъятие стока
Поверхностные	Подземные	Всего					
1674,3	241,3	1915,6	1843,2	401,0	1727,4	2244,2	516,8

Важно, что объемы безвозвратного изъятия речного стока изменяются в соответствии с динамикой отраслевого использования водных ресурсов в бассейне р. Урал. Так, отношение безвозвратного водопотребления в 2020 г. к уровню 2000 г. в Оренбургской области сократилось в 1,7 раза (на 41 %). Однако, в относительных величинах объемы безвозвратного изъятия стока возрастают, особенно интенсивный рост отмечается, начиная с 2013 г., что обусловлено в первую очередь сокращением суммарных объемов водопотребления в регионе (Рисунок 39).

Для бассейна р. Урал величина сокращения стока под воздействием антропогенных факторов может существенно изменяться в зависимости от

метеорологических условий и водности года. В маловодные годы (например, 1975), абсолютная величина уменьшения стока за счет антропогенного воздействия может увеличиваться до 2,1-2,2 км³/год, а в многоводные - уменьшаться до 1,2-1,3 км³/год (Шикломанов, 1979). По другим оценкам, для характерных по водности лет (25, 50, 75, 95 % обеспеченностей по водности) доля безвозвратного изъятия стока в исследуемом бассейне изменяется от 3,7 до 13,5 % (Прохорова, Косолапов, 2011).

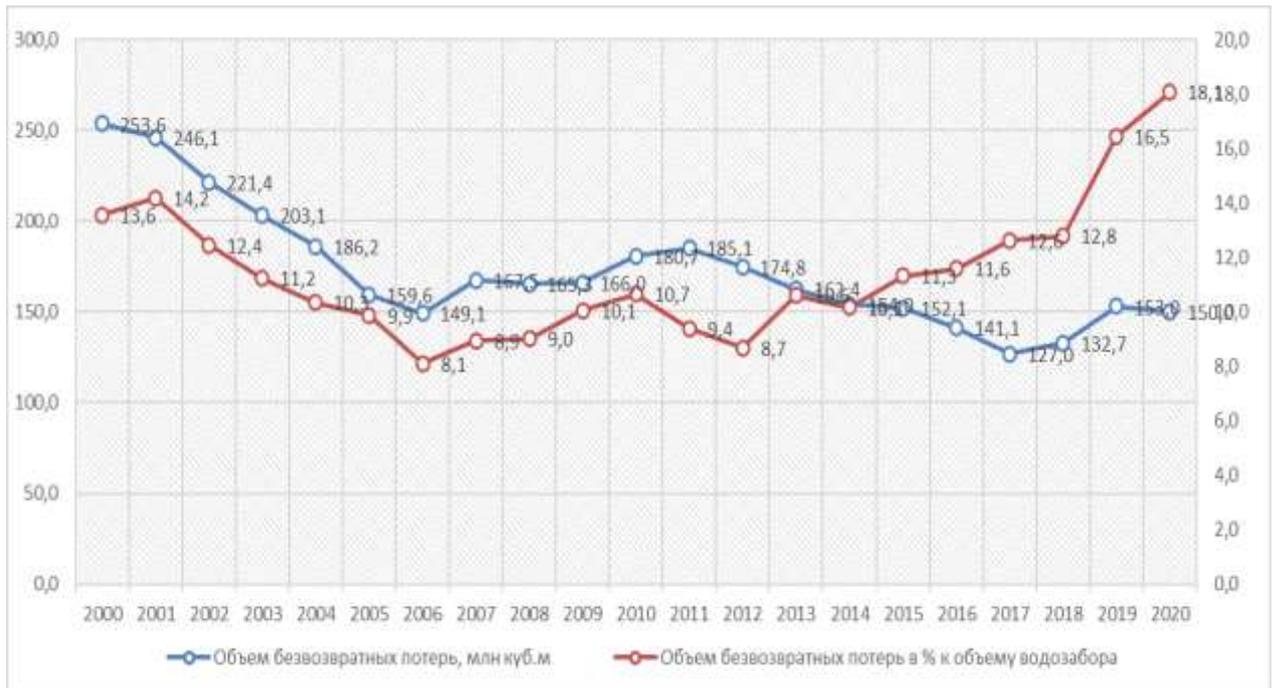


Рисунок 39 - Динамика объема безвозвратного использования водных ресурсов в Оренбургской области

В нижнем течении реки Урал, крупным водопотребителем является Урало-Кушумская оросительно-обводнительная система (включает каскад из 4 водохранилищ, 5 магистральных и 18 обводнительных каналов), введенная в эксплуатацию в 1974 году. В течение 1995-2020 годов забор воды в Урало-Кушумскую ООС составлял от 0,15 в 2019 до 0,76 в 2007 и 0,96 км³/год в 2000 годах, что обусловило уменьшение стока р. Урал в среднем на 7% (с максимумом 10 % в 2011 году) (Рисунок 40).

Как отмечается в статье (Магрицкий, Ефимова, Гончаров и др., 2022) в 1980-х годах объемы изъятия достигали в среднем 822 млн м³/год; с 2004 г. их оценивают от 533 млн м³/год до 400 млн м³/год. Вместе с тем, даже несмотря

на значительное сокращение объемов водоподачи, Урало-Кушумская ООС по-прежнему остается крупнейшим субъектом водохозяйственного комплекса с безвозвратным изъятием речного стока в трансграничном бассейне р. Урал.

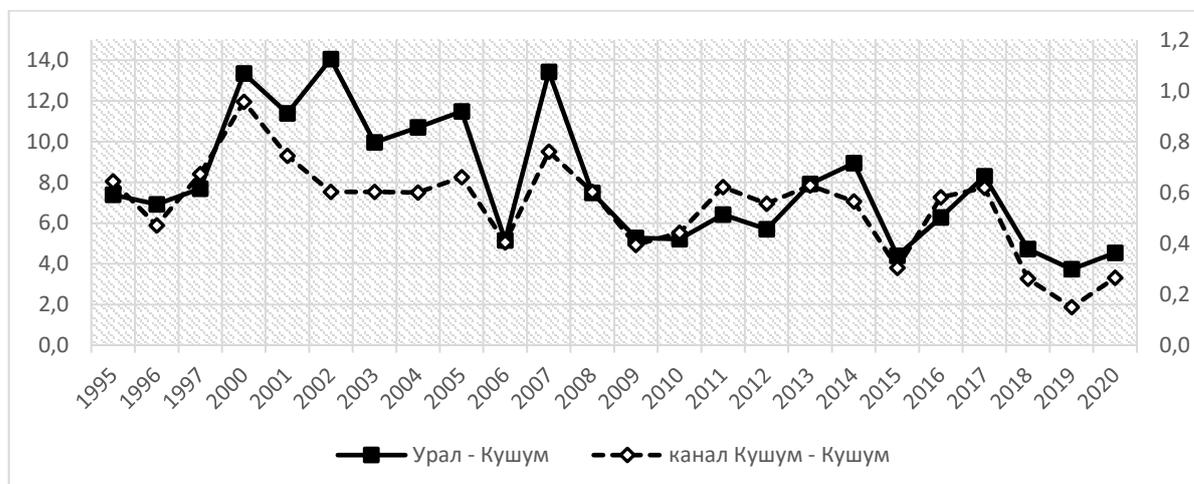


Рисунок 40 - Многолетняя динамика объемов воды в р. Урал (п. Кушум) и канале Кушум (п. Кушум), км³/год

Для трансграничного бассейна р. Урал актуальной проблемой остается определение величины допустимого безвозвратного изъятия речного стока ($W_{ди}$) – максимального объема воды, безвозвратно изымаемого из реки, при котором сохраняются условия устойчивого и безопасного функционирования водных и околоводных экосистем (Методические указания по разработке..., 2007). На основании расчетов, представленных в (Прохорова, Косолапов, 2011) отмечается, что на современном уровне фактическое безвозвратное изъятие стока в пределах российской части бассейна р. Урал значительно меньше допустимой величины (1225,38 млн м³) и составляет около 42 % от ее величины. Некоторое превышение фактического безвозвратного изъятия стока над допустимым наблюдается в маловодный год 95 % обеспеченности.

Авторская оценка величины допустимого безвозвратного изъятия речного стока проведена для двух створов исследуемого бассейна – Оренбург и Кушум (Таблица 46).

Из суммарного стока 2,42; 1,54 и 0,88 км³ при водности, равной 50, 75 и 95 % в качестве остаточного экологического стока в р. Урал (Оренбург) должен присутствовать объем в 2,25; 1,50 и 0,86 км³ и соответственно величина

Wди должна равняться 0,05; 0,04 и 0,02 км³. В итоге, возможный объем безвозвратного изъятия стока в г. Оренбург составляет около 2,4 % от объема годового стока, а объем экологического стока – в среднем 95 % в зависимости от водности года. Добавим, что по данным (Прохорова, Косолапов, 2011) фактическое безвозвратное изъятие стока в пределах российской части трансграничного бассейна р. Урал значительно меньше допустимой величины (1225,38 млн м³) и составляет около 42 %.

Таблица 46 - Допустимое безвозвратное изъятие стока в пределах бассейна р. Урал, км³

Наименование показателя	Год		Половодье (апрель-май)		Летне-осенняя межень (июнь-октябрь)		Зимняя межень (ноябрь-март)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Wди _{ср}	0,067	0,443	0,113	0,420	0,026	0,040	0,060	0,060
Wди _{25%}	0,077	0,540	0,132	0,495	0,036	0,052	0,073	0,076
Wди _{50%}	0,054	0,368	0,081	0,315	0,024	0,037	0,051	0,055
Wди _{75%}	0,036	0,258	0,041	0,222	0,013	0,025	0,039	0,031
Wди _{95%}	0,021	0,166	0,020	0,135	0,005	0,017	0,020	0,019
Wэк	2,803	8,437	1,687	4,790	0,394	2,530	0,590	1,070
Wэк _{25%}	3,223	10,280	1,958	5,645	0,548	3,268	0,711	1,354
Wэк _{50%}	2,256	7,002	1,199	3,595	0,371	2,323	0,500	0,975
Wэк _{75%}	1,504	4,922	0,609	2,528	0,203	1,575	0,385	0,599
Wэк _{95%}	0,859	3,164	0,300	1,535	0,071	1,053	0,198	0,331

Примечание: 1 – Оренбург, 2 – Кушум

Для решения проблем гарантированного обеспечения водными ресурсами, в регионах исследуемого бассейна ключевое значение имеет регулирование стока водохранилищами и прудами. В частности, русловое регулирование стока относится к числу наиболее распространенных и эффективных способов устранения дефицита водных ресурсов в маловодные годы и лимитирующие периоды. Водоохранилища относятся к ведущим факторам, перераспределяющим сток по времени и по территории. Однако само по себе перераспределение стока во времени не приводит к изменению средних многолетних значений стока. Общее снижение стока происходит за счет изменения взаимодействия между элементами водного баланса в пределах зон бассейна, подверженных влиянию водохранилища – зона затопления, зона подтопления и

прирусловая зона реки ниже створа плотины. Максимальная «перестройка» воднобалансовых соотношений происходит в пределах зоны затопления (дополнительное испарение с поверхности искусственного водоема) (Вуглинский, 1991).

В 1932 г. Гипроводом была начата разработка схемы комплексного использования водных ресурсов бассейна р. Урал, предусматривающей вопросы регулирования стока для водообеспечения новых промышленных центров на базе рудных месторождений Южного Урала. Первым для нужд Магнитогорского комбината был создан каскад из двух водохранилищ – резервного Магнитогорского (1931) и Верхнеуральского (1964). В период с 1958 по 1966 г. была заполнена чаша крупнейшего Ириклинского водохранилища с полным объемом 3,26 км³. К настоящему времени, максимальной долей гидротехнических сооружений с регулируемым объемом более 10 млн м³ характеризуются водохозяйственные участки верхнего течения р. Урал (Таблица 47, Рисунок 41).

Таблица 47 - Крупнейшие водохранилища в трансграничном бассейне р. Урал

№	Название	Год создания	Река	Площадь, км ²	Объем, млн м ³	Назначение
1	Верхнеуральское	1968	Урал	75,5	601,0	Вс
2	Магнитогорское	1939	Урал	33,4	189,0	Вс
3	Ириклинское	1959	Урал	260,0	3260,0	Рг, Рк, Рх,
4	Акъярское	2001	Ташла	7,8	49,4	Рк, Рх, Ор
5	Таналыкское	1996	Таналык	2,01	14,2	Вс, Рг, Ор
6	Маканское	1998	Макан	4,41	15,5	Рх, Рк
7	Бузавлыкское	2007	Бол. и Мал. Бузавлык	3,07	19,1	Вс
8	Верхне-Кумакское	1963	Бол. Кумак	12,7	48,0	Вс
9	Ушкоттинское	-	Ушкотта	2,8	10,0	Вс, Ор, Рх, Рк
10	Красночабанское	1978	Мендыбай	12,8	54,6	Ор
11	Сакмарское	2005	Сакмара	5,8	30,7	Рх, Рк
12	Зилаирское	1979	Зилаир	0,72	2,6	Рх, Рк
13	Куюргазинское	2007	Куяныш	1,44	7,3	Рх, Рк
14	Южно-Башкирское	2010	Бол. Юшатырь	6,28	32,0	Рх, Ор, Рк
15	Черновское	1986	Черная	12,6	52,7	Рх, Ор
16	Актюбинское	1988	Илек	81,3	245,0	Ор, Рх
17	Каргалинское	1975	Жаксы-Каргала	22,3	280,0	Ор, Рх
18	Чаганское	1965	Чаган	5,92	19,1	Вс
19	Ойсылкора	2012	Ойсылкора	4,0	22,0	Вс, Рк

Примечание: (Вс - водоснабжение, Ор – орошение и обводнение, Рк – рекреация, Рх – рыбное хозяйство, Рг – многолетнее регулирование стока)

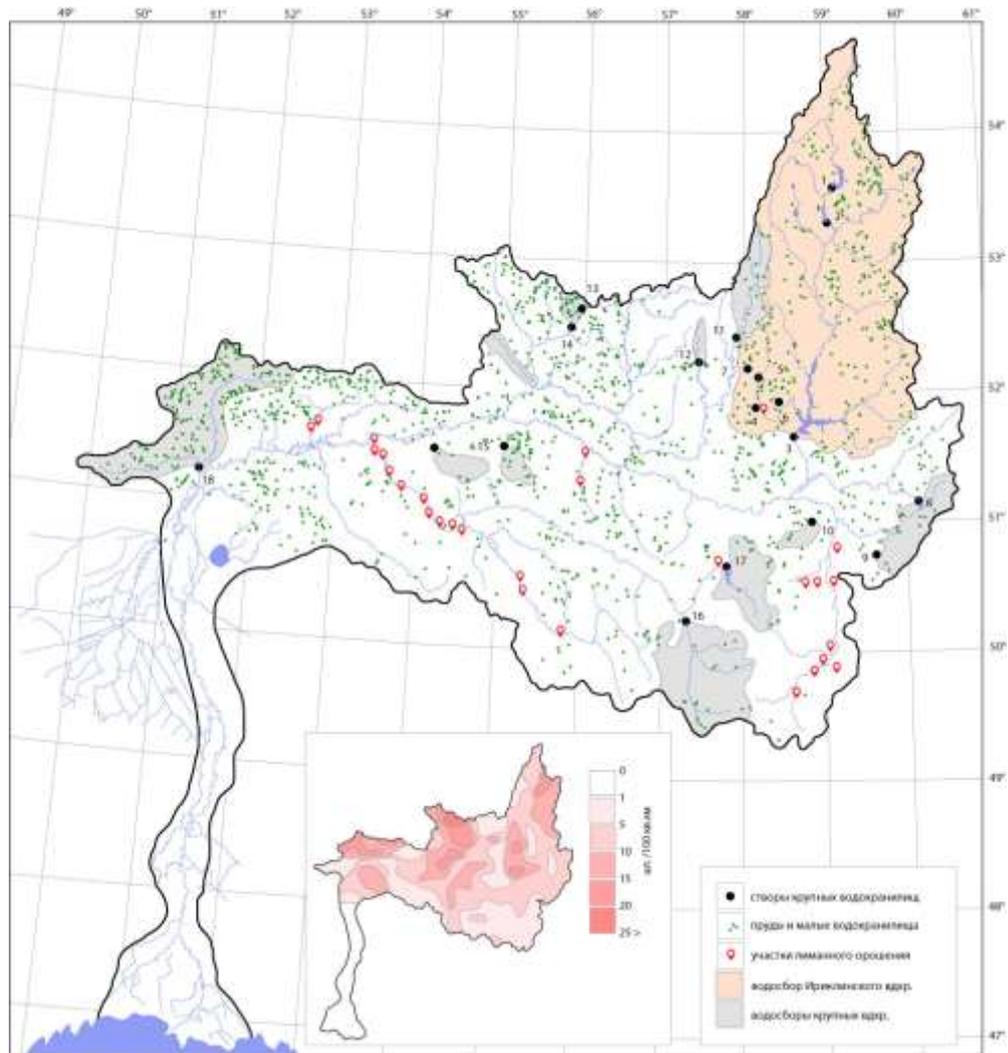


Рисунок 41 - Расположение крупнейших водохранилищ в трансграничном бассейне р. Урал. Нумерация соответствует Таблице 47. Карта-врезка: Плотность распределения прудов и малых водохранилищ (число/100 км²).

Развитие промышленного производства в регионах исследуемого бассейна в середине XX века совпало с периодом освоения целинных и залежных земель в Казахстане, Сибири, Поволжье и на Урале в 1954–1961 годах, что во многом определило характер и уровень изменений условий формирования стока. Необходимость использования пастбищных угодий, удаленных от постоянных водотоков, в том числе и в пределах приводораздельных пространств, стали главной причиной формирования систем водопойных прудов и малых водохранилищ. Как правило, подобные искусственные водоемы используются комплексно, помимо обеспечения нужд животноводства они

используются для орошения, рекреации, рыбозаведения и других целей (Гареев, 2001).

Результаты инвентаризации прудов и малых водохранилищ иллюстрируют (с использованием ГИС-технологий), что в бассейне р. Урал подобных водоемов насчитывается более полутора тысяч с максимальной плотностью в традиционных животноводческих районах (Рисунок 41). Для бассейна р. Урал это водосборы рек Чаган, Иртек, Заживная (среднее течение р. Урал), Салмыш, Большой Юшатырь и Большой Ик (предгорные степные и лесостепные равнины), Донгуз и Бердянка (Урало-Илекское междуречье), Таналык и Губерля (эрозионно-расчлененные предгорья Уральских гор), Гумбейка, Зингейка, Большая Караганка (левые притоки р. Урал, верхнее течение).

Таким образом, пруды и малые водохранилища являются неотъемлемым элементом степного природопользования и выполняют разнообразные хозяйственные функции в условиях неравномерного пространственного и сезонного распределения водных ресурсов (Павлейчик, Сивохиц, 2013).

Обобщая вышесказанное, отметим, что структура регулирования речного стока в бассейне р. Урал сформировалась в результате интенсивного промышленного и сельскохозяйственного освоения территории, главным образом на протяжении последних 60–70 лет. На современном этапе, при общем спаде гидротехнических и водно-мелиоративных работ, в Республике Башкортостан активно реализуются региональные программы по строительству водохранилищ для гарантированного обеспечения водными ресурсами засушливых территорий Зауралья (Акъярское на р. Ташла; Сакмарское, Бузавлыкское, Таналыкское и Маканское на одноименных реках и др.).

Создание водохранилищ сопровождается безвозвратным изъятием речного стока на заполнение мертвого объема, а также ежегодными потерями речного стока на дополнительное испарение с водной поверхности и с подтопленной территории. На уровень 1975 г. потери стока р. Урал на испарение с зон затопления и подтопления водохранилищ составляли 0,26 км³/год, а к 2000 г.

данные потери оценивались в $1,10 \text{ км}^3/\text{год}$ (с учетом ввода в строй новых водохранилищ) (Шикломанов, 1979). По разным оценкам, регулирование максимального стока водохранилищами способствует ежегодному сокращению водопотерь в нижнем бьефе – от $0,14$ (Пряхина, 2003) до $0,4 \text{ км}^3/\text{год}$ (Шикломанов, Веретенникова, 1977). В нижнем течении р. Урал (аул Отешкали Атамбаева (с. Тополи)) с регулированием стока (в первую очередь вследствие уменьшения непродуктивного испарения в пойме) связывают сокращение потерь стока в среднем на $0,3 \text{ км}^3/\text{год}$, в том числе в многоводные годы на $0,6-0,7 \text{ км}^3/\text{год}$ и в маловодные на $0,5-0,1 \text{ км}^3/\text{год}$ (Шикломанов, 1979).

Для водного режима р. Урал ключевое значение имеет Ириклинское водохранилище, осуществляющее регулирование стока верхнего водосборного участка (Чибилёв, Павлейчик, Дамрин, 2006). По степени использования речного стока Ириклинское водохранилище относится к водоемам с многолетним регулированием стока, полезный объем превышает среднегодовой сток в створе плотины ($W_n=2,8 \text{ км}^3$; $Q_n=1,3 \text{ км}^3/\text{год}$). Значительное превышение полезного объема позволяет достаточно эффективно устранять естественную неравномерность стока как внутри года, так и в многолетнем аспекте и избежать при этом нерациональной сработки водохранилища в маловодные периоды (Вуглинский, 1991). Водообмен в водохранилище происходит в среднем один раз в два года (объем годового стока в среднем $1,14 \text{ км}^3$ при объеме водохранилища $3,26 \text{ км}^3$), то есть его режим приближается к озерам слабой проточности. Структура многолетнего годового водного баланса водохранилища представлена ниже (Таблица 48).

Поверхностный приток является главным элементом приходной части водного баланса и включает основную и боковую приточность. Для Ириклинского водохранилища доля боковой приточности составляет порядка 33% ($0,5 \text{ км}^3/\text{год}$) (Вуглинский, 1991). Кроме того, для русловых водохранилищ в пределах степной зоны приток больше стока, что обусловлено превышением испарения над осадками.

Таблица 48 - Средний многолетний годовой баланс Ириклинского водохранилища (Вуглинский, 1991)

Водохранилище	Приход			Расход			Внешний водообмен, км ³
	Поверхностный приток, км ³ /год	Осадки		Сток, км ³ /год	Испарение		
		км ³	мм		км ³	мм	
Ириклинское	1,38	0,07	302	1,25	0,20	862	1,45

Современные оценки среднемесячного притока воды в Ириклинское водохранилище представлены в Таблице 49.

Таблица 49 - Многолетние характеристики среднемесячного притока воды (м³/с) в Ириклинское водохранилище (Многолетние характеристики притока..., 2017)

Месяцы	Сv	Макс	Вероятность превышения, %							Мин	Среднее
			5	10	25	50	75	90	95		
январь	0,71	29,6	16,7	13,5	9,7	6,5	3,74	1,37	0,66	0,37	7,28
февраль	0,71	22,4	15,9	13,1	9,35	6,04	3,12	1,1	0,5	0,29	6,72
март	1,25	122	46,5	31,5	17,2	8,88	4,81	1,37	0,66	0,32	14,4
апрель	0,78	1184	902	705	455	273	157	91,7	65,6	55,1	354
май	0,82	443	281	217	138	82,3	47,9	28,8	21,1	15,0	109
июнь	0,74	126	89,8	70,2	46,4	29,2	18,3	12,0	9,29	4,29	36,9
июль	1,53	270	107	45,9	23,3	16,3	10,3	7,01	4,03	1,55	26,9
август	2,46	477	84,9	34,2	18,1	10,7	6,67	4,32	3,36	2,11	24,1
сентябрь	0,79	73,6	40,6	31,4	20,3	12,4	7,44	4,67	3,53	2,37	16
октябрь	0,79	73,6	40,6	31,4	20,3	12,4	7,44	4,67	3,53	2,37	16
ноябрь	0,68	51,8	35,5	28,8	19,8	12,5	7,4	4,37	3,09	1,48	15,1
декабрь	0,67	39,6	20,9	17,0	12,3	8,54	5,37	2,83	1,68	0,76	9,58
Год сред	0,64	146	120	96,6	67,1	44,0	28,4	18,8	14,7	11,3	52,8

Среднегодовой общий приток в водохранилище за период 1978-2013 годов составляет 57,4 м³/с, что на 23 % больше, чем в предыдущий период 1946-1977 годы (46,8 м³/с). Наиболее значительное повышение притока характерно для декабря-марта – на 77-164 % выше по отношению к среднему за период 1946-1977. Статистически значимые положительные тренды характерны для августа-марта (Многолетние характеристики притока..., 2017).

Среднемноголетние данные по приходной и расходной составляющих водного баланса Ириклинского водохранилища, соответствуют началу предполоводной подготовки в марте, сопровождающаяся максимальными

попусками, снижающимися в апреле-мае. Соответственно, главным следствием регулирования является срезка пика весеннего половодья, смещение сроков максимальных расходов на предполоводный период и повышение расходов воды в меженные периоды. Таким образом, накопленные объемы воды весеннего половодья компенсируют незначительный приток на протяжении всех последующих сезонов.

Режим работы Ириклинского водохранилища в соответствии с действующими правилами эксплуатации имеет следующие особенности – в летне-осенний период водохранилище поддерживается на отметке НПУ 245,0 м для накопления избытков притока. В зимний период (1 ноября-1 апреля) водохранилище опорожняется до диспетчерской отметки 243,1 м на 1 апреля. Обращает внимание, что за последние 20 лет, водохранилище наполнилось до НПУ только один раз - в 2024 году. Максимальные отклонения от отметки в 245,0 м отмечались в катастрофически маловодный период 2009-2011 гг. (в среднем уровень не превышал 241,0 м), что еще раз доказывает, что роль Ириклинского водохранилища в дефиците стока р. Урал в нижнем бьефе преувеличена.

Также следует учесть, что сток р. Урал ниже плотины Ириклинского водохранилища пополняется за счет боковой приточности с засушливой равнинно-степной территории, занимающей 45660 км², или 55% от площади водосбора гидропоста Оренбург (82300 км²). Примерно треть этого объема (0,54 млн м³) принадлежит рр. Орь и Большой Кумак, замыкающим верхнее течение р. Урал. В итоге, к створу Оренбург (590 км ниже по течению) происходит удвоение объема стока р. Урал (3,21 млн км³) по отношению к объему воды, поступающему в Ириклинское водохранилище (1,65 млн км³) (Многолетние характеристики притока..., 2017).

Оценка вклада антропогенных факторов (в первую очередь многолетнего регулирования) в многолетнюю динамику водных ресурсов проведена для створов Оренбург и Кушум с использованием методики независимого восстановления годового и сезонного стока по регрессионным связям со стоком реки-аналога (р. Сакмара). Исходя из произведенных расчетов снижение

многолетних (1957-2020 годы) объемов стока за период после начала заполнения Ириклинского вдхр. в створе р. Урал (Оренбург) составило около 21 %; в пересчете на объем стока разница составляет 0,72 км³/год. Для р. Урал в створе Кушум объем стока за аналогичный период сократился на 20 % или на 2,1 км³/год. Основные факторы сокращения объемов речного стока – единовременные потери речного стока на заполнение мертвого объема Ириклинского водохранилища (0,09 км³/год) и ежегодные потери на испарение (0,04 км³/год) (Вуглинский, 1991).

Анализ кривых нарастающих сумм отклонения фактического от восстановленного (условно-естественного) стока иллюстрирует динамику изменения суммарного эффекта антропогенного воздействия (Рисунок 42).

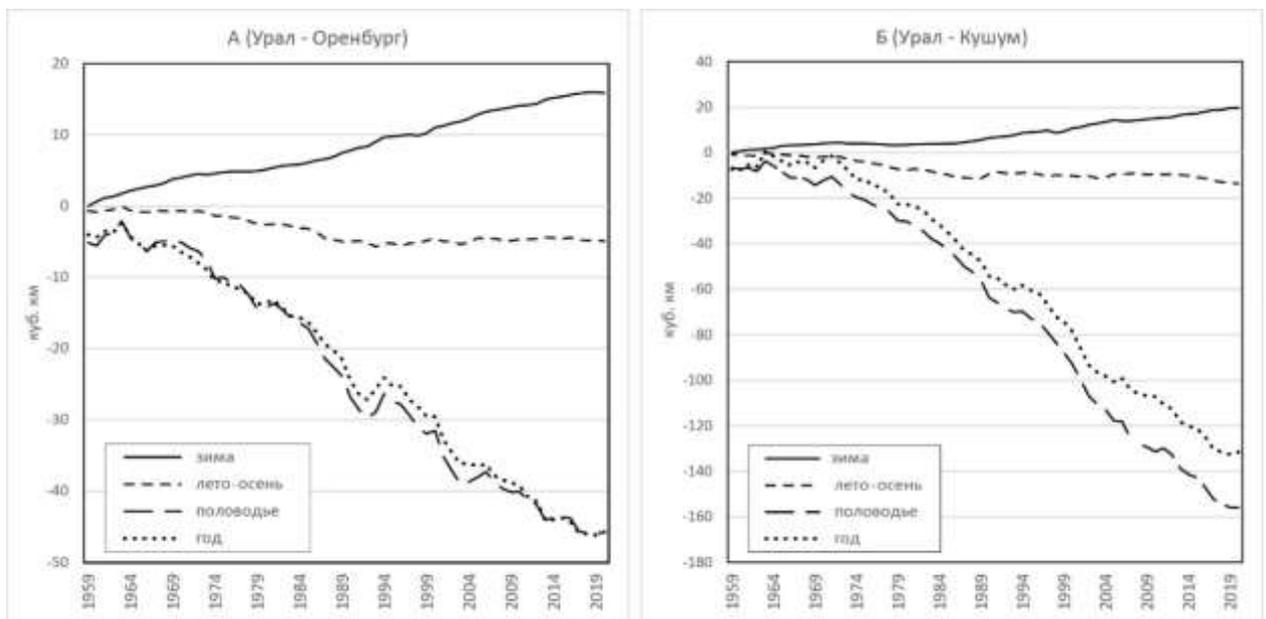


Рисунок 42 - Нарастающая сумма отклонений фактического годового и сезонного стока р. Урал от восстановленного (условно-естественного стока), км³

Суммарное влияние антропогенных факторов в максимальной степени сказывается на объемах стока весеннего половодья и годовом стоке в створе Оренбург (объем суммарного сокращения за период 1958-2020 гг. практически одинаков – около 45-46,0 км³), а также на стоке летне-осенней межени (5,0 км³). Положительная динамика характерна только для зимнего стока – 16 км³. Для створа Кушум максимальное сокращение стока за аналогичный период

характерно для стока весеннего половодья – 156,0 км³ и годового стока (131,5 км³), а суммарный эффект антропогенного воздействия на сток летне-осенней межени относительно невелик – 13,3 км³. Для зимнего периода установлен рост объемов стока – 19,7 км³.

В целом, аналогичные изменения годового и сезонного объемов стока в результате антропогенного воздействия установлено и для других рек Европейской территории России, в частности для рр. Волга и Дон. Так, за период 1930-2006 для стока весеннего половодья и годового стока рр. Волга и Дон выявлено максимальное сокращение, а наибольшим суммарным увеличением характеризуется зимний сток (бассейн р. Волга) и летне-осенний сток (бассейн р. Дон) (Георгиади, Коронкевич, Кашутина и др., 2016).

Таким образом, годовая и сезонная динамика ресурсов речного стока в трансграничном бассейне р. Урал обусловлена взаимодействием климатических и антропогенных факторов и их совокупным влиянием на параметры стока. В итоге, современные тенденции формирования водных ресурсов определяются изменениями составляющих водного баланса и параметрами природной среды в условиях интенсивного антропогенного преобразования поверхности водосбора. Сочетание данных факторов непосредственно влияет на гидрологическую функцию природных ландшафтов - процесс поступления воды в речную сеть с единицы площади и формируемое качество водных ресурсов. Для водосборных территорий степной зоны, в том числе и в пределах трансграничного бассейна р. Урал, обеспечение водно-ресурсных свойств природных ландшафтов осложняется значительной хозяйственной освоенностью, сопровождающейся формированием многоотраслевой системы природопользования в сопредельных государствах.

ГЛАВА 4. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

4.1. Общая характеристика пространственной организации природо- пользования

Относительно небольшие запасы ресурсов речного стока и их высокая временная изменчивость во многом определяют специфику хозяйственного освоения степной зоны. В тоже время, при размещении населения и хозяйства зачастую не учитывается водный фактор, что приводит к противоречиям между устойчивым социально-экономическим развитием территорий и сохранением экологического благополучия водных экосистем. Хозяйственная деятельность на водосборах рек непосредственно влияет на параметры геостока (по С.Д. Муравейскому), представляющего совокупность стока воды, наносов, химических веществ, биологических субстратов, тепла, отражающая условия формирования стока и перемещения по русловой сети (Ткачев, Булатов, 2002). На современном этапе острой и нерешенной проблемой остается оценка диффузного загрязнения рек и водоемов, пространственная специфика которого непосредственно зависит от структуры использования земель на водосборах (Ясинский, Кашутина, Сидорова, 2023).

Для трансграничных речных бассейнов наличие государственной границы зачастую определяет пространственную дифференциацию структуры природопользования, степень воздействия на природную среду антропогенных факторов, в экологических нормах и ограничениях, и как следствие в изменениях функционирования природных систем (Бакланов, Ганзей, 2008). В тоже время, для трансграничного бассейна р. Урал, в пределах российского и казахстанского участков, выделены типы природопользования, характеризующиеся идентичностью пространственной структуры и сходными

трансформационными процессами, влияющими на гидрологическую функцию степных ландшафтов

Визуализация пространственных особенностей трансформации поверхности водосбора р. Урал выполнена на основе среднемасштабного тематического картографирования отдельных видов использования природных ресурсов (Рисунок 43).

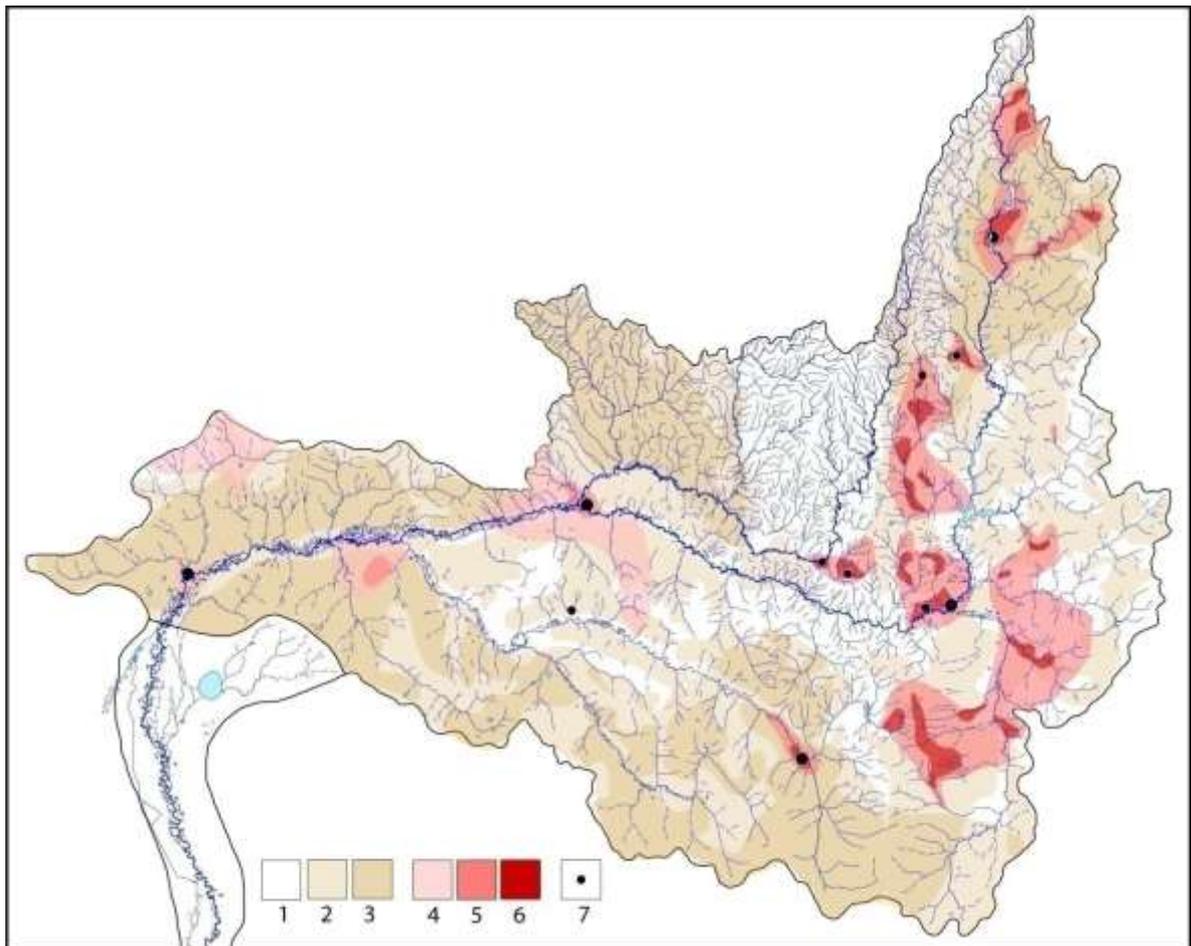
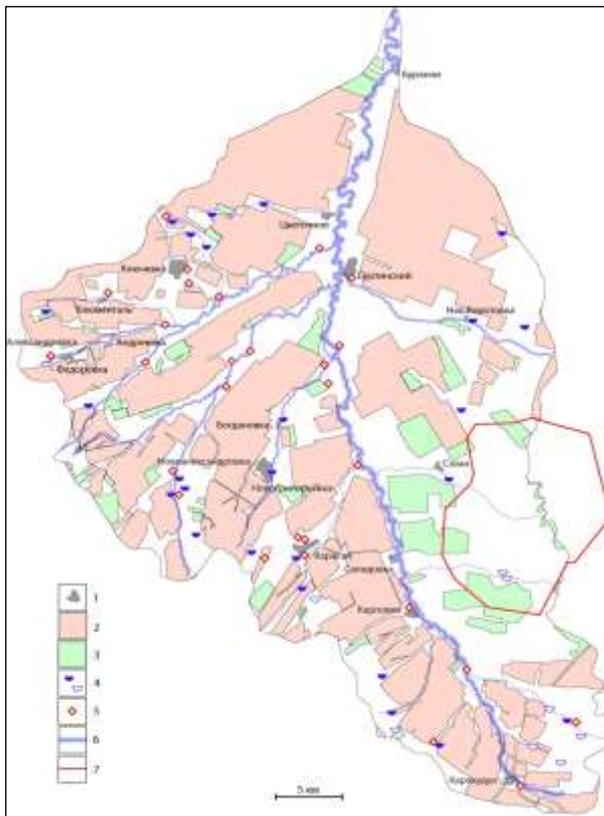


Рисунок 43 - Пространственная организация природопользования в пределах верхнего и среднего течения бассейна р. Урал: 1 – слабоосвоенные участки; 2 - участки развития фоновое (сельского хозяйства) природопользования; 3 – участки преобладающего развития фоновое (сельского хозяйства) природопользования; 4 – участки с сочетанием фоновое и индустриального природопользования; 5 – участки, характеризующиеся преобладающим развитием индустриального природопользования; 6 – участки развития промышленно-урбанистического природопользования; 7 – промышленные центры

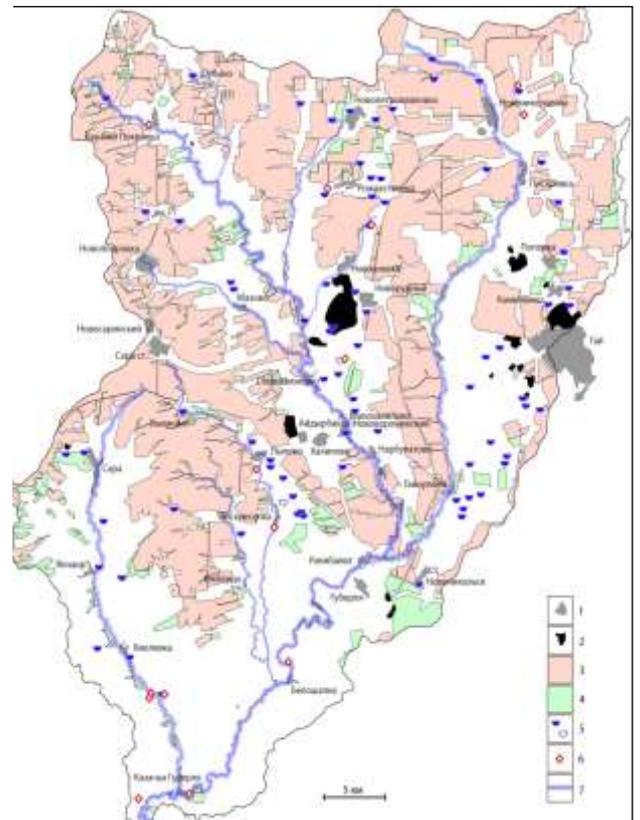
Для детальной иллюстрации пространственных особенностей природопользования в пределах степных водосборных территорий р. Урал, получены

схемы, отражающие современную структуру природопользования в бассейнах рек Буртя и Губерля (Рисунок 44).

Река Буртя – типичная степная равнинная река, левый приток р. Урал. Протяженность реки 95 км, площадь водосборной территории 1533 км². Наиболее освоенной является левобережная часть бассейна, где располагается большая часть населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий. Доля пахотных угодий составляет около половины площади бассейна (Таблица 50). В водоохранные зоны попадают окраины пахотных угодий, особенно это характерно для верховьев рек.



Река Буртя: 1 – населенные пункты; 2 – пахотные угодья; 3 – залежи; 4 – пруды, действующие и заброшенные; 5 – летние лагеря скота и фермы; 6 – водоохранные зоны рек; 7 – границы участка заповедника «Оренбургский».



Река Губерля: 1 – населенные пункты; 2 – объекты промышленной инфраструктуры (карьеры, промзоны предприятий); 3 – пахотные угодья; 4 – залежи; 5 – пруды, действующие и заброшенные; 6 – летние лагеря скота и фермы; 7 – водоохранные зоны рек.

Рисунок 44 - Пространственная организация природопользования в бассейнах рек Буртя и Губерля

Таблица 50 - Структура земельного фонда бассейна р. Буртя

	Площадь	
	км ²	% от площади бассейна
Общая площадь бассейна	1532,9	100
Сельскохозяйственные угодья:		
- пашня	740,4	48,3
- залежь	100,0	6,5
Заповедник «Оренбургский»	98,4	6,4
Земли населенных пунктов	8,7	0,6
Полигоны ТБО	0,6	0,04
Водоохранные зоны рек,	71,2	4,6
в т.ч. с/х угодья в водоохраных зонах:		
- пашня	4,8	0,3
- залежь	0,3	0,02

Согласно результатам экспедиционных исследований, на фоне современных процессов перестройки отраслевой структуры аграрного комплекса (сокращение поголовья скота) отмечается улучшение состояния пастбищных угодий, большая часть которых располагается в прибрежных частях рек и других элементов эрозионно-балочной сети. В частности, наблюдается активное восстановление степных и лугово-степных (придолинных) фитоценозов, сопровождающееся ростом биопродуктивности. Очаги деградации почвенного и растительного покровов преимущественно сохраняются вблизи населенных пунктов, мест летнего содержания скота. Также отметим, что в бассейне р. Буртя во второй половине прошлого столетия был опробован метод мелиорации пастбищно-сенокосных угодий. Это система обводнения пастбищ площадью около 17 км², состоящая из параллельно возведенных грунтовых валов протяженностью 6-7 км, расположенных поперек приречного склона. В настоящее время валы частично размыты, также наблюдается ухудшение качества угодий в результате осолонения почв в результате аккумуляции и поднятия к поверхности легкорастворимых солей.

Водосборная территория *реки Губерля* характеризуется более значительными (по сравнению с р. Буртя) параметрами пространственного и

вертикального расчленения ландшафтов. Долины рек врезаны в возвышенную древнюю поверхность выравнивания (Саринское плато), а низовья Губерли дренируют обширный эрозионно-мелкосопочный склон долины р. Урал. Протяженность реки составляет 138 км, площадь водосборной территории – 2400 км². Наиболее освоенными являются фрагменты Саринского плато, занимающие центральную часть водосбора, а также полого-увалистые равнины к северу от него.

Пахотные угодья формируют обширные массивы на водораздельных пространствах, по периферии, расчлененные верховьями балок и оврагов. Придолинные склоны характеризуется высоким вертикальным расчленением, связанным с эрозионным врезом рек Урал (в южной части водосбора), Губерля и ее притоков. Эти территории ранее активно использовались в качестве пастбищных угодий, а к настоящему времени большей частью представляют собой малоиспользуемые угодья. Площадные показатели, отражающие современную структуру земельного фонда в бассейне р. Губерля, приведены в Таблице 51.

Таблица 51 - Структура земельного фонда бассейна р. Губерля

	Площадь	
	км ²	% от площади бассейна
Общая площадь бассейна	2400,0	100
Сельскохозяйственные угодья:		
- пашня	914,9	38,1
- залежь	93,6	3,9
Земли населенных пунктов	32,1	1,3
Земли промышленных предприятий и карьеры	21,8	0,9
Водоохранные зоны рек,	125,0	5,2
в т.ч. с/х угодья в водоохраных зонах:		
- пашня	9,1	0,4
- залежь	3,3	0,1

Полученные данные позволяют сформулировать выводы о роли природных факторов в формировании современной структуры природопользования в пределах исследуемого бассейна. Так, при общей сельскохозяйственной

специализации в степных районах, для бассейна р. Губерля важными факторами размещения угодий являются особенности геолого-геоморфологического строения речных долин и наличие крупных промышленных производств с зонами отчуждения в виде действующих и отработанных карьеров, прудов-отстойников и др. Соответственно в бассейне р. Губерля отмечается пониженная доля пахотных угодий. Несмотря более сложный для возделывания земель рельеф, доля залежных земель от максимальной площади обрабатываемых земель (пашни + залежи) составляет 9,3 % и, в принципе сопоставима с аналогичным показателем по бассейну р. Буртя (11,9 %).

Результатом картографической визуализации пространственной структуры природопользования в трансграничном бассейне р. Урал стала разработка комплексной схемы, отражающей долю антропогенно-нарушенных территорий в границах частных водосборов; на основании данной схемы получены выводы о пространственных особенностях трансформации условий формирования речного стока в исследуемом бассейне (Рисунок 45).

Минимальной долей антропогенно-нарушенных территорий (до 10 %) характеризуются:

1. Западный макросклон низкогорного Урала и южная окраина Зилаирского плато – водосборные территории р. Сакмара (с притоком р. Большой Ик). Данный участок характеризуется высоким стокоформирующим потенциалом в пределах российской части исследуемого бассейна и соответственно имеет важнейшее эколого-гидрологическое значение.

2. Хребет Ирэндык – зона питания всех правобережных притоков р. Урал в пределах верхнего гидрографического участка (Малый и Большой Кизил, Янгелька, Большая Уртазымка, частично – Таналык). Стокоформирующий потенциал данной территории нивелируется незначительной дренированностью лесостепных ландшафтов и расположением в ветровой тени Уральских гор.

3. Приуральский (Урало-Губерлинский) придолинный мелкосопочник занимает транзитное положение, в связи, с чем в значительно меньшей мере влияет на параметры речного стока исследуемого бассейна. Является важным

элементом ландшафтно-экологического каркаса степной зоны в пределах среднего течения р. Урал (р. Губерля).

4. Северо-Мугоджарский холмисто-увалистый массив занимает верховья р. Орь – одного из крупных притоков р. Урал ниже створа Ириклинского водохранилища. Вместе с тем, несмотря на преобладание условно коренных ландшафтов, лимитирующим фактором формирования речного стока является недостаточное увлажнение.

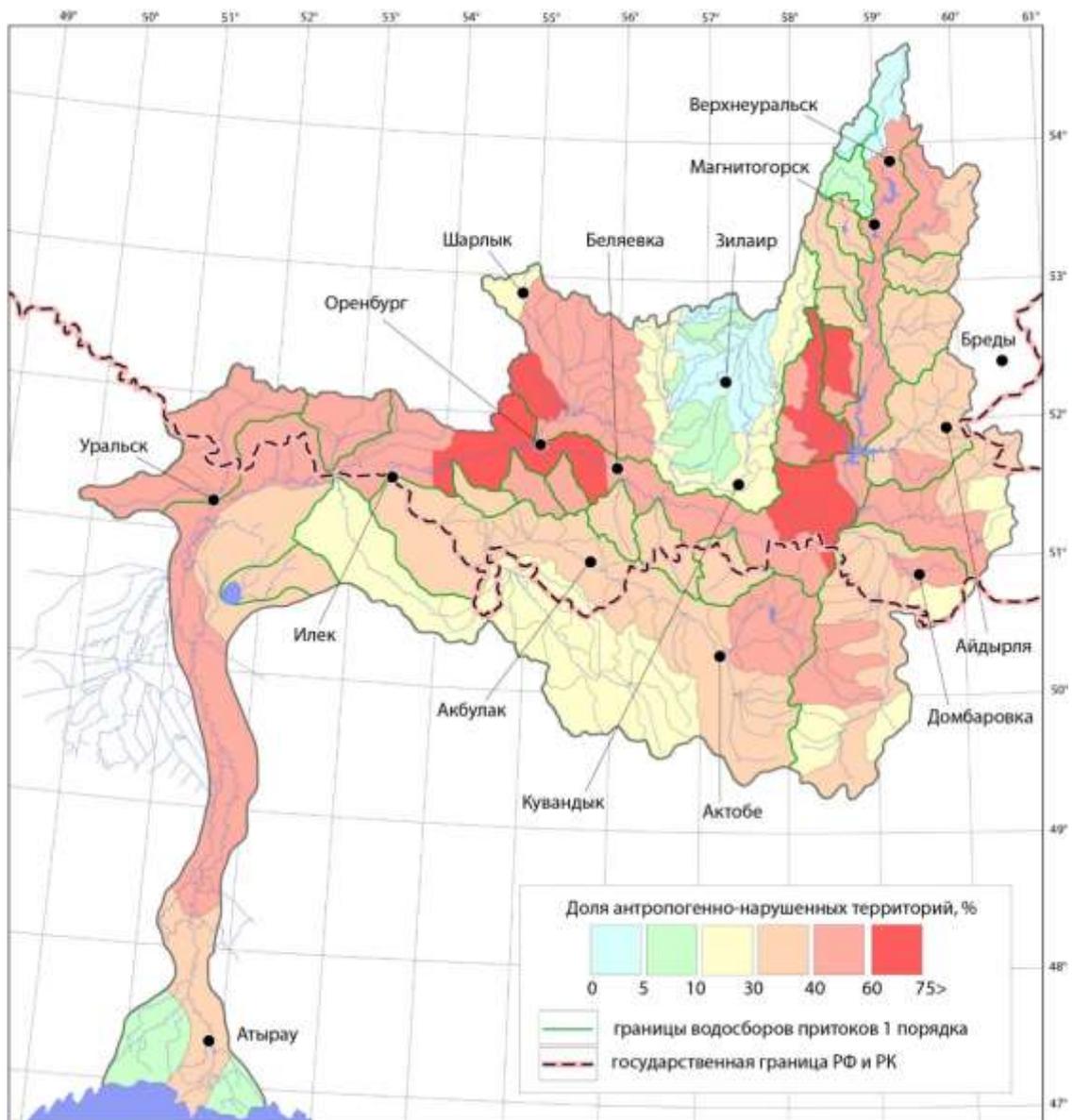


Рисунок 45 - Распределение антропогенно-нарушенных территорий в трансграничном бассейне р. Урал (в границах частных водосборов)

5. Восточно-Зауральский (Суундук-Кумакский) участок состоит из серии крупных по площади массивов степных территорий, непригодных для

хозяйственного освоения вследствие неполной развитости, засоленности, либо щебнистости почвенного профиля. Охватывает значительную часть бассейна р. Большой Кумак и, частично, р. Суундук.

Наиболее крупные ареалы со значительной долей антропогенно-нарушенных территорий (до 60 %) занимают водораздельные пространства среднего течения р. Урал (Илек, Утва) и приводораздельные участки левого склона долины р. Урал. Условно коренные ландшафты представлены здесь естественными пастбищными угодьями с непригодными для сельскохозяйственного производства разновидностями почв, их доля составляет 30-45 % от общей площади. Остальные земли заняты преимущественно пахотными угодьями.

Группу территорий с максимальной долей трансформированных ландшафтов (60-75 %) формируют крупные массивы земель сельскохозяйственного назначения. В верхнем течении бассейна антропогенно-модифицированные ландшафты (до широты р. Суундук), представляют собой обширные распаханые зауральские равнины, занимающие большую часть долины р. Урал, бассейны рек Таналык и Худолаз. В среднем течении «полоса» трансформированных ландшафтов, сформировалась южнее г. Орск и занимает долину р. Урал, водосборные территории рек Илек, Орь и др. В западной части водосборной территории р. Урал значительной долей трансформированных ландшафтов выделяется участок, включающий бассейн р. Салмыш и западный склон бассейна р. Сакмара, а также Урало-Илекское междуречье и нижний широкопойменный участок р. Урал. Для последнего антропогенная трансформация природных ландшафтов отмечается повсеместно, но характеризуется мозаичностью из-за слабосвоенных степных участков (солонцовых, песчаных, каменистых).

Таким образом, территория бассейна р. Урал характеризуется преобладанием трансформированных ландшафтов, включающих крупные целостные массивы пахотных угодий и очаги антропогенно-модифицированных участков в пределах горнопромышленных районов и селитебных территорий. Актуальность исследования пространственной организации природопользования в

пределах трансграничного бассейна р. Урал определяется необходимостью поиска эффективных решений задач комплексного использования и управления водными ресурсами на основе рационального использования природно-хозяйственного потенциала степных территорий.

4.2. Закономерности формирования территориальных систем расселения

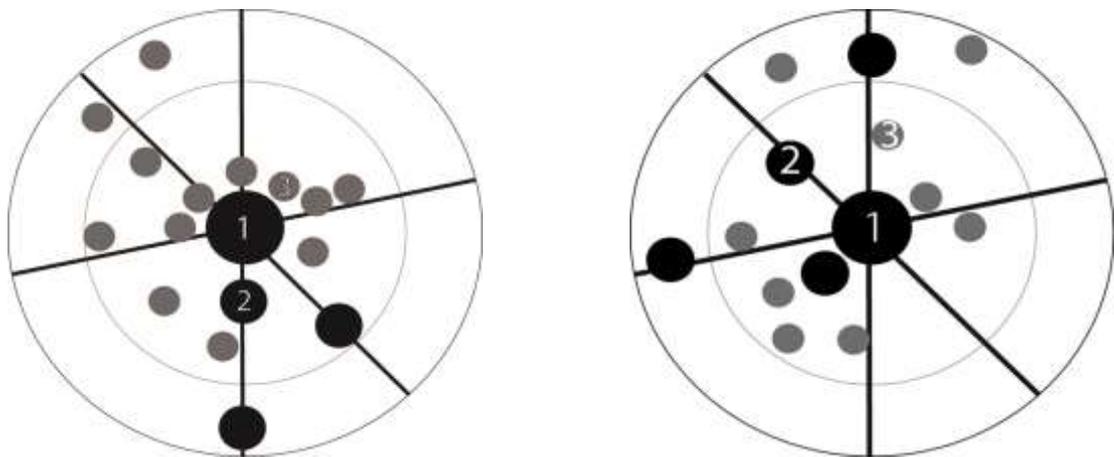
Селитебное освоение относится к ведущим факторам антропогенной трансформации водосборных территорий степной зоны. Актуализацию задач исследований систем расселения на основе географо-гидрологического подхода можно обозначить с нескольких позиций. С одной стороны, отсутствие гарантированных источников пресной воды надлежащего качества играет роль лимитирующего фактора в формировании и развитии территориальных систем расселения. В связи с этим, одним из подходов оценки обеспеченности водными ресурсами конкретной территории является расчет удельной водообеспеченности (тыс. м³/чел) (в зарубежной литературе - индекс Фалкенмарк). С другой стороны, конкретная система расселения, ее тип (компактный, дисперсный) и отраслевая специализация (аграрная, производственная и др.) определяет характер антропогенных изменений речных вод. Важно добавить, что неучёт региональных демографических и социальных особенностей в значительной мере объясняет существенные различия проектируемой и реальной отдачи различных водохозяйственных мероприятий (Географические направления в гидрологии, 1995).

Территория исследуемого бассейна начинает активно осваиваться с 30-х годов XVIII столетия, в связи заложением целого комплекса крепостных сооружений (Орская, Верхнеуральская, Губерлинская, Верхнеозерская и др.), которые были выбраны с учетом выгодности географического положения. В этот же период для обеспечения продовольствием местного населения начинает развиваться земледелие, чему способствовало наличие плодородных

целинных земель (Злобин, Поляков, 2006). Кроме того, с начала заселения края начинается освоение месторождения различных руд в бассейне р. Урал (рр. Таналык, Худолаз и др.). Историко-географическая идентичность формирования системы расселения в бассейне р. Урал отмечается в ходе аграрного освоения водосборных участков, особенно в XIX-XX столетии. В частности, после отмены крепостного права (1861 г.) и в период Столыпинской реформы (1911-1913 годы) интенсивно развивается земледельческое освоение приречных пространств с плодородными сельскохозяйственными угодьями. В конце XIX - начале XX веков в результате проведения новых мероприятий по переселению, значительное число крестьян из центральных губерний Российской империи активно начинает осваивать степные пространства, в том числе и в пределах бассейна р. Урал. Ведущим фактором расселения остается природный фактор, так как основным видом хозяйственной деятельности было сельское хозяйство.

К началу XX века, в пределах исследуемого бассейна сформировалась относительно устойчивая система расселения с доминированием дисперсной формы расселения, которая характеризовалась отсутствием общей инфраструктуры, транспортного сообщения и четкого межселенного взаимодействия. Подобный пространственный рисунок размещения населения в бассейне р. Урал сохранился вплоть до первой половины XX столетия, когда начинают формироваться новые системы расселения с отраслевыми производственными центрами, связанными с активным освоением минерально-сырьевых баз металлургической специализации (Сибай, Гай, Новотроицк, Хромтау). В итоге, в пределах бассейна р. Урал были сформированы региональные системы расселения, характеризующиеся линейно-узловой структурой, с основной осью расселения в придолинных участках р. Урал и крупных притоках. В дальнейшем основным вектором расселения в пределах исследуемой территории стало освоение новых и «старых» сырьевых баз с учетом возрастающих потребностей производственного сектора (Сивохиц, 2017).

В частности, территориальная система расселения регионального уровня сформировалась в восточной части бассейна р. Урал, в пределах трансграничного горнопромышленного района, где отчетливо выделяются две системы расселения – Орско-Новотроицкая (Российская Федерация) и Актюбинская (Республика Казахстан). Геопространственная специфика данных систем расселения определяется интенсивным развитием малых и средних городских поселений на фоне относительно рассредоточенного размещения сельских поселений (Рисунок 46).



А. Актюбинская региональная система расселения

Б. Орская региональная система расселения

Рисунок 46 - Пространственно-организационные модели региональных систем расселения в пределах трансграничного горнопромышленного района в бассейне р. Урал: 1 – полифункциональные центры I порядка; 2 – монофункциональные центры II порядка; 3 – сельские поселения с численностью населения > 500 чел.

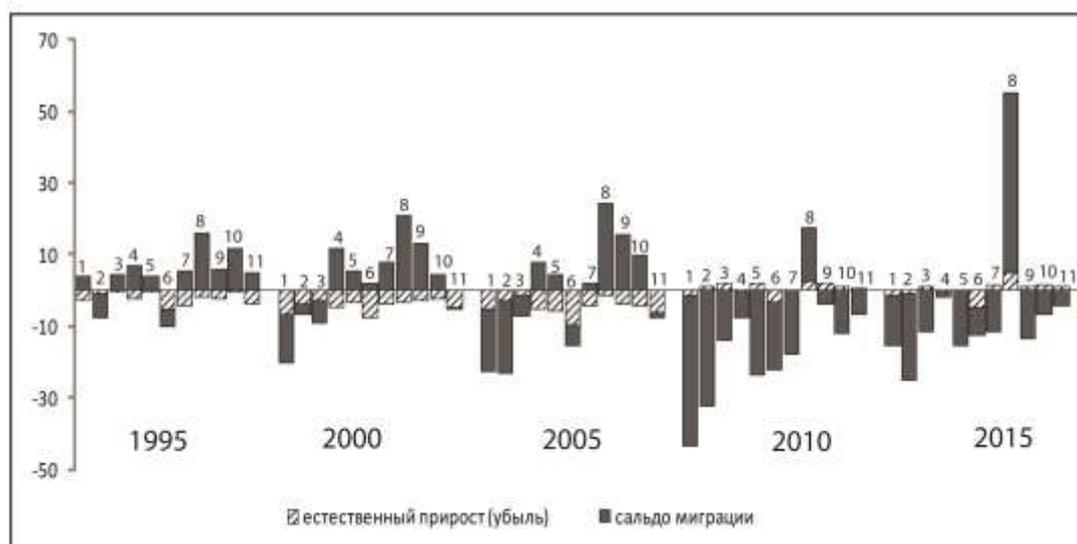
Необходимо добавить, что в пределах Актюбинской территориальной системы отмечается пространственная ориентация населенных пунктов в северо-западном направлении, что свидетельствует об определенной роли приграничных российских регионов (Оренбургская область) в интенсификации межселенных связей. В тоже время, отсутствие четких схем межрегионального взаимодействия в различных сферах сотрудничества между Оренбургской и Актюбинской областями не позволяет интегрировать две близкие по

пространственно-функциональной структуре региональные системы расселения в единую трансграничную систему расселения.

Несмотря на то, что большая часть населения в регионах трансграничного бассейна р. Урал проживает в городах, существенное значение для анализа региональных особенностей систем расселения имеет пространственная специфика сельских форм расселения. Масштабное освоение целинных земель степного Зауралья в XX столетии способствовало появлению новых сельских поселений и укреплению в пределах бассейна р. Урал компактной формы сельского расселения. В течение последних 50 лет общей тенденцией развития сельских форм расселения в пределах исследуемого бассейна является сокращение числа сельских поселений, обусловленное рядом факторов – государственной политикой укрупнения колхозов (1960-1970 гг.), социально-экономический кризис (1990-е гг.), сопровождавшийся депопуляцией и миграционной активностью сельского населения и др. Например, за период 1959-2010 гг. количество сельских поселений в Оренбургской области сократилось в 2 раза – с 3622 до 1707 (Чибилёв, Ахметов, Петрищев и др., 2015).

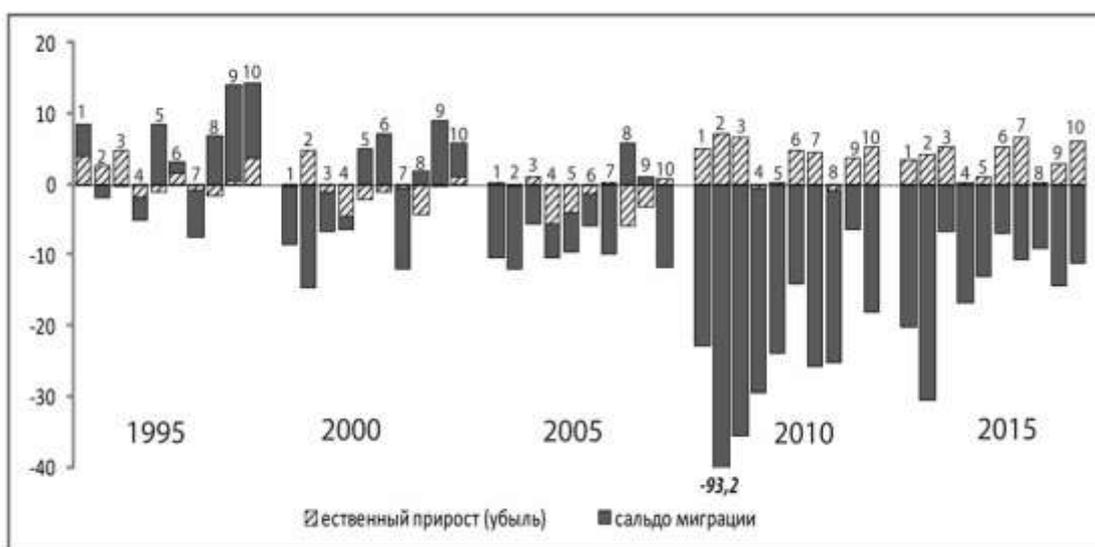
Для более детального анализа факторов трансформации системы сельского расселения проведен анализ пространственной специфики динамики численности населения в районах Оренбургской области, непосредственно примыкающих к государственной границе (приграничные) и районов, занимающих центральное положение в регионе (Рисунок 47).

Согласно Рисунку 47, период 1995-2005 гг. характеризуется положительным сальдо миграции в большинстве периферийных районов и отрицательным – в большинстве приграничных. Наиболее сложная ситуация (депопуляция населения и отрицательное сальдо миграции) наблюдалась в 2005 году в приграничных районах, за исключением Илекского муниципального района, который занимает выгодное транспортно-географическое положение.



А. Центральные районы трансграничного бассейна р. Урал:

1. Гайский. 2. Кваркенский. 3. Новорский. 4. Саракташский. 5. Тюльганский. 6. Шарлыкский. 7. Октябрьский. 8. Оренбургский. 9. Сакмарский. 10. Переволоцкий. 11. Новосергиевский.



Б. Приграничные районы трансграничного бассейна р. Урал:

1. Адамовский. 2. Ясенский. 3. Домбаровский. 4. Кувандыкский. 5. Беляевский. 6. Акбулакский. 7. Соль-Илецкий. 8. Илекский. 9. Ташлинский. 10. Первомайский.

Рисунок 47 - Компоненты прироста (убыли) численности населения районов трансграничного бассейна р. Урал (на примере Оренбургской области)

Последний 10-летний период характеризуется практически повсеместным отрицательным сальдо миграции (кроме, Оренбургского района) с максимальным оттоком населения в приграничном секторе трансграничного бассейна на фоне положительной динамики естественного движения в данных

районах. Значительный отток населения связан в первую очередь с кризисным состоянием в аграрном секторе, которое выступает главной местообразующей отраслью большинства сельских поселений. Даже более благоприятная демографическая ситуация в приграничных районах не компенсирует миграционный отток, в связи с чем данные районы характеризуются высокими темпами сокращения численности населения. Так, за последние 10 лет численность населения сократилась в Адамовском, Ясненском и Ташлинском районах на 25, 16 и 11% соответственно.

Существенным фактором пространственной трансформации системы сельского расселения является доминирование агломерационных эффектов, сопровождавшиеся «сжатием» и фрагментацией внегородского пространства (Семенов, Ахметов, 2015). Пространственная концентрация сельского расселения, обусловленная усилением агломерационных процессов, подтверждается анализом динамики плотности сельского населения в муниципальных районах Оренбургской области за последние 30 лет (Рисунок 48).

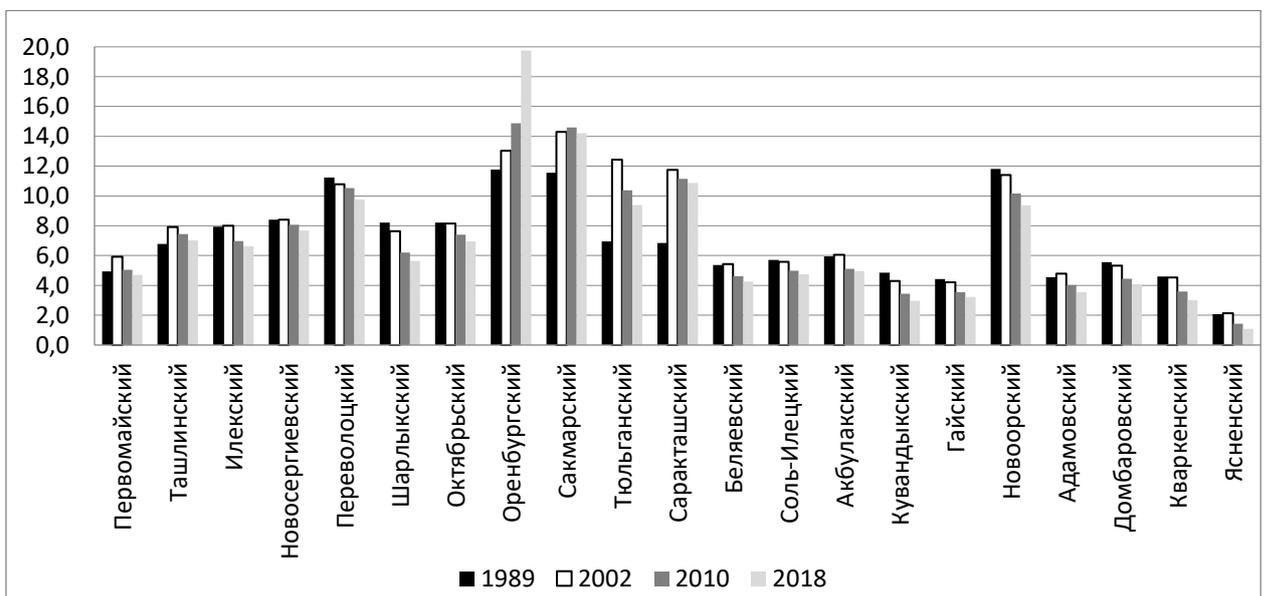


Рисунок 48 - Динамика плотности сельского населения Оренбургской области (Запад-Центр-Восток)

Согласно полученным данным, в исследуемом регионе отмечается общая тенденция повсеместного сокращения плотности сельского населения, с региональными различиями, обусловленные природно-зональными и социально-

экономическими условиями. В целом, средняя плотность сельского населения в районах трансграничного бассейна снизилась с 7,7 чел/км² в 2002 году до 6,8 чел/км² в настоящее время. Исключением является Оренбургский район, в пределах которого плотность сельского населения отличается тенденцией стабильного роста – значения данного показателя увеличились с 11,8 чел/км² в 1989 г. до 19,7 чел/км² в 2018 г. Как было отмечено выше, основными осями расселения, особенно на начальных этапах, аграрного освоения стали долино-приречные участки р. Урал и крупных притоков (Таблица 52).

Таблица 52 - Характеристика систем сельского расселения в долине р. Урал

Регион	Классификация сельских населенных пунктов по численности населения										Всего	
	< 100		100-500		501-1000		1001-2000		2001 и >		Кол-во	%
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%		
Республика Башкортостан	0	0	4	40	4	40	2	20	0	0	10	100
Челябинская область	1	4	13	50	4	15	5	19	3	12	26	100
Оренбургская область	6	8	28	38	8	11	17	25	13	18	72	100
Западно-Казахстанская область	7	11	13	20	15	24	20	31	9	14	64	100
Атырауская область	4	9	1	2	9	21	11	26	18	42	43	100

Максимальное количество сельских поселений в долине р. Урал отмечается в Оренбургской и Западно-Казахстанской областях. Но, если в Оренбургской области в долине трансграничной реки распространены села с численностью населения до 500 человек, то в Западно-Казахстанской области доминируют крупные сельские поселения (1000-2000 и более человек). Укрупнение сельских поселений в нижнем течении р. Урал связано с ключевой ролью

придолинных ландшафтов для формирования систем расселения в условиях слаборасчленённых сухостепных и полупустынных территорий. Расчет доли населения в долине р. Урал от общей численности сельского населения также подтверждает данную специфику расселения в нижнем течении р. Урал. В частности, в муниципальных районах Западно-Казахстанской области значения данного показателя изменяются от 36 % в Бурлинском и 40% в Теректинском районах до 51 % в Байтерекском и 75 % Акжайкском районах.

Региональная особенность размещения населения в трансграничном бассейне р. Урал - наличие территориальной диспропорции, проявляющейся в снижении плотности сельского населения в юго-восточном направлении (Рисунок 49).

Высокая плотность населения наблюдается в российской части бассейна, в пределах верхних и средних участков р. Урал, что объясняется взаимодействием целого комплекса факторов – историей хозяйственного освоения, оптимальными природными и социально-экономическими условиями, выгодным географическим положением к районам сбыта и др.

Такие характеристики пространственного рисунка сельского расселения как плотность населения, густота и размер сельских поселений подчиняются зональным закономерностям. В настоящее время, на фоне практически повсеместного сокращения сельского населения, происходит формирование «очагов» высокой плотности сельского населения и густоты поселений. В частности, ареалы максимальной концентрации сельских населенных пунктов наблюдаются в муниципальных районах верхнего течения р. Урал, в пределах Республики Башкортостан, где в условиях горно-лесостепного Зауралья сельскохозяйственное освоение началось еще в середине XVIII века. Кроме того, увеличению густоты сельских поселений и соответственно очаговому расселению способствуют и интенсивные агломерационные процессы в регионах трансграничного бассейна.

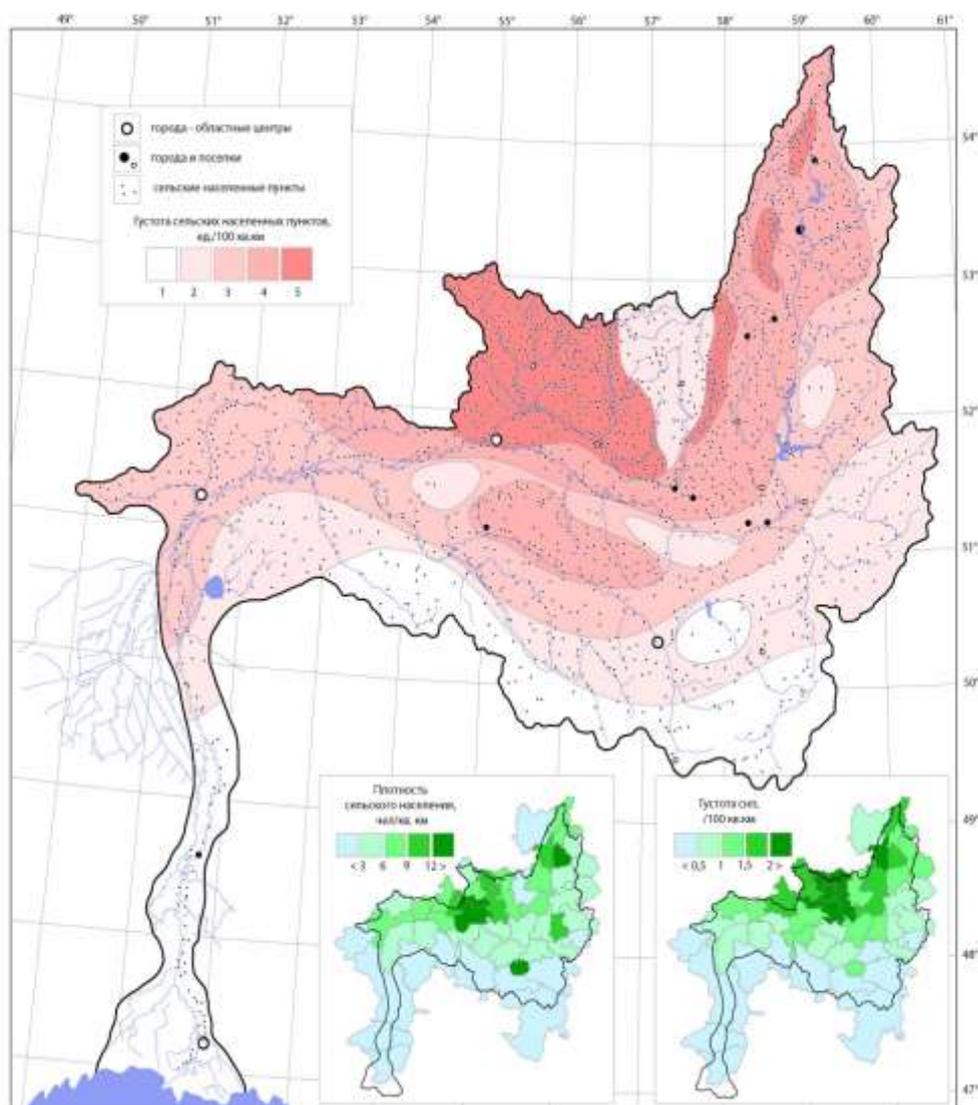


Рисунок 49 - Плотность сельского населения и густота сельских населенных пунктов в трансграничном бассейне р. Урал

Несмотря на наличие общих пространственных закономерностей, обращает внимание региональная специфика территориальных систем сельского расселения, о чем свидетельствует пространственный анализ динамики людности и размера сельских поселений в российских и казахстанских регионах бассейна р. Урал. Для оценки устойчивости сельских систем расселения проведен анализ динамики людности сельских поселений за последние 5 лет в пределах приграничных районов бассейна р. Урал – Первомайский, Ташлинский и Илекский (Оренбургская область), и Байтерекский, Теректинский и Бурлинский (Западно-Казахстанская область) (Рисунок 50).

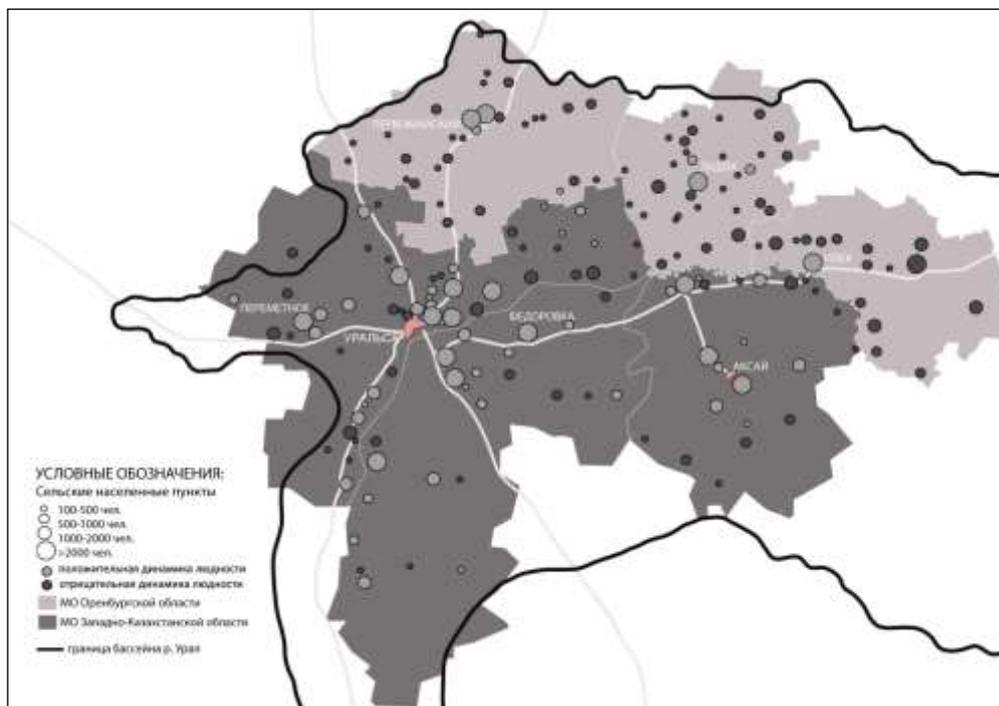


Рисунок 50 - Территориальная система сельского расселения в приграничных муниципальных районах Оренбургской и Западно-Казахстанской областей

Следует отметить, что современная территориальная система сельского расселения данных районов сформировалась в практически идентичных природных и социально-экономических условиях – расположение в право- и левобережных частях долины р. Урал, транспортная инфраструктура, сельскохозяйственная специализация и др. Но, несмотря на схожие условия, анализ динамики численности населения иллюстрирует различную степень устойчивости.

В большинстве сельских поселений приграничных районов Республики Казахстан, особенно средних и крупных по численности населения (>500 чел.), отмечается положительная динамика и соответственно данная приграничная система расселения характеризуется достаточно высокой степенью устойчивости. К основным факторам относятся – благоприятная демографическая ситуация (естественный прирост в ЗКО равен 11 на 1000 чел.), близость к административному центру (г. Уральск), более диверсифицированная отраслевая структура хозяйства, оптимальные физико-географические условия долинно-приречных участков для расселения и др.

В российской части трансграничного бассейна р. Урал, в пределах Оренбургской области, наоборот, преобладают процессы разукрупнения сельских населенных пунктов, что подтверждают результаты анализа многолетней динамики структуры сельского расселения (Таблица 53).

Таблица 53 - Изменение региональной структуры сельского расселения в бассейне р. Урал (на примере муниципальных районов Оренбургской области (по состоянию на 2010 год к 1979 году)

Районы	Общее количество снп, %	В том числе с людностью (чел.), %					
		10 и менее	11-50	51-200	201-500	501-1000	>1000
Приграничные районы							
Илекский	-12	0	0	0	-500	25	-43
Акбулакский	-17	0	67	-19	-138	-10	-50
Кувандыкский	-35	40	47	-56	-121	-17	-150
Домбаровский	-4	0	50	67	-88	0	0
Ясненский	0	0	50	56	-250	0	0
Центр							
Оренбургский	-18	0	-100	-46	-38	-75	-43
Саракташский	-16	20	17	-53	-21	-10	-50
Октябрьский	-35	50	-117	-89	-21	-17	-150
Сакмарский	-13	0	62	-60	-100	0	0
Перволюцкий	-14	0	0	-80	-20	0	0

В целом, данные изменения региональной системы расселения свидетельствуют о процессах сжатия сельского пространства, характерного для большинства регионов Европейской России (Нефедова, 2012). Важнейшим фактором изменения сельского пространства, как отмечает Т.Г. Нефедова, стало значительное снижение государственного участия в сельскохозяйственном производстве, что в свою очередь определило экономическую поляризацию в регионах на фоне длительной депопуляции сельской местности. В принципе, данное утверждение применимо и для регионов казахстанского сектора трансграничного бассейна. Кроме того, существенной причиной сжатия и поляризации сельского пространства в постсоветский период стал миграционный отток русскоязычного населения, в т.ч. и в районы Оренбургской области (Сивохиц, 2018а).

В заключение, отметим, что одним из серьезных последствий трансформации системы сельского расселения является изменения пространственного

рисунка территориальной организации фонового (аграрного) природопользования в пределах трансграничного бассейна р. Урал. С одной стороны – формируются хорошо выраженные локальные очаги интенсивной сельскохозяйственной деятельности (трансформация водосборных территорий), с другой – формируются обширные межцентровые пространства, в которых либо происходит смена типа землепользования (Лухманов, 2001), либо образуются значительные площади малоиспользуемых земель. Очевидно, что подобные трансформационные процессы оказывают определенное влияние на условия формирования ресурсов речного стока и их современное состояние.

Следует учесть, что освоение территории предполагает формирование не только региональных систем расселения, но и развитие транспортной инфраструктуры, обеспечивающей потребность в перевозке населения и грузов между населенными пунктами и промышленными центрами. Линейные объекты транспортной инфраструктуры (автомобильные и железные дороги, трубопроводы, линии электропередач) и их использование формирует повсеместно распространенные техногеосистемы (ТГС). Влияние транспортных ТГС на параметры поверхностного стока заключается в следующем: формирование линейно-площадных очагов загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами; трансформация (изменение направлений и затруднение) поверхностного стока, концентрация стока, образование локальных замкнутых понижений, подтопление населенных пунктов и др.

Характерной чертой расположения магистральных дорог является расположение значительной их части по террасам и прилегающим (прибровочным) частям коренных склонов, что соответствует расположению крупных населенных пунктов и промышленных центров, находящихся в непосредственной близости от главных водотоков (Рисунок 51).

Подобное расположение дорожной сети приводит к линейно-стремительному характеру поверхностного стока и переносимых с ним загрязняющих веществ. Учитывая, что ареалы загрязнения от выхлопов транспорта

распространяются на расстояние до 300 м и более, то данные участки долины являются наиболее экологически проблемными территориями.

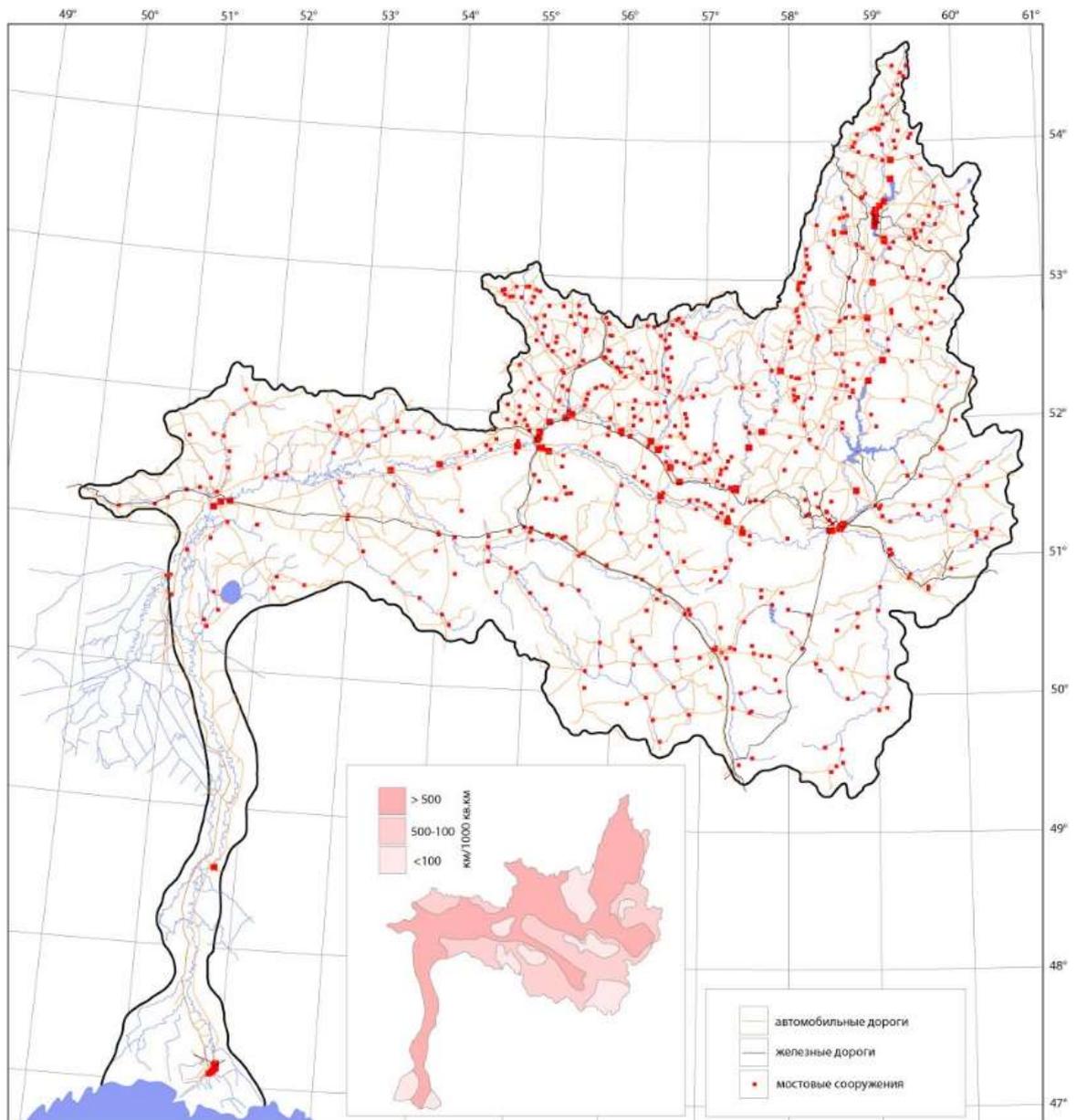


Рисунок 51 - Объекты транспортной инфраструктуры в бассейне р.Урал

Таким образом, территориальная система расселения в пределах трансграничного бассейна р. Урал, характеризуется относительной устойчивостью на фоне современной трансформации структуры фонового (аграрного) природопользования. Максимальные показатели людности городских и сельских поселений характерны для долинно-приречных участков трансграничной р. Урал и крупных инфраструктурных узлов, что обусловлено взаимодействием рядом факторов - благоприятными природными и социально-экономическими

условиями, длительной исторической общностью территориальной организации природопользования в условиях единого государства и др. В тоже время обращает внимание отсутствие устойчивых межселенные связей в пределах приграничных систем расселения российских и казахстанских регионов. Подобная межрегиональная дезинтегрированность подтверждает необходимость разработки актуальных программ межгосударственного взаимодействия, направленных на активизацию различных форматов сотрудничества на региональном и муниципальном уровне.

4.3. Динамика территориальной структуры сельскохозяйственного природопользования

Преобладающее развитие аграрного сектора отражает зональную специфику степных ландшафтов и относится к отраслям фонового природопользования, основанного на территориально широком использовании естественных ресурсов (Рунова, Волкова, Нефедова, 1993). В целом, природно-зональные условия определили пространственную специфику фонового природопользования в бассейне р. Урал, прежде всего на начальных этапах освоения, вплоть до середины 50-х гг. XX столетия. Районы доминирующего развития растениеводства соответствовали распространению зональных типов почв (различных подтипов черноземов), а районы традиционного животноводства охватывали более южные засушливые степные ландшафты на темно-каштановых почвах, преимущественно в казахстанской части исследуемого бассейна (Рисунок 52).

Характерно, что для земледельчески освоенной части исследуемого бассейна в условиях недостатка пастбищных угодий под чрезмерной пастбищной нагрузкой претерпели трансформацию земли не пригодные для распашки – элементы эрозионно-речных, холмисто-увалистых и низкогорных геосистем.

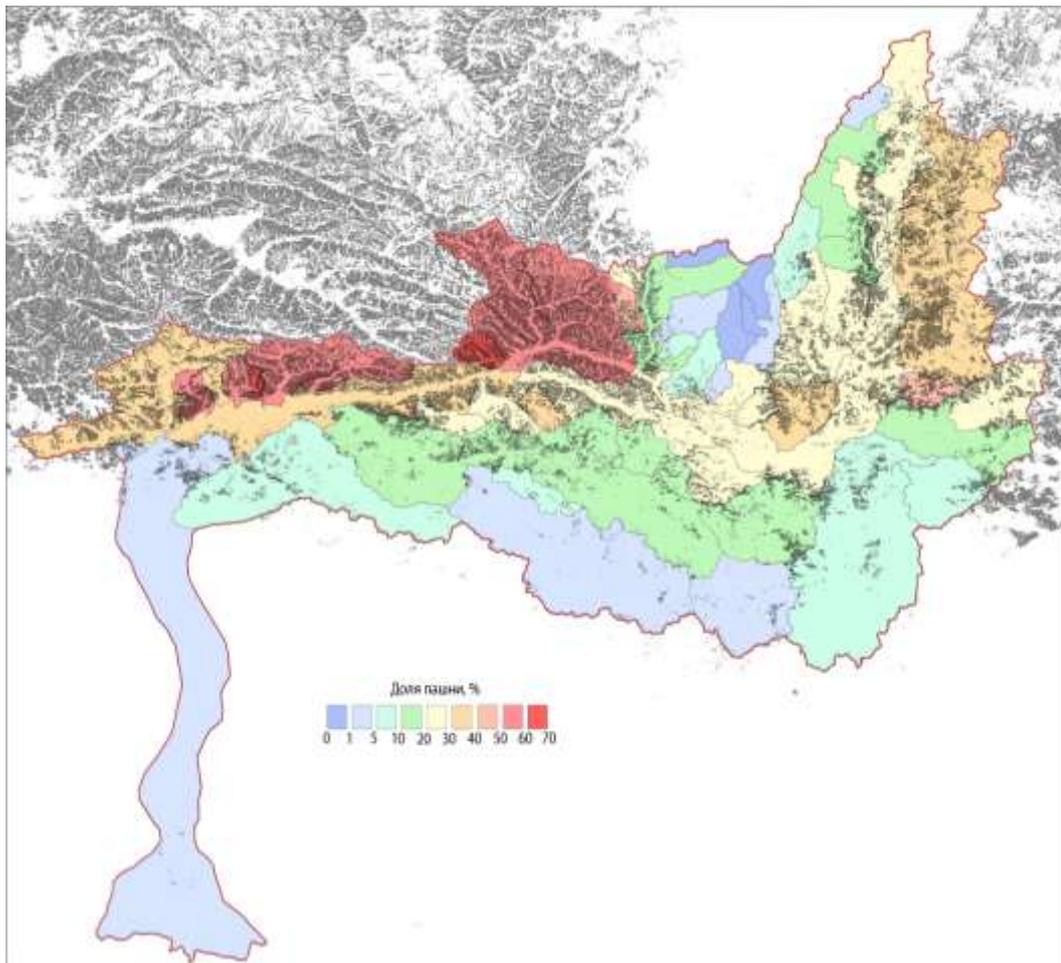


Рисунок 52 - Доля возделываемых пахотных угодий в трансграничном бассейне р. Урал (в границах частных водосборов)

В итоге, пространственная организация сельскохозяйственного природопользования в бассейне р. Урал характеризуется значительной отраслевой дифференциацией. Вместе с тем, необходимо отметить, что в отличие от других трансграничных территорий азиатской части России (Ганзей, 2004), для территории бассейна р. Урал характерен длительный период синхронного аграрного освоения, особенно в пределах приграничных степных участков, что обусловлено следующими факторами: идентичностью природно-зональных условий, что отразилось на специализации фонового природопользования с доминированием растениеводства в районах распространения черноземов южных и животноводства в более засушливых районах (темно-каштановые почвы); историко-географической и этнокультурной идентичностью придолинных участков р. Урал; геополитической идентичностью - в течение

длительного периода территория исследуемого бассейна была частью единого государства (освоение целинных земель в 50-60 х годах) (Сивохип, 2018б).

Особенностью земледельческого освоения в бассейне р. Урал стало вовлечение в пахотный оборот обширных массивов в период целинной кампании (1954-1965 годы) вдоль южной границы пахотной пригодности, охватывающие в том числе территории со малопродуктивными почвами, сложными к возделыванию и испытывающими впоследствии негативные процессы (эрозия, засоление, снижение запасов гумуса и др.). В постсоветский период в пределах исследуемого бассейна произошла значительная трансформация сельскохозяйственного природопользования, как в российских регионах, так и в Республике Казахстан. По статистическим данным в зоне рискованного земледелия в Оренбургской области к началу XXI века стихийно выбыло от 10 до 30 % посевных площадей, в Западно-Казахстанской и Актюбинской областях – до 60-70 %. Возделывание целинных земель в постсоветский период было прекращено в первую очередь, в связи с чем в приграничной зоне образовались обширные массивы неиспользуемых земель.

На снижение интенсивности аграрного производства оказали влияние как общие факторы (социально-экономических кризис, депопуляция и отток населения из сельской местности, деградация почв и др.), так и внутрирегиональная специфика. Например, важным фактором изменения сельскохозяйственного производства в российской части бассейна стало значительное уменьшение государственного участия, что в итоге привело к экономической поляризации хозяйствующих субъектов (Нефедова, 2012). В регионах Республики Казахстан, в середине 90-х годов, была проведена оптимизация сельскохозяйственного производства, включающая в том числе изменение структуры использования сельскохозяйственных земель. В частности, из оборота выведены низкопродуктивные агроземы, использование которых в условиях рыночной экономики лишено экономической целесообразности. В итоге, можно констатировать, что наиболее серьезные изменения произошли в структуре фонового природопользования в

казахстанской части бассейна р. Урал, что связано с масштабной перестройкой аграрного сектора в соответствии с природно-зональными условиями сухих степей и значительными социально-экономическими преобразованиями аграрного сектора.

Пространственные особенности динамики пахотных угодий в разрезе водосборных территорий исследуемого бассейна представлены на Рисунке 53.

Для большинства водосборных территорий за рассматриваемый период наблюдалось сокращение пахотных угодий. В среднем распаханность водосборных территорий сократилась не более чем на 10%, превышения этого значения отмечены на водосборах некоторых левобережных притоков р. Урал (Бердянка, Донгуз, Урта-Буртя и Буртя) и в верхнем секторе уральского бассейна – водосборы рек Сакмара (до Сакмарского водохранилища), Янгелька, Зингейка и Таналык.

Ввиду изначально невысокой распаханности в горнолесной и сухостепной частях бассейна соотношение долей пашни в рассматриваемые годы было наиболее заметным (пунксы на Рисунке 53). Рост площадей пашни к 2019 году отмечен в наиболее распаханых водосборах (с долей пашни более 50% от площади водосбора); это некоторые правобережные притоки южных склонов возвышенности Общий Сырт (Кинделя, Иртек, Елтышовка), восточных склонов Общего Сырта и возвышенностей Предуралья (Салмыш, нижнее течение Сакмары, Юшатырь, Накас, Ташла), а также единственная из рек Зауралья р. Суундук.

Более подробно особенности динамики пахотных угодий рассмотрены на примере ключевых бассейнов (рр. Буртя, Губерля, Большая Хобда) с применением разновременных снимков Landsat и верификацией результатов экспедиционными исследованиями. В частности, интенсивное земледельческое освоение территории бассейна р. Большая Хобда началось в 50-е гг. XX столетия, в период проведения целинной кампании. В итоге, к середине 80-х годов доля пашни в структуре земельных угодий в бассейнах рр. Большая и Малая Хобда

достигла максимальных значений - 32 и 40 % соответственно (Рисунок 54, Таблица 54).

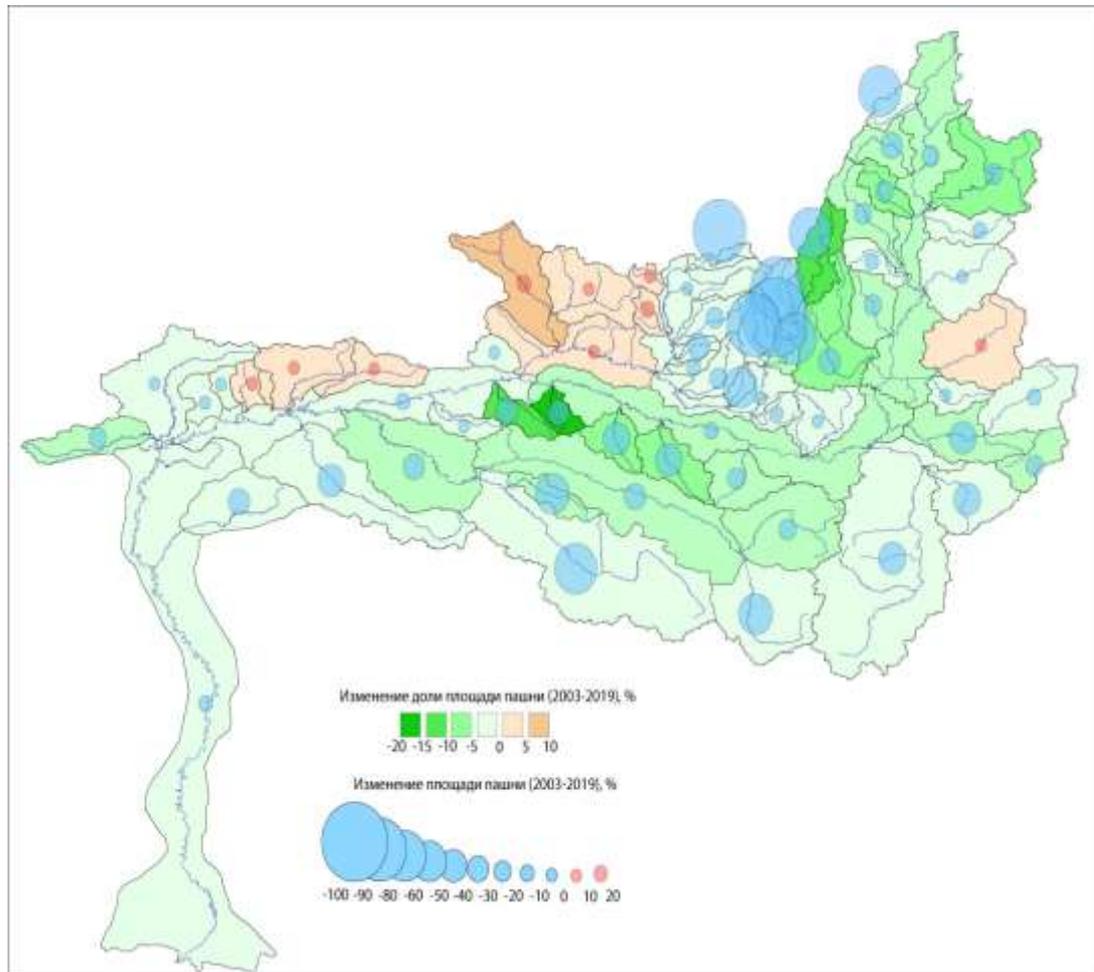


Рисунок 53 - Динамика пахотных угодий в трансграничном бассейне р. Урал (2003-2019 гг.)

Проведенный анализ динамики пахотных угодий в бассейне реки Большая Хобда позволяет сделать следующие выводы: пространственный рисунок угодий соответствует морфометрическим особенностям водосборных территорий исследуемых рек; максимальное сокращение площади пашни характерно для периода 1995-2007 гг.; в настоящее время, несмотря на отмечаются разнонаправленные процессы – рост площади пахотных угодий в российской части бассейна с четкой ориентацией к сельским населенным пунктам, и сокращение в казахстанской части.

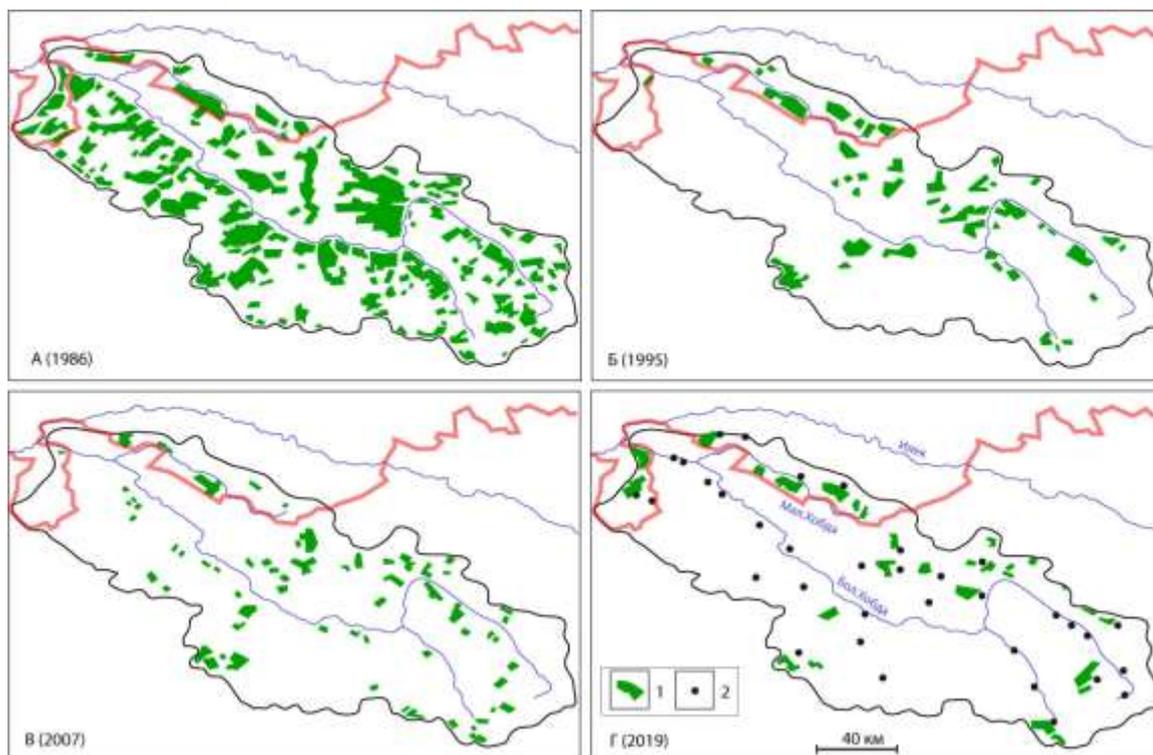


Рисунок 54 - Динамика пахотных угодий в бассейне р. Большая Хобда (1986-2019 гг.) по данным спутниковых изображений Landsat: 1 – возделываемые пашни; 2 – сельские населенные пункты

Таблица 54 - Динамика земельных угодий в бассейне р. Большая Хобда

	1986, км ²	S водо- сбора, %	1995, км ²	S водо- сбора, %	2007, км ²	S водо- сбора, %	2019, км ²	S водо- сбора, %
<i>Река Большая Хобда</i>								
Пашня	4732,9	32	929,2	6,4	891,5	6,1	701,9	4,8
Другие категории	9847,1	68	13650,8	93,6	13688,5	93,9	13878,1	95,2
<i>Река Малая Хобда</i>								
Пашня	377,9	40	265,9	28	118,5	13	174,5	18
Другие категории	565,5	60	677,1	72	824,9	87	768,9	82

С учетом пространственной структуры фонового природопользования в исследуемом бассейне, особую актуальность приобретают вопросы регламентации сельскохозяйственной нагрузки на водосборные территории степной зоны. В процессе сельскохозяйственного освоения водосборных территорий, происходит интенсивное вовлечение в структуру природопользования

водного компонента, что в свою очередь обуславливает трансформацию качественного и количественного состояния ресурсов речного стока.

В целом считается, что агротехнические и агролесомелиоративные мероприятия в засушливых районах уменьшают склоновый и речной сток (Водогрецкий, 1990; Географические направления в гидрологии, 1995). Оценка влияния распаханности степных водосборов (прежде всего зяблевой пахоты) на динамику поверхностного стока талых вод и коэффициента стока подтверждают данное утверждение (Нестеренко, 2006). При проведении подобных оценок, необходимо учитывать механизмы саморегулирования гидрологических систем, особенно в условиях хозяйственной деятельности. Например, введение зяблевой пахоты, приведшей к уменьшению поверхностного склонового стока, будет частично компенсировано за счет увеличения его подземной составляющей (Географические направления в гидрологии, 1995).

Одним из факторов трансформации стока на локальных территориях являются последствия гидромелиоративных работ, активно проводимых в XX веке для улучшения емкости сельскохозяйственных угодий. В южных степных районах для обводнения пастбищ и сенокосных угодий проводились опыты аккумуляции талой снеговой воды посредством системы дамб (Рисунок 55, А-Б). Гидромелиоративные мероприятия, как и на многих поливных участках, часто заканчивались засолением почвенного профиля, сокращением угодий ценных кормовых трав, т.е. приводили к невозможности дальнейшего использования земель без дополнительных мероприятий. В районах с депрессионным рельефом, напротив, проводились работы по улучшению степени дренированности. Для этого на пониженных участках сооружалась система дренирующих каналов (канав), либо искусственно спрямлялось русло рек (Рисунок 55, В-Г).

Несмотря на локальное распространение гидротехнических сооружений подобного типа в исследуемом бассейне, актуальной задачей остается проведение инвентаризационных мероприятий, которые позволят в полной мере оценить эколого-гидрологические последствия функционирования гидромелиоративных систем в условиях недостаточного увлажнения степной зоны.

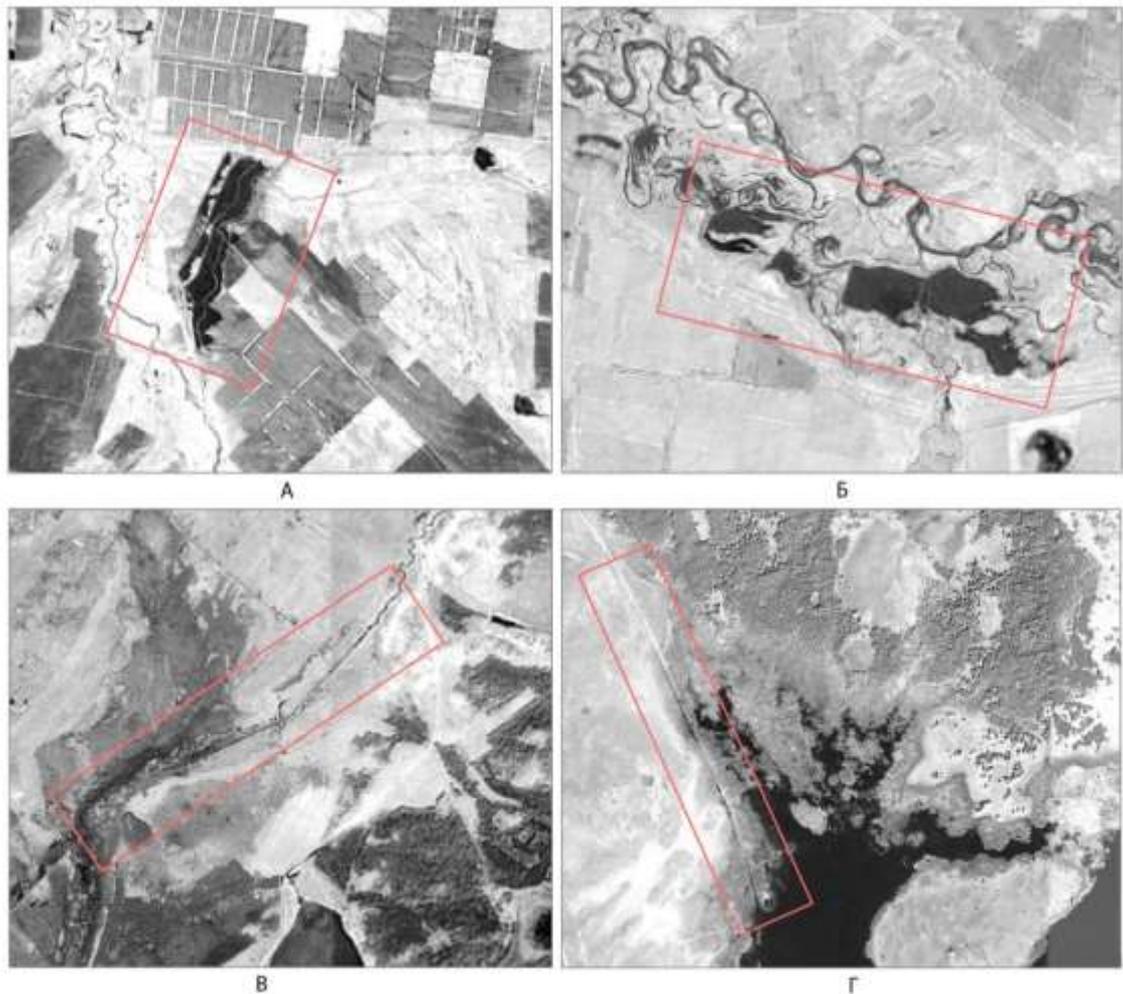


Рисунок 55 - Примеры гидромелиоративных мероприятий в бассейне р. Урал: опыт обводнения при помощи дамб – А – склон долины р. Буртя (пос. Буртинский), Б – пойма р. Урал (с. Крючковка – Буранчи); дренирование территории – В – спрямление русла р.Урал в его верховьях (с. Рысаево), Г – дренажные каналы в долине р. Таналык в районе оз. Графское

Таким образом, сложность оптимальной регламентации антропогенной нагрузки на водосборные территории рек исследуемого бассейна, связана с устойчивой системой фонового природопользования, основанной на принципе максимально возможного освоения земель степной зоны. Проведенный выше анализ динамики структуры земельных угодий в бассейнах рек, позволяет сформулировать следующие выводы:

1. В течении последних 20-30 лет произошло сокращение сельскохозяйственного производства, что проявилось в стихийной (неплановой) трансформации системы расселения, структуры сельскохозяйственного производства и формированию обширных площадей мало востребованных

земель. Наиболее заметные изменения произошли в животноводческом секторе (Республика Казахстан), что привело к значительному сокращению поголовья скота, снижению пастбищной нагрузки на угодья, ликвидации часть сопутствующей инфраструктуры (фермы, летние лагеря скота, водопойные пруды). В структуре пахотных угодий возросла площадь не возделываемых земель (залежей), в первую очередь за счет малопродуктивных, сложно обрабатываемых, удаленных от населенных пунктов участков пашни.

2. С точки зрения эколого-гидрологической оптимизации водосборных территорий со значительной долей мало востребованных земель (особенно для левобережных притоков р. Урал в восточной части бассейна), одним из принципов может стать их включение в систему крупных ООПТ или организации отдельных ООПТ, в том числе и трансграничного статуса. Особенно актуально данное предложение, если учесть тот факт, что крупные ООПТ бассейна р. Урал расположены в приводораздельных участках, в связи, с чем они функционально неполноценны, так как не охватывают весь спектр экологических связей.

4.4. Пространственная организация горнопромышленного природопользования

Динамика качественного состояния ресурсов речного стока в бассейне р. Урал в значительной степени определяется пространственной структурой горнопромышленного природопользования. Формирование текущей гидроэкологической обстановки напрямую связано с территориальной организацией природопользования, обусловленного природно-ресурсной неоднородностью бассейна р. Урал. Восточная часть водосборной территории исследуемого бассейна характеризуется широким развитием горнопромышленного и металлургического производства. Базой для них послужили многочисленными месторождения руд черных, цветных (медь, цинк) и драгоценных (золото) металлов в Зауралье. В 1930–1970-х гг. были

созданы крупные металлургические предприятия – Магнитогорский металлургический комбинат, Бурибаевский, Гайский и Учалинский горно-обогатительные комбинаты, Башкирский медно-серный комбинат, позднее – обогатительные фабрики в поселках Гранитном и Фершампенуаз.

Добыча полезных ископаемых (особенно открытым способом) относится к числу видов хозяйственной деятельности, коренным образом, трансформирующей водосборные территории – в частности, происходит изменение уровня грунтовых вод, проявляющееся либо в истощении водных горизонтов в районах действующих карьеров, либо в заболачивание территории (равнинные районы). Соответственно, горнодобывающее природопользование имеет важное средообразующее значение с прямым или косвенным воздействием на водосборные территории. Кроме того, пространственный анализ природно-техногенных комплексов в трансграничном бассейне р. Урал подтверждает их приуроченность к верховым или водораздельным участкам, что в свою очередь обуславливает коренную трансформацию стокоформирующих комплексов верхнего гидрографического участка.

Одним из примеров кардинальной трансформации является формирование *карьерно-отвального типа* ландшафтов (Мильков, 1978), который характеризуется достаточно сложной структурой, включающей техногенные отрицательные (денудационные) и положительные (аккумулятивные) формы рельефа. Данный тип ландшафта характеризуется наличием общих структурных элементов вне зависимости от зональных особенностей вмещающего ландшафта. В пределах рассматриваемой территории карьерно-отвальные ландшафты максимально распространены в бассейнах рр. Худолаз, Таналык, Орь, Большой Кумак, верховья р. Илек и др. (Рисунок 56).

Особенностью районов с длительным и интенсивным горнопромышленным природопользованием является формирование импактных территорий, характеризующиеся крайне неблагоприятной экологической обстановкой в условиях значительной трансформации природных ландшафтов. Следует отметить, что функционирование (развитие) подобных территорий

продолжается и в период прекращения активной фазы добычи или первичной переработки минеральных ресурсов, в связи с формированием крупных по площади техногенных накопителей загрязняющих веществ (шламонакопителей, прудов-отстойников и др.).

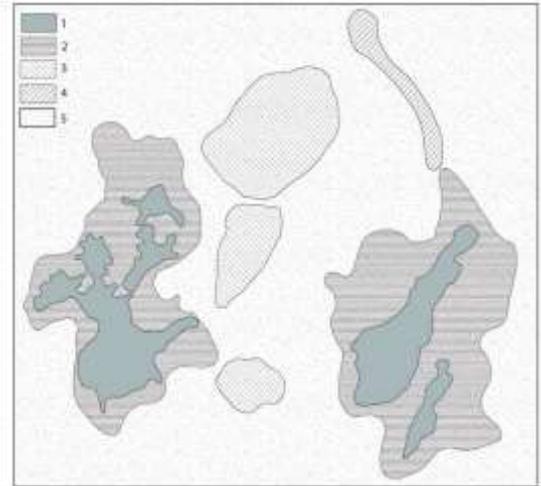


Рисунок 56 - Структура карьерно-отвального ландшафта, верховья р. Орь (Республика Казахстан, Актюбинская область): 1 – карьерные озера; 2 - внутренние мелкобугристые отвалы с редкой травянистой и древесной растительностью; 3 - внешние отвалы высотой 3-5 м, сложенные суглинками и злаково-полынной растительностью; 4 - внешние грядообразные отвалы высотой 5-7 м; 5 – участки с нарушенной степной растительностью

На Рисунке 57 отражена пространственная организация горнопромышленного природопользования в исследуемом бассейне.

Наиболее крупные предприятия и важные транспортные коммуникации находятся в непосредственной близости от крупных водотоков – рек Урал, Орь, Илек, Сакмара и др. Расположение предприятий горнодобывающей и металлургической отраслей в верхнем течении бассейна р. Урал приводит к формированию сложной эколого-гидрологической ситуации как в дренирующих водотоках, так и в главной реке.

Как отмечалось ранее (Павлейчик, Сивохип, 2013а), частичное самоочищение речной воды в верхнем течении исследуемого бассейна происходит на следующих участках: Верхнеуральское, Магнитогорское и Ириклинское водохранилища, где ввиду слабопроточного режима часть загрязняющих веществ осаждается в илах; ниже устьевых участков рек

Большой Кумак и Орь за счет разбавления загрязненной воды; ниже Орско-Новотроицкого промышленного узла на участке т.н. «долины прорыва» р. Урал в районе Приуральяского (Губерлинского) мелкосопочника за счет осаждения в условиях чередования слабопроточных плесов и галечных перекатов.

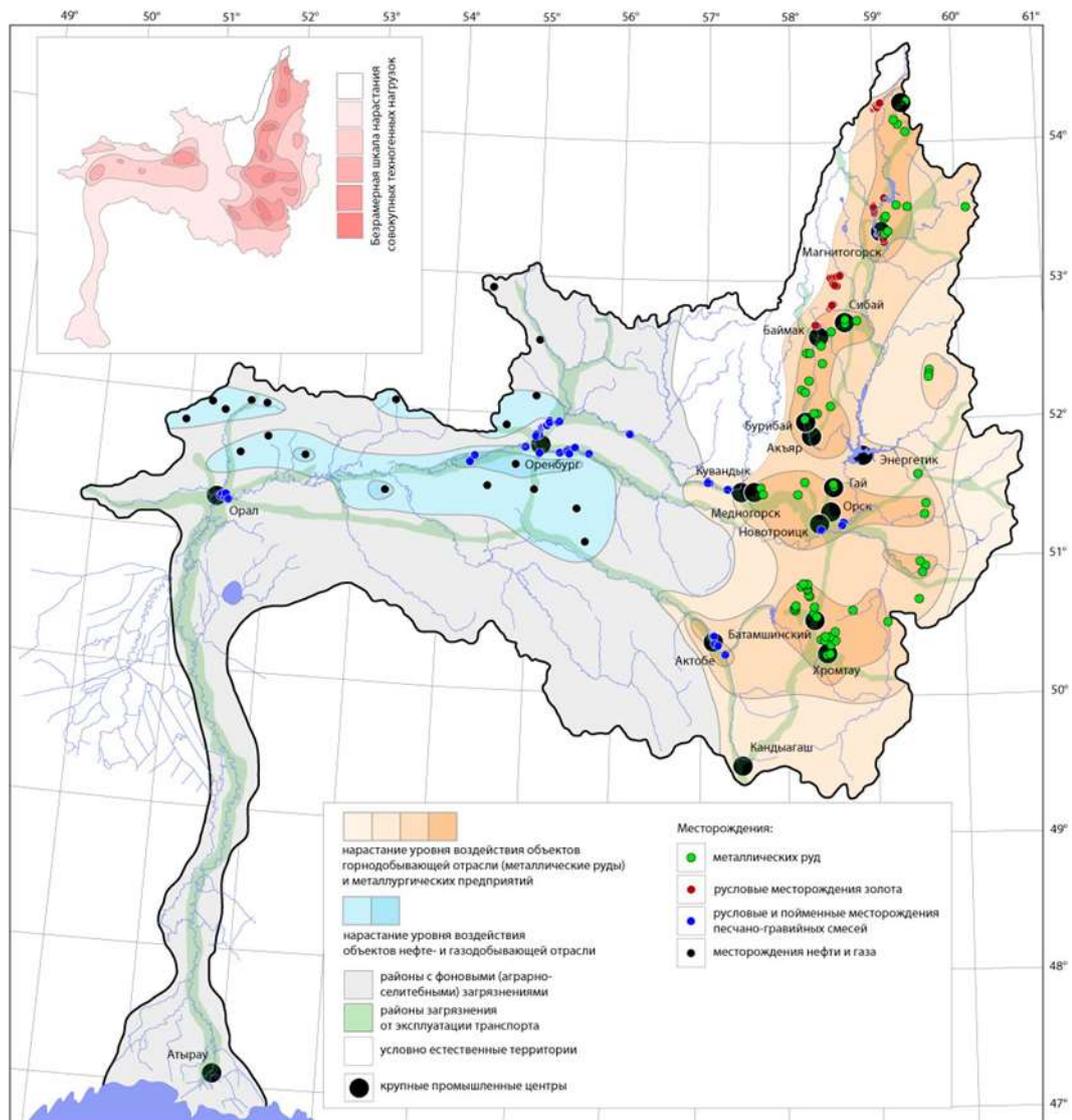


Рисунок 57 - Пространственная организация горнопромышленного природопользования в бассейне р. Урал

С учетом общих геолого-структурных условий и схожей пространственной организации природопользования в пределах исследуемого бассейна, можно говорить о формировании *крупного трансграничного горнопромышленного района* включающего рудные пояса Южного Урала (от г. Челябинск до г. Орск) и Западных Мугоджар (гг. Хромтау, Бадамша) (Рисунок 58).

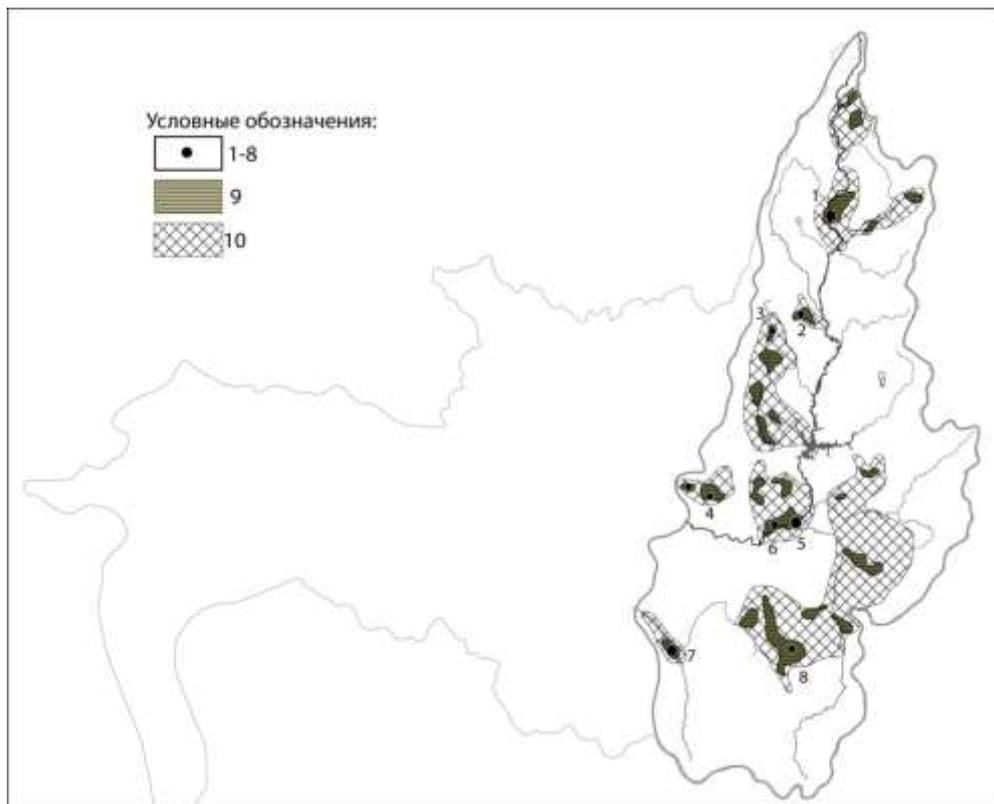


Рисунок 58 - Трансграничный горнопромышленный район в бассейне р. Урал: 1- Магнитогорск; 2- Сибай; 3- Баймак; 4 – Медногорск; 5 – Гай; 6 – Новотроицк; 7 – Актобе; 8 – Хромтау; 9 – участки прямого воздействия с частичной трансформацией стокоформирующих комплексов; 10 - участки косвенного воздействия на стокоформирующие комплексы

Для данной трансграничной природно-ресурсной системы характерно наличие схожих трансформационных процессов и практически идентичной схемы территориальной организации природопользования. Ниже, в качестве примера, представлены результаты анализа современной эколого-гидрологической ситуации в пределах трансграничного горнопромышленного района Южного Зауралья.

Длительное горнопромышленное освоение территории Южного Зауралья привело к коренной трансформации природной среды. Одно из серьезных последствий – техногенная метаморфизация качественного состава речных вод. Наиболее длительно действующие источники загрязняющих веществ (тяжелых металлов) - отвалы вскрышных пород и шламохранилищ, образующих обширные ареалы загрязнения, поверхностный и подземный сток кислых подотвальных вод. Сезонные особенности водного режима рек, естественная

морфология русла и регулирование стока являются ведущими факторами, определяющими интенсивность и характер переноса загрязняющих веществ.

Сложная эколого-гидрохимическая ситуация наблюдается в пределах водосборных территорий рр. Таналык, Большая Уртазымка, Худолаз и др., непосредственно дренирующих карьеры и промплощадки предприятий Южного Зауралья (Павлейчик, Сивохиц, 2013а). В результате загрязняющие вещества с горнодобывающих предприятий Башкортостана поступают в р. Урал на территории Челябинской области, где их концентрация снижается, но остается постоянно высокой. На “входных” (в Оренбургскую область) створах р. Урал и ее притоков (Таналык, Большая Уртазымка) наблюдается практически постоянное превышение ПДК по ряду загрязняющих веществ (Fe, Cu, Zn, нефтепродукты и др.), поступающих с территории Республики Башкортостан и Челябинской области (Козлова, Сивохиц, 2022).

Примером развития неблагоприятной эколого-гидрохимической ситуации является техногенная метаморфизация химического состава речных вод в бассейне р. Таналык (Рисунок 59).

Река имеет протяженность 225 км (устье – Таналыкский залив Ириклинского водохранилища), площадь бассейна – 4160 км². По створу с. Мамбетово средний многолетний расход воды – 5,89 м³/с коэффициент вариации годового стока – 0,72, коэффициент асимметрии – 1,44. В бассейне реки Таналык сооружены крупные водохранилища: Акъярское на р. Ташла (объем 49,4 млн. м³, площадь 7,8 км²), Бузавлыкское (19,1 млн. м³, 3,07 км²), Таналыкское (14,2 млн. м³, 2,01 км²) и Маканское (9,3 млн. м³, 3,65 км²) на одноименных реках.

Практически пресная вода в верховьях р. Таналык не содержит явных следов тяжелых металлов. Попадая в техногенную зону (промышленные предприятия Баймака, Бурибая и Акъяра, разрабатываемые месторождения), вода быстро насыщается солями и ионами тяжелых металлов. По данным ФГУ МВО БУ, максимальные среднемноголетние превышения наблюдаются по Zn

(10,6 ПДК), Cu (7,1) и Mn (5,5), что обусловлено естественным природным фоном и техногенными факторами.

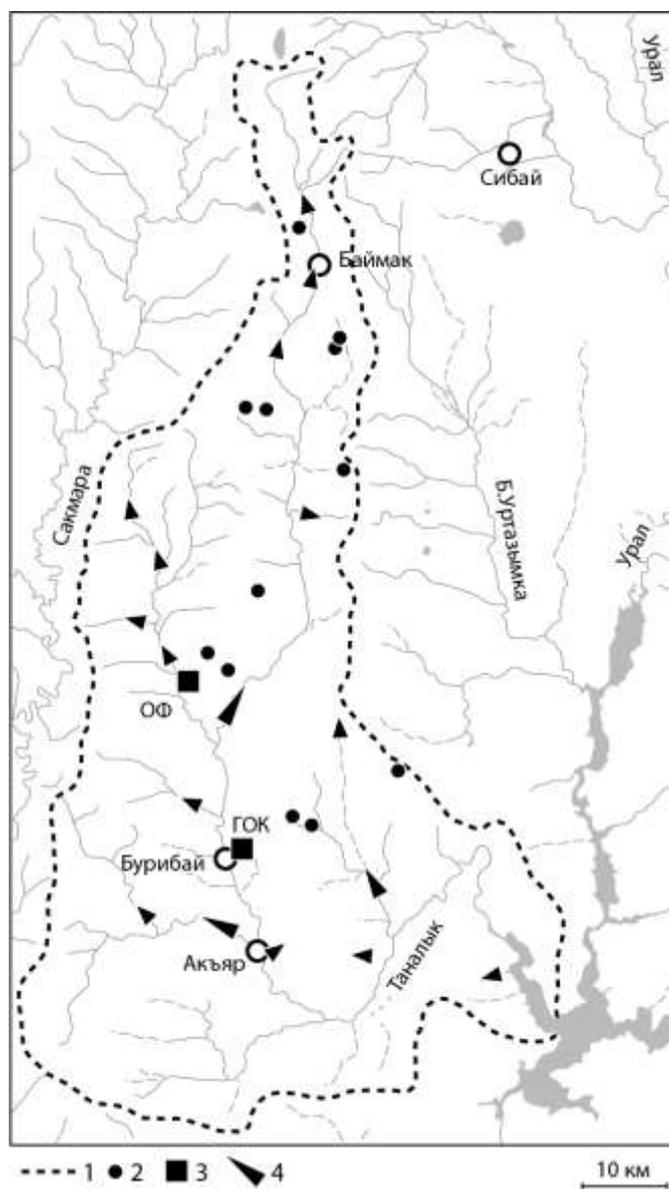


Рисунок 59 - Антропогенные факторы трансформации химического состава речных вод в бассейне р. Таналык: 1 – границы бассейна, 2 – рудные месторождения, 3 – крупные горно-перерабатывающие предприятия (ОФ – обогатительная фабрика, ГОК – горно-обогатительный комбинат), 4 – водохранилища

Принимая загрязненные поверхностные и подземные воды с Бурибайского ГОКа, вода в реке ниже п. Бурибай становится «экстремально загрязненная» (5 класс). На этом участке среднеголетние значения ПДК

максимально высоки - Cu (47,5 ПДК), Mn (19,6) и Zn (10,9 ПДК). Далее, на протяжении 65 км р. Таналык пополняется загрязняющими веществами предприятий п. Акъяр и руч. Макан. По данным ФГУ МВО БУ перед впадением в Ириклинское вдхр. (Таштугай, 39 км) вода частично очищается (4-5 класс, ИЗВ 3,2-4,8) – Cu – 6,3, Zn – 5,8, Mn – 2,2 ПДК. В приустьевой части (с. Таштугай) химический состав воды не претерпевает особых изменений.

Кроме того, многолетние данные гидрохимического мониторинга ФГУ МВО БУ по устьевому участку р. Таналык, позволяют сделать выводы об определенной гидрохимической сезонности в миграции некоторых загрязняющих веществ. В частности, распределение концентраций меди по сезонам в устье р. Таналык имеет довольно выраженный максимум в период половодья (март–май) и перед ледоставом (ноябрь) со средними значениями 0,015-0,025 мг/л. Сезонные максимумы содержания Zn фиксируются с марта по июнь, далее до сентября показатели снижаются и вновь вырастают в октябре. Наибольшие его концентрации наблюдаются в весеннем и осеннем пиках – в среднем 0,025 мг/л. В сезонном распределении Fe, преобладающая часть которого переносится во взвешенном состоянии, прослеживается два отчетливых максимума – в марте (в среднем 0,34 мг/л) и меньший (0,27 мг/л) в сентябре. Минимальное содержание Fe, близкое к значениям ПДК, наблюдается в зимние месяцы.

Сезонная дифференциация концентрации загрязняющих веществ во многом обусловлена особенностями водного режима и морфодинамическим типом русла (Павлейчик, Сивохиц, 2013б). В меженные периоды на слабопроточных участках (плесах) происходит связывание (сорбция фитопланктоном и адсорбция на взвешенных частицах) загрязняющих веществ в относительно трудноподвижные соединения и их частичная аккумуляция в придонных илах. На перекатах происходит аэрация воды, что определяет скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. В весенне-паводковый период, когда на всем протяжении реки устанавливается промывной режим, химические и органические загрязнители

частично выносятся в связанном виде вместе с механическими наносами и иловыми накоплениями. Повышенные концентрации Cu и Zn в весенний и осенний сезоны обусловлены не только переносом донных отложений, но и в результате поступления со всей водосборной площади, в первую очередь – с карьерных отвалов, хвостохранилищ, территории обогатительных фабрик и др.

Таким образом, основным источником снижения качества воды в реке Урал и ее притоков являются горнодобывающие и металлургические предприятия, расположенные в восточной части бассейна. Продолжительное использование минеральных ресурсов привело к формированию очагового характера загрязнения воды и грунтов ионами металлов (медь, цинк, никель, кобальт, железо). При этом отработка месторождений не означает прекращения поступления загрязняющих веществ; более того, отсутствие должной системы наблюдений приводит к деградации и уничтожению защитных сооружений. Существует лишь два варианта решения данной проблемы – возвращение рудосодержащих отвалов в выемку карьеров, либо постоянное и объективное отслеживание гидрохимической ситуации с возможностью проведения оперативных мероприятий.

Особую роль в формировании современной эколого-гидрологической ситуации играют крупные водохранилища, где осаждается значительная доля загрязняющих веществ, но их накопление в илах откладывает решение проблемы на более длительный срок. Так или иначе, по мере заполнения водохранилищ донными отложениями встанет вопрос об их очистке и необходимости применения (например ила в сельском хозяйстве), либо консервации.

С учетом современной геоэкологической ситуации в исследуемом бассейне, актуальным остается расширение сети наблюдательных постов мониторинга в системе государственного экологического мониторинга. Получаемые данные – практически единственный источник объективной информации, при этом важным параметром формируемых баз данных является

продолжительность и непрерывность наблюдений. В качестве примера уточнения сети экологического мониторинга приведем схему бассейна р. Таналык (Рисунок 60).

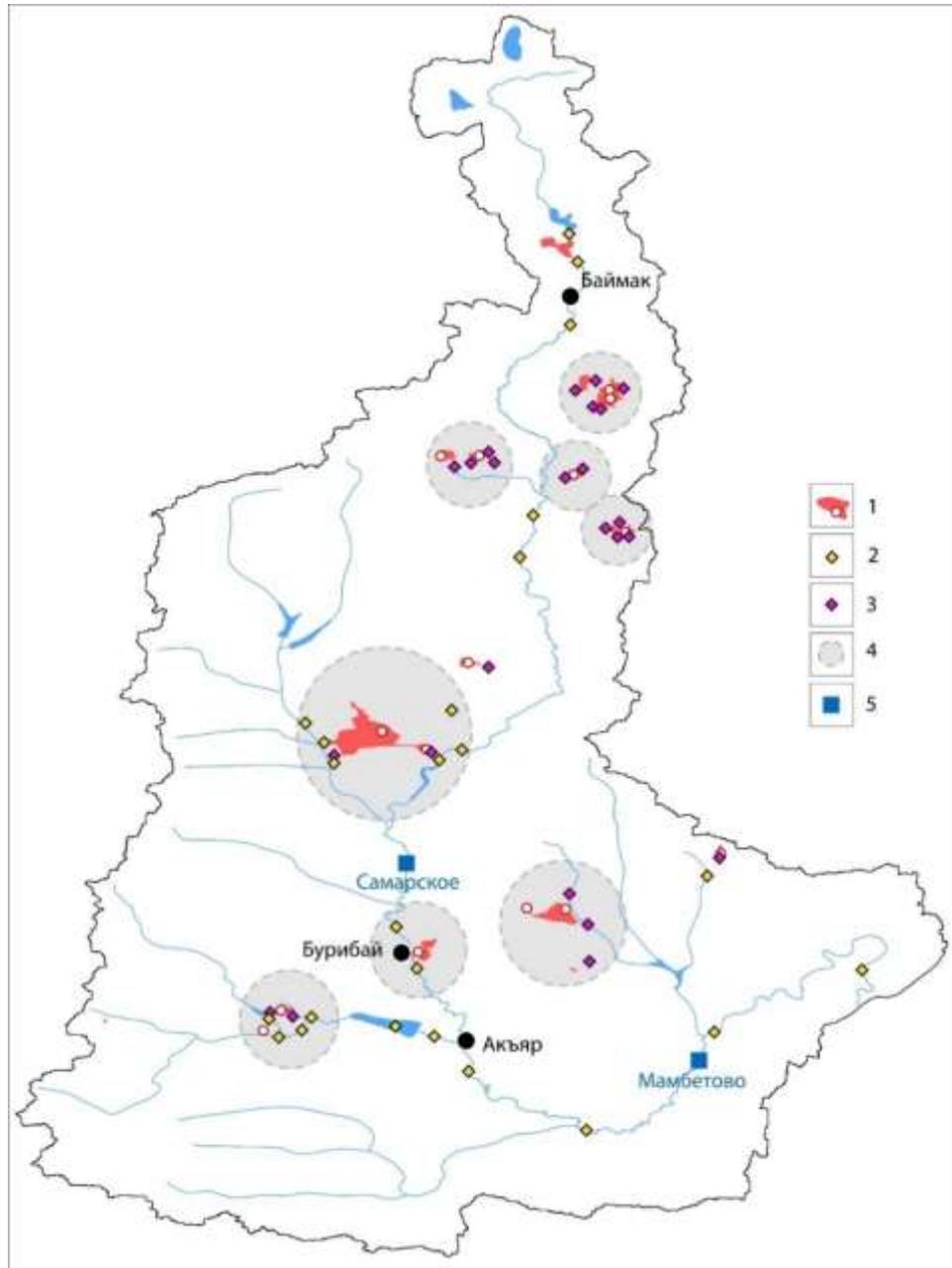


Рисунок 60 - Пример оптимальной схемы сети гидрохимического мониторинга в бассейне р. Таналык: 1 – контуры горнотехнической геосистемы и карьеры; 2 – посты гидрохимического наблюдения; 3 – посты геохимического опробования; 4 – районы геохимической съемки; 5 – действующие государственные гидрологические посты на р. Таналык

К основным мониторинговым мероприятиям, дающим возможность оценить эффективность технологических решений недропользователей по недопущению распространения загрязнений следует отнести: проведение площадной геохимической съемки на предмет фиксации ареалов распространения подвижных химических элементов, входящих в состав рудных образований (Cu, Zn, Co, Ni, Fe и др.) – пункт 4 условных обозначений; проведение систематического мониторинга поверхностных вод и грунта (при отсутствующих дренирующих водотоках) для определения концентраций и объемов поступающих загрязняющих веществ – пункты 2 и 3 условных обозначений; мониторинг состава карьерных, подотвальных и грунтовых вод; мониторинг состава донных отложений водотоков и водохранилищ. Только при такой «идеальной» структуре мониторинговых исследований возможно формирование объективного представления о масштабах и основных направлениях миграции загрязняющих веществ в бассейне р. Таналык.

Из специфических антропогенных преобразований, приуроченных непосредственно к долинам крупных рек, отметим разработку месторождений песчано-гравийных материалов (ПГМ). Большинство действующих и заброшенных карьеров и локальных выработок по добыче аллювиальных ПГМ расположены на главных водотоках – Урал и Сакмара (Рисунок 61). Различные типы карьеров ПГМ (исходя из их расположения – русловые, прибрежные и пойменные обводненные), могут по-разному влиять на динамику русловых процессов, повышать скорость испарения воды с поверхности, служить источниками загрязнения аллювиальных вод.

Сходное влияние оказывают русловые разработки месторождений золота, расположенные в верховьях р. Урал и его притоков. Наиболее обширной является система обводненных карьеров по добыче ПГМ общей площадью около 2 км², расположенная в верховьях Магнитогорского водохранилища на р. Урал. Часть этой территории отгорожена дамбой и используется в качестве шламоотвала промышленных предприятий Магнитогорска.

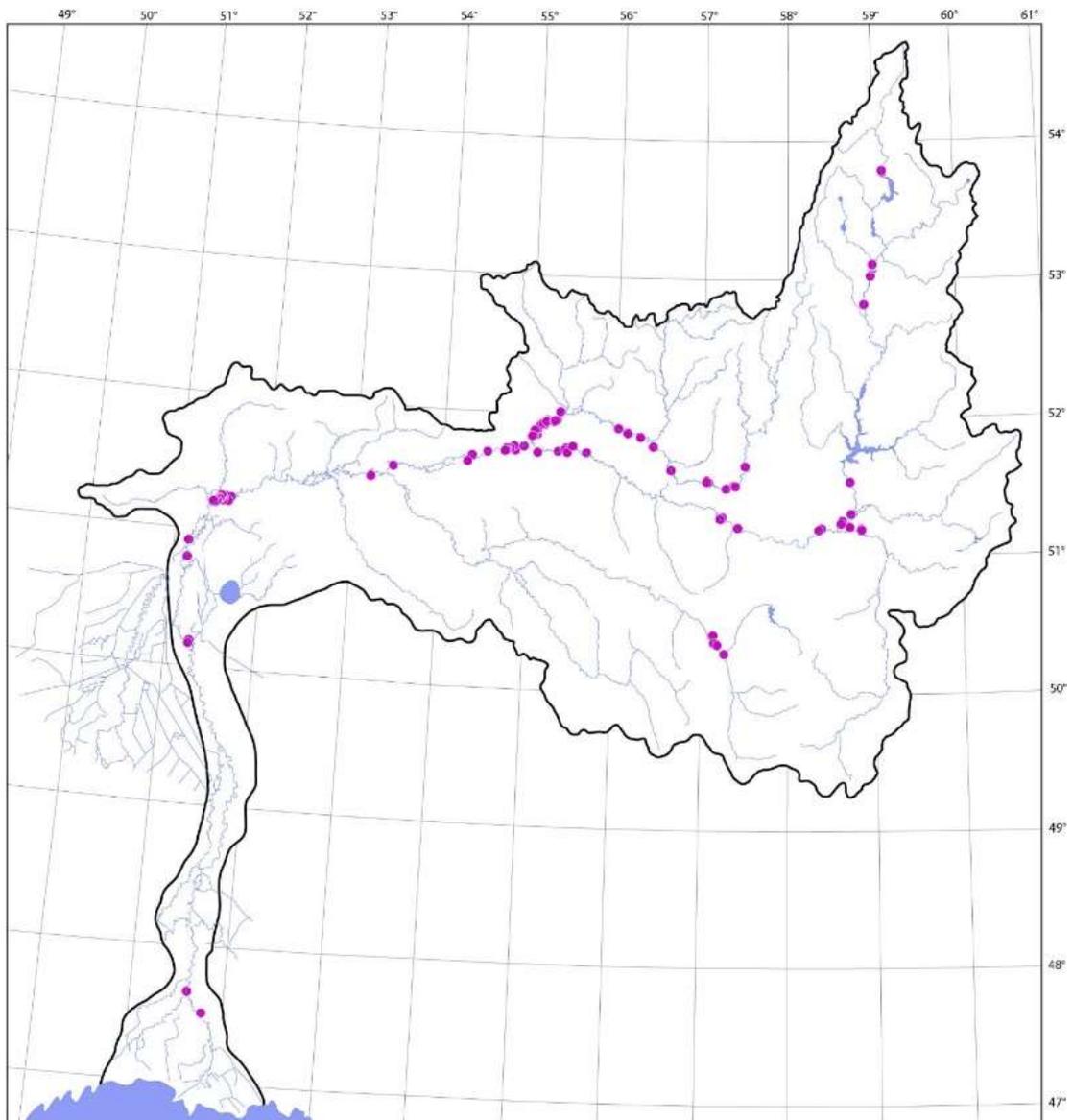


Рисунок 61 - Разрабатываемые месторождения аллювиальных песчано-гравийных материалов в бассейне р. Урал

Таким образом, освоение минеральных ресурсов в пределах бассейна р. Урал, начавшееся во второй половине XVIII в., привело к формированию специфических природно-техногенных комплексов. Важный динамический компонент данных комплексов – речной сток, обеспечивающий самоочищение водных экосистем и вынос загрязняющих веществ за границы частных водосборов. Формирование крупного трансграничного горнопромышленного района подтверждает пространственную взаимообусловленность природно-ресурсных подсистем российского и казахстанского участков исследуемого бассейна.

4.5. Природно-хозяйственное районирование трансграничного бассейна р. Урал

Для оптимизации рационального использования водных ресурсов в трансграничном бассейне р. Урал актуальной является разработка интегральной основы, отличающейся от представленной схемы распределения антропогенно-нарушенных территорий (Рисунок 45), более высоким уровнем комплексности и пространственного обобщения.

Соответственно, результирующей задачей комплексного анализа современной структуры природопользования является пространственная классификация территории бассейна р. Урал, отражающее однородные условия формирования речного стока (стокоформирующие комплексы) и характерное сочетание и использование природных ресурсов. Важно, что при этом объективные законы функционирования природных систем рассматриваются как фундаментальные по отношению к общественным, и выступают в качестве основополагающих критериев. Однако, в современных условиях антропогенного преобразования водосборных территорий, важен и общественный компонент, который участвует в формировании вторичных по отношению к исходным ландшафтам природно-хозяйственных систем (Швебс, 1987). Схожие научные идеи были высказаны А. Д. Армандом (1988) - «...так как практически вся территория, так или иначе, используется человеком и все природные комплексы заменены современными ландшафтами, то представляется допустимым рассмотрение территории как сочетания взаимодействующих природно-технических систем».

Актуальным направлением в исследованиях пространственной организации природно-хозяйственных систем является бассейновый принцип, который базируется на структуре естественной гидрологической сети, являющейся экологическим каркасом прилегающих к ней территории. Весомым аргументом в пользу целесообразности применения бассейновой концепции - устойчивость и стабильность пространственных границ речных геосистем, что является неоспоримым преимуществом при проведении пространственных

классификаций природно-хозяйственных систем. Универсальный характер речного бассейна открывает возможности для широкой интерполяции и экстраполяции полученных на конкретном водосборе гидрологических и физико-географических характеристик (Корытный, 1987).

Обобщая вышесказанное, отметим, что одним из концептуальных подходов к выявлению пространственной специфики взаимодействия природных и общественных систем является природно-хозяйственное районирование. Впервые термин «природно-хозяйственный район» предложил Ю. Г. Саушкин в 1980 г. взамен распространённого в советской географии термина «экономико-экологические системы». Обоснованием замены последнего послужил тот факт, что экологические отношения рассматриваются значительно уже, чем природные (Саушкин, 1980). Приоритетность природно-хозяйственного районирования в качестве региональной основы подготовки комплексных схем использования и охраны природных ресурсов отмечал Л. М. Корытный (2001).

На основании вышесказанного, отметим целесообразность разработки многоцелевого районирования территории бассейна р. Урал, включающего широтно-зональные, геолого-геоморфологические, природно-ресурсные и хозяйственные уровни организации территории. Отсутствие исключительно ресурсной ориентации при территориальной интерпретации природно-хозяйственных районов исследуемого бассейна позволит в полной мере реализовать географо-гидрологический подход в условиях трансграничности.

Природно-зональная сетка комплексного районирования территории бассейна реки Урал отражает следующую иерархическую схему: страна – область – провинция – подпровинция – район (Рисунок 62, Таблица 55).

Крупные таксономических единицы (страны и области) соответствуют геолого-геоморфологическим структурам 1 и 2 порядка соответственно (Тектоническая карта Урала, 1983). Геолого-геоморфологические структуры определяют общность строения речных долин и водораздельных пространств, условия формирования поверхностного и подземного стока. В свою очередь,

провинции и подпровинции отражают широтно-зональную дифференциацию бассейна р. Урал – природные зоны и подзоны соответственно (Зоны и типы растительности России..., 1999). Широтно-зональные условия определяют весь спектр гидротермических различий водосборной территории р. Урал. Помимо этого, широтно-зональные условия во многом определяют структуру растительного и почвенного покровов. Проявления азональности в бассейне р. Урал связаны с влиянием крупных морфоструктур на циркуляционные процессы в атмосфере, главным образом связанные с западным переносом влажных воздушных масс. Все перечисленные факторы, отдельно и во взаимодействии, создают условия для формирования дифференцированных систем природопользования в бассейне р. Урал, в том числе связанных со структурой гидрографической сети. Наименьшей единицей природно-хозяйственного районирования служит район, границы которого отображались путем сопоставления и синтеза геолого-геоморфологических и широтно-зональных границ с учетом внутрибассейновой структуры рассматриваемой территории. За индексы районов для удобства принята не иерархическая система, а сквозная нумерация.

Результаты природно-хозяйственного районирования позволяют сделать выводы о современных условиях возобновления и распределения ресурсов речного стока в исследуемом бассейне. Обращает внимание, что в большинстве природно-хозяйственных районов, вне зависимости от типа использования природных ресурсов, преобладают средне- и сильнотрансформированные геосистемы, что несомненно снижает стокоформирующий потенциал водосборных территорий. В то же время, отдельные районы с высоким потенциалом формирования стока (4-6 л/с/км²) характеризуются преобладанием слабо-трансформированных геосистем и соответственно, условия формирования речного стока детерминированы исключительно природными факторами. Данное обстоятельство необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий, направленных на сохранение стокоформирующих комплексов с высоким гидрологическим потенциалом.

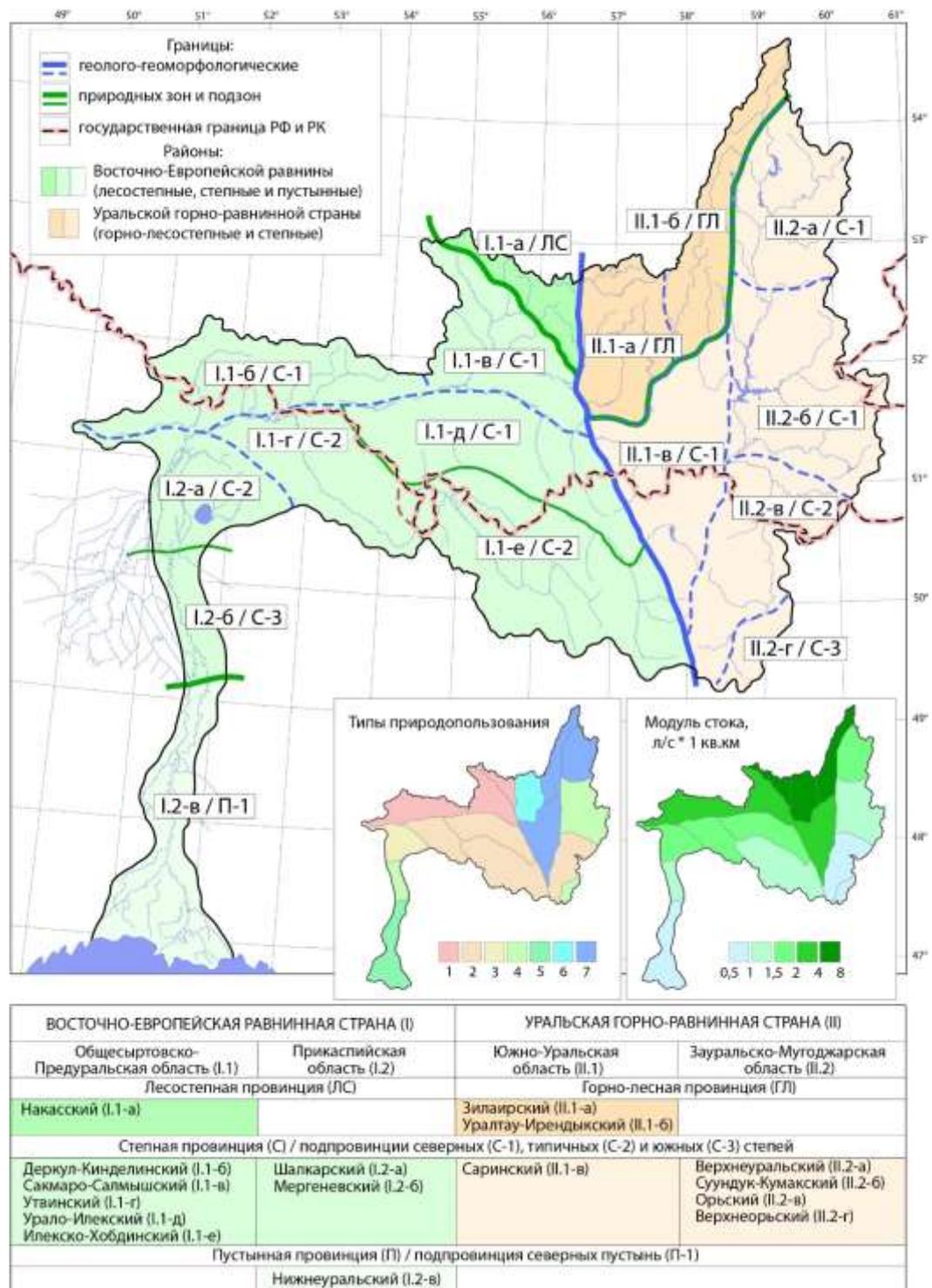


Рисунок 62 - Природно-хозяйственное районирование трансграничного бассейна р. Урал. Карта-врезка: Типы природопользования: 1–фондовый (растениеводство); 2–сочетание фонового (животноводство) и промышленного; 3–сочетание фонового (животноводство) и промышленно-урбанистического; 4–фондовый тип (животноводство); 5–промышленный; 6–рекреация; 7–промышленно-урбанистический. Карта-врезка: Модуль стока, л/с * км²

Таблица 55 - Природно-хозяйственное районирование трансграничного бассейна р. Урал

Индекс на карте	Природно-хозяйственный район	Геолого-геоморфологическая характеристика / Гидрографическая сеть	Основные стокоформирующие комплексы / Модуль стока, л/с/ км ²	Тип природопользования / Антропогенно нарушенные территории, %
I. Восточно-Европейская равнинная страна.				
I. 1. Общесыртовско-Предуральская область.				
I.1-а/ЛС	Накаский	Уральская часть возвышенного Бельско-Уральского водораздельного пространства с серией эрозионно-мелкосопочных останцовых массивов (хр.Накас, 667 м). Сегмент долины меридионального течения р.Бол.Ик и верховья рек – притоков р.Салмыш.	Лесостепные ландшафты региональных возвышенностей (хр.Малый Накас), узловой водораздел с повышенным атмосферным увлажнением (барьерный эффект). Водоносный комплекс нижнего триаса (песчаники, мергели и конгломераты). 6,1	Земледелие и животноводство (КРС). Рекреационные и охотничьи ресурсы. 52 %
I.1-б/С-1	Деркул-Кинделинский	Южный макросклон Общего Сырта с сыртово-увалистыми и денудационно-эрозионными равнинами правобережья р.Урал, рассеченные серией притоков (Чаган, Иртек, Кинделя и др.).	Ландшафты северной степи с байрачными и приводораздельными лесами на полого-увалистых равнинах. Водоносные комплексы аллювиальных отложений, средней юры (аргиллиты, алевролиты с прослоями песка, слабая водообильность) и верхней перми (песчаники, известняки). 2,0	Земледелие, пашни адаптированы в эрозионно-балочную сеть. Животноводство (КРС) в пойме р. Урал, вдоль долин водотоков. Нефтегазовые месторождения. 64 %
I.1-в/С-1	Сакмаро-Салмышский	Комплексы полого-увалистых равнинных междуречий и склонов региональных поднятий (юго-восточный макросклон Общего Сырта) и холмисто-увалистые равнины Южного Предуралья. Зона смыкания крупных долин широтного (Урал, Сакмара) и меридионального (Салмыш, Бол.Ик) протирания.	Ландшафты северной степи с пойменными лесами на полого-увалистых равнинах. Пониженное атмосферное увлажнение (эффект ветровой тени от возвышенности Общего Сырт). Водоносные комплексы аллювиальных отложений, нижнего триаса (песчаники и конгломераты), нижнетатарского подъяруса верхней перми (песчаники, известняки). Водообильность 0,5-5 л/сек. 3,2	Земледелие с локальными очагами животноводства. Нефтегазовые месторождения, крупное предприятие по переработке газа. 68 %
I.1-г/С-2	Утвинский	Фрагмент Подуральского плато, ограниченный долинами р.Урал и Илек, и уступом Прикаспийской низменности. Пологонаклонная равнина, рассеченная долиной р.	Ландшафты средней степи в пределах ассиметричной долины р.Утва и придолинных склонов рр.Урал и Илек. Водоносные комплексы аллювиальных отложений, верхне- и	Земледелие и животноводство. Кара-чаганакское месторождение газа. 32 %

		Утва и осложненная эрозионными формами рельефа.	нижнемеловых отложений (мергель, мел, известняки). 1,1	
I.1-д/С-1	Урало-Илекский	Фрагмент Подуральского плато – Урало-Илекское междуречье, с востока – до границы с горно-складчатых областями. Пологонаклонная холмисто-увалистая равнина на асимметричном Урало-Илекском междуречье.	Ландшафты северной степи на асимметричном Урало-Илекском междуречье. Водоносные комплексы аллювиальных отложений, верхнего и нижнего триаса (песчаники, мергели и конгломераты), юры (аргиллиты, известняки, пески), нижней перми (известняки, гипсы). Водообильность разнообразна. 1,6	Земледелие (придолинная часть равнины). Животноводство (КРС и овцеводство). Инфраструктура Оренбургского газоконденсатного месторождения. Лиманное орошение (нижнее течение р. Илек). 51 %
I.1-е/С-1	Илекско-Хобдинский	Наиболее возвышенная часть Подуральского плато, ограниченная с юга водоразделом с бассейнами рр.Уил и Эмба. Комплекс слабонаклонных платообразных равнин, густо рассеченных эрозионно-речной сетью. Охватывает бассейн р.Бол.Хобда и прилегающее с севера левобережье р.Илек. Массивы полужакрепленных бугристо-грядовых песков на правом берегу р.Илек.	Ландшафты средней степи на слабонаклонной эрозионно-расчлененной равнине. Водоносные комплексы аллювиальных отложений (пески, суглинки) и пород нижнего мела (мергель, мел, известняки). 1,1	Животноводство (овцеводство, КРС), земледелие фрагментарно. Лиманное орошение (р.Бол. Хобда). 28 %
I. 2. Прикаспийская область				
I.2-а/С-2	Шалкарский	Склон уступа, ограничивающего с севера борт Прикаспийской низменности, переходящий к югу в слабонаклонные аккумулятивные равнины. На западе склон осложнен узкой полосой долины р.Деркул. Транзитный участок долины р.Урал (северный сегмент субмеридионального течения) в сочетании с элементами палеорусел. Приточное оз.Шалкар.	Ландшафты средней степи – переход от уступа Подуральского плато к засоленным слабодренуемым равнинам Северного Прикаспия. Интразональные ландшафты залесенной поймы р.Урал. Крупные озерные котловины (Шалкар). Водоносные комплексы аллювиальных и нижнечетвертичных отложений (пески, суглинки). 1,6	Животноводство (овцеводство, КРС), земледелие в северной части района. Орошение (Урало-Кушумская ООС). 42 %
I.2-б/С-3	Мергеновский	Сегмент долины транзитного течения р.Урал в пределах зональных границ южной степи. Линейно вытянутые пойменно-террасовые комплексы (р.Урал) в комплексе слабо дренируемых равнин Прикаспия. Зона нарастания потерь стока р.Урал.	Интразональные ландшафты залесенной поймы р.Урал и прилегающие участки южных степей. Водоносные комплексы аллювиальных и нижнечетвертичных отложений (пески, суглинки). 1,5	Животноводство (овцеводство, КРС). 44 %
I.2-в/П-1	Нижнеуральский	Нижний сегмент транзитного течения р.Урал в пределах зональных границ северных пустынь с элементами палеорусел. Линейно вытянутые пойменно-террасовые комплексы (р.Урал) в комплексе со слабо	Интразональные ландшафты залесенной поймы и дельты р.Урал и прилегающие участки северных пустынь. Водоносные комплексы	Животноводство (овцеводство, КРС). Орошение и дренаж (мелиорация) в дельте р.Урал. 46 %

		дренируемыми равнинами Прикаспия, дельта р. Урал. Сложное сочетание бугристых и грядовых песчаных массивов, солончаковых западин, расчлененных элементами современной и исторической речной сети. Зона нарастания потерь стока р.Урал.	аллювиальных и нижнечетвертичных отложений (пески, суглинки). 0,8	
II. Уральская горно-равнинная страна.				
II. 1. Южно-Уральская область				
II.1-а/ГЛ	Зилаирский	Возвышенная платообразная равнина высотой 500-700 м, ограниченная Урало-Бельским водоразделом (на севере), меридиональными участками долин рр.Сакмара и Крепостной Зилаир (на востоке), Бол.Ик (на западе) и широтным отрезком долины р.Сакмара (на юге). Включает узкую грядово-холмистую полосу внешней зоны складчатости.	Азональные горнолесные и лесостепные ландшафты древней поверхности выравнивания (Зилаирское плато), расчлененной речными долинами. Эффект повышенного атмосферного увлажнения наветренных макросклонов. Трещинно-пластовые воды (известняки, сланцы, песчаники и др.). 7,2	Животноводство. Растениеводство (локально в долина рек) Лесохозяйственная деятельность. Рекреация и туризм. 12 %
II.1-б/ГЛ	Уралтау-Ирендыкский	Фрагмент восточного макросклона Южного Урала – узкая полоса, ограниченная осевой частью хребта Урал-тау (Урало-Бельский водораздел), сменяющаяся Таналыкской депрессией, хр.Ирендык-Крыкты-тау и системой прилегающих вторичных хребтов. Долины рр.Сакмара и Таналык, верховья р.Урала и его правобережных притоков.	Сочетание азональных горнолесных ландшафтов горных хребтов и степных ландшафтов межхребтовых депрессий. Эффект повышенного атмосферного увлажнения горных массивов. Трещинные воды (порфириты, кремнистые сланцы, песчаники и др.). 4,6	Животноводство (КРС). Месторождения золота и медноколчеданных руд. Лесохозяйственная деятельность. Рекреация и туризм. 35 %
II.1-в/С-1	Саринский	Южное окончание Уральской горной страны, сочетание поверхностей выравнивания и денудированными хребтами. Рассечено долиной прорыва р.Урал и прилегающими приречными мелкосопочниками. Южное окончание Таналыкской депрессии.	Ландшафты средней степи на придолинных мелкосопочниках, холмисто-грядовых комплексов, древних депрессий и поверхностей выравнивания. Пойменные и приводораздельные леса. Трещинные воды вулканогенно-осадочных отложений (порфириты, кремнистые сланцы). 3,3	Животноводство (КРС, козоводство, овцеводство). Месторождения золота и медноколчеданных руд. Лиманное орошение и поливные угодья (рр.Яман-Каргала, Таналык). 72 %
II. 2. Зауральско-Мугоджарская область				
II.2-а/С-1	Верхнеуральский	Пенепленизированные холмисто-увалистые и слабонаклонные равнины Зауралья на сложном геологическом субстрате. Слабоврезанные речные долины р.Урал и ее притоков. В краевой восточной зоне – система озер (проточные и с замкнутыми водосборами).	Равнинные ландшафты северной степи с островными лесами и редколесьями. Отчетливо выраженный эффект пониженного атмосферного увлажнения в условиях ветровой тени. Трещинные и трещинно-пластовые воды нижнего карбона-девона (порфириты, диабазы,	Земледелие и животноводство. Месторождения железа, цветных и благородных металлов. 53 %

			кремнистые сланцы) и гранитных интрузий. 1,6.	
II.2-б-С-1	Суундук-Кумакский	Пенепленизированные холмисто-увалистые и слабонаклонные равнины Зауралья на сложном геологическом субстрате. Слабоврезанные речные долины р.Урал и ее притоков.	Равнинные ландшафты северной степи с островными лесами и редколесьями. Отчетливо выраженный эффект пониженного атмосферного увлажнения в условиях ветровой тени. Трещинные воды вулканогенно-осадочных отложений (порфириды, кремнистые сланцы) и гранитных интрузий. 1,2	Земледелие и животноводство. Месторождения цветных металлов. 46 %
II.2-в-С-2	Орский	Переходная зона между равнинами Зауралья и Подуральского плато, а также между Уральской горной страной и низкогорно-холмистым массивом Мугоджар. Приподнятые пологоволнистые равнины. Бассейн р.Орь.	Равнинные ландшафты типичной степи. Трещинные воды терригенных отложений (песчаники, алевролиты) и гранитных интрузий (граниты). 0,8	Животноводство (овцеводство, КРС) и земледелие. Месторождения цветных металлов. Лиманное орошение (р.Орь и левобережные притоки). 42 %
II.2-г-С-3	Верхнеорский	Северо-западное окончание низкогорно-холмистого массива Мугоджар. Разветвленная овражно-балочная система на правом берегу р. Орь.	Ландшафты южной степи – холмисто-увалистые денудационные равнины северно-западного склона Мугоджар. Водоносный комплекс триасовых отложений (пески, песчаники). 0,5	Животноводство (овцеводство, КРС). 35 %

Таким образом, представленная интегральная основа, объединяющая природно-ресурсные и хозяйственные уровни организации рассматриваемой территории иллюстрирует высокую степень структурно-функциональной целостности трансграничного бассейна р. Урал. Соответственно, основные подходы и принципы к регламентации антропогенной нагрузки на водосборные территории и оптимизации рационального использования водных ресурсов степной зоны могут иметь универсальный характер для российского и казахстанского участков исследуемого бассейна.

ГЛАВА 5. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

5.1. Водно-ресурсный потенциал трансграничного бассейна р. Урал

Водные ресурсы рек относятся к категории возобновляемых компонентов природной среды, в связи, с чем водообеспеченность регионов не является стационарной характеристикой и соответственно, значение данного показателя определяется пространственно-временной вариацией гидроклиматических условий и социально-экономической обстановкой в регионах. Отметим, что своевременность решения задач комплексного использования водных ресурсов трансграничных рек степной зоны актуализированы региональной спецификой структуры водопотребления и физико-географическими условиями водосборных территорий.

Влияние климатического фактора на водопотребление носит зональный характер и для Европейской территории России увеличивается с севера на юг и с запада на восток по мере сокращения естественного увлажнения, а в зоне избыточного и достаточного увлажнения этот фактор практически не сказывается на объеме водопотребления (Водные ресурсы России..., 2008). Важно отметить, что природная водообеспеченность выступает как фактор регулирования объема водопотребления и развития экономики субъекта и наряду с экономическими условиями (размещение населения и хозяйства) лежит в основе водохозяйственного районирования (Долгополов, Федорова, 1973). Кроме того, роль природных факторов проявляется как непосредственно, так и в скрытой форме, например через посредство технологии производства (Коронкевич, 1972). Особенности формирования режимов тепла и влаги обуславливают не только специфику ландшафтных условий природных зон, но также условия и характер ведения хозяйственной деятельности на их территориях, в том числе и в использовании водных ресурсов (Зайцева, 1981). Однако учет природной зональности в использовании водных ресурсов речных систем до настоящего времени не проводился, что не обеспечивает полного комплексного

представления о вкладе каждой из природных зон в общее использование водных ресурсов (Ясинский, Вишневская, 2018).

Физико-географические условия рассматриваемой территории обуславливают пространственно-временную неоднородность речного стока в многолетнем и сезонном аспектах. Распределение возобновляемых водных ресурсов в трансграничном бассейне р. Урал характеризуется значительной пространственной дифференциацией – главная область формирования ресурсов расположена в верхнем и среднем течениях (Таблица 56, Рисунок 63).

Таблица 56 - Параметры речного стока в бассейне р. Урал

Река - створ	S, км ²	Q, м ³ /с	M, л/с км ²	C _v
Урал – гр. Республики Башкортостан и Челябинской области	2510	7,86	3,13	0,63
Урал – гр. Челябинской и Оренбургской областей	22200	34,4	1,55	0,72
Урал – Оренбург	82300	107	1,30	0,73
Урал – Уральск	188000	320	1,70	0,64
Урал – Кушум	190000	333	1,75	0,61
Урал – Тополи	235000	308	1,31	0,53
Илек – гр. Оренбургской области и Республики Казахстан	15300	20,8	1,36	0,77

Водосборная область исследуемого бассейна замыкается южнее г. Уральск (Республика Казахстан). Поверхностные водные ресурсы бассейна р. Урал по створу г. Уральск составляют 11,4 км³, в маловодные годы 95%-ной обеспеченности – 2,7 км³ (Родионов, 1977). Нижний гидрографический участок (южнее г. Уральск) является зоной использования и рассеивания стока, общие потери оцениваются до 20 % годового стока. Главная причина – непродуктивное испарение с поверхности поймы в весенне-половодный период. Так, в многоводные годы (P=5 %) величина потерь может увеличиваться до 1,8-2,0, а в маловодные (P=95 %) сокращаться до 0,2-0,3 км³/год (Шикломанов, 1979).

По данным О.К. Гленбекова (1967) потери речного стока в нижнем течении (п. Тополи) составляли в среднем 0,8 км³/год. Основная причина – непродуктивное испарение с поверхности поймы в весенне-половодный период – в многоводные годы (P=5 %) величины потерь на испарение могут увеличиваться до 1,8-2,0 км³/год, а в

маловодные ($P=95\%$) уменьшаться до $0,2-0,3\text{ км}^3/\text{год}$ (Шикломанов, 1979). В соответствии с русловым водным балансом за 1981-1985 гг. снижение фактического стока р. Урал на участке Кушум-Атырау достигало около $0,57\text{ км}^3/\text{год}$, из них 28% расходовалось на испарение (за вычетом осадков), остальное - на безвозвратный водозабор и отток в староречья (Магрицкий, Ефимова, Гончаров и др., 2022). Необходимо отметить, что потери на обводнение каналов и староречий в нижнем течении также могут быть значительными – по О.К. Тленбекову (1967) только на участке Тополи – Атырау в староречья Новобогатинской дельты могло уходить около $0,47\text{ км}^3/\text{год}$.

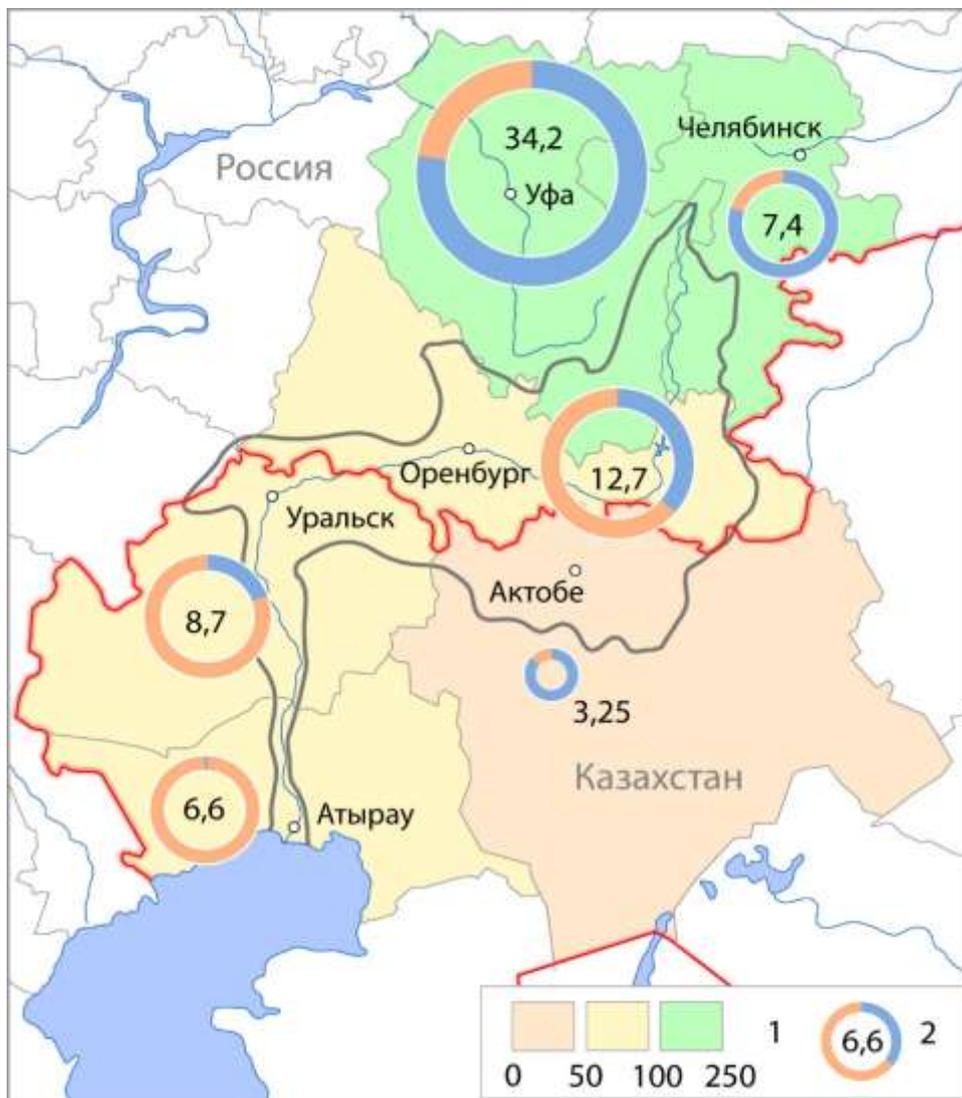


Рисунок 63 - Водные ресурсы трансграничного бассейна р. Урал (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан): 1 – удельная природная водообеспеченность, тыс. $\text{м}^3/\text{км}^2$; 2 – суммарный сток, $\text{км}^3/\text{год}$, соотношение долей местного (синий сектор) и транзитного (оранжевый сектор) стока

Для р. Урал до середины 1960-х гг. суммарный объем ресурсов речного стока изменялся от 25,6 (1946 г.) до 2,92 км³ (1967 г.) (створ Кушум) (Цыценко, Владимирова, 2011). Среднее многолетнее значение (1940-1973 гг.) наблюдаемого стока р. Урал в створе Кушум – 10,53 км³, в период 1974-2007 гг. - составляли 9,34 км³ (сокращение составило 11 %). Согласно авторским расчетам, за период 1921–1957 гг. ресурсы поверхностных вод в створе п. Кушум составляли 10,3 км³/год; в период 1958-1977 гг. – 8,6 км³/год (сокращение составило 16 %); в современный период (1978-2021 гг.) оцениваются в 8,7 км³/год (Рисунок 64). Более значительное сокращение ресурсов речного стока зафиксировано для притоков юго-восточного части бассейна р. Урал – рек Илек (с. Чилик), Хобда (с. Новоалексеевка) и Орь (с. Бугетсай) на 24, 27,5 и 28,9 % соответственно (Давлетгалиев, 2011).

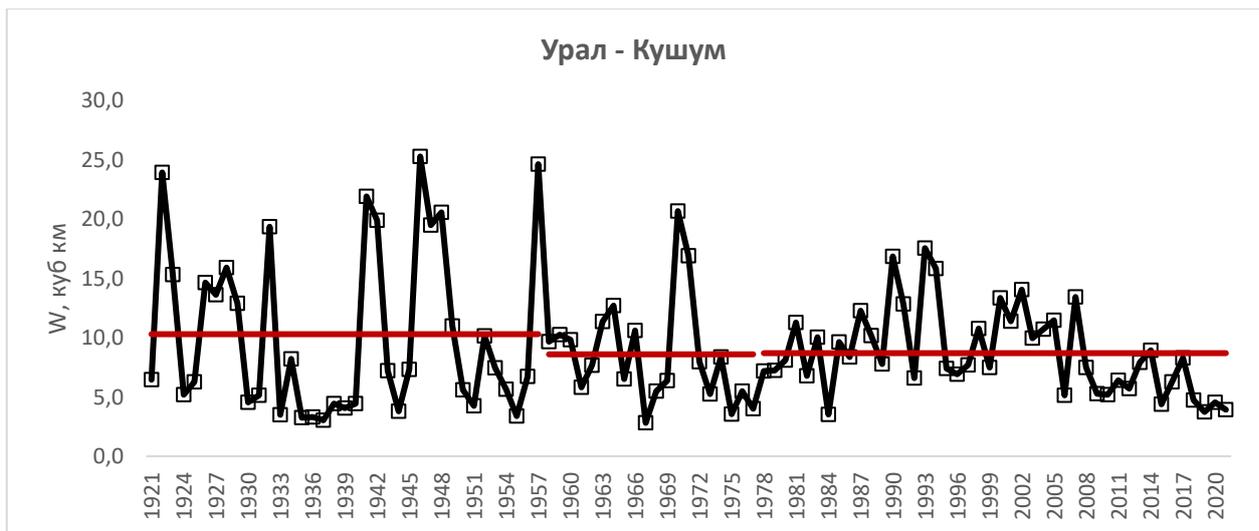


Рисунок 64 - Динамика ресурсов речного стока р. Урал (с. Кушум, Западно-Казахстанская область)

Актуальные данные об объёмах речного стока, поступающего по руслам трансграничных рек с территории соседних государств представлены в Таблице 57.

Как было отмечено выше, ресурсы речного стока степной зоны характеризуются значительной пространственно-временной изменчивостью, что влияет на показатели обеспеченности территорий и регионов в отдельные годы. Несмотря на то, что современный период характеризуется сокращением значений C_v , для

отдельных рек по-прежнему фиксируется значительная изменчивость водных ресурсов (Таблица 58).

**Таблица 57 - Сток трансграничных рек в приграничных российских створах, км³/год (знаменатель – 2018 год, числитель – 2019 год)
(Ресурсы поверхностных и подземных вод..., 2020)**

Приграничный створ (река – пункт)	Приток в Российскую Федерацию			Отток из Российской Федерации		
	норма	годовое значение	отклонение от нормы, %	норма	годовое значение	отклонение от нормы, %
Урал – Оренбург				<u>2,93</u> 2,93	<u>1,46</u> 1,02	<u>-50,2</u> -65,2
Жарлы – Адамовка	<u>0,09</u> 0,09	<u>0,09</u> 0,02	<u>0,0</u> -77,8			
Орь – Истемес	<u>0,22</u> 0,22	<u>0,11</u> 0,01	<u>-50,0</u> -95,5			
Илек - Веселый	<u>0,65</u> 0,65	<u>0,19</u> 0,19	<u>-70,8</u> -70,8			

Таблица 58 - Водные ресурсы бассейна р. Урал в разрезе ВХУ (Республика Казахстан) (млн м³) (Давлетгалиев, 2015)

ВХУ	Норма стока	C _v	Водные ресурсы				
			5 %	25%	50%	75%	90%
Бассейн р. Урал в границах ЗКО	308	0,41	17095	12080	9115	6813	4258
р. Урал от границы ЗКО с Атырауской областью до устья	252	0,40	13814	9809	7538	5646	3564
бассейн р. Орь	5,76	0,78	464	251	145	76,3	23,6
бассейн р. Илек	20,1	0,51	1243	814	583	400	209
р. Хобда	9,56	0,57	628	394	271	175	84,5
бассейн рр. Оленты, Шидерты, Бултурты, Жаксыбай	4,70	0,67	341	199	139	75,7	29,6

В региональном аспекте максимальными значениями C_v характеризуются водные ресурсы нижнего участка р. Урал – 0,77 (Актюбинская область), 0,64 (Западно-Казахстанская область) и 0,53 (Атырауская область). Из российских регионов наиболее высокие значения C_v характерны для Оренбургской области – 0,52.

Обобщая вышесказанное, отметим, что для детализированной оценки водно-ресурсного потенциала трансграничного бассейна р. Урал ключевое значение имеет соотношение ресурсов общего и местного стока (Рисунок 65). Суммарный приток на территорию Республики Казахстан оценивается в первую очередь как сумма стока рр. Урал ($4,5 \text{ км}^3/\text{год}$) и Сакмара ($3,3 \text{ км}^3/\text{год}$). Местные ресурсы речного стока нижнего участка определяются как сумма стока рек, не впадающих в р. Урал ($1,1 \text{ км}^3/\text{год}$) и притоков, сток которых формируется в пределах Республики Казахстан – Илек ($1,3 \text{ км}^3/\text{год}$), Орь ($0,12 \text{ км}^3/\text{год}$), Утва ($0,14 \text{ км}^3/\text{год}$) и др.

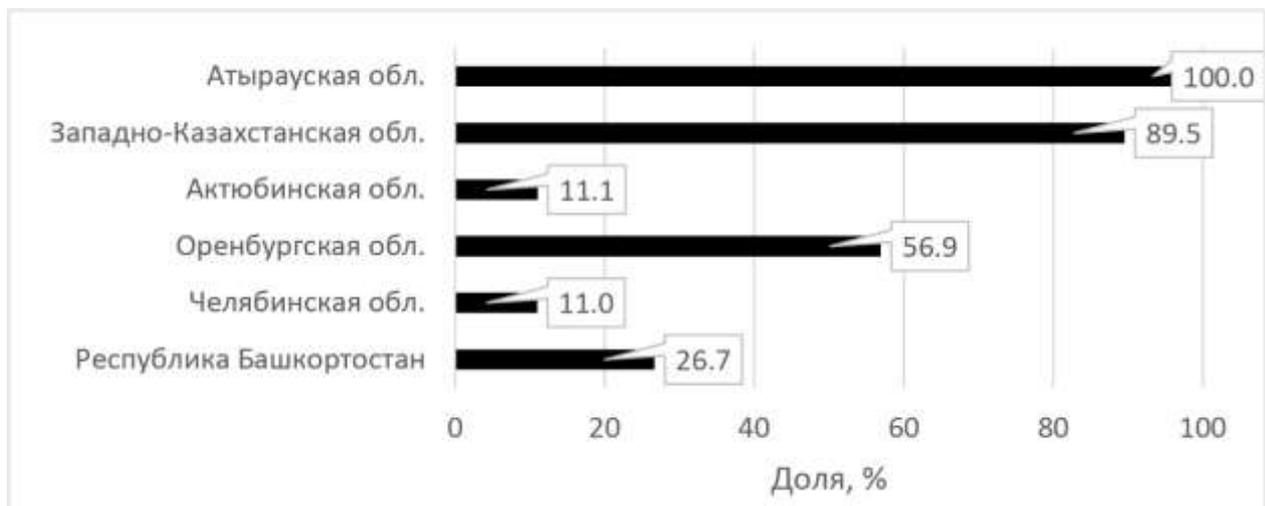


Рисунок 65 - Доля притока в общих ресурсах речного стока в регионах трансграничного бассейна р. Урал

Средняя многолетняя величина ресурсов местного стока оценивается в $2,5 \text{ км}^3/\text{год}$, но в маловодные годы может сокращаться до $1,35 \text{ км}^3/\text{год}$ (75 % обеспеченности) и $0,27 \text{ км}^3/\text{год}$ (97 % обеспеченности) (Давлетгалиев, 2011). Таким образом, регионы нижнего течения р. Урал находятся в значительной зависимости от поступления речного стока с сопредельной территории Российской Федерации. В Западно-Казахстанской области доля местного стока не превышает 40 % (P=50 %) и 20 % (P=75-90 %). Атырауская область характеризуется практически полным отсутствием местного стока (не более 1 %).

Не менее важным для оценки современного состояния ресурсов речного стока в исследуемом бассейне является сопоставление значений общего и местного стока с объемами экологического и свободного стока (Таблицы 59-60).

Таблица 59 - Средние многолетние ресурсы общего речного стока, экологический и свободный сток (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан)

Регион	Среднемноголетний сток, км ³ /год			Экологический сток ¹ , км ³ /год			Свободный сток, км ³ /год		
	средний	75 %	95 %	средний	75 %	95 %	средний	75 %	95 %
Башкортостан	34,2	25,6	18,8	23,9	20,48	16,9	10,3	5,12	1,9
Челябинская	7,4	5,5	4,1	5,2	4,4	3,7	2,2	1,1	0,4
Оренбургская	12,6	9,4	6,9	8,8	7,5	6,2	3,8	1,9	0,7
З.-Казахстанская	8,7	6,5	4,8	6,1	5,2	4,3	2,6	1,3	0,5
Актюбинская	3,2	2,4	1,8	2,2	1,9	1,6	1,0	0,5	0,2
Атырауская	6,6	4,9	3,6	4,6	3,9	3,2	2,0	1,0	0,4

Таблица 60 - Средние многолетние ресурсы местного речного стока, экологический и свободный сток (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан)

Регион	Среднемноголетний сток, км ³ /год			Экологический сток ¹ , км ³ /год			Свободный сток, км ³ /год		
	средний	75 %	95 %	средний	75 %	95 %	средний	75 %	95 %
Башкортостан	30,0	22,5	16,5	21,0	18,0	14,8	9,0	4,5	1,7
Челябинская	7,3	5,5	4,0	5,1	4,4	3,6	2,2	1,1	0,4
Оренбургская	2,8	2,1	1,5	2,0	1,7	1,3	0,8	0,4	0,2
З.-Казахстанская	1,7	1,3	0,9	1,2	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1
Актюбинская	2,8	2,1	1,5	2,0	1,7	1,4	0,8	0,4	0,1
Атырауская	0,1	0,07	0,05	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01

Примечание: ¹ В данных расчетах оценка экологического стока проведена с использованием метода пропорционального стока (Маркин, 2005), в соответствии с которым экологический сток определяется с помощью эмпирически переходных коэффициентов для стока разной обеспеченности – среднегодовые значения стока – 0,7; 75 % - 0,8; 95 % - 0,9.

В регионах, со значительной долей транзитного стока, обращает внимание достаточно низкие величины свободного стока в маловодные годы (75-95 %). Например, в Оренбургской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях в маловодные годы ($P=95\%$) величина свободного стока с учетом только местных ресурсов речного стока не превышает $0,2 \text{ км}^3/\text{год}$.

Исходя из полученных результатов, очевидно, что показатели водообеспеченности регионов определяются, в первую очередь, пространственно-временными изменениями речного стока. Кроме того, обеспеченность водными ресурсами напрямую зависит от социально-экономической обстановки в конкретном регионе – динамики численности населения, технологических инноваций в производстве и др. В итоге, проблема с удовлетворением спроса возникает лишь в том случае, если физический запас воды на некий период времени оказывается недостаточным для удовлетворения всех потребностей (Фридман, 2012). Вместе с тем, несмотря на определенную «пластичность» показателя водообеспеченности, во многих регионах проблема нехватки пресной воды только усугубляется. С учетом данной тенденции, в мировой практике широко используется несколько подходов к оценке водообеспеченности, отличающихся друг от друга использованием в расчетах различных социально-экономических и гидрологических показателей.

Оценка состояния ресурсов речного стока в трансграничном бассейне р. Урал проведена на основе сопоставления объема водных ресурсов (общего и местного стока): а) с объемами используемой воды (коэффициент использования водных ресурсов – $K_{исп}$); б) с площадью региона (удельная природная обеспеченность, тыс. $\text{м}^3/\text{км}^2$); в) с численностью населения – индекс Фалкенмарк (удельная водообеспеченность менее $1700 \text{ м}^3/\text{чел.}$) (Таблица 61).

В целом, с учетом ресурсов общего стока, регионы трансграничного бассейна р. Урал характеризуются достаточно оптимальными показателями водообеспеченности на среднемноголетнем уровне. В частности, значения индекса Фалкенмарк свидетельствует об отсутствии острой напряженности в обеспечении водными ресурсами в регионах.

Таблица 61 - Многолетняя характеристика состояния водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал (по данным: Водные ресурсы и водное хозяйство России, 2018; Тюменев, 2008)

Регион	Общий сток				Местный сток			
	Общий сток, км ³ /год	Удельная природная водообеспеченность, тыс. м ³ /км ²	Индекс Фалкенмарк, м ³ /год/чел	K _{исп}	Местный сток, км ³ /год	Удельная природная водообеспеченность, тыс. м ³ /км ²	Индекс Фалкенмарк, м ³ /год/чел	K _{исп}
<i>Российская Федерация</i>								
Башкортостан	34,2	239,1	9598,1	1,9	26,5	185,4	6321,5	2,9
Челябинская	7,4	103,9	2626,8	6,3	5,9	67,2	1830,8	12,4
Оренбургская	12,7	76,0	4724,5	13,9	4,6	37,1	1593,6	29,0
<i>Республика Казахстан</i>								
З.-Казахстанская	8,7	57,7	13811,0	3,9	1,7	11,2	2698,7	20,2
Актюбинская	3,25	10,9	3890,4	9,8	2,8	9,3	3404,2	11,2
Атырауская	6,6	58,2	11350,4	3,2	0,0	-	-	-

Минимальные значения индекса, близкие к критическим 1700 м³/год/чел рассчитаны для Челябинской, Оренбургской и Актюбинской областей, что обусловлено, в первую очередь, недостаточным объемом возобновляемого речного стока. В тоже время, расчет данного индекса с учетом ресурсов местного стока позволяет получить более достоверную оценку ситуацию с гарантированным обеспечением водными ресурсами и зависимостью отдельных регионов от транзитного стока.

Расчет коэффициента использования (K_{исп}) водных ресурсов на основе сопоставления общих объемов и объемов используемой воды является широко распространенным подходом к оценке антропогенной нагрузки на поверхностные воды. Максимальные значения K_{исп} для российских регионов характерны для Оренбургской (14% - общий сток и 29 % с учетом местных ресурсов речного стока) и Челябинской областей (6,3 % и 12,4 % соответственно). Из казахстанских регионов умеренная антропогенная нагрузка на водные ресурсы

характерна для Актюбинской областей (9,8 % – общий сток и 11,2 % – местный сток).

Сопоставительный анализ $K_{исп}$ и индекса Фалкенмарк позволяет сделать выводы о региональных особенностях состояния ресурсов речного стока в исследуемом бассейне (Sivokhip, Pavleychik, 2023). В частности, несмотря на достаточно низкий или умеренный уровень нагрузки на водные ресурсы в трансграничном бассейне р. Урал, в отдельных регионах наблюдается сложная водно-экологическая обстановка, например в Оренбургской, Челябинской и Актюбинской областях. Для данных регионов характерна низкая или умеренная нагрузка (с учетом общего стока) на водные ресурсы ($K_{исп}=6-14\%$) и низкие показатели удельной водообеспеченности (2600-4700 м³/год/чел.). Кроме того, для объективной оценки антропогенной нагрузки на водные ресурсы необходимо учитывать параметры водности в конкретный год или период (Таблица 62).

Таблица 62 - Современная нагрузка на водные ресурсы трансграничной р. Урал (Многолетние колебания и изменчивость..., 2021)

Створ	Нагрузка на среднемноголетние водные ресурсы, %				Нагрузка в маловодный период, %			
	2005	2010	2015	2018	2005	2010	2015	2018
Верхнеуральск	6,46	5,65	6,46	4,04	22,2	19,4	22,2	13,8
Кушум	19,4	19,6	16,0	12,7	51,0	51,7	42,2	33,4

В настоящее время формирование водных ресурсов происходит в условиях нестационарного климата и соответственно использование среднемноголетних значений для оценки состояния водных ресурсов не всегда объективно отражает современную ситуацию. В связи с этим, целесообразно проводить оценку водообеспеченности в регионах с учетом реальных водных ресурсов (Водные ресурсы России..., 2008). На основе данного подхода для российских регионов трансграничного бассейна р. Урал рассчитана реальная обеспеченность водными ресурсами на основе среднемноголетних величин трехлетнего маловодного периода 2009-2011 годов и объемов безвозвратного водопотребления. Результаты оценки иллюстрируют значительное отличие в показателях

реальной и удельной водообеспеченности, и, в первую очередь, в регионах со значительными многолетними колебаниями речного стока – например, в Челябинской (1,21 и 2,63 тыс. м³/чел.). Величины удельной и реальной обеспеченности также различны на отдельных участках р. Урал – в частности, в пределах верхнего течения (г. Верхнеуральск) 3,43 и 0,86 соответственно, а в нижнем течении (п. Кушум) – 4,07 и 1,44 (Многолетние колебания и изменчивость..., 2021).

На основе расчетов величин свободного стока проведена оценка водно-экологической напряженности (водно-экологический стресс) – соотношение забора пресной воды и свободного стока с учетом местных и общих водных ресурсов (Рисунок 66).

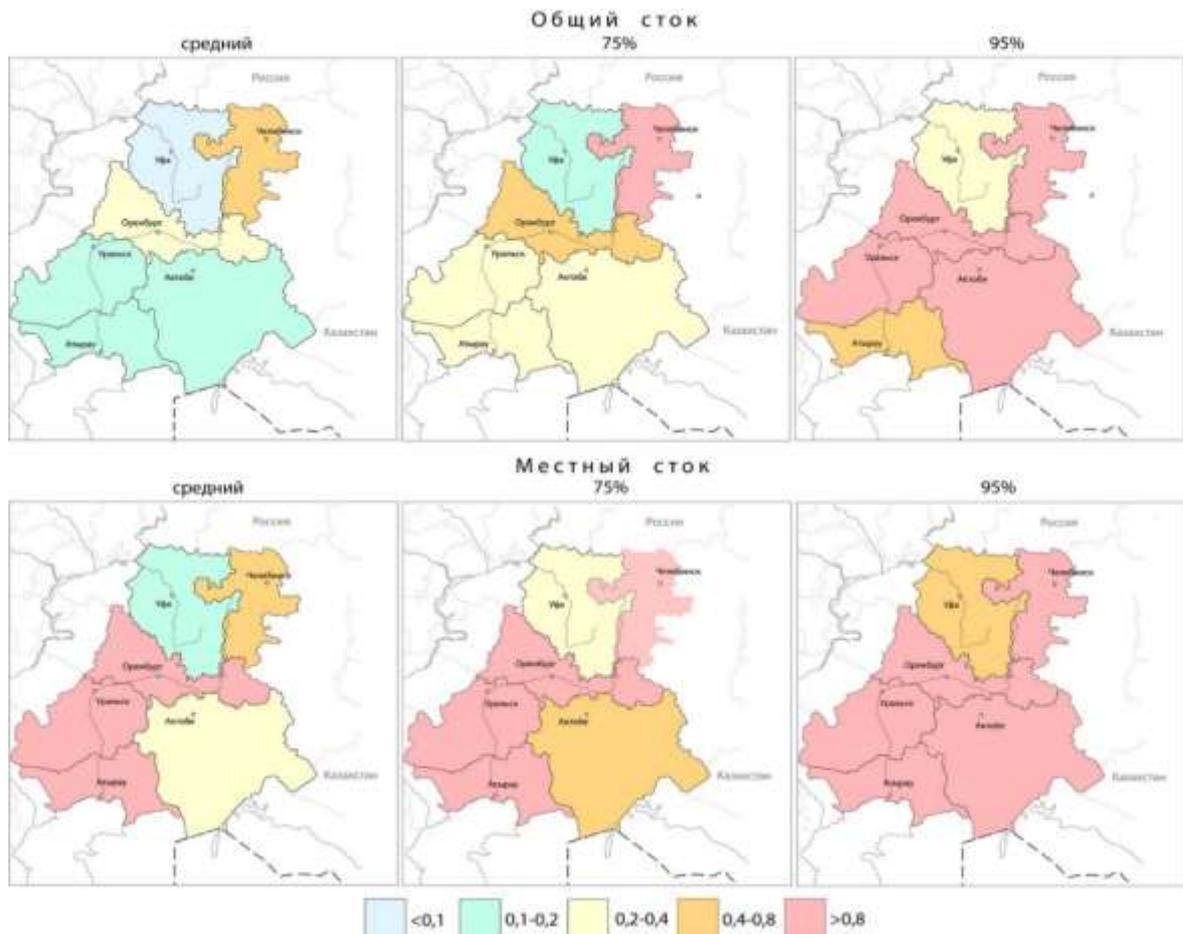


Рисунок 66 - Оценка водно-экологического стресса в трансграничном бассейне р. Урал (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан) с учетом общего и местного речного стока в годы разной обеспеченности: индекс стресса <0,1 – незначительный; 0,1-0,2 – низкий; 0,2-0,4 – средний; 0,4-0,8 – высокий; > 0,8 – очень высокий

Отношение водозабора к свободному стоку (индекс стресса) изменяется в среднем по водности год с учетом общих ресурсов от 7 % в Республике Башкортостан до 52 % в Челябинской области; в маловодный год 75 % обеспеченности в большинстве регионов индекс стресса превышает 30% (в Челябинской области ресурсы свободного стока отсутствуют), а в год 95 % обеспеченности водно-экологическая напряженность наблюдается во всех регионах (более 50%), кроме Республики Башкортостан. В Челябинской и Оренбургской области отмечается отсутствие свободного стока. Еще более напряженная водно-экологическая ситуация складывается при расчете индекса стресса с учетом ресурсов только местного стока – отсутствие свободного стока для отдельных регионов отмечается уже в средний по водности год, например Оренбургская область, а в маловодные годы водно-экологический стресс характерен для всех регионов, кроме Республики Башкортостан.

С учетом интенсивного антропогенного воздействия на ресурсы речного стока степной зоны, актуальной задачей комплексного использования водных ресурсов является обеспечение приемлемого экологического состояния не только в количественном, но и в качественном аспекте. Один из косвенных показателей качества водных ресурсов – кратность разбавления сточных вод, оценку которого целесообразно проводить для разных по водности лет (Таблица 63).

Таблица 63 - Кратность разбавления сточных вод в пределах водохозяйственных участков бассейна р. Урал (российская часть) в разные по водности годы

ВХУ	Кратность разбавления			
	P =25 %	P=50 %	P=75 %	P=95 %
р. Урал от истока до Верхнеуральского г/у	53,30	35,71	22,42	10,51
р.Урал от Верхнеуральского г/у до Магнитогорского г/у	2,56	2,14	1,85	1,60
р. Урал от Магнитогорского г/у до Ириклинского г/у	2,18	1,77	1,48	1,23
р.Урал от Ириклинского г/у до г. Орск (Орские ворота)	84,43	52,27	34,37	27,96

р. Сакмара от истока до впадения р. Большой Ик	282,02	196,95	164,15	66,55
р. Большой Ик	29796,39	20425,80	14956,96	9274,79
р. Сакмара от впадения р. Большой Ик до устья	2292,04	1678,49	1122,84	619,07
р. Урал от г. Орск до впадения р. Сакмара	41,80	29,84	21,04	17,71
р. Илек	2029,55	1252,95	766,21	401,40
Российская часть бассейна р. Урал ниже впадения р. Сакмара без р. Илек	28445,63	19218,49	13020,46	8802,05

Наиболее сложная гидроэкологическая ситуация в аспекте обеспечения качественными водными ресурсами характеризуются верхние участки трансграничного бассейна р. Урал. Показатели кратности разбавления сточных вод на данных участках не превышают средних значений (более 50) даже в многоводные годы. Также низкие показатели характерны для участка среднего течения (Орск-Оренбург) – не более 40. Наибольший вклад, кроме главной реки, обеспечивают следующие реки – Карагайлы, Худолаз, Таналык (Республика Башкортостан), Орь, Сухая Губерля, Блява (Оренбургская область) и др. Следует отметить, что такой показатель как кратность разбавления сточных вод не гарантирует высокое качество воды, поскольку не учитывается диффузное загрязнение с поверхности водосборных территорий (Георгиади, Коронкевич, Барабанова и др., 2021).

Важным показателем качественного состояния ресурсов речного стока является динамика объема загрязненных вод в структуре общего объема сточных вод (Рисунок 67).

В российских регионах исследуемого бассейна в последнее время отмечается сокращение доли загрязненных вод в общем объеме водоотведения. Наиболее заметные изменения характерны для Челябинской области – за последние 10 лет доля загрязненных вод без очистки снизилась с 20 до 4 %; доля сточной воды недостаточно очищенной сократилась с 80 до 21 %. Непосредственно для реки Урал доля загрязненных сточных вод в общем объеме отводимых сточных вод повышалась с 4,8 % в 1990 г. до 39,7 % в 2017 г. С

прекращением сброса загрязненных сточных вод в русло реки Магнитогорским металлургическим комбинатом эта доля снизилась до 21-27 % (Демин, 2023).



Рисунок 67 - Водоотведение и сброс загрязненных сточных вод, млн м³
(по данным: Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году», 2021)

Таким образом, принимая во внимание современные тенденции изменения водного режима трансграничных рек степной зоны, обусловленные климатическими флуктуациями и региональными особенностями

использования водных ресурсов, одной из приоритетных задач является обеспечение устойчивого водопользования для регионов Российской Федерации и Республики Казахстан. Успешное решение данной задачи осложняется комплексом проблем – наличием множественных частных водохозяйственных задач, осложненных фактором межгосударственного взаимодействия; отсутствием четких методик гидролого-водохозяйственного обоснования с учетом трансграничного деления речного стока; асимметричным распределением водных ресурсов и противоречивыми интересами субъектов водопользования; сложностью реализации основных положений бассейнового подхода в условиях фрагментированного подхода к разработке Схем комплексного использования и охраны водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал и др.

В итоге, пространственные особенности водно-ресурсного потенциала трансграничного бассейна р. Урал выступают лимитирующими факторами экологически безопасного и рационального водопользования на современном этапе и ближайшую перспективу. Обращает внимание, потенциальное обострение водно-экологической ситуации в маловодные годы ($P=75-95\%$), особенно в регионах со значительной долей транзитных ресурсов речного стока. Соответственно, с учетом необратимости современных трансформаций климата, актуальной является разработка долгосрочных стратегических программ, направленных на урегулирование кризисных ситуаций и минимизацию негативных социально-экономических последствий изменения гидрологического режима рек трансграничного бассейна р. Урал.

5.2. Региональные особенности использования водных ресурсов

Пространственно-временная дифференциация водно-ресурсного потенциала бассейна р. Урал является лимитирующим фактором устойчивого функционирования регионального водохозяйственного комплекса, участниками которого являются хозяйственно-бытовое промышленное

водоснабжение, орошение, прудовое рыбное хозяйство, сельскохозяйственное водоснабжение, добывающая промышленность (поддержание пластового давления) (Таблица 64).

Таблица 64 - Характеристика ресурсов речного стока и их использования в бассейне р. Урал (Сивохиц, Павлейчик, Падалко, 2023)

Регион	Общие ресурсы речного стока, км ³ /год	Доля стока р. Урал в общих ресурсах речного стока, %	Доля объема крупных водохранилищ в бассейне р. Урал в суммарном объеме, %	Доля забранной воды в бассейне от общего забора воды из природных источников, %
Республика Башкортостан	34,2	13	7	4
Челябинская область	7,4	16	49	25
Оренбургская область	12,6	73	95	96
Актюбинская область	3,2	44	100	56
Западно-Казахстанская область	10,3	94	74	27
Атырауская область	6,5	77	-	48

В пределах Российской Федерации, количество забранной воды составляет в среднем: по Оренбургской области 1604543 тыс. м³/год (86,3 % от общего забора); по Челябинской области 226568 тыс. м³/год (12,2 % от общего забора); по республике Башкортостан 27701 тыс. м³/год (1,5 % от общего забора).

Основная доля (около 84 %) от общего объема водозабора осуществляется непосредственно из р. Урал, 16 % - из Сакмара, Илек, Салмыш, Большого Кумак, Орь (Оренбургская область), Большой Кизил, Худолаз (Челябинская область, Республика Башкортостан), Таналык (Республика Башкортостан). В пределах Республики Казахстан основная доля от суммарного водозабора приходится на р. Урал (Западно-Казахстанская и Атырауская области (99,3 %), реки Илек, Орь (Актюбинская область).

В Республике Башкортостан, Челябинской и Актюбинской областях велика доля подземного водозабора – 51, 32 и 63 % соответственно. В остальных регионах исследуемого бассейна водозабор в основном осуществляется из поверхностных водных объектов – 90,3 % (Рисунок 68).

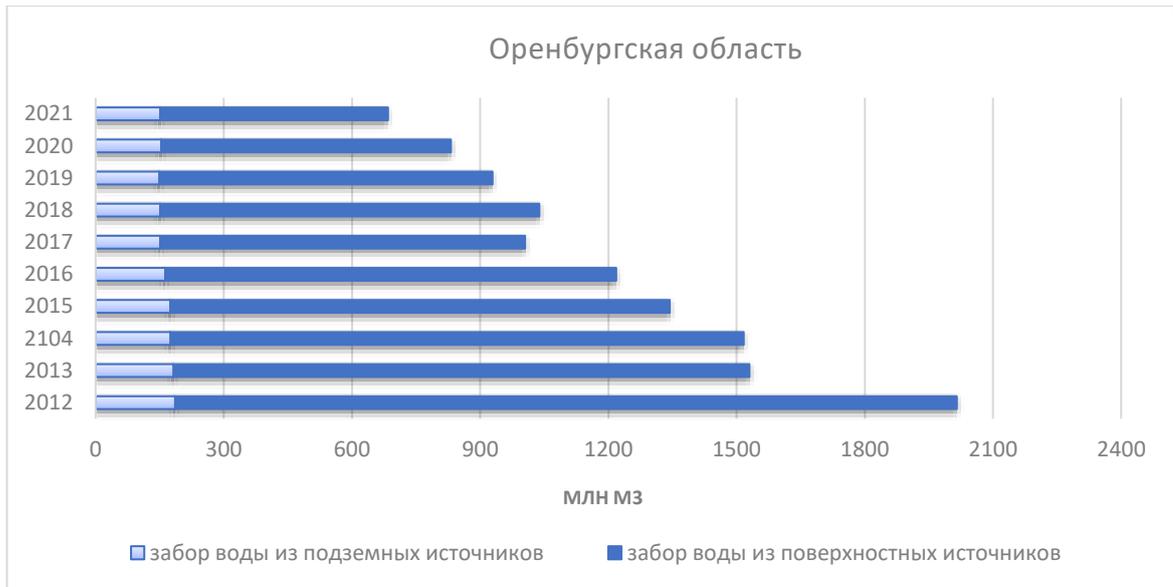


Рисунок 68 - Динамика забора пресных вод из поверхностных и подземных источников в Оренбургской области (по данным: Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году)

Интенсивное использование водных ресурсов исследуемого бассейна начинается в 30-е годы прошлого века в связи с освоением рудных месторождений горного Урала. Начиная с данного периода, наметились ключевые водохозяйственные проблемы – гарантированное обеспечение нужд главных водопотребителей промышленных новостроек Орско-Халиловского района, а также борьба с засухой в Заволжье (Боскис, Троцкий, 1934). В довоенное время были построены гидроузлы на р. Урал (Магнитогорский, Верхнеуральский) и притоках с целью водохозяйственной интенсификации наиболее развитых в промышленном отношении регионов в пределах РСФСР. В 50-60 гг. водохозяйственная интенсификация шла сразу в нескольких направлениях, в том числе были затронуты водохозяйственные участки в пределах Казахстана. Кроме масштабного промышленного освоения исследуемой территории, сопровождавшегося ростом численности населения в промышленных центрах, возникла потребность гарантированного водообеспечения сельского хозяйства в связи с освоением целинных земель степной зоны.

Длительное время динамика и структура водопотребления в исследуемом трансграничном регионе определялись социально-экономическими потребностями союзного государства. Начиная с 1960-х и до середины 70-х годов отмечалось закономерное увеличение водопотребления (Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011; Демин, 2007). Период с 1975 по 1990 годов характеризовался определенной стабилизацией водопотребления, что объясняется замедлением роста экономики и внедрением водосберегающих технологий, особенно в промышленности (Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011). Начиная с 90-х годов, в российских и в казахстанских регионах происходит значительное сокращение водопотребления во всех отраслях водного хозяйства на фоне общего масштабного социально-экономического кризиса, но с региональными и отраслевыми различиями (Таблица 65).

Таблица 65 - Динамика структуры водопотребления в регионах трансграничного бассейна р. Урал (%)

Регион	1995 г.			2005 г.			2020 г.		
	П	К	С/Х	П	К	С/Х	П	К	С/Х
Респ. Башкортостан	52	32	3	54	37	1	50	26	1
Челябинская	48	47	5	50	49	1	59	40	1
Оренбургская	84	8	8	90	9	1	91	8	1
Зап.-Казахст.	2	5	93	2	6	92	24	49	27
Актюбинская	10	21	69	8	9	73	20	42	38
Атырауская	25	12	63	49	10	41	42	16	42

Примечание: П–промышленное, К–коммунальное, С/Х–сельскохозяйственное водопотребление

В пределах российских регионов наиболее серьезные изменения зафиксированы в аграрном секторе – фактические объемы использованной воды и ее доля в суммарном водопотреблении сократилась до минимальных значений. В структуре водопотребления казахстанских регионов также значительно сократился удельный вес использования воды на нужды сельского хозяйства, в первую очередь за счет сокращения забора воды на лиманное и регулярное орошение. Отметим, что ни одному из казахстанских субъектов не удалось к настоящему времени достичь уровня докризисного периода в

сельскохозяйственном водопотреблении (Сивохип, Павлейчик, Чибилёв и др., 2017). Максимально сократился забор воды (начиная с 2005 года) в Западно-Казахстанской и Актюбинской областях – в 14 раз и 6 раз соответственно. На современном этапе и в этих регионах отмечается стабилизация или даже незначительный рост использования воды на нужды орошения.

Анализ актуальных данных по региональному водопотреблению исследуемого бассейна иллюстрирует схожие тенденции в изменении структуры водохозяйственного комплекса российского и казахстанского участков (Рисунки 69-70).

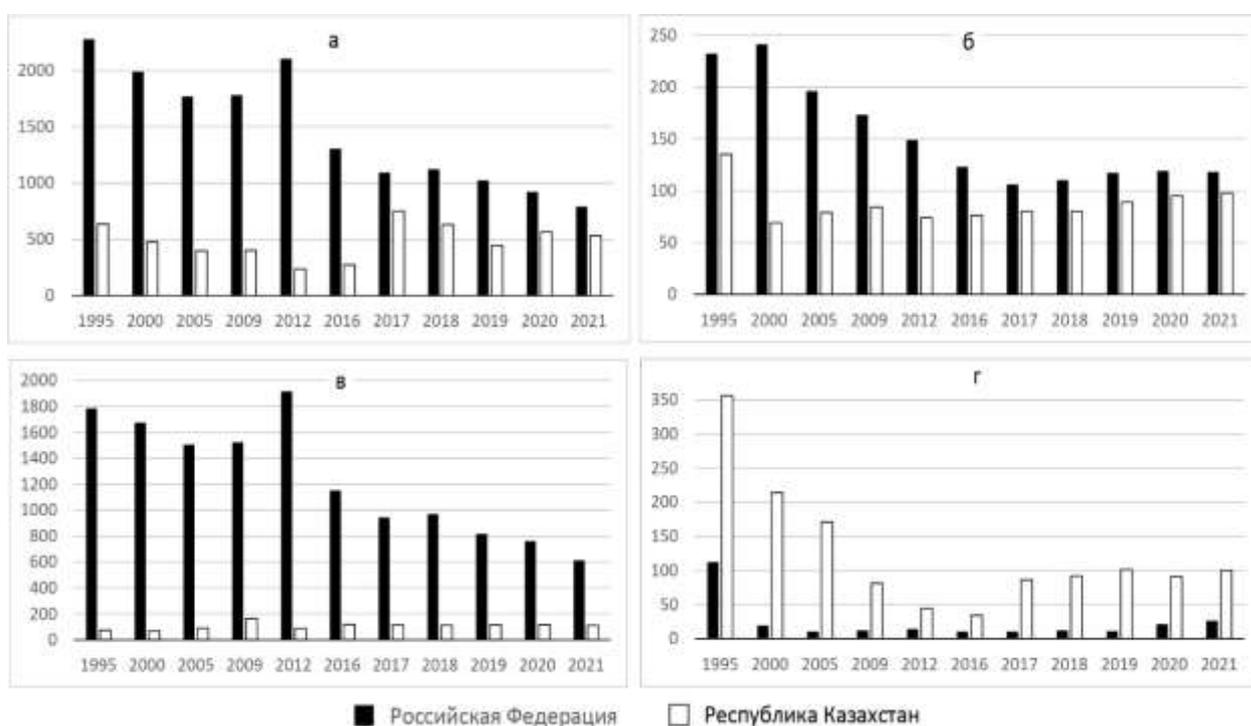


Рисунок 69 - Динамика структуры водопотребления в бассейне р. Урал, млн м³: а) суммарное использование воды; б) производственное; в) хозяйственно-питьевое; г) орошение, обводнение пастбищ

В российской части, несмотря на некоторое сокращение объемов используемой воды на хозяйственно-бытовые нужды, данный сектор в совокупности с производственным формируют основную долю используемой воды, особенно в пределах водохозяйственных участков главной реки. Крупными водопотребителями остаются горно-металлургические предприятия Южного Урала (в 2018 году Магнитогорский металлургический комбинат переведен на

оборотное водоснабжение) и Ириклинская ГРЭС в Оренбургской области (в настоящее время проводится реконструкция энергоблока).

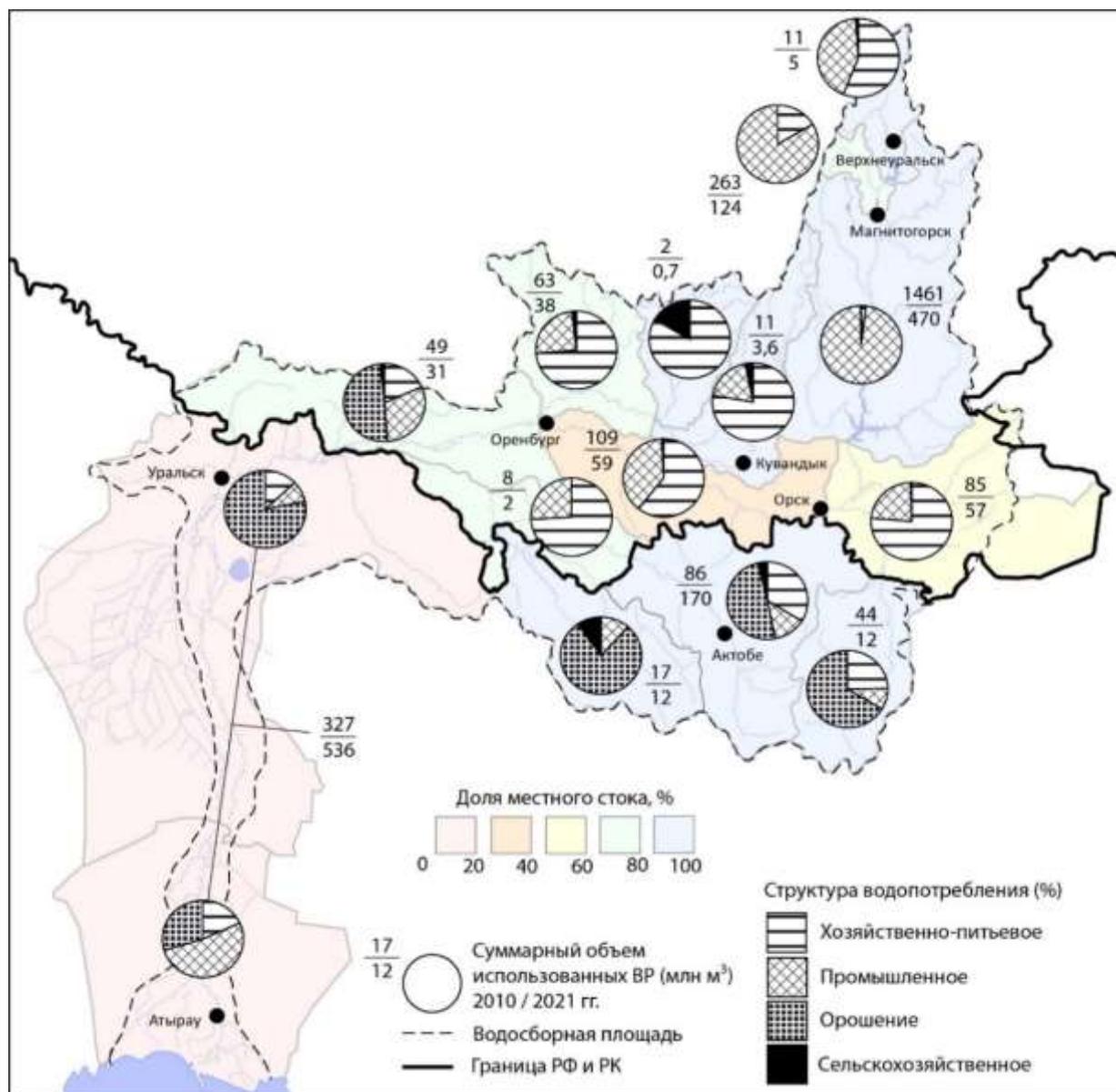


Рисунок 70 - Региональная структура использования водных ресурсов в бассейне р. Урал (в границах водохозяйственных участков)

В российских регионах фиксируется устойчивый рост расходов воды в системах оборотного и повторного водоснабжения, что свидетельствует о переходе предприятий на более эффективные технологии в использовании водных ресурсов. Обращает внимание максимальное снижение забора воды на орошение – по сравнению с советским периодом доля снизилась более чем в 10 раз (Демин, 2007). В последние годы зафиксирован определенный рост

объемов забора воды на нужды орошения, что связано с реализацией ведомственной программы «Развитие мелиоративного комплекса России на период 2019 – 2025 годов». В пределах казахстанского участка также основную долю суммарного забора водных ресурсов формируют производственный и коммунальный сектор. В настоящее время зафиксирован рост объемов использования воды на производственные нужды, в первую очередь за счет Актюбинской области - с 13 млн м³ в 2017 году до 18 млн м³ в 2021 году. Для коммунального сектора характерны достаточно стабильные показатели использования водных ресурсов, за исключением Атырауской области. В регионах Республики Казахстан активно реализуются государственные программы, направленные на улучшение показателей обеспеченности централизованной питьевой водой и услугами водоотведения, в частности Программа «Акбулак 2011-2020 годы».

Отдельного внимания заслуживает анализ динамики безвозвратного изъятия водных ресурсов на нужды регулярного орошения в регионах Республики Казахстан, которые как было отмечено выше характеризуются традиционно высокой долей данной отрасли в структуре водопотребления (Таблица 66).

Таблица 66 - Использование воды на орошение и доля от общего объема использованной воды в регионах трансграничного бассейна р. Урал (Республика Казахстан) (по данным: Охрана окружающей среды в Республике Казахстан, 2005; 2011-2015; 2017-2021 годах)

Регионы	2005		2010		2015		2020	
	млн м ³	%						
Атырауская	67,0	28,4	87,0	31,8	70,0	33,0	40,0	19,5
Актюбинская	108,0	58,1	35,0	14,1	32,0	10,2	17,0	10,7
Западно-Казахстанская	293,0	47,0	20,0	4,4	10,0	2,9	20,0	5,5

Согласно данным Таблицы 66, максимально сократился забор воды (начиная с 2005 года) в Западно-Казахстанской и Актюбинской областях – в 14 раз и 6 раз соответственно. Отрицательная динамика в данном секторе была обусловлена рядом причин – сокращение финансовых затрат, технический износ мелиоративных систем, перевод орошаемых земель в богарные и др. Кроме того, в настоящее время для данных регионов приоритетным

направлением является развитие животноводства мясного направления, что соответствует зональному распространению агроклиматических ресурсов (Сивохип, Павлейчик, 2022а). В тоже время, несмотря на увеличение посевных площадей кормовых культур (в Актыбинской области с 144 тыс. га в 2015 до 279 тыс. га в 2019 году) закономерного увеличения забора воды на нужды орошения не произошло, что обусловлено выращиванием сеяного травостоя в богарных условиях. Но, в последние годы, в связи с реализацией Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021-2030 годы, предусматривающая в том числе расширения площадей орошаемых земель, отмечается стабилизация или даже незначительный рост использования воды на нужды орошения в данных регионах.

Существенным фактором стабилизации объемов забора воды на нужды орошения в пределах казахстанского участка бассейна реки Урал является широкое внедрение водосберегающих технологий. В частности, максимальное увеличение площади орошаемых земель с применением дождевания отмечается в Западно-Казахстанской (с 1,8 до 2,6 тыс. га или на 31 %) области. В Атырауской области из водосберегающих технологий преобладает метод капельного орошения, применение которого целесообразно для территорий с недостаточным увлажнением. За последние годы площадь земель, политых данным методом в Атырауской области, увеличилась с 1,9 до 3,0 тыс. га (37 %).

Кроме регулярного орошения, существенное значение для эффективного развития аграрного сектора в трансграничном бассейне реки Урал имеет использование вод местного стока для весеннего увлажнения почвы. Во второй половине XX в. активно проводились гидромелиоративные работы, направленные на улучшение условий увлажнения на локальных участках. Максимальные площади земель лиманного орошения зафиксированы для Западно-Казахстанской (256 тыс. га) и Актыбинской (103,9 тыс. га) областях. Большая часть участков лиманного орошения расположена в поймах рек Илек (16), Орь (10) и их притоков (Рисунок 71).

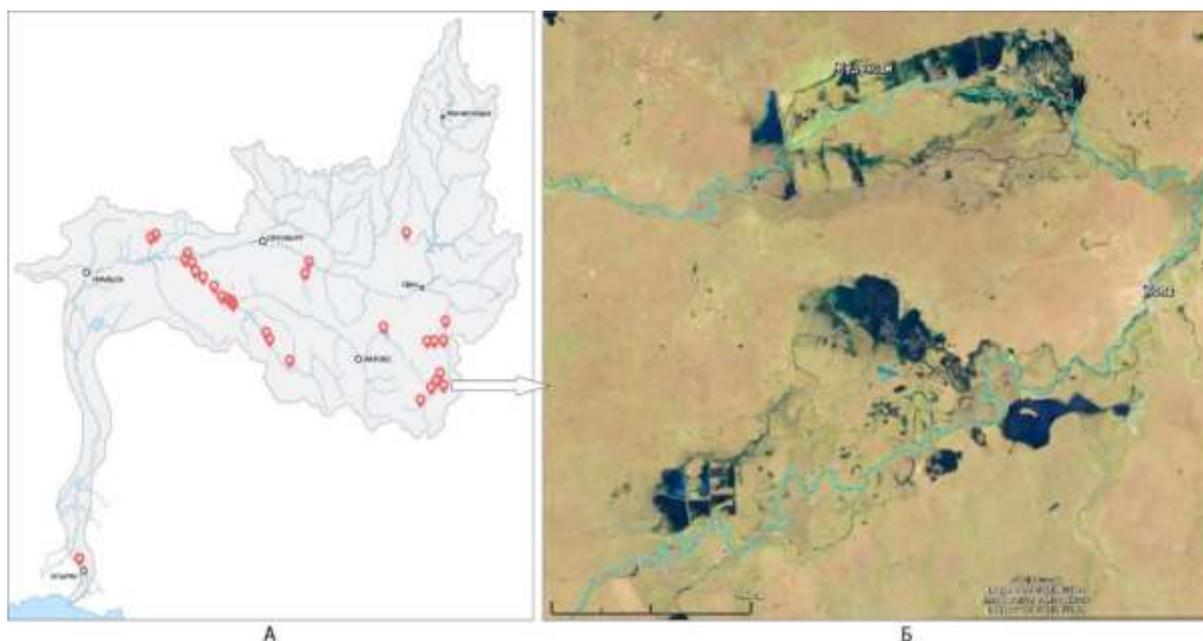


Рисунок 71 - Расположение участков лиманного орошения в бассейне р. Урал: А – схема расположения; Б – характерное состояние лиманов в весенний период (бассейн р. Орь, Актюбинская обл., снимок из Google Earth)

Подобное расположение свидетельствует о проведении плановых работ по развитию лиманного орошения - по осям расселения населения вдоль долин крупных рек и в районах потенциального развития животноводства. В структуре водосборных площадей такие участки занимают небольшую долю (Таблица 67).

Таблица 67 - Распределение участков лиманного орошения в бассейне р. Урал

Река	Кол-во участков	Общая площадь, км ²
Илек	16	205,6
Орь	10	205,9
Буртя	2	19,9
Чаган	2	3,6
Таналык	1	3,6
устьевая часть р. Урал	1	10,6

Например, в бассейне р. Орь (18,5 тыс. км²) общая площадь участков составляет 205,9 км², или около 1 % от водосборной площади. Соответственно, ввиду локального проведения мелиоративных мероприятий в бассейне р. Урал

степень их прямого воздействия на параметры речного стока скорее всего незначительна. Тем не менее, необходимо отметить актуальность систематизации и анализа подобных сведений, что позволит более детально оценить геоэкологические последствия аграрного природопользования в трансграничном бассейне р. Урал. Экспедиционные исследования отдельных участков лиманного орошения позволяют сделать выводы о том, что в настоящее время они практически не используются в связи со вторичным засолением почвенного профиля и сокращением естественных угодий ценных кормовых трав.

В итоге, современная структура водопотребления в трансграничном бассейне р. Урал характеризуется наличием региональных различий, обусловленных природно-зональными и социально-экономическими факторами, а также историей хозяйственного освоения территорий. Анализ результатов водохозяйственных балансов, представленных в (СКИОВО бассейна р. Урал (Российская часть), 2013; СКИОВР р. Урал (Жайык) с притоками, 2007) и выполненных для характерных по водности лет с учетом величин экологического стока, показывает, что он в основном бездефицитен (Приложение 3).

В условиях пространственно-временной дифференциации водно-ресурсного потенциала и региональных особенностях водного хозяйства трансграничного бассейна р. Урал существенное значение имеют прогнозные оценки использования водных ресурсов. К настоящему времени накоплен значительный опыт по прогнозированию водопотребления отдельных отраслей водного хозяйства. В частности, прогнозирование объемов водопотребления и водоотведения входило в состав балансовой оценки водных ресурсов, а также в исследованиях по прогнозированию альтернативных путей обеспечения водой (Водные ресурсы России..., 2008; Шикломанов, Георгиевский, Бабкин и др., 2010; Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011). Прогнозные оценки перспективного водопотребления на региональном уровне представлены в работах (Рыбкина, 2016; Рыбкина, Курепина, 2019; Демин, 2021; Padalko, 2021).

Наиболее детально методика расчета объемов водопотребления на перспективу рассмотрена в (Воропаев и др., 1986). Основной обобщающий вывод

– при прогнозировании перспективных объемов водопотребления главной задачей является не получение предельно точных значений водопотребления, а определение общих тенденций будущих изменений в расходной части водохозяйственного баланса, в том числе и в аспекте перспективного водообеспечения.

Примером комплексного прогноза для всех видов водопотребления является работа, выполненная в Государственном гидрологическом институте (Водные ресурсы России..., 2008). Авторами данной методики отмечается, что величина и динамика основных видов водопотребления определяются различными факторами и имеют специфические тенденции развития, что необходимо учитывать при прогнозных оценках на перспективу (Шикломанов, Георгиевский, Бабкин и др., 2010). Также следует отметить, что наибольшей достоверностью отличается прогноз использования водных ресурсов на среднесрочную перспективу, поскольку основан на скорректированных и актуализированных данных социально-экономического развития и их прогноза в регионах (Рыбкина, 2016).

На основе методики, представленной в (Водные ресурсы России..., 2008), среднесрочный (до 2025 г.) и долгосрочный (2030, 2035 гг.) прогноз использования водных ресурсов на *хозяйственно-питьевые нужды* выполнен с учетом следующих показателей – динамика целевого использования водных ресурсов за период 2000-2020 годов; динамика удельного водопотребления на 1 человека; результаты демографического прогноза на 2025, 2030 и 2035 годы.

В регионах Российской Федерации объемы водопотребления на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды будут сокращаться при условии сохранения современных показателей удельного водопотребления ($\text{м}^3/\text{чел}$). Так, по базовому варианту среднесрочного прогноза (до 2025 г.) сокращение составит 3,2 % в Республике Башкортостан, 2,4 % - в Оренбургской области и 2 % – в Челябинской области. Сокращение коммунального водопотребления прежде всего обусловлено отрицательной динамикой численности населения, особенно в Челябинской и Оренбургской областях (Таблица 68).

Противоположная ситуация прогнозируется в регионах Республики Казахстан – на среднесрочный период рост объемов коммунального водопотребления в Актыбинской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях составит 6,0, 4,7 и 5,2% соответственно.

Таблица 68 - Прогноз целевых видов использования водных ресурсов в регионах трансграничного бассейна р. Урал (базовый вариант)

Целевые виды	Среднее (2015-2020)	2020 (факт.)	2025	2030	2035
<i>Использование пресной воды на питьевые и хозяйственно-бытовые цели нужды, всего, млн м³, в т.ч:</i>					
Республика Башкортостан	181,41	164,47	159,16	155,07	150,99
Челябинская область	216,06	194,80	190,86	186,92	183,84
Оренбургская область	96,36	92,53	90,34	87,66	85,46
Актыбинская область	36,85	39,00	41,41	43,34	44,78
Западно-Казахстанская область	21,00	23,00	24,09	25,19	26,28
Атырауская область	25,85	25,00	26,31	27,19	28,50
<i>Использование пресной воды на производственные нужды, всего, млн м³, в т.ч:</i>					
Республика Башкортостан	394,94	391,54	379,5		
Челябинская область	463,46	746,60	739,4		
Оренбургская область	990,38	676,07	547,9		
Актыбинская область	15,42	18,00	17,5		
Западно-Казахстанская область	9,71	9,00	7,04		
Атырауская область	79,14	86,00	81,06		
<i>Использование пресной воды на с/х водоснабжения и орошения, всего, млн м³, в т.ч:</i>					
Республика Башкортостан	11,75	7,43	9,85		
Челябинская область	6,10	6,97	9,84		
Оренбургская область	13,66	21,69	26,49	33,84	
Актыбинская область	31,14	17,00	26,34		
Западно-Казахстанская область	17,42	22,00	29,05		
Атырауская область	70,71	54,00	72,00		

Для регионов казахстанского участка бассейна р. Урал в настоящее время характерна более благополучная демографическая ситуация (особенно в крупных городах) с тенденцией положительной динамики численности населения до 2035 года. Важно отметить, что гарантированное обеспечение хозяйственно-питьевых нужд в регионах Республики Казахстан (Западно-

Казахстанской и Атырауской областей) в значительной степени зависят от ресурсов речного стока р. Урал.

Прогноз использования водных ресурсов *на производственные цели* выполнен на основе показателей промышленного водопотребления – динамика использование свежей воды для производственных целей (2000-2020 годы); объема воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения; коэффициента оборота воды ($K_{об}$); результаты среднесрочного прогноза социально-экономического развития регионов (до 2025 г.).

Согласно полученным расчетам, использование водных ресурсов на среднесрочную перспективу сократится как в российских, так и в казахстанских регионах при условии роста доли оборотного и повторно-последовательного водоснабжения. В регионах с высокой долей оборотного и повторно-последовательного водоснабжения (Челябинская область, Республика Башкортостан, Актюбинская область) сокращение составит в среднем 1-3 %. Максимальное сокращение объемов промышленного водопотребления (18 %) ожидается в Оренбургской области при условии роста $K_{об}$ не менее 5 %, что в целом соответствует текущей динамики данного показателя. Одна из причин сокращения объемов промышленного водопотребления на ближайшую перспективу – уменьшение объемов забора воды крупнейшим водопользователем – Ириклинской ГРЭС Интер РАО «Электрогенерация». Из казахстанских регионов максимальное сокращение использования водных ресурсов прогнозируется для производственного сектора Западно-Казахстанской области (22 %) при условии роста $K_{об}$ не менее чем на 6 %. По результатам альтернативной оценки, представленной в (Padalko, 2021), в регионах исследуемого бассейна прогнозируется незначительный рост производственного водопотребления при условии положительной динамики социально-экономического развития.

Прогноз использования водных ресурсов для целей сельскохозяйственного водоснабжения и орошения выполнен на основе следующих показателей – динамика целевых видов водопотребления (2000-2020 годов); водоемкость сельскохозяйственного производства; среднесрочный прогноз объемов

продукции сельского хозяйства (до 2025 г.); прогноз индекса сельскохозяйственного производства. Результаты расчетов подтверждают наличие общей тенденции к увеличению объемов использования свежей воды на нужды сельского хозяйства. Необходимо отметить, что максимальный рост на среднесрочную перспективу прогнозируется в Актюбинской области (54 % по сравнению с 2020 г.), что в первую очередь обусловлено значительным увеличением площадей используемых земель регулярного орошения (6 место в Республике Казахстан). Для остальных регионов трансграничного бассейна р. Урал рост составит от 22 % (Оренбургская область) до 32-33 % (Республика Башкортостан, Западно-Казахстанская и Атырауская области) и 40 % (Челябинская область).

Таким образом, в пределах трансграничного бассейна р. Урал сформировался многоотраслевой водохозяйственный комплекс, включающий крупных региональных водопотребителей (Магнитогорский металлургический комбинат, Ириклинская ГРЭС, Актюбинский завод хромовых соединений и др.), которые активно внедряют системы оборотного водоснабжения, что влияет на значения перспективных оценок использования водных ресурсов на производственные цели и повышение показателей экономии воды. В тоже время, в ряде регионов (в первую очередь, казахстанского участка) традиционно развито орошаемое земледелие, и не смотря на значительное сокращение забора воды по сравнению с предыдущими периодами, по-прежнему актуальными остаются проблемы безвозвратного изъятия ресурсов речного стока (Урало-Кушумская ООС). Соответственно, одной из приоритетных задач комплексного использования водных ресурсов является повышение эффективности водопользования во всех секторах водохозяйственного комплекса трансграничного бассейна р. Урал.

5.3. Интегральная оценка эффективности использования водных ресурсов

В условиях изменяющегося климата и интенсивного антропогенного воздействия, ключевое значение для гарантированного водообеспечения населения и экономики регионов в пределах степной зоны имеет положительная динамика показателей эффективного использования водных ресурсов. На основе определяющей роли гарантированного водоресурсного обеспечения регионов РФ реализована Водная стратегия, направленная на достижение ряда целевых показателей, и в том числе – сокращение водоемкости ВВП. Республика Казахстан входит в число стран, испытывающих высокий водный стресс – занимает 60 место из 68, в связи с этим, в стране утверждена Государственная программа управления водными ресурсами на 2020-2030 годов, основная цель, которой обеспечение водной безопасности страны за счет реализации комплекса мероприятий, в том числе и повышение эффективности использования водных ресурсов.

В качестве показателя ресурсоемкости экономики используется отношение того или иного природного ресурса к валовому внутреннему (региональному) продукту. С учетом того, что вода – это многоцелевой ресурс, который используется различными секторами экономики, важное значение имеет оценка водоемкости производства, которая характеризуется удельной (на единицу продукции) величиной использования водных ресурсов (Паписов, 1989).

Интегральный показатель эффективного использования водных ресурсов - водоемкость валового регионального продукта (ВРП), отражающий совокупность изменений производственных процессов в водной инфраструктуре, и его величина, в первую очередь, будет зависеть от изменчивости двух показателей – производства электроэнергии и расходов воды на орошение (Демин, 2005). Также данный интегральный показатель отражает водоресурсную составляющую инновационного развития страны (Фомина, 2010). В связи с этим, также важно учесть, что водоемкость ВРП – это обобщенная характеристика,

отражающая в динамике всю совокупность изменений не только эффективности производственных процессов в водной инфраструктуре, но и эффективности использования других ресурсов (Демин, 2012). Кроме того, в реализуемой Водной стратегии РФ в качестве контрольного индикатора применяется только использование свежей воды, без учета оборотной, что осложняет выбор оптимального варианта решения проблем снижения водоемкости в регионах (Фомина, 2010).

Результаты расчета величин водоемкости экономик Российской Федерации и Республики Казахстан, свидетельствует о наличии определенных различий на национальных и региональных уровнях (Рыбкина, Сивохиц, 2019). Так, основная причина достаточно высокого уровня водоемкости ВВП РК (3,4 м³/тыс. руб.) – значительная доля безвозвратного водопотребления на нужды орошения сельхозугодий и обводнения пастбищ. Величина водоемкости ВВП РФ значительно ниже и в принципе сопоставима с показателями ряда экономически развитых стран – 1,14 м³/тыс. руб. В региональном разрезе минимальный показатель водоемкости отмечается в Атырауской области (0,14 м³/тыс. руб.), а максимальный - в Оренбургской области – 0,73 м³/тыс. руб. (Таблица 69).

Таблица 69 – Современные показатели эффективности использования водных ресурсов в трансграничном бассейне р. Урал (по состоянию на 2020 г.)

Регион	Водоемкость ВВП, м ³ /тыс. руб.	Водоемкость растениеводства, м ³ /тыс. руб.	Забор воды с/х на 1 чел., м ³ /чел.	Доля потерь воды при транспортировке, %	К _{об} %
Респ. Башкортостан	0,36	0,06	1,3	7,54	92,8
Оренбургская обл.	0,73	0,17	5,9	7,93	66,2
Челябинская обл.	0,64	0,04	2,1	3,22	93,8
З.-Казахстанская обл.	0,72	1,71	26,3	20,11	30,8
Актюбинская обл.	0,29	1,05	21,0	30,73	93,7
Атырауская обл.	0,14	9,92	114,4	11,95	72,1

В отличие от низких показателей водоемкости ВРП с учетом свежей воды, величина полной водоемкости производства с учетом оборотной воды в большинстве регионов значительно выше (Рисунок 72). В первую очередь, необходимо выделить регионы Российской Федерации, в которых величина полной водоемкости изменяется от 2,4 м³/тыс. руб. в Оренбургской области до 3,1 м³/тыс. руб. в Челябинской области и 5,3 м³/тыс. руб. в Республике Башкортостан.

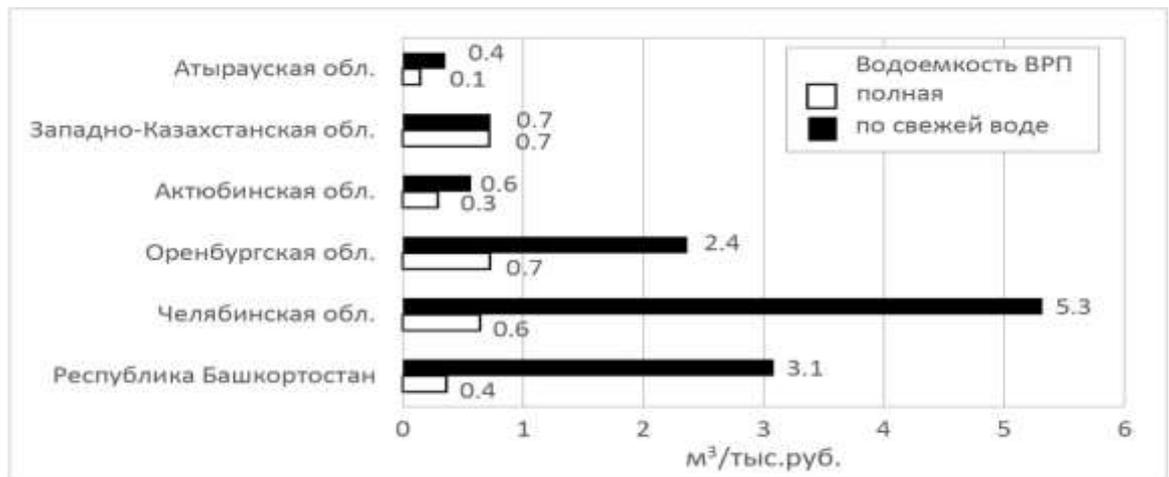


Рисунок 72 - Показатели водоемкости произведенного продукта (в регионах трансграничного бассейна р. Урал в 2020 г., м³/тыс. руб.

В регионах нижнего течения р. Урал величина полной водоемкости незначительно превышает водоемкость ВРП по свежей воде, что обусловлено достаточно невысокой долей оборотной воды в производственных циклах (кроме, Актюбинской области). Величину полной водоемкости необходимо учитывать наряду с водоемкостью по свежей воде при выработке конкретных решений по эффективному использованию водных ресурсов (Фомина, 2010).

Анализ водоемкости экономики регионов трансграничного бассейна р. Урал целесообразно проводить также в разрезе крупных отраслевых водопотребителей (Демин, 2005). Для регионов, расположенных в пределах степной зоны, к ключевым потребителям воды, влияющим непосредственно на показатели эффективности использования ресурсов речного стока

относится сельское хозяйство. В частности, расчет потребления воды на производство сельскохозяйственной продукции (растениеводство) свидетельствуют о высоких показателях водоемкости сельского хозяйства в регионах Республики Казахстан (Атырауская и Западно-Казахстанская области), для которых характерны значительные объемы безвозвратного водопотребления на нужды орошаемого земледелия (Таблица 69). Высокие значения водоемкости растениеводства, в т. ч. и в данных регионах, могут быть обусловлены общим снижением плодородия орошаемых земель и ухудшением мелиоративного состояния почв (Демин, 2005).

На основе результатов сопоставительного анализа динамики основных показателей эффективности использования водных ресурсов, можно утверждать, что за последние 20 лет в большинстве регионов трансграничного бассейна р. Урал произошли значительные изменения в показателях экономии воды (Таблица 70).

Существенно сократились показатели водоемкости экономик регионов исследуемого бассейна, что обусловлено не только сокращением водоресурсной составляющей, но и значительными технологическими изменениями в промышленном производстве (развитие и внедрение оборотных систем). Кроме того, за данный период (2000-2020 годов) в отдельных регионах произошло сокращение объемов использованной воды на производственные нужды (преимущественно на производство электроэнергии) – например, в Оренбургской области сокращение составило 50 %. Как известно - производство электроэнергии – это самая водозатратная, где практически вся забранная вода используется в производственных циклах. В итоге, в регионах трансграничного бассейна расход свежей воды на 1 тыс. руб. продукции снизился более чем на 90 % по сравнению с 2000 годом (Рыбкина, Сивохиц, 2019).

Важный показатель эффективного использования водных ресурсов – величина потерь воды при транспортировке, представляющий собой объем воды, теряемой в результате фильтрации, испарения, утечек, аварий и т.д., в системе подачи воды от места забора до места использования или передачи.

Данный показатель определяется как разность между забором (получением) воды и ее использованием (передачей без использования) (Водные ресурсы России..., 2008). Как правило, для оценки эффективности использования водных ресурсов производится расчет доли потерь воды в валовом объеме водопотребления.

Согласно данным Таблицы 69, минимальная доля (не более 10 %) потерь воды при транспортировке характерна для российских регионов трансграничного бассейна р. Урал. Более значительные величины данного показателя получены для регионов нижнего течения реки Урал (Западно-Казахстанская и Атырауская области). К основным причинам развития неблагоприятной ситуации с транспортировкой воды следует отнести – неудовлетворительное техническое состояние водопроводных сетей (или их полное отсутствие); износ магистральных и распределительных каналов при регулярном орошении; несовершенная система учета расходов воды и др. В итоге, для городского водоснабжения казахстанских регионов потери воды еще в начале 2000 годов составляли 20-40 % от общего забора воды (Схема комплексного использования..., 2005). Для сокращения непродуктивных потерь воды в Республике Казахстан достаточно успешно реализован ряд государственных программ - «Питьевые воды» 2002-2010 годы; «Ак Булак» 2011-2020 годы и др.

Ключевой показатель уровня экономии воды в производственных процессах - коэффициент водооборота ($K_{об}$) - определяется как отношение расхода свежей воды на производственные нужды к общему (валовому) водопотреблению). Важно учесть, что необходимость повышения $K_{об}$ имеет существенное значение не только в отношении экономии свежей воды, но и для значительного уменьшения объемов сбросов использованных промышленных вод, которые являются основными факторами загрязнения окружающей среды и деградации водных объектов (Водные ресурсы России..., 2008). В настоящее время, в большинстве регионов трансграничного бассейна р. Урал отмечается превышение величины оборотного водоснабжения над прямоточным, что в принципе соответствует целевым показателям по важнейшим направлениям

водного хозяйства Российской Федерации и Республики Казахстан. В то же время, в пределах исследуемого бассейна сохраняется определенная региональная дифференциация по данному показателю (Таблица 70).

Обращает внимание, что отдельные регионы достигли практически максимальной доли оборотной воды уже к началу 2000 – Республика Башкортостан, Челябинская область, Актюбинская область (90-92 %). Высокий процент экономии воды в этих регионах связан с интенсивным развитием топливной, металлургической и химической промышленности, в которых наиболее широко применяется оборотное водоснабжение. В настоящее время, наиболее значительный рост доли оборотного водоснабжения наблюдается в Оренбургской области – по сравнению с 2000 г. данный показатель вырос на 35 %. Важно отметить, что положительная динамика значений $K_{об}$ в Оренбургской области связана не с ростом объемов оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, а с сокращением объемов использованной воды на производственные нужды (прежде всего для производства электроэнергии).

На основе полученных данных, актуальным направлением в изучении региональных особенностей водохозяйственного сектора в регионах исследуемого бассейна является проведение интегральной оценки эффективного использования водных ресурсов. Применение комплексного подхода позволит получить более достоверную оценку эффективности водопользования в трансграничном бассейне р. Урал с учетом региональной специфики водохозяйственного комплекса.

Для проведения интегральной оценки использован непараметрический метод многомерного анализа «Паттерн» (PATTERN), который был разработан еще в конце 60-х годов в США и представляет собой разновидность методик системного анализа (Jestice, 1968; Гладкевич, Терский, Фролова, 2011).

Алгоритм оценки включает следующие этапы:

1. Выбор и расчет основных показателей эффективности использования водных ресурсов.

2. Составление итоговой сводной таблицы основных показателей эффективности использования водных ресурсов в исследуемых регионах.

3. Определение максимальных значений по каждому показателю, с последующим приведением остальных показателей к этому значению: $P = X_n / X_{\max}$, где X_n – значение показателей для конкретного региона, X_{\max} – максимальное значение в данном ряду показателей.

4. Определение итоговой суммы ранжированных значений показателей эффективности использования водных ресурсов - $\sum_p = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$.

5. Расчет итоговых рангов показателей (K_3), на основе которых определены регионы с разным уровнем эффективности использования водных ресурсов (<1,7 – высокий; 1,7–2,6 – средний; > 2,6 – низкий).

Интегральная оценка эффективности использования водных ресурсов в исследуемых регионах проведена по следующим показателям – доля использованной свежей воды на производственные нужды (%) в валовом водопотреблении; доля потерь воды при транспортировке в объеме использованных водных ресурсах (%); водоемкость ВРП ($\text{м}^3/\text{тыс. руб.}$); водоемкость растениеводства ($\text{м}^3/\text{тыс. руб.}$); забор воды с/х на душу населения, $\text{м}^3/\text{чел.}$ Результаты проведенной оценки представлены в Таблице 71.

Выделено 3 группы регионов, отличающихся разным уровнем эффективности использования водных ресурсов. В группу с высоким рейтингом входят регионы, с многоотраслевой промышленностью и доминированием топливно-энергетического, нефтехимического и металлургического комплексов (Республика Башкортостан, Челябинская и Актюбинская области). Регионы трансграничного бассейна р. Урал, с высокой долей энерго- и водоемких отраслей промышленности и с интенсивным развитием орошаемого земледелия, формируют группу со средним и низким уровнем эффективности (Оренбургская, Западно-Казахстанская и Атырауская области).

Таблица 70 - Динамика показателей эффективности использования водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан)

Регионы	Водоёмкость ВРП, м ³ /тыс. руб					Доля оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, %					Доля потерь воды при транспортировке в объемах использованных водных ресурсов, %				
	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020
Республика Башкортостан	5,47	2,31	1,13	0,59	0,36	92,62	86,97	87,71	86,50	92,63	4,95	6,11	6,51	6,77	7,54
Челябинская область	6,41	2,62	1,54	0,59	0,64	94,98	95,48	94,45	96,30	90,64	17,12	16,66	15,73	18,08	7,93
Оренбургская область	22,09	9,09	3,98	1,80	0,73	53,86	55,00	55,15	58,66	72,89	1,75	0,96	2,07	2,07	3,22
Актюбинская область	11,51	2,39	1,15	0,97	0,29	89,16	-	-	64,58	89,00	3,59	9,04	2,82	1,27	11,95
Западно-Казахстанская область	22,54	9,19	2,33	1,09	0,72	41,66	33,33	-	-	30,76	85,40	43,91	14,67	9,88	20,11
Атырауская область	4,48	1,70	0,52	0,27	0,14	70,33	50,83	59,91	76,82	77,66	19,49	16,10	14,23	19,34	30,73

Таблица 71 - Интегральное ранжирование регионов трансграничного бассейна р. Урал по показателям эффективного использования водных ресурсов (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан)

Регионы	ИСП _{св}	Ранг	ВРП	Ранг	ПВТ	Ранг	ВСХ	Ранг	ЗВСХ	Ранг	∑ _Р	К ₃
Республика Башкортостан	7,20	0,10	0,59	0,35	6,64	0,34	0,06	0,01	1,30	0,01	0,81	высокий
Оренбургская	33,80	0,49	1,70	1,00	2,57	0,13	0,17	0,02	5,90	0,05	1,69	средний
Челябинская	6,20	0,09	0,50	0,29	10,15	0,52	0,04	0,004	2,10	0,02	0,93	высокий
Актюбинская	6,30	0,09	1,01	0,59	3,11	0,16	1,05	0,11	21,00	0,18	1,14	высокий
Зап. Казахстанская	69,20	1,00	1,14	0,67	19,43	1,00	1,71	0,17	26,30	0,23	3,07	низкий
Атырауская	27,90	0,40	0,28	0,16	17,75	0,91	9,92	1,00	114,40	1,00	3,48	низкий

Примечание: (ИСП_{св} - доля использованной свежей воды на производственные нужды, %; ВРП – водоёмкость валового регионального продукта, м³/тыс. руб.; ПВТ – доля потери воды при транспортировке, %; ВСХ - водоёмкость растениеводства, м³/тыс. руб.; ЗВСХ - Забор воды с/х на душу населения, м³/чел.)

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что в настоящее время в большинстве регионов исследуемого бассейна достаточно успешно решаются задачи по повышению эффективности использования водных ресурсов. Отмечается сокращение доли потерь воды при транспортировке в объеме использованных водных ресурсов (Оренбургская область, Республика Башкортостан), что свидетельствует о снижении объемов потерь воды при повреждениях водопроводных сетей и сокращении потерь воды из-за безучетного потребления. $K_{об}$ также достиг максимальных значений (более 90 %) в Актюбинской области Республики Казахстан, но в других регионах уровень экономии свежей воды в производственных циклах еще достаточно низкий. Кроме того, в большинстве регионов Республики Казахстан сохраняется высокий уровень водоемкости сельского хозяйства (растениеводства). Соответственно, можно говорить о сохранении региональных различий в показателях эффективности использования водных ресурсов, что в условиях деления стока трансграничных рек играет существенное значение для решения задач по гарантированному водообеспечению населения и экономики.

Таким образом, одной из приоритетных задач комплексного использования водных ресурсов в трансграничном бассейне реки Урал является достижение устойчивого и эффективного развития регионального водохозяйственного комплекса. Успешное решение поставленной задачи может быть достигнуто за счет повышения эффективности использования водных ресурсов рек – сокращения объемов безвозвратного изъятия стока и потерь при транспортировке воды, уменьшения водоемкости валового регионального и секторального продукта, увеличения в структуре водопотребления доли оборотной воды и др. Из мероприятий (предложений) по повышению эффективности водопользования на региональном уровне (регионы Республики Казахстан) необходимо отметить актуальность пересмотра тарифной политики - разработка тарифов для восстановления и детального развития инфраструктуры водохозяйственных ирригационных систем, что в свою очередь позволит стимулированию сельскохозяйственных товаропроизводителей по экономии воды.

ГЛАВА 6. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ФОРМАТЫ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ

6.1. Анализ мирового опыта развития институциональных основ межгосударственного взаимодействия в трансграничных речных бассейнах

Результаты комплексных исследований, полученные в ходе реализации основных положений географо-гидрологического подхода, свидетельствуют о необходимости разработки общих принципов и норм использования водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал. Вместе с тем, даже в пределах национальных речных бассейнов ключевой проблемой управления сложной системой водного хозяйства является отсутствие четкой регламентации распределения прав и обязанностей различных ведомств и порядка их взаимодействия (Болгов, Венецианов, Шашков, 2021).

Успешное решение современных проблем комплексного использования водных ресурсов выдвигает на первый план установление гидрологических, социально-экономических и экологических взаимозависимостей в пределах речных бассейнов. В связи с обострением водных проблем в мире, вопросы гарантированного обеспечения водными ресурсами государств рассматриваются в контексте проблем национальной безопасности. Соперничество государств, использующих трансграничные водные ресурсы, является источником потенциальных международных конфликтов (Данилов-Данильян, Хранович, 2013).

Решение актуальных задач в трансграничных речных бассейнах зависит от успешной координации национальных стратегий рационального использования и охраны водных ресурсов, что несомненно требует внедрения эффективных институциональных форматов межгосударственного взаимодействия. Важно отметить, что современные проблемы управления трансграничными водными ресурсами обусловлены сложными пространственно-временными связями в пределах

водосборных территорий и развитием противоречивых интересов государств-водопользователей (Lorenz, Gilbert, Cofino, 2002).

Несомненно, что решение подобных задач невозможно без формирования институционально-правовой среды, так как сам факт пересечения рекой территории двух и более государств подразумевает наступление определенных международно-правовых последствий. Вместе с тем, для некоторых стран, находящихся в бассейнах трансграничных рек, суверенитет над национальными участками является достаточным основанием для существенного изменения водоносности рек, их водного режима, качества воды и пр. (Фролова, Самохин, 2018). Кроме того, международный опыт свидетельствует о том, что чем большее количество государств пересекает речной бассейн, тем сложнее процесс реализации межгосударственных стратегий, особенно в условиях конкурирующих экономик и разных политических идеологий (Таблица 72).

Таблица 72 - Количество стран, совместно использующих речной бассейн (McCracken, Wolf, 2019)

	Количество бассейнов	Международный речной бассейн
19	1	Дунай
14	1	Нил
11	1	Нигер
10	1	Конго
9	2	Рейн, Замбези
8	2	Амазонка, озеро Чад
6	8	Иордан, Меконг, Тигр, Ефрат, Вольта, Кура-Аракс и др.
5	3	Ла-Плата, Неман, Висла
4	17	Амур, Эльба, Инд, Одер, Окованго, По и др.
3	49	Днепр, Эбро, Обь, Рона, Сена и др.
2	176	Колорадо, Дуэро, Урал, Ориноко, Рио-Гранде, Терек

В целом, преобладают речные бассейны, пересекающие территории двух (68 %) или трех (19 %) государств. Трансграничным водотоком, пересекающим максимальное количество стран (19) является р. Дунай; 11 стран – рр. Конго, Нигер; 10 стран – р. Нил. Почти половина трансграничных бассейнов расположена в Европе (86) и Азии (63), в регионах с разными природными, социально-экономическими и

геополитическими условиями. Значительная доля транзитного стока из сопредельных стран отмечается, например, в Венгрии и Румынии, расположенных в среднем и нижнем течении р. Дунай, а также в Нидерландах - нижнее течение и устье р. Рейн. В Азии к крупным государствам с максимальной зависимостью речного стока от верховых стран относятся – Туркменистан (среднее течение р. Амударья), Бангладеш (нижнее течение р. Ганг) и др.

Следует отметить, что река, пересекая государственные границы, будет определять взаимосвязь интересов государств-водопользователей, что обуславливает их взаимные права и обязанности относительно водных ресурсов данного водотока (Гончаренко, 2002). Соответственно, институционально-правовая среда межгосударственного управления трансграничными водными ресурсами представляет собой определённый формат, в рамках которого осуществляется взаимодействие всех участников водопользования, направленное на выработку общей стратегии, способов реализации ключевых мероприятий и контроль их исполнения.

Резюмируя вышесказанное, очевидно, что решение проблем комплексного использования водных ресурсов в пределах трансграничных речных бассейнов невозможно без создания эффективного институционально-правового пространства, в рамках которого будет происходить взаимодействие государств-водопользователей.

Международное право устанавливает, что внутренние водные пути, протекающие по территории нескольких государств, являются международными реками, т.е. сам факт пересечения рекой территории двух и более государств подразумевает наступление определенных международно-правовых последствий. Согласно значительному числу международно-правовых документов, владельцем речного стока, является государство, в пределах которого формируется сток. Следовательно, оно правомочно распоряжаться речным стоком и как подразумевается, должно делать это рационально (Гончаренко, 2002).

Первые трактовки институционально-правовых норм в сфере трансграничного водопользования появляются в европейской практике в середине XIX – начале XX веков. Так, в 1858 г. Австрией и Баварией было подписано Соглашение о

регулировании и управлении р. Инн (бассейн р. Дунай); в 1863 г. Бельгия и Нидерланды подписали договор о регулировании подачи воды из Мааса (бассейн Северного моря); в 1864 г. Испанией и Португалией подписано соглашение о лимитах по р. Дуэро; 188 договор в 1890 г. Германия и Швейцария подписали соглашение о гидроэлектростанции в Райнфельдене на р. Рейн. В конце XIX в. предпринимаются шаги по правовому регламентированию использования водных ресурсов реки Нил между Британской империей и Италией, в результате чего было заключено 32 международных правовых акта (Данилов-Данильян, Хранович, 2016). В 1895 г. для урегулирования вопросов трансграничного водodelения между США и Мексикой была предложена доктрина Хармона, согласно которой «основным принципом международного права является абсолютный суверенитет каждой нации на своей территории...» (McCaffrey, 1996). Несомненно, что подобная абсолютизация суверенитета максимально выгодна для верховых стран-водопользователей.

С учетом опыта реализации региональных соглашений, в 1911 г. Институт международного права опубликовал Мадридскую декларацию о Международных положениях по использованию международных водотоков в целях, кроме навигации. В частности, данные правила содержат первую кодификацию принципов и норм по регулированию межгосударственных отношений в сфере использования международных водотоков (Никанорова, Егоров, 2019). В частности, сформулирован принцип об ограничении государственной автономии по использованию водных ресурсов трансграничных рек и озер в пределах его суверенной территории, а также принцип необходимости создания межгосударственных комиссий для урегулирования вопросов их хозяйственного освоения (International Regulation Regarding..., 1911). В мирных соглашениях Первой Мировой Войны, для речных бассейнов, разделенных государственными границами, впервые закрепляется определение - «международная река» (Зиганьшина, 2012).

До середины XX столетия среди всех видов использования рек преобладало судоходство, в связи с чем выделялись следующие критерии при определении форматов взаимодействия - политический (наличие двух и более государств); географический (соединение государств с морем); транспортный (осуществление

регулярного судоходства) (Корбут, Баскин, 1987). Совокупность перечисленных критериев положена в основу многих международных соглашений. В дальнейшем, в эпоху научно-технического прогресса, использование водных ресурсов международных рек становится более разнообразным, что привело к необходимости разработки новых критериев и принципов совместного использования. В частности, одна из «молодых» в международном речном праве проблем – использование рек для производства энергии.

Необходимо отметить, что на протяжении длительного периода, в институционально-правовой практике регулирования проблем трансграничного водопользования доминировал подход к определению международной реки как единого водотока, разделенного государственными границами, но без учета структурно-динамической целостности водосборных территорий. Начиная с середины XX столетия, сфера интересов государств в использовании рек значительно расширилась (производство электроэнергии и строительство гидротехнических сооружений, промышленное использование вод, орошение и др.), что обусловило необходимость разработки новых критериев и основ межгосударственного взаимодействия.

Переломным стал 1966 год, когда Ассоциацией международного права были разработаны Хельсинские правила использования вод международных рек, включающие в том числе понятие «международный водосборный бассейн» - географическое пространство, охватывающее два или более государств и определенное границами водосбора системы вод, включая поверхностные и подземные воды, впадающие в общий конечный пункт» (International Law Association, 1967). В первую очередь, данная корректировка была обусловлена эволюцией научных представлений о водной компоненте и доминировании системного подхода в международно-экологическом праве (Случевская, 2019). Также отметим, что Хельсинские правила, несмотря на свой неправительственный характер, пользуются в мире большим авторитетом и при разработке современных форматов межгосударственного взаимодействия (Корбут, Баскин, 1987).

Последнее десятилетие XX века стало максимально плодотворным для разработки и принятия рамочных Соглашений, регулирующих межгосударственные

отношения в области использования трансграничных водных ресурсов. В Конвенции ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, разработанной в 1992 году, формулируются основные принципы, которыми должны руководствоваться стороны – принцип предосторожности и принцип «загрязнитель платит» (Конвенция ЕЭК ООН, 1992). Несмотря на рамочный характер, данная Конвенция определяет дальнейшую конкретизацию заложенных в нем принципов за счет принятия дополнительных протоколов (Wouters, Vinogradov, 2003). В настоящее время (на 01.01.2020) к Конвенции присоединились 43 стороны – 42 страны и Европейский Союз.

В 1997 году, итогом работы Комиссии международного права при Генеральной Ассамблее ООН стало подписание Конвенции о праве несудоходных видов использования международных водотоков. Конвенция вступила в силу в 2014 году, в результате присоединения к ней Вьетнама в качестве 35-й Стороны, в итоге – 16 государств в Европе; 12 - в Африке; 2 – в Азии и 5 – Ближний Восток и Северная Африка. В 2024 году Конвенция ратифицирована Республикой Казахстан. Данный документ является обобщающим сводом основных правовых принципов, регулирующих межгосударственные взаимоотношения в сфере трансграничного вододелия. Базовый принцип, провозглашенный в Конвенции – принцип разумного и справедливого использования вод трансграничного водотока с учетом разнообразных факторов – физико-географических, гидрографических, социально-экономических и др. Ключевой момент – правовое закрепление понятия «международный водоток» – «система поверхностных и грунтовых вод, составляющих в силу своей физической взаимосвязи единое целое, части которой расположены в различных государствах (Конвенция о праве несудоходных..., 1997).

В 2004 г. Ассоциацией международного права (комитет по водным ресурсам) был обобщен предыдущий международный опыт по использованию трансграничных водных объектов и подготовлен новый документ – «Берлинские правила по водным ресурсам», в которых указывается, что «Бассейновые государства сотрудничают в духе добросовестности в управлении водами международного водосборного бассейна для взаимной выгоды участвующих государств» (Берлинские

правила... (2004). Отметим, что в обновленных Берлинских правилах систематизированы специальные принципы международного права, регулирующие межгосударственные отношения в области совместного управления водными объектами и их охраны (Никанорова, Егоров, 2019).

Таким образом, за более чем столетний период, начиная с подписания Мадридской декларации и заканчивая обобщенными Берлинскими правилами, проделана масштабная работа по формированию институционально-правового пространства в сфере использования водных ресурсов трансграничных рек. Сложившийся комплекс международно-правовых норм и принципов, создает основу для дальнейшего развития международного водного права (Никанорова, Егоров, 2019).

Кроме рамочных форматов, общее количество международных соглашений, затрагивающих региональные особенности трансграничного водопользования превышает 700 (Демин, Шаталова, 2015). В частности, в Азиатском регионе подписано 68 международных соглашений, регламентирующих различные аспекты водопользования для 24 международных рек (Feng Yan, He Daming, 2006). Рекорд по максимальному числу соглашений, заключенных одним государством, принадлежит Китаю - 11 договоров. Соглашения определяют сферами ответственности либо конкретный трансграничный водный объект (Комиссии Меконга, Дуная, Рейна) или все трансграничные водосборы между двумя странами (Американо-Канадская Пограничная Комиссия, Китайско-Казахстанская или Испано-Португальская Комиссии). Обращает внимание преобладание двусторонних договоров в области несудоходного использования трансграничных водотоков и отсутствие желания заключать универсальные многосторонние договоры (Никанорова, Егоров, 2019).

Фокус международных договоров – гидроэнергетика и вододеление (около 40 % каждый); а также – наводнения, судоходство, рыболовство, промышленное использование и др. Следует отметить, что принципы водопользования, отраженные в международных соглашениях различны – в равных долях (договор между СССР и Ираном 1963 г. по р. Аракс); пропорционально площади водосбора (Соглашение по р. Инд между Индией и Пакистаном); в определенных долях (договоры между США и Мексикой по р. Рио-Гранде (1906 г.) и р. Колорадо (1944 г.) и др. Примеры

эффективного межгосударственного сотрудничества - Договор между Канадой и США по Великим Американским озерам (1909 г.), Конвенция о режиме судоходства по р. Дунай (1948), Конвенция Альбуфейра (1998 г.), Конвенция по охране Рейна (1999 г.) и др. (Таблица 73).

Таблица 73 - Примеры эффективных межгосударственных соглашений в сфере трансграничного водопользования

Институционально-правовой формат	Год подписания	Страны-участницы	Совместный орган	Достижения
Договор по Великим Американским озерам	1909	Канада, США	Комиссия	Снижение объема поступающих токсичных химикатов в систему ВА озер
Конвенция о режиме судоходства по р. Дунай	1948	Болгария, Венгрия, Румыния и др.	Дунайская Комиссия	Улучшение навигационных условий; повышение безопасности судоходства
Конвенция Альбуфейра	1998	Испания, Португалия	Комиссия по применению и развитию Конвенции Альбуфейра (CADC)	Стабилизация гидроэкологической безопасности в регионе (контроль за качеством вод; соблюдение определенного режима стока (в т.ч. в период засух) и др.
Конвенция по охране р. Рейн	1999	Германия, Швейцария, Франция, Нидерланды и др.	Международная Комиссия по защите Рейна (МКЗР)	Улучшение качества речных вод; активизация водного туризма; восстановление популяции лососевых рыб и др.
Соглашение по использованию водохозяйственных сооружений на рр. Чу и Талас	2000	Республика Казахстан, Республика Кыргызстан	Комиссия по рр. Чу и Талас	Снижение водохозяйственной напряженности в регионах с недостаточной водообеспеченностью

В Советском Союзе был также заключен целый ряд соглашений, относящихся к трансграничным водам и охватывающих различные аспекты их использования и охраны (Таблица 74).

Таблица 74 - Международные соглашения по трансграничным рекам в СССР

Государства-партнеры	Водоток	Институционально-правовой формат	Год заключения
Турция	р. Ахурян	Совместные комиссии между Арменией и Турцией, Грузией и Турцией	1927
Иран	рр. Аракс, Атрек	Советско-Иранское Соглашение по пограничным рр. Аракс и Атрек	1957
Норвегия, Финляндия	Озеро Инари, р. Пасвик	Соглашение между Правительством СССР, Правительством Норвегии и Правительством Финляндии о регулировании озера Инару	1959
Польша	рр. Неман, Преголя, Висла	Соглашение между Правительством Польской Народной Республики и Правительством СССР о водном хозяйстве на пограничных водах	1964
Норвегия	рр. Вориема, Пасвик	Соглашение о регулировании рыбной ловли и о рыбных запасах рр. Гренс Якоб (Вориема) и Пасвик (Паатсоюки)	1971
Норвегия	р. Пасвик	Соглашение между Правительством СССР и Правительством Королевства Норвегии о водозаборе Норвегией из верхнего водохранилища Борисоглебской ГЭС	1976
Китай	рр. Амур, Аргунь	Советско-Китайская комиссия для руководства разработкой схемы комплексного использования водных ресурсов пограничных участков рр. Аргунь и Амур	1986
Румыния	р. Дунай	Соглашение между Правительством СССР и Правительством Румынии относительно сотрудничества в области трансграничных вод	1986
Венгрия, Румыния, ЧССР, Болгария, Югославия	р. Тиса	Конвенция о защите р. Тиса и ее притоков от загрязнения	1986
Венгрия	р. Дунай	Соглашение между Правительством СССР и Правительством Венгерской Народной Республики по проблемам управления водными ресурсами в пограничном регионе	1986
Финляндия	рр. Сайма, Вуокса	Соглашение СССР с Финляндией о пограничных водных системах	1989

В связи с формированием на территории бывшего Советского Союза границ новых независимых государств, в пределах Российской Федерации оказалось значительное количество – более 1000 – трансграничных рек, из них 70 – крупные и средние (Болгов, Демин, Шаталова, 2016). Несмотря на наличие целого ряда межгосударственных противоречий в сфере трансграничного водопользования, в пределах бывших союзных республик, ведется активная работа по поиску

эффективных форматов институционально-правового сотрудничества. В частности, в Центральной Азии примером результативного институционального сотрудничества является поэтапная реализация Соглашения по использованию водохозяйственных сооружений межгосударственного пользования на рр. Чу и Талас, на основе которого в 2006 г. была создана межгосударственная водохозяйственная Комиссия (URL: <http://www.chutalas-commission.org/>). Успешное функционирование единого координационного органа позволило обеспечить максимальную прозрачность в сфере трансграничного водопользования, способствовать комплексному мониторингу гидрологического режима рек и создать условия для эффективной эксплуатации гидротехнических сооружений. В итоге, положительный опыт трансграничного сотрудничества в трансграничных бассейнах рр. Чу и Талас может стать одной из стартовых площадок для разработки межгосударственных стратегий использования водных ресурсов трансграничных рек в других странах Центральной Азии.

В заключении отметим, что ни один из успешных институциональных форматов не может быть образцом для других, так как он разработан для реализации определенных целей и в отношении конкретных трансграничных водных ресурсов (Сивохиц, 2016). В то же время, действующее международное водное право и практика многих успешно действующих соглашений позволяют выявить ряд общих принципов, отражение и соблюдение повышает эффективность их деятельности: наличие бассейнового принципа; наличие эффективных механизмов взаимодействия с национальными органами; наличие структуры, принимающей решения и обеспечивающей их выполнение, наличие финансовых средств на осуществление совместных программ, наличие механизмов участия общественности и др.

5.2. Современное состояние институциональной среды межгосударственного взаимодействия в трансграничном бассейне реки Урал

Результаты комплексных исследований, полученные в ходе реализации основных положений географо-гидрологического подхода, свидетельствуют об

актуальности разработки общих принципов и норм использования водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал. Важно, что планирование водохозяйственной деятельности должно осуществляться для всего бассейна в целом, с учетом последствий всей совокупности мероприятий, проводимых на нем (Беляев, Подуст, Прохорова и др., 2003).

Ключевой момент успешной реализации форматов межгосударственного взаимодействия – нейтрализация негативных факторов, процессов и явлений, затрудняющих институциональное сотрудничество (Таблица 73).

Таблица 73 - SWOT-анализ современного состояния институциональной среды межгосударственного взаимодействия Российской Федерации и Республики Казахстан в трансграничном бассейне р. Урал

	<i>Возможности</i>	<i>Угрозы</i>
	<ul style="list-style-type: none"> - Совместное участие России и Казахстана в Евразийском экономическом Союзе (с 1 января 2015 г). - Разработка региональных соглашений приграничных областей. - Сотрудничество высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений. 	<ul style="list-style-type: none"> - Обострение эколого-географической ситуации при отсутствии механизма принятия общих решений на двусторонней основе. - Конфронтация водохозяйственных интересов в условиях развития государств с разными экономическими стратегиями. - Нарушение соглашений по совместному использованию трансграничных вод.
<p><i>Сильные стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Единое геополитическое и экономическое пространство в советский период. - Активизация институционального сотрудничества на различных уровнях. - Природно-функциональное единство трансграничного бассейна. 	<p><i>Использование сильных сторон для реализации возможностей</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Создание трансграничных ООПТ для активизации туристической деятельности. - Формирование единой информационной базы. - Научно-практическая деятельность. 	<p><i>Использование сильных сторон для преодоления угроз</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Создание Межгосударственного Комитета по бассейну р.Урал. - Разработка концепции трансграничных экономических кластеров (горно-промышленных, нефтегазовых, агро-промышленных). - Усиление социально-культурного взаимодействия для оптимизации международных отношений.
<p><i>Слабые стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Структурные проблемы водохозяйственного комплекса и нарушение бассейнового принципа. - Наличие зон «демографической депрессии». - Несоответствие водного законодательства РФ и РК в вопросах трансграничных вод. - Неадекватная межгосударственная политика в информационной сфере. 	<p><i>Возможности для преодоления слабых сторон</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Целенаправленная региональная политика в слабозаселенных районах. - Активизация торговых отношений приграничных районов трансграничного бассейна. - Создание регионального кластера приграничного сотрудничества по типу «еврорегиона». 	<p><i>Угрозы проявления слабых сторон</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Высокая степень проявления гидрологических рисков в условиях сложной эколого-гидрологической ситуации. - Ухудшение социальной ситуации в депрессивных районах трансграничного бассейна.

Исключительный и принципиальный характер договоров и соглашений требует от приграничных государств тщательной и детальной проработки вопросов регламентации совместного использования водных ресурсов на основе международных норм. Россия и Казахстан прошли этап идентификации проблем совместного использования водных ресурсов и в настоящее время находятся на стадии «поиска» эффективного институционального взаимодействия. С учетом положительного и конструктивного опыта, очевидно, что ведущим направлением межгосударственного взаимодействия в трансграничных речных бассейнах является создание необходимых условий, взаимодействие которых позволит сформировать устойчивую институциональную среду (Рисунок 73).



Рисунок 73 - Схема формирования институциональной среды в трансграничных речных бассейнах

Важно отметить, что институциональная среда с одной стороны должна быть достаточно стабильной, с другой – характеризоваться определенной динамикой. Стабильность институциональной среды гарантирует постоянство условий для осуществления различных видов водохозяйственной деятельности и возможности прогнозирования эффекта от конкретных управленческих решений государств-водопользователей. Вместе с тем, в реальных условиях использования водных ресурсов трансграничных рек, происходят многочисленные изменения под воздействием

природных, социально-экономических или геополитических факторов. Соответственно, способность институциональной среды, отражать реальные изменения (динамичность), но при этом оставаться достаточно стабильной (устойчивой) позволит принимать максимально эффективные (верные) решения.

На основании вышесказанного, можно утверждать, что определяющим и безусловным качеством эффективной институциональной среды является ее *устойчивость* - способность системы сохранять текущее состояние при влиянии внешних воздействий. Кроме того, для формирования устойчивой институциональной среды существенное значение имеют и мероприятия (механизмы), опережающего характера, направленные на нейтрализацию негативных процессов и явлений (*динамичность* институциональной среды). В связи с этим, данные мероприятия должны стать частью стратегических программ социально-экономического развития трансграничных регионов. Одним из ключевых направлений институционального сотрудничества является разработка и реализация не краткосрочных проектов, а многоцелевых программ, рассчитанных на длительное и эффективное сотрудничество в различных сферах межгосударственного взаимодействия. Пример успешной реализации подобных механизмов – «Программа Лосось 2000» (1987-2000 годы), основной целью которой стало повторное заселение лососевыми рыбами р. Рейн. Вместе с тем, важно не допускать расхождения краткосрочных и долгосрочных целей (задач) институционально-правового взаимодействия, что позволит избежать инерционных процессов.

Важную роль в формировании устойчивой институциональной среды имеют социальные механизмы, обеспечивающие в первую очередь широкое участие общественности в обсуждение проблем и принятие различных решений. Так, активное участие общественности является основополагающим принципом устойчивого управления водными ресурсами в трансграничном бассейне р. Дунай (Конвенции об охране реки Дунай, 1994 год). Одной из первоочередных задач межгосударственного взаимодействия должно стать обеспечение контактной функции государственных рубежей, позволяющей успешно реализовать принципы структурно-функциональной целостности трансграничного речного бассейна.

Несомненно, что все реализуемые мероприятия в рамках институционального сотрудничества в конечном итоге должны быть направлены на поддержание и сохранение экологического благополучия водных экосистем трансграничного бассейна. При этом, необходимым условием является обеспечение долгосрочного равновесия между использованием ресурсов речного стока и социально-экономическим развитием территорий. Соответственно, один из главных признаков устойчивой институциональной среды - способность государств урегулировать проблемы совместного использования трансграничных водных ресурсов, не используя при этом меры, ухудшающие эколого-гидрологическую ситуацию ни на одном из гидрографических участков.

Таким образом, формирование устойчивой институциональной среды в пределах трансграничных речных бассейнов - длительный исторический процесс, в ходе которого происходит поэтапная реализация и апробирование определенных форматов межгосударственного взаимодействия. Например, история загрязнения р. Рейн насчитывает более, чем пятидесятилетнюю историю, пока между странами бассейна не были заключены необходимые соглашения.

Начальный этап формирования институциональной среды межгосударственного взаимодействия в сфере трансграничного водопользования между регионами России и Казахстана, характеризовался благоприятными геополитическими условиями (Таблица 74).

Таблица 74 - Форматы институционального сотрудничества в трансграничном бассейне р. Урал

Период	Форматы институционального сотрудничества	Цель, задачи
1977-1994	Межреспубликанский комитет по р. Урал	Привлечение общественности и координация научно-практической деятельности в сфере оптимизации природопользования в бассейне р. Урал
1992	Соглашение о взаимодействии в области экологии и охраны окружающей среды (страны СНГ)	Разработка механизмов межгосударственного сотрудничества, в том числе и в рамках совместного использования трансграничных водных ресурсов
1996, 2001	Ратификация РФ и РК Конвенции по охране и использованию трансграничных	Оптимизация международного сотрудничества в области охраны и использование трансграничных водотоков и международных озер (рамочный договор)

	водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992)	
2006	Модельный водный кодекс стран СНГ	Установление правовых основ деятельности государств-участников в области водной политики и подходов к обеспечению устойчивого водопользования
2010	Соглашение между Правительством РФ и Правительством РК о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов	Объединение и совместная координация действий на основе Хельсинской конвенции 1992 года
2010	Российско-Казахстанская Межправительственная Комиссия по сохранению экосистемы бассейна р. Урал	Координация межгосударственных договоренностей по различным аспектам использования водных ресурсов бассейна р.Урал
2013	Договор между РФ и РК о добрососедстве и союзничестве в XXI веке	Развитие сотрудничества, в том числе и в области охраны окружающей среды Каспийского моря и трансграничных водотоков
2016	Соглашение между Правительством РФ и Правительством РК по сохранению экосистемы бассейна трансграничной р. Урал	Подготовка совместных действий и планов мероприятий по предотвращению трансграничного загрязнения; содействие сотрудничеству научно-исследовательских организаций; информирование в соответствии с законодательством государств общественности о мерах по сохранению экосистемы бассейна трансграничной р. Урал
2024	Ратификация РК Конвенции о праве несудоходных видов использования международных водотоков (Нью-Йорк, 1997)	Конвенция применяется к использованию международных водотоков и их вод в иных, чем судоходство, целях и к мерам защиты, сохранения и управления водотоков и их вод

Существенное внимание общественности и хозяйствующих субъектов уделялось охране и рациональному использованию водных ресурсов бассейна р. Урал еще в советский период. Результатом данной заинтересованности стало создание в 1977 г. общественного Межреспубликанского комитета по р. Урал (1977-1994 гг.), основной целью которого было привлечение общественности для координации научной и практической деятельности и усиление их внимания к проблемам оптимизации природопользования (Чибилёв, 2008). Необходимо отметить, что для решения различных проблем использования водных ресурсов использовался комплексный подход, что позволило решить целый ряд водохозяйственных проблем. Результативная деятельность Межреспубликанского комитета обусловлена в первую очередь широким применением бассейнового принципа к решению большинства проблем.

Современная история формирования институциональной среды межгосударственного взаимодействия России и Казахстана начинается в 1991 году (р. Урал присвоен статус «межгосударственного трансграничного водного объекта») (Сивохип, Винокуров, Красноярова, 2013). На протяжении 1990-х годов была проведена масштабная работа по вовлечению двух стран в международные правовые форматы, регулирующие трансграничные водные отношения (Винокуров, Чибилёв, Красноярова и др., 2010). Первым рамочным договором стала Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992 г.), ратифицированная Россией в 1996 г., а Республикой Казахстан в 2001 г. Также отметим Конвенцию о праве несудоходных видов использования международных водотоков (1997 г.) и Конвенцию по оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (1991). В этот же период Россия и Казахстан обсуждают вопросы совместного использования водных ресурсов трансграничных рек и в рамках Содружества Независимых Государств. В 1992 г. государствами-участниками СНГ было подписано Соглашение о взаимодействии в области экологии и охраны окружающей природной среды (в настоящее время действует Соглашение 1999 г.). Данные форматы создали достаточно прочную базу для разработки правовых механизмов межгосударственного сотрудничества в рамках совместного использования трансграничных водотоков РФ и РК.

Плодотворным в сфере развития российско-казахстанского институционального сотрудничества было первое десятилетие XXI века. В 2006 году, на 27-м пленарном заседании Межпарламентской ассамблеи государств-участников СНГ был принят Модельный водный кодекс (Постановление № 27-10 от 16 ноября 2006 г.), согласно которому устанавливаются единые основополагающие принципы водной политики, направленной на устойчивое водопользование и охрану водных объектов и ресурсов.

4 октября 2007 года в г. Новосибирск, в рамках IV Форума руководителей приграничных территорий, администрациям и Оренбургской и Западно-Казахстанской областей была обозначена проблема сохранения экосистемы трансграничной реки Урал и необходимость создания специальной межгосударственной структуры

(Межгосударственного Комитета по проблемам трансграничной р. Урал). Возобновление деятельности Комитета стало бы продолжением успешно действующего в 1970-1990 гг. Межреспубликанского Комитета по охране, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов р. Урал.

Ключевым событием для современного этапа становления институциональной среды межгосударственного взаимодействия стало подписание в г. Усть-Каменогорск (7 сентября 2010 г.) «Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов». В данном договоре особая роль отводится вопросам «объединения и совместной координации действий» на основе Хельсинской конвенции 1992 г. В соответствии с настоящим Соглашением и ранее действовавшим (от 27 августа 1992 г.) проводятся ежегодные заседания Российско-Казахстанской комиссии и рабочих групп по совместному использованию и охране трансграничных водных объектов. Основными задачами межправительственной комиссии являются: организация разработки совместных мероприятий в области рационального использования и охраны трансграничных водных объектов; установление параметров стока в согласованных пограничных створах трансграничных водных объектов, обеспечение их соблюдения; изменение параметров вододеления, на основе совместно выполненных водохозяйственных и экономических расчетов при изменении водохозяйственной ситуации в бассейнах трансграничных водных объектов; рассмотрение водохозяйственных мероприятий на трансграничных водных объектах, планируемых к реализации на территориях РФ и РК, способных оказать трансграничное воздействие, а также порядка проведения совместной оценки воздействия планируемых мероприятий на окружающую среду и др.

В 2010 г. также была создана российско-казахстанская межправительственная Комиссия по сохранению экосистемы бассейна р. Урал, в состав которой вошли представители профильных министерств, научного сообщества и общественности. Основной задачей данной комиссии является обеспечение координации в ходе реализации межгосударственных договоренностей по различным аспектам

трансграничного водodelения в бассейне р. Урал. Отметим, что к настоящему времени единственным договором межправительственного уровня, затрагивающим конкретные вопросы трансграничного водodelения, является Соглашение о подаче водных ресурсов с территории Российской Федерации (Волгоградская, Саратовская области) на территорию Республики Казахстан (Западно-Казахстанская область) (3 сентября 2010 года).

Важным итогом интенсификации современных процессов межгосударственного взаимодействия стало подписание Соглашения между Правительством РФ и Правительством РК по сохранению экосистемы бассейна трансграничной реки Урал (04.10.2016, г. Астана). Необходимо отметить, что содержание итогового Соглашения не отражает в полной мере всей проблематики трансграничного водопользования и регламентирует лишь отдельные области межгосударственного взаимодействия в бассейне р. Урал (Таблица 75).

В настоящее время созданию благоприятных условий для дальнейшего формирования устойчивой институциональной среды способствует плодотворная интеграционная политика, ключевой позицией которой является определение России и Казахстана как основных приоритетных партнеров внешней политики.

Таблица 75 - Основные положения Соглашения между Правительством РФ и Правительством РК по сохранению экосистемы бассейна трансграничной реки Урал

2009	2016
Соглашение между РК и РФ о <u>совместной охране и рациональном использовании трансграничных вод реки Урал</u> (проект)	Соглашение между Правительством РФ и Правительством РК <u>по сохранению экосистемы бассейна</u> трансграничной реки Урал (04.10.2016, г. Астана, РК)
- согласованные доли (лимиты) водопотребления	-
- порядок арбитража споров и конфликтов	-
- совместные меры по водосбережению и охране вод от загрязнения	- подготовка совместных действий и планов мероприятий по улучшению экосистемы бассейна и предотвращению трансграничного загрязнения р. Урал
- совместное выполнение научно-исследовательских программ	- содействие сотрудничеству научно-исследовательских организаций в области сохранения экосистемы бассейна

- порядок контроля количества и качества вод на пограничных створах	-
- проведение совместного регионального мониторинга трансграничных вод	
- информирование о планируемых водохозяйственных мероприятиях и чрезвычайных ситуациях	- информирование в соответствии с законодательством государств общественности о мерах по сохранению экосистемы бассейна трансграничной р. Урал

В 2013 году, в г. Екатеринбург, в рамках X Форума межрегионального сотрудничества, был подписан Договор между Российской Федерацией и Республикой Казахстан о добрососедстве и союзничестве в XXI веке (ссылка на договор). Статьи данного Договора затрагивают различные стороны межгосударственных отношений России и Казахстана, в том числе и в аспекте развития сотрудничества в области охраны окружающей среды, уделяя особое внимание защите окружающей среды Каспийского моря и трансграничных водотоков.

1 января 2015 г. вступил в силу Договор о Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) (Россия, Белоруссия, Казахстан, Армения и Киргизия), утверждающий создание экономического союза, в рамках которого обеспечивается свобода движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы, проведение скоординированной, согласованной или единой политики в отдельных отраслях экономики. Кроме того, в рамках ЕАЭС предлагается создание целого ряда наднациональных структур, в том числе актуальных и перспективных для решения проблем трансграничного водопользования. К будущим форматам межгосударственного взаимодействия можно отнести создание Комиссии по сырьевым ресурсам (устанавливает цены и квоты на сырьевые товары и энергоносители), Комиссии по экологии, Фонда по делам экономического и научно-технического сотрудничества, формирующегося за счет вкладов стран ЕАЭС, Международный арбитраж ЕАЭС и др.

Необходимой частью развития устойчивой институциональной среды является межрегиональное и приграничное сотрудничество России и Казахстана (Сивохиц, 2018в). Основой межрегионального сотрудничества является реализация соглашения и программы по развитию межрегионального и приграничного сотрудничества в рамках межправительственных соглашений 1995, 1999 и 2010 гг.

Большинство подобных соглашений относится к торгово-экономической, научно-технической и культурной сфере, но в тоже время позитивное влияние оказывают и на трансграничное сотрудничество в области водопользования. Для их практического осуществления разработаны и реализованы 4 программы сотрудничества, охватывающие, соответственно, периоды 1999-2007 гг.; 2008-2011 гг., 2012-2017 гг. и 2018-2023 гг.

Взаимодействие муниципальных образований приграничных районов менее развито, чем на уровне органов государственной власти регионов. Во многом это объясняется тем, что институт местного самоуправления как в России, так и Казахстане находится на стадии становления – не определен окончательно объем властных полномочий, существует определенный дефицит финансовых средств и квалифицированных кадров (Иванов, Жундубаев, 2015). Вместе с тем, если обратиться к практике приграничного сотрудничества стран Европейского союза, то органам местного самоуправления зачастую принадлежит главная и определяющая роль. В ряде европейских стран процессы трансграничной регионализации вышли на более высокий уровень. Так, ключевое значение для эффективного приграничного взаимодействия имеют еврорегионы, ядрами которых являются речные бассейны (Рейн, Дунай, Эльба и др.). Идея создания еврорегионов в пределах российско-казахстанского трансграничного сектора (Астраханская и Атырауская области) была высказана еще в 2004 году, но, к сожалению, дальнейшего развития не получили. Главная причина - государственно-правовой статус областей, участвующих в проекте (Астраханская область является субъектом РФ, в то время как Атырауская область относится к административно-территориальным единицам унитарного государства), что соответственно предусматривает разный объем полномочий органов власти. Создание трансграничного территориального образования по типу еврорегионов в пределах бассейна р. Урал, было предложено и обосновано в 2014 году (Сивохиц, Чибилёв, 2014).

На современном этапе, форматы регионального сотрудничества между приграничными регионами Российской Федерации (в частности, Оренбургская область) и

Республики Казахстан реализуются в рамках Соглашений, представленных в Таблице 76.

Резюмируя вышесказанное, очевидно, что к первоочередным задачам формирования устойчивой институциональной среды в трансграничном бассейне р. Урал относятся:

1. Активизация геополитического и социально-экономического взаимодействия для усиления контактной функции государственных рубежей.

2. Усовершенствование механизмов участия общественности на разных уровнях межгосударственного взаимодействия, в том числе создание Межгосударственного Фонда р. Урал.

3. Предоставление более широких полномочий Российско-Казахстанской комиссии по сохранению экосистемы бассейна р. Урал как основному координационному органу.

4. Развитие межгосударственного сотрудничества на региональном и муниципальном уровнях.

5. Разработка долгосрочных стратегических программ развития водохозяйственного комплекса регионов с учетом современных тенденций изменения климата и прогноза целевых видов использования водных ресурсов.

6. Создание системы межгосударственного обмена данными для обеспечения процедуры согласования комплексного использования и управления водными ресурсами и др.

Таблица 76 - Реестр действующих международных соглашений о сотрудничестве Оренбургской области с приграничными регионами Республики Казахстан

Реестр	Год подписания
<i>Региональный уровень</i>	
Соглашение между Оренбургской областью Российской Федерации, Актыобинской и Западно-Казахстанской областями Республики Казахстан о торгово-экономическом, научно-техническом и культурном приграничном сотрудничестве	1997
Соглашение между Оренбургской областью (Российская Федерация) и Актыобинской, Западно-Казахстанской, Костанайской областями (Республика	1997

Казахстан) о сотрудничестве в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций трансграничного характера	
Соглашение между Оренбургской областью Российской Федерации, Актыобинской, Западно-Казахстанской и Костанайской областями Республики Казахстан о сотрудничестве в области охраны окружающей среды, использовании природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности на сопредельных территориях	1997
Соглашение между администрацией Оренбургской области Российской Федерации и Акиматом Западно-Казахстанской области Республики Казахстан о торгово-экономическом, научно-техническом и культурном сотрудничестве	2003
Соглашение между Правительством Оренбургской области Российской Федерации и Акиматом Актыобинской области Республики Казахстан о торгово-экономическом, научно-техническом, культурном и гуманитарном сотрудничестве	2011
Соглашение между Правительством Оренбургской области и Акиматом Западно-Казахстанской области о приграничном торгово-экономическом, научно-техническом и культурном сотрудничестве	2012
<i>Муниципальный уровень</i>	
Соглашение о сотрудничестве между администрацией города Оренбурга и акиматом города Уральска Западно-Казахстанской области Республики Казахстан	2002
Соглашение о сотрудничестве между администрацией города Оренбурга и акиматом города Уральска Западно-Казахстанской области Республики Казахстан	2009
Соглашение о взаимном сотрудничестве администрации Илекского района Оренбургской области Российской Федерации и акимата Бурлинского района Западно-Казахстанской области Республики Казахстан	2010
Соглашение о торгово-экономическом, научно-техническом, культурном и гуманитарном Сотрудничестве между акиматом Мартукского района Актыобинской области Республики Казахстан и администрацией Акбулакского района Оренбургской области Российской Федерации	2017
Соглашение о торгово-экономическом, научно-техническом, культурном и гуманитарном сотрудничестве между администрацией Кваркенского района Оренбургской области Российской Федерации и акиматом Житикаринского района Костанайской области Республики Казахстан	2014
Соглашение о торгово-экономическом, научно-техническом, культурном и гуманитарном сотрудничестве между администрацией Домбаровского района Оренбургской области Российской Федерации и акиматом Айтекебийского района Актыобинской области Республики Казахстан	2017

Принципиальным вопросом формирования устойчивой институциональной среды должна стать разработка эффективного инструментария, обеспечивающего практическую реализацию межправительственных договоров и соглашений. В настоящее время в России и Казахстане, инструктивная и методическая основа механизма выполнения договоров относится к категории непроработанных вопросов. Правительства двух стран, избирательно подходят к разработке и реализации совместных договоров и соглашений относительно совместного использования водных ресурсов трансграничных водотоков (Порох, 2010). Действенным стимулом в

данном случае могло бы быть присоединение государств к трансграничным экологическим конвенциям на «пакетной основе» (Экологическое партнерство Восток – Запад..., 2003).

В трансграничном бассейне р. Урал действующим документом, направленным на урегулирование вопросов совместного использования водных ресурсов, является Протокол заседания рабочей группы по бассейну р. Урал (19.06.1996), регламентирующий объем передаваемого стока трансграничными реками (Приложение 4). Так, в среднем по руслу р. Урал в Западно-Казахстанскую область должно поступать гарантировано $7,8 \text{ км}^3$, т. е. на $1,5 \text{ км}^3$ меньше, чем в условиях естественного формирования стока. В годы 95 % обеспеченности объемы расчетного стока, наоборот, превышают среднеголетние значения естественного объема. В последнее время, многими специалистами высказывается мнение о необходимости пересмотра данного Протокола с учетом современных изменений водного режима.

На основе авторских расчетов получены данные по объемам передаваемого стока р. Урал (п. Кушум, без учета объема стока р. Чаган) за период 1997-2021 годов (Приложение 5). В частности, для летне-осеннего и зимнего меженных периодов установлено превышение минимальных величин передаваемого объема по сравнению с регламентируемым объемом для лет 95 % обеспеченности. Так, для июня, июля и августа за период минимальные величины передаваемого стока по руслу р. Урал составили 395, 268 и 195 млн м^3 соответственно. Согласно Протоколу, гарантированные объемы стока в летние месяцы в годы низкой водности равны 120 млн м^3 (июнь); 68 млн м^3 (июль) и 109 млн м^3 (август). Превышение объемов передаваемого стока обусловлено совокупным эффектом многолетнего регулирования стока р. Урал Ириклинским водохранилищем и современной тенденцией роста меженного стока. Несоответствие гарантированных и рассчитанных объемов передаваемого стока зафиксировано только для периода весеннего половодья (с максимальной разницей в апреле – 1470 млн м^3 и 564 млн м^3 (расчет), что, впрочем, не отразилось на годовом объеме передаваемого стока. Таким образом, в настоящее время объемы передаваемого стока в лимитирующие периоды

водохозяйственного года значительно превышают гарантированные объемы в рамках действующего Протокола.

Соответственно, в пределах нижнего участка достижение устойчивого водопользования не ограничивается передаваемыми объемами речного стока с российской стороны. В тоже время отметим, что фактический объем и режим стока р. Урал, поступающего в нижележащие участки, определяется правилами эксплуатации Ириклинского водохранилища. По инициативе казахстанской стороны регулярно обсуждаются вопросы, связанные с изменением действующего режима крупнейшего в бассейне р. Урал водохранилища, в том числе в рамках утверждённой в 2020 году Единой Дорожной Карты активизации сотрудничества по проведению исследований в бассейнах крупных рек (Урал, Иртыш и др.) (Рисунок 74).

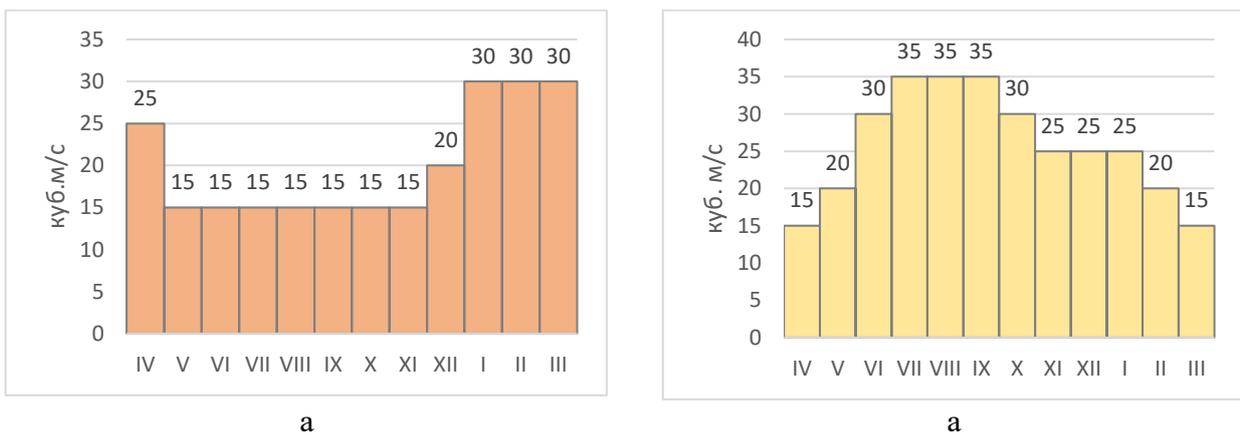


Рисунок 74 - Режимы попусков из Ириклинского водохранилища, принятые в действующих правилах (а) и предложенные казахстанской стороной (б)

С учетом предложений казахстанской стороны, объем годового стока, поступающего в нижний бьеф, увеличится с 0,616 до 0,816 км³. Максимальное увеличение объемов речного стока произойдет в летне-осенний период - с 0,198 до 0,436 км³. Согласно результатам, полученным в ходе моделирования процесса управления Ириклинским водохранилищем, расчетная обеспеченность гарантированного попуска, формируемого в соответствии с предложениями казахстанской стороны (в одном из вариантов изменения правил), будет иметь очень низкие показатели (Косолапов, Калиманов, Шефер и др., 2022). В связи с этим, очевидна

необходимость принятия компромиссного варианта, обеспечивающий интересы обеих сторон. В качестве подобного решения предложен вариант, предполагающий попуски в зоне гарантированного режима, соответствующие действующим правилам, а зонах повышенных и избыточных отдач – предложениям казахстанской стороны (Косолапов, Калиманов, Шефер и др., 2022). Обращает внимание, что текущая работа по изменению действующего режима Ириклинского водохранилища, соответствует международной практике эффективного взаимодействия заинтересованных сторон по обеспечению рационального использования водных ресурсов трансграничных рек.

Несмотря на определенные успехи России и Казахстана в решении вопросов совместного использования водных ресурсов, для реализации мероприятий (в том числе и в рамках Единой Дорожной карты) в трансграничном бассейне р. Урал по-прежнему актуален действенный формат межгосударственного взаимодействия. На наш взгляд, перспективным форматом может стать бассейновый план управления водными ресурсами, который является «открытым» и «динамичным» документом, в основу которого могут быть положены в том числе и расчеты, представленные в СКИОВО (Таблица 77). Элементы бассейнового планирования представлены в Водных Кодексах РФ (глава 4, статьи 28-33) и РК (глава 7, статьи 40, 42, 43), что в свою очередь может стать предпосылкой адаптации водного законодательства двух стран. Данный формат достаточно успешно апробирован в странах Европейского Союза (рр. Дунай, Рейн, Эльба, Одер и др.) и Азии (р. Меконг). В Российской Федерации подобный опыт управления водными ресурсами был предложен для бассейна р. Обь (Винокуров, Жерелина, Красноярова, 2004).

Таблица 77 - Сравнение основных характеристик СКИОВО и бассейнового плана управления водными ресурсами (УВР)

Характеристики	Бассейновое планирование	Комплексные Схемы
Масштаб и формат управления	Бассейны; суб-бассейны; преобладает децентрализованное УВР	Национальные; крупные речные бассейны; централизованное УВР

Участие заинтересованных сторон (в том числе общест-венности)	Участие в разработке плана	Информирование о важней-ших элементах Схемы
Экологические аспекты УВР	Приоритетны	Приоритетны
Финансовые и экономиче-ские аспекты УВР	Детализация на уровне каж-дого мероприятия; разные ис-точники финансирования; экономические инструменты	Общее финансирование для всех мероприятий; преобладают государственные источ-ники финансирования
Соотношение технических и институциональных решений	Оба варианта представлены сбалансировано	Технические решения доминируют
Стратегии развития	Учет перспективных тенден-ций экономического разви-тия, демографические про-гнозы, ключевые тренды гло-бальной климатической си-стемы	Учет прогнозных изменений водности и антропогенной нагрузки на период действия Схемы
Сроки реализации	Краткосрочный (2-3 года), среднесрочный (5-7 лет), долгосрочный (10-15 лет)	Долгосрочный (10-15 лет)

Целесообразность бассейнового планирования в бассейне р. Урал обусловлена следующим: необходимостью проведения систематического анализа текущей водохозяйственной обстановки; актуальностью стратегического планирования использования водных ресурсов на кратко- (2-3 года), средне- (5-7 лет) и долгосрочную (10-15 лет) перспективы; востребованностью учета тенденций экономического развития, демографических прогнозов, возрастающего влияния изменений климата и др. Кроме того, основной задачей бассейнового планирования станет формулировка стратегического видения трансграничного бассейна р. Урал на долгосрочную перспективу. Определение долгосрочной цели будет основано на анализе текущей водохозяйственной ситуации и перспективных стратегий развития регионов, а также на оценке соответствия формулируемой цели принципам интегрированного управления водными ресурсами.

В рамках диссертационного исследования предложена адаптированная схема 7-летнего цикла бассейнового планирования УВР трансграничного бассейна р. Урал включающий следующие стадии: анализ и оценка современной ситуации (по тематическим блокам) – реестр приоритетных проблем – формулировка стратегического видения трансграничного бассейна р. Урал – определение конкретных целей и задач – разработка содержания бассейнового плана – мониторинг и оценка

реализации мероприятий бассейнового плана (Приложение 6). Характеристика отдельных стадий Цикла имеет авторскую редакцию с привязкой к результатам проведенного комплексного анализа современного состояния и использования ресурсов речного стока в бассейне р. Урал (Приложение 7). Поэтапная реализация основных стадий бассейнового плана позволит улучшить эколого-гидрологическую ситуацию в трансграничном бассейне р. Урал за счет решения приоритетных проблем и устранения их последствий.

Таким образом, очевидно, что ведущим направлением межгосударственного взаимодействия в трансграничном бассейне реки Урал является формирование устойчивой институциональной среды, основная задача которой – разработка и апробации действенных форматов, направленных на регламентацию использования водных ресурсов. Вместе с тем, пространственная дифференциация физико-географических условий формирования речного стока и региональные особенности водохозяйственного комплекса, создают определенные вызовы для совместного управления водными ресурсами. Соответственно, достижение долгосрочной стратегической цели зависит от согласованности действий России и Казахстана, направленных на разработку и внедрение мероприятий по обеспечению экологически безопасного и рационального водопользования в пределах всех водохозяйственных участков реки Урал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обосновано применение географо-гидрологического подхода для научного обеспечения комплексного использования водных ресурсов трансграничных рек степной зоны. Использование теоретических положений данного подхода позволило рассмотреть трансграничный бассейн р. Урал как природно-хозяйственную систему, характеризующуюся высокой степенью целостности. В результате поэтапной реализации концептуальной схемы исследования на основе географо-гидрологического подхода установлены пространственно-временные закономерности формирования и распределения ресурсов речного стока исследуемого бассейна в условиях изменяющегося климата и интенсивного антропогенного воздействия.

2. Современные условия формирования речного стока в трансграничном бассейне р. Урал испытывают значимые региональные трансформации, являющиеся откликом на глобальные изменения климатической системы. Для большей части рассматриваемой территории характерно проявление макрорегиональных тенденций повышения температуры, установленных для Европейской части России. Тенденции изменения среднегодовой температуры воздуха статистически значимы – трендовая составляющая изменяется от 12 % (Кувандык) до 25–26 % (Айдырля, Беляевка) и 36–42 % (Бреды, Уральск, Оренбург, Атырау). Для среднемесячных температур наиболее значимый и повсеместный рост зафиксирован в зимний сезон (в среднем $0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет), что приводит к увеличению частоты наступления, продолжительности и интенсивности оттепелей.

3. Устойчивой тенденцией внутригодового распределения стока является сокращение доли весеннего половодья и увеличение доли меженных периодов (в первую очередь зимнего сезона), что обуславливает определенное выравнивание гидрографа годового стока и изменение основных характеристик водного режима рек казахстанского типа. В наименьшей степени трансформациям сезонного стока подвержены реки, охватывающие лесостепные и горнолесные водосборы (рр. Сакмара, Большой Кизил, Большой Ик) в пределах российского участка трансграничного бассейна р. Урал. Из общих тенденций изменения параметров речного стока в

трансграничном бассейне р. Урал отметим сокращение значений коэффициента вариации и дисперсии годового стока.

4. Суммарное влияние антропогенных факторов (регулирование стока и безвозвратное изъятие водных ресурсов) в максимальной степени отразилось на объемах годового и весеннего стока. Снижение объема годового стока за период 1957-2020 годов в г. Оренбург составило около 21 % или 0,72 км³/год; в п. Кушум - около 20 % или 2,1 км³/год. Установлено, что объемы безвозвратного изъятия стока в исследуемом бассейне изменяются в соответствии с динамикой отраслевого использования водных ресурсов. Например, отношение безвозвратного водопотребления в Оренбургской области на современном уровне к 2000 году составило 1,7 раза, т.е. сократилось на 41 %. Однако, в относительных величинах объемы безвозвратного изъятия стока возрастают; наиболее интенсивный рост отмечается, начиная с 2013 года, что обусловлено в первую очередь сокращением общих объемов водопотребления в регионе.

5. Комплексный анализ пространственной организации природопользования свидетельствует о формировании в трансграничном бассейне р. Урал устойчивых территориальных систем (природно-сельскохозяйственных, природно-технических и др.), основанных на широком использовании различных видов природных ресурсов. В настоящее время наблюдается перестройка данных систем природопользования, обусловленная изменениями макроэкономической ситуации в сопредельных государствах, и отразившаяся в первую очередь на фоновом природопользовании. Итогом подобных процессов стала стихийная (неплановая) трансформация системы расселения и отраслевой структуры, что привело к формированию обширных площадей мало используемых земель, расположенных преимущественно в российско-казахстанском приграничном секторе. В целом, результаты природно-хозяйственного районирования трансграничного бассейна р. Урал иллюстрируют преобладание средне- и сильнотрансформированных геосистем в большинстве природно-хозяйственных районов, вне зависимости от типа использования природных ресурсов.

6. Формирование и распределение ресурсов речного стока в трансграничном бассейне р. Урал характеризуется значительной пространственной дифференциацией – главная область стокоформирования расположена в верхнем и среднем течениях, в пределах российской части. Нижний участок р. Урал (южнее г. Уральск) является зоной потерь стока, которые оцениваются до 20 % годового стока. В регионах, со значительной долей транзитного стока, обращают внимание достаточно низкие величины свободного стока в маловодные годы (75-95 %). Например, в Оренбургской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях в маловодные годы (P=95 %) величина свободного стока с учетом только местных ресурсов речного стока не превышает 0,2 км³/год.

7. Расчет коэффициента использования ($K_{исп}$) водных ресурсов на основе соотношения величин стока и объемов используемой воды в регионах исследуемого бассейна позволили оценить антропогенную нагрузку на поверхностные воды. Максимальные значения $K_{исп}$ для российских регионов рассчитаны для Оренбургской (14 % - общий сток и 29 % с учетом местных ресурсов речного стока) и Челябинской областей (6,3 % и 12,4% соответственно). Из казахстанских регионов умеренная антропогенная нагрузка на водные ресурсы установлена для Актыбинской областей (9,8 % - общий сток и 11,2 % - местный сток). Для объективной оценки антропогенной нагрузки на водные ресурсы рек степной зоны также важен учет параметров водности в конкретный год или период.

8. Положительная динамика показателей эффективности использования водных ресурсов в большинстве регионов исследуемого бассейна свидетельствует о технологических изменениях в производственных циклах. Коэффициент водооборота достиг максимальных значений (90-92 %) в Республике Башкортостан, Челябинской и Актыбинской областях, улучшилась ситуация с экономией воды в Оренбургской области. Зафиксировано уменьшение доли потерь воды при транспортировке в объеме использованных водных ресурсов (Оренбургская область, Республика Башкортостан). Результаты интегрального ранжирования подтверждают наличие региональных различий в показателях эффективности водопользования, что играет существенную роль при решении задач комплексного использования

водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал. Согласно результатам прогноза целевых видов использования водных ресурсов, динамику отдельных показателей экономии воды в регионах Республики Казахстан на ближайшую перспективу будут определять объемы безвозвратного водопотребления на нужды орошаемого земледелия.

9. Результаты комплексных исследований, полученные в ходе применения географо-гидрологического подхода, свидетельствуют об актуальности разработки единых принципов и норм использования водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал. Обосновано, что одним из ведущих направлений международного сотрудничества в трансграничном бассейне р. Урал является формирование устойчивой институциональной среды. Важным направлением межгосударственного взаимодействия должна стать разработка практического инструментария, обеспечивающего реализацию межправительственных договоров и соглашений. В качестве перспективного формата, сочетающего нормативно-правовые основы комплексного использования водных ресурсов и набор инструментов практической реализации, предложена адаптированная схема бассейнового планирования управления водными ресурсами трансграничного бассейна р. Урал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский Н.И., Завадский А.С., Кривушин М.В., Чалов С.Р. Особенности гидрологического мониторинга на участках и в бассейнах международных рек // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 6. С.569-580.
2. Алексеевский Н.И., Лебедева М.Ю., Соколовский Д.К. Источники питания и изменчивость их вклада в формировании стока рек Европейской территории России // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 1. С. 5-17.
3. Антипов А.Н., Федоров В.Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории. Новосибирск: СО РАН, 2000. 264 с.
4. Арманд А.Д. Информационные модели природных комплексов. М.: Наука, 1975. 127 с.
5. Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. М.: Наука, 1988. 264 с.
6. Бакланов П.Я. Контактные географические структуры и их функции в Северо-Восточной Азии // Известия РАН. Серия Географическая. 2000. № 1. С. 31-39.
7. Бакланов П.Я., Ганзей С.С. Приграничные и трансграничные территории как объект географических исследований // Известия РАН. Серия Географическая. 2004. №4. С. 27-34.
8. Бакланов П.Я., Ганзей С.С. Трансграничные территории: проблемы устойчивого природопользования. Владивосток: Дальнаука, 2008. 216 с.
9. Беляев С.Д., Подуст А.Н., Прохорова Н.Б., Черняев А.М. Рекомендации по использованию и охране трансграничных водных объектов // Водное хозяйство России. 2003. Т. 5. № 1. С. 30-47.
10. Берлинские правила по водным ресурсам, 2004. Режим доступа: http://www.cawater-info.net/bk/water_law/94.htm (дата обращения: 16.06.2020).
11. Бергаланфи Л. Общая теория систем – обзор проблем и результатов. // Системные исследования. Ежегодник. М.: «Наука», 1969. С. 34-35.
12. Болгов М.В., Демин А.П., Шаталова К.Ю. Институциональные, нормативно-правовые и управленческие аспекты использования трансграничных водных объектов России // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 4. С.442-450.
13. Болгов М.В., Коробкина Е.А., Трубецкова М.Д., Филимонова М.К., Филиппова И.А. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга // Метеорология и гидрология. 2014. № 3. С. 75-85.
14. Болгов М.В., Венецианов Е.В., Шашков С.Н. О проблемах развития нормативно-методической базы управления водными ресурсами и водопользованием в Российской Федерации // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 2. С. 8-21.
15. Боскис С.Г., Троицкий М.Н. Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал. М.; Ташкент: Сазгипровод, 1934. 271 с.
16. Будыко М. И. Испарение в естественных условиях. Л.: Гидрометеиздат, 1947. 136 с.

17. Булавко А.Г. Водный баланс речных водосборов. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 304 с.
18. Быков В. Д. Сток рек Урала (географо-гидрологические закономерности распределения и режима стока рек на территории Урала), 1963. 144 с.
19. Вангенгейм Г.Я. Особенности атмосферной циркуляции в различных эпохах и колебания климата // Труды Второго Всесоюзного географического съезда, 1948. Т. 11. 213 с.
20. Васильев Д.Ю., Сивохиц Ж.Т., Чибилёв А.А., Динамика климата и внутривековые колебания стока в бассейне реки Урал // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2016. Т. 469. № 1. С. 102-107.
21. Вендров С.Л. Ресурсы поверхностных вод и их использование // Роль водных ресурсов в жизни страны. М.: Наука, 1987. С.7-21.
22. Виноградов Ю. Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 312 с.
23. Винокуров Ю.И., Жерелина И.В., Красноярова Б.А. Подходы к формированию стратегии устойчивого водопользования в бассейне реки Оби // Ползуновский Вестник. 2004. № 2. С. 4-13.
24. Винокуров Ю.И., Чибилев А.А., Красноярова Б.А., Павлейчик В.М., Платонова С.Г., Сивохиц Ж.Т. Региональные экологические проблемы в трансграничных бассейнах рек Урал и Иртыш // Известия РАН. Серия Географическая. 2010. № 3. С. 95-104.
25. Вирский А.А. Эрозионный комплекс и его развитие // Известия Географического Общества СССР. 1960. Т. 92. Вып. 6. С. 473-481
26. Владимиров А. М. Минимальный сток рек СССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 214 с.
27. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2016 году (статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, А.Д. Думнова, В.А. Омеляненко. М.: НИИ-Природа, 2017. 302 с.
28. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2017 году (статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омеляненко и А.Д. Думнова. М.: НИИ-Природа, 2018. 230 с.
29. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2018 году (статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омеляненко. М.: НИИ-Природа, 2019. 274 с.
30. Водные ресурсы и качество вод: состояние и проблемы управления. М.: ИВП, 2010. 414 с.
31. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. проф. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
32. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 28.11.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016)
33. Воропаев Г.В., Раткович Д.Я. Основные направления научных исследований в области водообеспечения // Водные ресурсы. 1988. № 1. С.5-13.

34. Воропаев Г.В., Благоверов Б.Г., Исмайылов Г.Х. Экономико-географические аспекты формирования территориальных единиц в водном хозяйстве страны. М.: Наука, 1986. 240 с.
35. Воскресенский К. П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 548 с.
36. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2014. 58 с. Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/download/2014/od/od2.pdf> (дата обращения 03.10.2014)
37. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. Мировой центр данных. Режим доступа: <http://meteo.ru/data> (дата обращения 12.10.2022)
38. Вуглинский В.С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 220 с.
39. Галахов Н.Н. Снежный покров в зимы, предшествующие засушливым и влажным периодам // Гидроклиматический режим лесостепной и степной зон СССР в засушливые и влажные годы. М.: Академия наук СССР, 1960. С.54-64.
40. Ганзей С.С. Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и Северо-Востока КНР. Владивосток: Дальнаука, 2004. 231 с.
41. Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. Уфа: Китап, 2001. 260 с.
42. Гарцман И.Н. Системные аспекты моделирования в гидрологии // Труды ДВНИГМИ. Л.: Гидрометеиздат, 1977. Вып.63. С.3-84.
43. Географические направления в гидрологии / Ред. Н.И. Коронкевич, Г.М. Черногаева. М.: Ин-т географии РАН, 1995. 224 с.
44. Географо-гидрологические исследования // Вопросы географии. 2012. Вып. 133. 496 с.
45. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Мельник К.С. Водные ресурсы и водно-экологическая напряженность в Центральном Федеральном округе России // Известия РАН. Серия Географическая, 2021. Т. 85. №3. С.325-340.
46. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А. Природно-климатические и антропогенные изменения стока Волги и Дона // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. № 2. С. 55-78.
47. Георгиевский В.Ю., Грек Е.А., Грек Е.Н., Лобанова А.Г., Молчанова Т.Г. Оценка современных изменений максимального стока рек России // Метеорология и гидрология. 2019. № 11. С. 46-55.
48. Гирс А.А. Особенности внутригодовых преобразований макросиноптических процессов в различных циркуляционных эпохах // Труды Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та. 1963. Т. 283. С.33-56.
49. Гладкевич Г.И., Терский П.Н., Фролова Н.Л. Комплексная многофакторная оценка опасности наводнений в России // Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление. М.: ИВП РАН, 2011. С.21-36.
50. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 327 с.

51. Глушков В.Г. Географо-гидрологический метод // Известия ГГИ. 1933. № 57-58. С.5-10.
52. Глушков В.Г. Географо-гидрологический метод. Труды Первого Всесоюзного географического съезда (11-18 апреля 1933 г.). Вып.3. Издание Гос. географ. общества. Ленинград, 1934. С.24-29.
53. Гончаренко А. Использование ресурсов трансграничных вод: состояние и перспективы // Мировая экономика и международные отношения. 2002. № 5. С. 83-91.
54. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.
55. Григорьев О.М. Оценка влияния промышленно-коммунального водопотребления на сток р.Урал // Труды ГГИ. 1981. Вып. 273. С.44-61.
56. Давлетгалиев С.К. Оценка водных ресурсов Жайык-Каспийского бассейна по водохозяйственным участкам // Гидрометеорология и экология. 2011. № 1. С. 56-65.
57. Давлетгалиев С.К. Оценка водных ресурсов Жайык-Каспийского бассейна по водохозяйственным участкам // Гидрометеорология и экология. 2015. № 4. С. 73-80.
58. Данилов-Данильян В.И., Пряжинская В.Г. Сценарии устойчивого регионального водопользования в условиях изменения климата // Проблемы прогнозирования. 2007. № 2. С. 62-76.
59. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. М.: Институт устойчивого развития, Центр экологической политики России, 2009. 88 с.
60. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М.: Науч. мир, 2010. 232 с.
61. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Трансграничные водные проблемы и подходы к их решению. Формирование соглашений // Водные ресурсы 2013. Т. 40. № 3. С. 306-319.
62. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Согласование стратегий трансграничного водопользования. М.: Энциклопедия, 2016. 216с.
63. Демин А.П. Эффективность использования водных ресурсов в бассейне Волги // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 6. С.653-663.
64. Демин А.П. Современные изменения водопотребления в бассейне Каспийского моря // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 3. С. 259-275.
65. Демин А.П. Современная водоемкость экономик стран мира // Известия РАН. Серия Географическая. 2012. № 5. С. 71-81.
66. Демин А.П., Шаталова К.Ю. Принципы и практика распределения водных ресурсов трансграничных рек России // География, и природные ресурсы. 2015. № 1. С. 22-29.
67. Демин А.П., Зайцева А.В. Прогноз водопотребления в российской части бассейна Дона // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 5. С.588-598.

68. Демин А.П. Динамика сброса загрязняющих веществ и качество воды в российской части бассейна трансграничной реки Урал // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 26-40.
69. Джамалов Р.Г., Хасиев Р.С. Современная водная дипломатия // Природа. 2011. № 9. С. 44-51.
70. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Телегина Е.А. Изменение зимнего стока рек Европейской части России // Водные ресурсы. 2015. Т. 15. № 6. С. 581-588.
71. Джамалов Р.Г., Сафронова Т.И., Телегина Е.А. Внутригодовое распределение стока рек с оценкой роли зимней межени // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 6. С. 603-611.
72. Дмитриев А.А., Дубравин В.Ф., Белязо В.А. Атмосферные процессы Северного полушария (1891-2018), их классификация и использование. СПб: СУПЕР Издательство, 2018. 306 с.
73. Дмитриева В.А. Географические основы гидрологических исследований // Вестник Воронеж. ун-та. Серия.: География. Геоэкология. 2000. № 1. С. 40-43.
74. Дмитриева В.А., Маскайкина С.В. Изменчивость водного режима в верховьях Донского бассейна в современный климатический период // Вестник ВГУ. Серия География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 17-21.
75. Дмитриева В.А. Водные ресурсы Воронежской области в условиях изменяющегося климата и хозяйственной деятельности. Воронеж: ВГУ, 2015. 192 с.
76. Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г. Гидрологическая реакция на меняющиеся климатические условия и антропогенную деятельность в бассейне Верхнего Дона // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 285-297.
77. Добровольский С.Г. Проблема глобального потепления и изменений стока российских рек // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 6. С.643-655.
78. Долгов С.В. Климатические изменения годового речного стока и его составляющих в Европейской части России // Известия РАН. Серия Географическая. 2011. № 6. С. 78-86.
79. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Особенности реакции рек Русской равнины на изменение температуры воздуха // Известия РАН. Серия Географическая. 2012. № 6. С.55-62.
80. Долгополов К.В., Федорова Е.Ф. Вода – национальное достояние (географические проблемы использования водных ресурсов). М.: Мысль, 1973. 180 с.
81. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Скачедуб Е.А., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С. Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия речного стока (попуска) // Водное хозяйство. 2009. № 3. С. 26-60.
82. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты (учебник для университетов по специальности Гидрология). М.: МГУ, 1990. 303 с.
83. Зайцева И.С. Роль природных факторов при антропогенном изменении водных ресурсов малых рек Русской равнины // Вопросы географии. Малые реки. Сб. 118. 1981. С. 93-97.
84. Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.А. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. 736 с.

85. Зиганьшина Д.Р. К вопросу о терминологии в международном и национальном водном праве // Научно-информационный МКВК. Режим доступа: <https://www.netess.ru> (дата обращения: 18.02.2021).
86. Злобин Ю.П., Поляков А.Н. История Оренбургского региона. Ч.1.: Учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2006. 256 с.
87. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б. Аридизация засушливых земель Европейской части России и связь с засухами // Известия РАН. Серия Географическая. 2020. №2. С.207-217.
88. Зоны и типы растительности России и сопредельных территорий. Карта масштаба 1:8 000 000 / Отв. редактор Г.Н. Огуреева. Геогр. факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Ботанический ин-т им. В.Л. Комарова. М,1999.
89. Иванов В.Н., Жундубаев М.К. Межрегиональное и приграничное сотрудничество России и Казахстана: основные приоритеты // Национальные интересы и приоритеты. 2015. № 7 (292). С. 38-51.
90. Ивкина Н.И., Галаева А.В., Саиров С.Б., Долгих С.А., Смирнова Е.Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе с. Кушум на перспективу до 2050 г. с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. 2020. № 3. С.52-69.
91. Исаченко А.Г. Проблемы взаимоотношения природных и общественных территориальных систем // Известия РГО. 2004. Т. 136. Вып. 1. С. 5-15.
92. Исаченко А.Г. Теория и методология географической науки. М.: Академия, 2004. 400 с.
93. Козлова М.А., Сивохиц Ж.Т. Оценка динамики качества воды в трансграничном бассейне реки Урал // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 6. С.107-119.
94. Колосов В.А., Бибанов К.И. Международные речные бассейны: географические аспекты взаимозависимостей // География и природные ресурсы. 1991. №1. С.17-29.
95. Колосов В.А., Туровский Р.Ф. Современные государственные границы: новые функции в условиях интеграции и приграничное сотрудничество // Известия РАН. Серия Географическая. 1997. № 5. С. 106-113.
96. Колосов В.А., Зотова М.В., Себенцов А.Б. Барьерная функция российских границ // Известия РАН. Серия Географическая. 2016. № 5. С.8-20.
97. Комиссия Республики Казахстан и Кыргызской Республики по использованию водохозяйственных сооружений межгосударственного пользования на рр. Чу и Талас. Режим доступа: <http://www.chutalas-commission.org/> (дата обращения: 02.04.2020).
98. Комлев А.М. Закономерности формирования и методы расчета речного стока. Пермь: Пермский ун-т, 2002. 163 с.
99. Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Хельсинки, 1992. Режим доступа: <http://www.sawater-info.net/library/rus/lakes.pdf> (дата обращения: 16.06.2020).
100. Конвенция о праве несудоходных видов использования международных водотоков. Нью-Йорк: ООН, 1997. 14 с. Режим доступа:

https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercrs.shtml (дата обращения: 16.06.2020).

101. Корбут Л.В., Баскин Ю.Я. Международно-правовой режим рек: история и современность. М.: Наука, 1987. 160 с.

102. Коронкевич Н.И. Влияние природных факторов на водопотребление // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1972. № 5. С. 54-63

103. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. Влияние изменения годовых значений температуры воздуха и осадков на сток рек Русской равнины // Известия РАН. Серия Географическая, 2007. № 5. С.64-70.

104. Коронкевич Н.И. Географо-гидрологические исследования и вклад в них лаборатории (отдела) гидрологии Института географии // Известия РАН. Серия Географическая. 2008. № 3. С. 76-84.

105. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С. Трансграничный водообмен в России // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 4. С.407-416.

106. Коршунова Н.Н., Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Давлетшин С.Г. Оценки экстремальности температурного режима и режима осадков для территории РФ и ее регионов // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 183. С. 20-30.

107. Корытный Л.М. Геосистемно-гидрологический подход к природно-хозяйственному районированию // География и природные ресурсы. 1987. № 2. С.152-158.

108. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Институт географии СО РАН, 2001. 163 с.

109. Корытный Л.М., Жерелина И.В. Международные речные и озерные бассейны Азии: конфликты, пути сотрудничества // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С.11-19.

110. Корытный Л.М. Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С.5-16.

111. Косолапов А.Е., Калиманов Т.А., Шефер Е.А., Ридель С.А. О возможности изменения современных режимов водохранилищ на реке Урал // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 2. С.68-79

112. Кочерин Д.И. Средний многолетний годовой и месячный сток в Европейской части Союза // Труды МИИТ. 1927. Вып. 6. С. 10-26.

113. Кудияров В.Т. Пограничные пространства России // Границы России. 1996. № 2. С. 35-46.

114. Кузин П.С. Циклические колебания стока рек Северного полушария. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 178 с.

115. Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974. 448 с.

116. Лухманов Д.Н. Эволюция сельского расселения в 1959-1989 гг. // Город и деревня в Европейской России: сто лет перемен. М.: ОГИ, 2001. С. 240-271.

117. Магрицкий Д.В., Кенжебаева А.Ж. Закономерности, характеристики и причины изменчивости годового и сезонного стока воды рек в бассейне р.Урал // Отраслевые научные и прикладные исследования: Науки о Земле. 2017. С. 39-61.

118. Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Торопов П.А., Кенжебаева А.Ж., Ермакова А.Ж. Изменения стока в бассейне р. Урал // Вестн. Моск. ун-та. Сер.5. География. 2018. № 1. С.90-101.
119. Магрицкий Д.В., Ефимова Л.Е., Гончаров А.В., Кенжебаева А.Ж. Особенности современного водопользования в нижнем течении р. Урал, его проблемы и гидроэкологические последствия // Вопросы степеведения. 2022. № 1. С. 28-49.
120. Маркин В.Н. Определение экологически допустимого воздействия на малые реки // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 4. С.8-11.
121. Мелешко В.П., Голицын Г.С., Говоркова В.А., Демченко П.Ф., Елисеев А.В, Катцов В.М., Малевский-Малевич С.П., Мохов И.И, Надежина Е.Д., Семенов В.А., Спорышев П. В., Хон В.Ч. Возможные антропогенные изменения климата России в 21 веке: оценки по ансамблю климатических моделей // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 38-49.
122. Мелешко В.П. Изменения гидрологического цикла в Северной Евразии, обусловленные потеплением климата // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11. Ч.1. Спец. выпуск. С. 29-37.
123. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. М.: МПР РФ, 2007. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902083847> (дата обращения: 20.08.2020).
124. Мильков Ф.Н. Рукотворные ландшафты. М.: Мысль, 1978. 86 с.
125. Мильков Ф.Н. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования // География и природные ресурсы. 1981. № 4. С.11-18.
126. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли / Под ред. В.И. Корзуна. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 636 с.
127. Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации / Научно-прикладной справочник. СПб: ООО «РИАЛ», 2021. 190 с.
128. Многолетние характеристики притока воды в крупнейшие водохранилища РФ. Научно-прикладной справочник / Под ред. В.Ю. Георгиевского. М.: ООО «РПЦ Офорт», 2017. 132 с.
129. Мохов И.И. Действие как интегральная характеристика климатических структур: оценки для атмосферных блокингов // Доклады РАН. 2006. Т. 409. № 3. С.403-406.
130. Мохов И.И., Хон В.Ч., Тимажев А.В., Чернокульский А.В., Семенов В.А. Гидрологические аномалии и тенденции изменения в бассейне р. Амур в связи с климатическими изменениями // Экстремальные паводки в бассейне р. Амур: причины, прогнозы, рекомендации. М.: Росгидромет, 2014. С. 81-120.
131. Напрасников А.Т. Географическое начало в гидрологии и мелиорации // Успехи современного естествознания. 2017. № 9. С. 82-88.
132. Нестеренко Ю.М. Водная компонента аридных зон: экологическое и хозяйственное значение. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 287 с.

133. Нефедова Т.Г. Основные тенденции изменения социально-экономического пространства сельской России // Известия РАН. Серия Географическая. 2012. № 3. С.5-21.
134. Никанорова А.Д., Егоров С.А. Становление принципов и норм, регулирующих использование государствами трансграничных водных ресурсов // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 1. С. 114-120.
135. Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана в 2011-2015 годах. Статистический сборник. Астана, 2016. 125 с.
136. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан в 2015-2019 годах. Статистический сборник. Астана, 2020. 142 с.
137. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан в 2017-2021 годах. Статистический сборник. Астана, 2022. 138 с.
138. Павлейчик В.М., Сивохиц Ж.Т. Водно-хозяйственные и трансграничные аспекты регулирования стока в бассейне реки Урал // Известия Самарского науч. центра РАН. 2012. Т. 14. №1 (9). С.2367-2371
139. Павлейчик В.М., Сивохиц Ж.Т. Эколого-гидрологическая ситуация в бассейне р. Таналык в условиях техногенной трансформации природной среды в Южном Зауралье // Известия Самарского науч. центра РАН. 2013а. Т. 15. №3 (3). С.945-948.
140. Павлейчик В.М., Сивохиц Ж.Т. Формирование качества поверхностных вод бассейна верхнего течения реки Урал в условиях техногенной трансформации природной среды // Водные ресурсы. 2013б. Т. 40. № 5. С. 456-467.
141. Павлейчик В.М., Сивохиц Ж.Т., Падалко Ю.А. Динамика русловых процессов в среднем течении реки Урал и риски природопользования // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 5. С. 36-44.
142. Паписов В.К. Водоемкость народного хозяйства (промышленность). М.: Наука, 1989. 103 с.
143. Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетия // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, 2007. № 2. С.5-12.
144. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
145. Пособие по бассейновому планированию. Алматы: ООО «OST XXI век», 2014. 40 с.
146. Порох А.Н. Россия и Казахстан в решении трансграничных водных проблем // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 4. История, 2009. № 2 (16). С. 25-33.
147. Прохорова Н.Б., Косолапов А.Е. Современный водохозяйственный баланс реки Урал на территории Российской Федерации // Водное хозяйство. 2011. № 2. С. 4-20.
148. Пряхина Г. В. Оценка влияния крупных водохранилищ на сток рек в нижнем бьефе. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.27. Санкт-Петербург, 2003. 22 с.
149. Раткович Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения. М.: Наука, 2003. 352 с.

150. Реки и озера Российской Федерации (ресурсы, режим и качество воды): справочное издание / СПб.: ГГИ, 2020. 115 с.
151. Реестр соглашений субъектов Российской Федерации, зарегистрированных в Минюсте России // Министерство юстиции РФ. Режим доступа: http://zakon.scli.ru/ru/analytics_statistics/report_forms/agreement_registry_report. (дата обращения: 05.08.2020)
152. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып.2. Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 510 с.
153. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. СПб.: ООО «Эс Пэ Ха», 2015. 166 с.
154. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество в 2018 году (Справочное издание). Санкт-Петербург, 2019. 153 с.
155. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество в 2019 году (Справочное издание). Санкт-Петербург, 2020. 154 с.
156. Ретеюм А.Ю. Физико-географическое районирование и выделение систем // Вопросы географии. 1975. Вып. 98. С. 5-27.
157. Родионов В.З. Влияние хозяйственной деятельности на сток р. Урала // Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим / Под ред. И.А. Шикломанова. Труды ГГИ, 1977. Вып. 239. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 109-122.
158. Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г. Территориальная организация природопользования. М.: Наука, 1993. 208 с.
159. Румянцев В.А., Коронкевич Н.И., Измайлова А.В., Георгиади А.Г., Зайцева И.С., Барабанова Е.А., Долгов С.В., Корнеенкова Н.Ю. Антропогенные воздействия на водные ресурсы и пути минимизации их негативных последствий // Эколого-географические проблемы перехода к зеленой экономике. Минск: Строй-МедиаПроект, 2019. С. 193-209.
160. Румянцев В.А., Коронкевич Н.И., Измайлова А.В., Георгиади А.Д., Зайцева И.С., Барабанова Е.А., Драбкова В.Г., Корнеенкова Н.Ю. Водные ресурсы рек и водоемов России и антропогенные воздействия на них // Известия РАН. Серия Географическая, 2021. Т. 85. № 1. С. 120-135.
161. Рыбкина И.Д. Сопоставительный анализ эффективности использования водных ресурсов в регионах Западной Сибири в сравнении с общероссийским и западноевропейским уровнями // Водное хозяйство России. 2015. № 3. С. 80-88.
162. Рыбкина И.Д. Оценка и прогноз водообеспеченности Омской области // Известия РАН. Серия географическая. 2016. № 1. С.115-122.
163. Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю. Прогноз целевого использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби на средне- и долгосрочную перспективу // Известия АО РГО. 2019. № 1 (52). С. 5-16.
164. Рыбкина И.Д., Сивохиц Ж.Т. Водные ресурсы Российско-Казахстанского трансграничного региона и их использование // Юг России: экология, развитие. 2019. № 2. С. 70-86.
165. Савичев А.И., Мироничева Н.П., Цепелев В.Ю. Особенности колебаний атмосферной циркуляции в Атлантико-Евразийском секторе полушария за

последние десятилетия // Гидрометеорология и экология. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического института. 2015. Вып. 39. С. 120-131.

166. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Поляков С.Е., Молдахметов М.М., Махмудова Л.К. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы, осадков и речного стока над территорией Казахстана // Вестник КазНУ. Серия Географическая. 2011. №2 (33). С. 19-24.

167. Саушкин Ю.Г. Природно-хозяйственные районы Советского Союза // Вестник МГУ. География. 1980. № 4. С. 3-8.

168. Свод правил по проектированию и строительству СП 33–101–2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Госстрой России, 2004. 74 с.

169. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165-177.

170. Семенов Е.А., Ахметов Р.Ш. Пространственно-временная трансформация сельского расселения в Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. №7 (182). С. 182-187.

171. Сивохип Ж.Т., Винокуров Ю.И., Красноярова Б.А. Трансграничные речные бассейны Азиатской России: эколого-географические особенности институционального сотрудничества // Известия Самар. науч. центра. 2013. Т. 15, № 3 (3). С. 954-957.

172. Сивохип Ж.Т., Чибилев А.А. Эколого-гидрологические проблемы трансграничного бассейна реки Урал и перспективы институционального сотрудничества // География и природ. ресурсы. 2014. № 1. С. 36-44.

173. Сивохип Ж.Т., Падалко Ю.А. Географо-гидрологические факторы опасных гидрологических явлений в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия географическая. 2014. № 6. С. 53-61.

174. Сивохип Ж.Т. К разработке географических основ интегрированного управления водными ресурсами в трансграничном бассейне р.Урал // Вестник Саратов. гос. ун-та. Серия Науки о Земле. 2016. Т. 16. Вып. 2. С. 81-86.

175. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне р. Урал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 4. С. 504-516.

176. Сивохип Ж.Т. Геопространственная специфика территориальных систем расселения в трансграничном бассейне реки Урал // Вестник Перм. национ. исследов. политех. ун-та. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 3. С. 26-38.

177. Сивохип Ж.Т. Региональная специфика системы сельского расселения в трансграничном бассейне р. Урал // Вестник Перм. национ. исследов. политех. ун-та. Прикладная экология. Урбанистика. 2018а. № 3. С. 45-56.

178. Сивохип Ж.Т. Анализ факторов пространственной трансформации фонового природопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Известия Саратов. гос. ун-та. 2018б. Т. 18. № 4. С. 248-254.

179. Сивохип Ж.Т. Анализ нормативно-правовых основ и механизмов институционального сотрудничества в трансграничных речных бассейнах // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2018в. № 1. С. 59-66.
180. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Современные изменения водного режима рек бассейна р. Урал // Вопросы географии. Сб. 145 Гидрологические изменения. 2018. С. 298-313.
181. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока в бассейне р. Урал // Известия Иркут. гос. ун-та. Серия: Науки о Земле, 2020. Т. 33. С. 112-123.
182. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А. Изменение минимального стока в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия Географическая. 2021. № 6. С. 900-913.
183. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Современное состояние и использование водных ресурсов трансграничных рек степной зоны // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022а. № 2. С.95-110.
184. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Региональные тенденции изменения климата в бассейне реки Урал // Известия Иркут. гос. ун-та. Серия «Науки о Земле». 2022б. № 3. С. 106-117.
185. Сивохип Ж.Т., Чибилев А.А. Трансграничные речные бассейны: базовые принципы решения проблем межгосударственного взаимодействия // География и природные ресурсы. 2022. № 3. С.28-39.
186. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю. А. Проблемы гарантированного обеспечения водными ресурсами в бассейне реки Урал // Вопросы географии. Сб. 157. Водные проблемы и их решение. 2023. С.250-273.
187. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В. М. Современные изменения максимального стока рек бассейна реки Урал // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология, 2024. № 2. С. 88-96.
188. Случевская Ю.А. Проблема формирования международно-правовой модели совместного использования и охраны международных водотоков // Lex Russica. 2019. № 3 (148). С. 73-86.
189. Солнцев Н. А. Природная география, ландшафтоведение и естествознание // Вестник Моск. ун-та, серия географ. 1977 № 1. С. 10-15.
190. Соломенцев Н.А., Львов А.М., Смирненко С.Л., Чекмарев В.А. Гидрология суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 432 с.
191. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
192. Справочник по водным ресурсам СССР. Том XII. Урал и Южное Приуралье. Главное управление Гидромет. службы СССР. Госуд. гидрол. Ин-т, 1936. 664 с.
193. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Урал (Жайык) с притоками. Отчет в 6 томах и 11 кн. Л.А. Малыш, Д.Г. Рымкулова, Г.А. Сафонов и др. Алматы: ПК «Институт Казгипрводхоз», 2007.
194. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Урал (Российская часть). Т. 1-6. Екатеринбург: ФГУП «РосНИИВХ», 2013.

195. Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей СМIP5 / Климатический центр Росгидромета. Режим доступа: <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke> (дата обращения: 27.06.2022)
196. Тектоническая карта Урала. Масштаб 1:1 000 000 / Глав. ред. И.Д. Соболев. Свердловск: Мин-во геологии РСФСР, ПО «Уралгеология», 1983.
197. Ткачев Б. П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Аналитический обзор. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. 114 с.
198. Тленбеков О.К. Распределение стока воды по водотокам и будущее дельты Урала // Труды ГОИН. 1967. Вып. 89. С. 125-139.
199. Токарев В.Г. Об изменчивости и аномальности средней сезонной температуры воздуха в первую половину лета в Западной Сибири // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета, 1983. Вып. 59. С. 20-26.
200. Трансграничный регион: понятие, сущность, форма. Владивосток: Дальнаука, 2010. 276 с.
201. Тюменев С.Д. Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана: Учебник. Алматы: КазНТУ, 2008. 267 с.
202. Федоров Г.М., Корнеевец В.С. Трансграничные регионы в иерархической системе регионов: системный подход // Балтийский регион. 2009. № 2. С.32-42.
203. Фомина В.Ф. Эффективность использования водных ресурсов в регионах Северо-Западного федерального округа в свете Водной стратегии // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2010. № 3 (11). С. 75-89.
204. Фридман А.А. Модели экономического управления водными ресурсами. М.: Высшая школа экономики, 2012. 284 с.
205. Фролова Н.Л., Нестеренко Д.П., Шенберг Н.В. Внутригодовое распределение стока рек России // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2010. № 6. С. 8-16.
206. Фролова Н.Л., Самохин М.А. Трансграничные речные бассейны: единство природной системы и политическая фрагментация // Российское пограничье: вызовы соседства / Под ред. В.А. Колосова. М.: ИП Матушкина И.И., 2018. С. 322-357.
207. Харвей Д. Научное объяснение в географии. М.: Прогресс, 1974. 500 с.
208. Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов, 1948. 159 с.
209. Цыценко К.В., Владимирова Т.И. Водные ресурсы бассейна р.Урал и их изменения // Гидрометеорология и экология. 2011. № 1. С. 75-82.
210. Черенкова Е.А., Сидорова М.В. Оценка современных условий недостаточного увлажнения, влияющих на маловодность в бассейнах крупных рек Европейской части России // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 3. С. 260-269.
211. Чибилёв А.А., Дебело П.В. Ландшафты Урало-Каспийского региона. Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2006. 264 с.
212. Чибилёв А.А., Павлейчик В.М., Дамрин А.Г. Ириклинское водохранилище: геоэкология и природно-ресурсный потенциал. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 182 с.

213. Чибилёв А.А. Бассейн р. Урал: история, география, экология. Екатеринбург, 2008. 312 с.
214. Чибилёв А.А., Ахметов Р.Ш., Петрищев В.П., Черкасова Ю.В. Дифференциация муниципальных районов Оренбургской области по особенностям сельского расселения // Известия Русского географического общества. 2015. Т. 147. Вып. 3. С. 49-56.
215. Шакиров А.В. Физико-географическое районирование Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 617 с.
216. Шаталова К.Ю. Принципы распределения водных ресурсов трансграничных водных объектов // Природообустройство. 2015. № 4. С. 77-80.
217. Швевс Г.И. Концепция природно-хозяйственных территориальных систем и вопросы рационального природопользования // География и природные ресурсы. 1987. № 4. С. 30-38.
218. Шикломанов И.А., Веретенникова Г.М. Влияние водохранилищ на годовой сток рек СССР // Труды ГГИ. 1977. Вып. 237. С. 27-48.
219. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 301 с.
220. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Современные и перспективные изменения стока рек России под влиянием климатических факторов // Водные ресурсы суши в условиях изменяющегося климата. СПб: Наука, 2007. С. 20-32.
221. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Бабкин В.И., Балонишникова Ж.А. Проблемы изучения формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности России // Метеорология и гидрология 2010. № 1. С. 23-32.
222. Шикломанов И.А., Бабкин В.И., Балонишникова Ж.А. Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 2. С.131-141.
223. Экологическое партнерство Восток-Запад: Экологическая стратегия для Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии на первую декаду 21-го столетия. ЕЭК ООН, 21 мая 2003 г. // Газета «Эко Правда – Казахстан». 28 января 2003 г. № 375.
224. Юмина Н.М., Козлов М.О. Анализ многолетней изменчивости стока рек бассейна р.Урал // Евразийский Союз Ученых. 2021. № 1 (82). С. 8-11.
225. Ясинский С.В., Вишневская И.А. Зональные особенности динамики водопользования в бассейне Волги в постсоветский период // Известия РАН. Серия Географическая. 2018. № 1. С. 75-89.
226. Ясинский С.В., Кашутина Е.А. Сидорова М.В. Диффузное загрязнение водных объектов равнинных территорий: проблемы оценки. Известия РАН. Серия географическая 2023. Т. 87. № 1. С. 115-130.
227. Charts Bin statistics collector team 2011, Total Renewable Water Resources Dependency Ratio by Country, ChartsBin.com, view ed 2nd March, 2020. Режим доступа: <http://chartsbin.com/view/1471> (дата обращения: 16.02.2020).
228. Falkenmark M., Lundqvist J., Widstrand C. Macro-scale Water Scarcity Requires Micro-scale Approches: Aspects of Vulnerability Semi-arid Development // Natural Resources Forum. 1989. Vol. 13. No. 4. P. 258-267.

229. Feng Yan, He Daming. Research progress on international rivers in Asia // *Journal Geographical Sciences*. 2006. Vol. 16 (3). P. 271-276.
230. Huntington T.G. Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis // *J. Hydrol.* 2006. Vol. 319. P. 83-95.
231. International Law Association. Report of Fifty Second conferences Held at Helsinki – London, 1967. P. 447-534.
232. International Regulation regarding the Use of International Watercourses for Purposes other than Navigation (Declaration of Madrid, 20 April 1911) // *Annuaire de l'Institut de Droit International. Madrid Session. 1911. Vol. 24. P. 365-365.*
233. Jestice A. PATTERN: Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers: Technological Forecasting and Long-Range Corporate Planning // ALJ Associates, 1968. 214 p.
234. Lorenz C.M., Gilbert A.J., Cofino W.P. Indicators for transboundary river management // *Environmental Management*, 2002. Vol.28. pp. 115-129.
235. Magritsky D., Kenzhebaeva A., Yumina N., Efimova L., Moreido V. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021. P. 817 012062
236. McCaffrey S.C. The Harmon Doctrine One Years Later: Buried, Not Praised // *Natural Resources Journal*. 1996. Vol. 36. P. 549-560.
237. McCracken M., Wolf A.T. Updating the Register of International River Basins of the world // *International Journal of Water Resources Development*. 2019. Vol. 35 (5). P. 732-782.
238. Padalko Yu. A. An assessment and prognosis of water resources use in regions of the transboundary basin of the Ural River in the medium term // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021. P. 817 012080
239. Raffestin C. Autour de la fonction sociale de la frontiere // *Identites, espaces, frontiers*. Paris, 1993. P. 157-164.
240. Raskin P., Gleick P., Kirshen P., Pontius G., Strzepek K. *Water Futures: Assessment of Long-Range Patterns and Problems*. Stockholm: Stockholm Environmental Institute, 1997. 77 p.
241. Rougement D de. *L'avenir est notre affaire*. Paris, 1977. 376 p.
242. Scott J.W. Euroregions, Governance and Transborder Co-operation within the EU. Van der Velde M. and van Houtum H., eds. London: Pion, 2000. P. 104-115.
243. Sivohip Zh.T., Pavleichik V.M. A water resources use of transboundary rivers in the steppe zone under modern hydroclimatic conditions // *Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 250. P. 3-15.
244. Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M., Chibilev A.A. Changes in River Runoff during Winter Low Water Periods in the Basin of the Ural River // *Doklady Earth Sciences*. 2021. Vol. 499 (2). P. 703-707.
245. Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M., Chibilev A.A. Regional effects of Global Climate Changes in the Ural River Basin // *Doklady Earth Sciences*. 2023. Vol. 509 (2). P. 477-482.

246. Wolf A.T., Stahl K, Macomber M.F. Conflict and cooperation within international river basins: the importance of institutional capacity // *Water Resources Update*. 2003. Vol. 125. P. 31-40.

247. Wouters P., Vinogradov S. Analysing the ECE Water Convention: What Lessons for the Regional Management of Transboundary Water Resources? // *Yearbook of International Co-operation on Environment and Development 2003/2004*. London: Earthscan Publ., 2003. P. 55-63.

Таблица 78 - Структура наблюдательной сети в трансграничном бассейне р. Урал

№ на схеме	Пост (река – населенный пункт)	Ведомство	Специализация		
			гидрохимический	гидрологический	
1	Урал – Верхнеуральск (город)	ЧелЦГМС	+	+	
2	Урал - Кизильское				+
3	Урляда - Новоахуново				+
4	Худолаз - Чернышевский				+
5	Большая Караганка - Измайловский				+
6	Урал - Верхнеуральск (ниже города)			+	
7	Верхнеуральское водохранилище			+	
8	Урал – Магнитогорск (13 км выше города)			+	
9	Магнитогорское вдхр. (город)			+	
10	Магнитогорское вдхр. (5 км выше плотины)			+	
11	Урал – Магнитогорск (18 км ниже города)			+	
12	Урал - Ершовский			+	
13	Большой Кизил - Кизильское			+	
14	Миндяк - Новобайрамгулово	БашУГМС		+	
15	Малый Кизил - Муракаево				+
16	Большой Кизил - Бурангулово			+	+
17	Большой Кизил - Верхне-Абдряшево				+
18	Карагайлы - Старо-Сибаетово				+
19	Таналык - Самарское				+
20	Сакмара - Верхне-Галеево				+
21	Сакмара - Акъюлово			+	+
22	Зилаир - Зилаир			+	+
23	Касмарка - Утягулово				+
24	Большой Ик - Мраково			+	+
25	Урал - Берёзовский	ОренУГМС	+	+	
26	Урал - Уральск				+
27	Урал - Орск			+	+
28	Урал - Донское				+
29	Урал - Оренбург			+	+
30	Урал – Илек			+	+
31	Сакмара - Большое Чураево				+
32	Сакмара - Кувандык				+
33	Блява - Медногорск			+	+
34	Чертанка - Жёлтое				+
35	Большой Ик - Спасское			+	+
36	Большой Юшатырь - Октябрьское			+	+
37	Салмыш - Буланово			+	+
38	Сакмара - Татарская Каргала			+	+
39	Большая Уртазымка - Сосновка			+	+

40	Суундук - Майский		+	+
41	Джуса - Добровольское			+
42	Таналык – Мамбетово			+
43	Жарлы - Адамовка			+
44	Большой Кумак - Новоорск			+
45	Кугутык - Домбаровский			+
46	Орь - Истемис		+	+
47	Орь - Ащевутак			+
48	Илек - Веселый Первый		+	+
49	Бердянка - Пугачёвский			+
50	Чёрная - Краснохолм			+
51	Чаган – Сергиевский			+
52	Ириклинское вдхр. - Энергетик		+	
53	Урал - Новотроицк		+	
54	Сакмара – Юмагузино		+	
55	Сакмара - Оренбург		+	
56	Ириклинское вдхр. - Чапаевка	УЭИВ*	+	
57	Ириклинское вдхр. – Горный Ерик		+	
58	Ириклинское вдхр. - Ириклинский		+	
59	Орь - Богетсай	Актобе Казгидромет	+	+
60	Шийли - Кумсай			+
61	Урта-Буртя - Дмитриевка			+
62	Илек - Тамды			+
63	Илек - Бестамак			+
64	Илек - Актобе			+
65	Илек - Целинное			+
66	Тамды - Бескопа			+
67	Каргала – Каргалинское		+	+
68	Кокпекты - Троицкое (Тассай)			+
69	Косистек - Косистек		+	+
70	Актасты - Белогорский		+	+
71	Большая Кобда - Кобда		+	+
72	Большая Кобда - Когалы			+
73	Карахобда - Альпайсай		+	+
74	Илек – Алга, 0,3 км выше		+	
75	Илек – Алга, 15 км ниже		+	
76	Илек – Актобе, 0,5 км выше		+	
77	Илек – Актобе, 4,5 км ниже		+	
78	Илек – Георгиевка (Актобе)		+	
79	Илек – Целинный		+	
80	Илек - Чилик	Орал Казгидромет	+	+
81	Урал - Январцево		+	+
82	Урал - Уральск		+	+
83	Урал - Кушум		+	+
84	Урал - Тайпак		+	+
85	кан. Кушум – Кушум		+	+
86	Утва - Лубенка			+
87	Утва - Кентубек			+

88	Быковка - Чеботарево		+
89	Рубежка – Рубеженское		+
90	Шаган - Чувашинское	+	+
91	Деркул - Таскала		+
92	Деркул – Белес (Ростоши)		+
93	Урал – Уральск, 11,2 км ниже	+	
94	Шаган – Уральск, 0,4 км выше	+	
95	Шаган – Уральск, 0,5 км выше устья	+	
96	Деркул – Деркул (Селекционный)	+	
97	Урал - Индебор	Атырау Казгидромет	+
98	Урал - Махамбет		+
99	Урал - Атырау		+
100	Урал (пр. Яик) - Еркенкала		+
101	Урал - Жанаталап		+
102	Урал – 0,5 км выше «Казтрансойл» Индер НПС Индер	+	
103	Урал – 0,5 км ниже АО «Казтрансойл» НПС Индер	+	
104	Урал – Береке (Атырау), 0,5 км выше	+	
105	Урал - Береке (Атырау), 0,5 км ниже	+	
106	Урал – Атырау, 1 км выше	+	
107	Урал – Атырау, 0,5 км выше сброса КГП «Атырау су арнасы»	+	
108	Урал - Атырау, 0,5 км ниже сброса КГП «Атырау су арнасы»	+	
109	Урал – Атырау, 1 км ниже	+	
110	Урал – Атырау, 3 км ниже сброса РГКП «Урало-Атырауский осетровый завод»	+	
111	Урал - Атырау, 3 км выше сброса РГКП «Урало-Атырауский осетровый завод»	+	
112	Урал - Дамба	+	
113	Урал (проток Перетаска) – Атырау, 0,5 км ниже ответвления	+	
114	Урал (проток Перетаска) – Атырау, 2 км выше сброса АО «Атырауский ТЭЦ»	+	
115	Урал (проток Перетаска) - Атырау, 2 км ниже сброса АО «Атырауский ТЭЦ»	+	
116	Урал (проток Яик) – Ракуша, 0,5 км ниже от- ветвления	+	
117	Урал (проток Яик) – Еринкала, 0,5 км выше сброса РГКП «Атырауский осетро- вый рыбоводный завод»	+	
118	Урал (проток Яик) – Еринкала, 0,5 км ниже сброса РГКП «Атырауский осетро- вый рыбоводный завод»	+	

Примечание: * УЭИВ – филиал ФГБВУ «Центррегионводхоз» «Управление эксплуатации Ириклинского водохранилища»

Таблица 79 - Основные гидрографические характеристики р. Урал и притоков

№ п/п	Река-створ	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Средний уклон, м/км	Средняя высота водосбора, м
1	2	3	4	5	6
<i>Российская Федерация</i>					
1	р. Урал-п. Наурузово	2312	2430	3,0	600
2	р. Урал-г. Верхнеуральск	2274	2650	2,4	570
3	р. Урал-п. Верхне-Кизильский	2182	4400	1,6	520
4	р. Урал-п. Березовский	1930	22600	1,1	470
5	р. Урал-п. Ирикля	-	36900	-	420
6	р. Урал-г. Орск	1726	46100	0,9	400
7	р. Урал-г. Оренбург	1296	82300	-	-
8	р. Урал-с. Илек	1089	119000	-	-
9	р. М. Кизил-п. Муракаево	62	503	6,0	720
10	р. Гумбейка-п. Наваринский	31	4240	0,9	400
11	р. Худолаз-п. Чернышевский	16		1,1	340
12	р. Суундук - с. Кусем (Майский)	51	4290	1,1	340
13	р. Таналык-с. Мамбетово	59	3270	2,9	430
14	р. Б. Кумак - п. Иссергужи	78	7020	0,9	330
15	р. Большой Кумак - п. Новорск	47	7690	0,9	330
16	р. Жарлы-с. Адамовка	40	2490	1,2	350
17	р. Орь - с. Истемес	83	13000	0,6	330
18	р. Орь - с. Ащебутак	61	16700	0,5	326
19	р. Кугутык-п. Домбаровский	2,3	767	1,2	307
20	р. Губерля-с. Губерля	44	1580	3,7	360
21	р. Блява-г. Медногорск	14	257		
22	р. Сакмара-п. Акьюлово	471	5640	1,5	560
23	р. Сакмара-г. Кувандык	382	7470	1,4	520
24	р. Сакмара-с. Т. Каргала	55	29600	0,9	350
25	р. Большой Ик-с. Мраково	208	1870	3,0	490
26	р. Большой Ик-с. Спасское	36	6530	1,6	390
27	р. Донгуз-п. Светлогорский	62	505	2,7	200
28	р. Черная-с. Красный Холм	16	943	1,7	170
29	р. Кинделя – с. Ясная Поляна	37	1570	1,0	160
30	р. Илек-п. Веселый	297	17200	0,6	300
<i>Республика Казахстан</i>					
31	р. Урал - п. Январцево	799	180000	-	
32	р. Урал - г. Уральск	732	190000	-	
33	р. Урал - с. Кушум	385	224000	-	
34	р. Урал - с. Тайпак			-	
35	р. Урал - п. Махамбет	27	236000		

36	р. Урал - г. Атырау	501	11000	0,7	340
37	р. Илек – г. Актобе	112	37300	0,5	250
38	р. Илек-с. Чилик	314	1620	1,1	370
39	р. Орь – с. Енбекши	196	7480	0,7	350
40	р. Орь – п. Бугетсай	8	222	3,3	240
41	р. Караганды – п. Кандагач	7	5000	1,7	310
42	р. Жаксы-Каргала – п. Питомник	24	281	3,8	430
43	р. Косистек – с. Кос-Истек	18	450	13,1	390
44	р. Актасты – п. Белогорский	33	81	6,5	350
45	р. Тересбутак – п. Тересбутак	3,8	330	3,4	290
46	р. Сазды – г. Актобе	7	709	2,1	280
47	р. Таныберген – с. Жана-Илек	0,7	322	4,1	290
48	р. Женишке – г. Актобе	172	8110	0,8	240
49	р. Большая Хобда – с. Хобда	90	896	1,6	310
50	р. Кара-Хобда – с. Карахобда	24	2240	1,0	270
51	р. Кара-Хобда – с. Альпайсай	43	675	2,7	280
52	р. Сары-Хобда - п. Бессарабский	33	446	2,4	250
53	р. Тарсаккан – п. Астраханский	247	641	2,5	175
54	р. Утва – с. Лубенка	160	2410	1,2	160
55	р. Утва – п. Белогорский	87	4660	0,9	130
56	р. Утва – с. Григорьевка	20	846	1,9	100
57	р. Караоба – с. Ангаты	221	545	2,3	150
58	р. Чаган – с. Сергиевский	116	4000	1,0	130
59	р. Чаган – п. Каменный	40	4970	0,7	110
60	р. Чаган – п. Новенький	149	392	2,1	120
61	р. Деркул – с. Каменка	106	1040	1,0	110
62	р. Деркул – с. Зеленое	81	1160	0,8	100
63	р. Деркул – с. Плешкино	54	1820	0,7	100
64	р. Деркул – п. Ростошинский	37	1260	0,6	80
65	р. Барбастау – п. Чаганский	35	1260	0,6	80

Таблица 80 - Водохозяйственный баланс трансграничного бассейна реки Урал* (в границах нижнего ВХУ российской части и верхнего ВХУ казахстанской части исследуемого бассейна)

№ п/п	Статьи баланса	2010			2015			2020		
		Средний	P=75 %	P=95 %	Средний	P=75 %	P=95 %	Средний	P=75 %	P=95 %
<i>Водохозяйственный участок 12.01.00.010 – Российская часть бассейна р. Урал от впадения в него р. Сакмара (без рек Сакмара и Илек)</i>										
Приходная часть										
1	Сток с вышележащего участка	2426,28	1678,38	1395,34	2410,63	1661,99	1378,94	2375,89	1652,23	1369,20
	Остаточный сток р. Сакмара	4167,09	2766,83	1497,33	4162,69	2762,41	1492,93	4160,41	2760,13	1490,64
	Остаточный сток р. Илек с территории Казахстана	944,03	574,11	296,86	945,07	575,152	297,89	943,89	573,98	296,73
	Боковая приточность	1102,53	831,51	763,01	1102,53	831,511	763,01	1102,53	831,51	763,01
	Сработка прудов и водохранилищ	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
2	Забор воды из подземных источников	3,33	3,33	3,33	3,65	3,65	3,65	3,33	3,33	3,33
3	Использование сточных вод	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Итого		8648,31	5859,20	3960,92	8629,22	5839,74	3941,48	8591,11	5826,24	3927,96
Расходная часть										
1	Забор воды отраслями экономики	23,56	23,56	23,56	48,91	48,91	48,91	88,86	88,86	88,86
	<i>Забор воды из поверхностных источников:</i>	<i>12,47</i>	<i>12,47</i>	<i>12,47</i>	<i>36,84</i>	<i>36,84</i>	<i>36,84</i>	<i>80,01</i>	<i>80,01</i>	<i>80,01</i>
	Коммунально-бытовое водоснабжение	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Промышленное водоснабжение	0,006	0,006	0,006	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	Регулярное орошение	11,62	11,62	11,62	36,06	36,06	36,06	79,23	79,23	79,23
	Сельхозводоснабжение	0,016	0,016	0,016	0,022	0,022	0,022	0,025	0,025	0,025
	<i>Забор воды из подземных источников</i>	<i>11,09</i>	<i>11,09</i>	<i>11,09</i>	<i>12,07</i>	<i>12,07</i>	<i>12,07</i>	<i>8,85</i>	<i>8,85</i>	<i>8,85</i>
	Коммунально-бытовое водоснабжение	3,55	3,55	3,55	3,65	3,65	3,65	3,79	3,79	3,79

	Промышленное водоснабжение	7,12	7,12	7,12	8,00	8,00	8,00	4,42	4,42	4,42
	Сельхозводоснабжение	0,42	0,42	0,42	0,51	0,51	0,51	0,64	0,64	0,64
2	Наполнение прудов и водохранилищ	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
3	Потери в прудах и водохранилищах	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79
4	Экологический сток	8110,25	5460,2	3377,82	8110,24	5460,22	3377,83	8110,24	5460,22	3377,83
Итого		8159,17	5509,11	3426,73	8184,67	5534,65	3452,26	8224,54	5574,52	3492,13
Баланс стока		489,14	350,09	534,18	444,95	305,08	489,21	366,56	251,72	435,83
Избыток		489,14	350,09	534,18	444,96	305,08	489,22	366,56	251,72	435,83
Поступление в Республику Казахстан		8599,40	5810,28	3912,00	8555,20	5465,31	3867,05	8476,81	5711,94	3813,67
<i>Водохозяйственный участок 04-06-03-1 (бассейн р. Урал в пределах Западно-Казахстанской области)</i>										
Приходная часть										
1	Поверхностные воды	9558,7	6659,9	3979,8	9560,2	6661,3	3981,4	9560,6	6661,8	3981,7
	Естественный речной сток	1502,1	1081,3	850,0	1502,1	1081,36	850,0	1502,1	1081,3	850,0
	Поступление воды из других территорий бассейна	8048	5498	3031	8048	5498	3031	8048	5498	3031
	Поступление возвратных вод	8,62	8,62	8,62	10,15	10,15	10,15	10,5	10,5	10,5
	Сработка водохранилищ		72,0	90,0		72,0	90,0		72,0	90,0
2	Забор воды из подземных источников	24,56	24,56	24,56	30,79	30,79	30,79	37,01	37,01	37,01
3	Использование сточных вод	-	-	-	-	-	-	2,23	2,23	2,23
Итого		9583,2	6684,5	4004,4	9591,0	6692,2	4012,2	9599,8	6701,0	4021,0
Расходная часть										
	Забор воды отраслями экономики	308,99	308,99	102,77	327,38	327,38	119,05	366,53	366,53	149,03
	<i>Забор воды из поверхностных источников:</i>	284,43	284,43	78,21	296,59	296,59	88,26	327,29	327,29	109,79
	Коммунальное хозяйство	7,80	7,80	7,80	7,90	7,90	7,90	8,16	8,16	8,16
	Промышленность	12,77	12,77	12,77	14,33	14,33	14,33	16,00	16,00	16,00
	Сельское хозяйство:	261,86	261,86	56,04	270,36	270,36	62,83	297,13	297,13	80,83
	Регулярное орошение	66,59	66,59	53,27	75,14	75,14	60,11	97,99	97,99	78,39
	Лиманное орошение, залив сенокосов	192,50	192,50	0,00	192,50	192,50	0,00	196,70	196,70	0,00

1	Сельхозводоснабжение	0,63	0,63	0,63	0,72	0,72	0,72	0,80	0,80	0,80
	Обводнение пастбищ	2,14	2,14	2,14	2,00	2,00	2,00	1,64	1,64	1,64
	Рыбное хозяйство	2,00	2,00	1,6	4,00	4,00	3,2	6,00	6,00	4,8
	<i>Забор воды из подземных источников</i>	<i>24,56</i>	<i>24,56</i>	<i>24,56</i>	<i>30,79</i>	<i>30,79</i>	<i>30,79</i>	<i>37,01</i>	<i>37,01</i>	<i>37,01</i>
	Коммунальное хозяйство	14,00	14,00	14,00	18,56	18,56	18,56	22,84	22,84	22,84
	Промышленность	0,35	0,35	0,35	0,42	0,42	0,42	0,50	0,50	0,50
	Сельское хозяйство:	10,21	10,21	10,21	11,81	11,81	11,81	13,67	13,67	13,67
	Регулярное орошение									
	Сельхозводоснабжение	9,57	9,57	9,57	10,86	10,86	10,86	12,13	12,13	12,13
	Обводнение пастбищ	0,64	0,64	0,64	0,95	0,95	0,95	1,54	1,54	1,54
	Использование сточных вод	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	2,2
	Сельское хозяйство:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,23	2,23	2,23
Регулярное орошение							2,23	2,23	2,23	
2	Поддержание заданного горизонта в каналах, экологические нужды низовий	192	192	150	192	192	150	192	192	150
3	Суммарные потери (фильтрация и испарение с поверхности водохранилищ и рек):	700,9	453,8	262,5	698,9	451,8	260,6	697,2	450,0	259,4
	из водохранилищ	192,0	106,0	50,0	192,0	106,0	50,0	192,0	106,0	50,0
	русловые потери (6,1%)	508,9	347,8	212,5	506,9	345,8	210,6	505,2	344,0	209,4
4	Подача воды в другие ВХУ и ВХР РК	5	5	5	40	40	40	60	60	60
Итого		1206,9	959,8	520,3	1258,3	1011,2	569,6	1315,7	1068,6	618,4
Поступление в нижележащий участок		8376,3	5724,6	3484,1	8332,7	5681,1	3442,5	8284,1	5632,4	3402,5

Примечание: * Используются данные водохозяйственных расчетов, представленные в СКИОВО бассейна реки Урал (Российская часть), 2013 и СКИОВР реки Урал (Жайык) с притоками, 2007.

Таблица 82 - Объем передаваемого стока рек по руслам рек бассейна р. Урал (приложение 1 к Протоколу от 19.06.1996 г.), млн м³

п/п	Река	Территория, с которой поступает сток	Обеспеченность года, %	За год	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
1	р. Урал*	Российская Федерация	50	7790	3742	1760	622	378	233	183	197	218	168	103	83,7	102
			75	5360	2469	1200	399	311	211	176	163	134	101	64,6	67,6	63,8
			95	2970	1470	579	120	68,6	109	106	108	113	69,9	59,2	58,8	108
4	р. Чаган	Российская Федерация	50	180												
			75	108												
			95	48,2												
2	р. Орь	Республика Казахстан	50	247,8	3,97	166,6	60,59	4,62	1,88	1,56	1,73	1,96	2,03	1,39	0,95	0,43
			75	91,1	1,32	60,03	24,11	0,54	0,4	0,4	0,8	1,05	1,1	0,67	0,32	0,37
			95	23,3	0,11	15,8	5,95	0,19	0,07	0,07	0,07	0,33	0,29	0,24	0,07	0,07
3	р. Илек	Республика Казахстан	50	373	242	74	6	5	5	5	7	6	5	5	5	8
			75	166	83	33	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
			95	73	14	9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	р. Хобда	Республика Казахстан	50	187	122,8	37,78	4,89	0,05	0,21	2,04	4,22	3,5	3,28	1,83	1,59	4,43
			75	92,6	55,33	19,02	3,75	0,056	0,22	1,56	3,06	2,65	2,24	1,3	1,03	2,38
			95	16,8	4,43	3,91	2,00	0,05	0,05	0,56	1,74	1,49	0,98	0,56	0,41	0,62

Примечание: * при условии гарантированной подачи воды с территории РК в пограничном створе р. Илек в размере 5 м³/с.

Таблица 83 - Объем передаваемого стока рек по руслам рек бассейна р. Урал за период 1997-2020 годов

Река	Территория	W, млн м ³	Год	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
Урал*	Россий- ская Феде- рация	сред.	7562	1402	2084	2084	577	424	333	332	329	278	267	271	332
		макс.	13665	2655	4301	2397	1224	1039	633	543	650	450	485	539	678
		мин.	<u>3814</u> <u>2970</u> ²	<u>564</u> 1470	<u>661</u> 579	<u>395</u> 120	<u>268</u> 68	<u>195</u> 109	<u>169</u> 106	<u>166</u> 108	<u>206</u> 113	<u>152</u> 70	<u>145</u> 59	<u>149</u> 59	<u>177</u> 108

Примечание: * Объем стока рассчитан для п. Кушум, без учета объема стока р. Чаган (п. Каменный); ² В знаменателе приведены значения объема стока, представленные в Протоколе и соответствующие годам 95 % обеспеченности

Таблица 84 - 7–летний цикл бассейнового планирования управления водными ресурсами в трансграничном бассейне реки Урал (разработано автором с использованием (Пособие по бассейновому планированию, 2014)

Стадии цикла	Задачи этапа	Содержание этапа	Сроки выполнения
<i>Подготовительная</i>	Широкий охват и вовлечение в процесс разработки и реализации Бассейнового плана (БП) всех заинтересованных сторон.	Консультации по спорным вопросам (вододеление; трансграничный перенос ЗВ; безвозвратное изъятие водных ресурсов; регулирование речного стока; общие нормативы качества воды и др.); определение необходимых компетенций для разработки и реализации БП и др.	1 год
1. Анализ и оценка современной ситуации	Формирование научной основы для анализа текущей ситуации и прогнозной оценки на перспективу.	<i>Институциональный блок:</i> оценка современного состояния институциональной среды (целесообразность актуализации Соглашения об охране экосистемы трансграничной р. Урал от 04.10.2016; законодательная система управления (Водные кодексы РФ и РК); институциональное взаимодействие на региональном и муниципальном уровнях и др. <i>Тематический блок:</i> выявление тенденций изменения гидрологического режима рек бассейна р. Урал с учетом региональных эффектов глобальной перестройки климатической системы; анализ гидроэкологических ограничений использования водных ресурсов (маловодье; экстремально высокое загрязнение воды; ограничения, связанные с негативным воздействием вод (затопление (подтопление) селитебных территорий; интенсивная русловая эрозия); факторный анализ антропогенной трансформации водосборной территории р. Урал; оценка текущих социально-экономических показателей в регионах трансграничного бассейна	1 год

		р. Урал с учетом их влияния на секторальное водопотребления на современном и перспективном этапе. <i>Стратегический:</i> Стратегии социально-экономического развития (до 2030 г. - Оренбургская область; Республика Башкортостан; до 2035 г. – Челябинская область); Комплексный план социально-экономического развития до 2025 г. – Западно-Казахстанская, Актюбинская и Атырауская области)	
2. Составление реестра проблем ¹	Разрабатывается в качестве основы для ранжирования и определения приоритетов.	В результате оценки проблемы на основе ряда критериев (масштаб воздействия; стоимости изменения воздействия; временные рамки; интерес со стороны общественности и др.) составляется ранжированный реестр проблем. Приоритетные проблемы являются основой для постановки целей и задач Бассейнового плана и формирования списка мероприятий.	2 год
3. Разработка стратегического видения бассейна р. Урал	Формулировка долгосрочной цели, позволяющая обеспечить устойчивое развитие регионов и сохранить экологическое благополучие водных экосистем трансграничного бассейна р. Урал.	Формулируется на основе реестра приоритетных проблем. Дополнительно проводится анализ ресурсов и потребностей для определения основных приоритетов развития регионов трансграничного бассейна р. Урал. Утверждается Бассейновым Советом.	3 год
4. Определение целей и задач	Данный этап должен соответствовать следующим критериям: конкретность, взаимосвязь целей; эффективность; определенность во времени; достижимость.	Разработка «дерева целей и задач», включающее цель; задачи, необходимые для достижения цели; основные итоги достижения цели (следствие); показатели для оценки эффективности достижения цели.	3 год
5. Разработка, обсуждение и утверждение БП	Для успешной реализации данного этапа необходимо соблюдение следующих принципов – бассейновый	Содержание БП управления водными ресурсами трансграничного бассейна р. Урал включает поэтапную реализацию основных стадий 7-летнего Цикла	3 год

	принцип; определение системы индикаторов и показателей результативности; широкое участие общественности на всех этапах; ориентировка на ключевые ограничения в управлении водными ресурсами; наличие совещательного органа для осуществления совместных действий и др.		
6. Мониторинг и оценка реализации БП	Разработка системы показателей (индикаторов) реализации отдельных мероприятий и Плана в целом	Функции мониторинга и оценки могут быть разведены между ведомствами: Росводресурсы; Комитет водных ресурсов РК; Бассейновый Совет. Кроме того, для оценки реализации отдельных мероприятий БП могут привлекаться независимые эксперты.	4-7 годы

Примечание: ¹ Таблица с реестром приоритетных проблем представлена в Приложении 7

Таблица 85 - Реестр приоритетных проблем в трансграничном бассейне р. Урал

№ п/п	Выявленная проблема	Негативные последствия и риски	Причины	Мероприятия	Показатель	Результат
<i>Проблемы рационального использования водных ресурсов для целей гарантированного водообеспечения, поддержания экологического и санитарного состояния</i>						
1.	Проблема гарантированного обеспечения водными ресурсами	Ухудшение социально-экономической обстановки в регионах; территориальные диспропорции; проявление гидрологических рисков, связанных с маловодьем	Продолжительный маловодный период; значительная годовая и сезонная изменчивость водных ресурсов; неравномерное распределение водных ресурсов	Строительство водохранилищ (Урал, Сакмара, Урта-Буртя, Б. Кумак, Илек, Джарлы); капитальный ремонт ГТС (Кушум, Ушкотта, Илек, Жаксы-Каргала, Б. Кумак, Чебенька); переброска стока из бассейна р. Волга	Объем располагаемых водных ресурсов, км ³	Перераспределение годового стока с гарантированной водоотдачей в период летне-осенней межени, воспроизводство водных биоресурсов, орошение
2.	Дефицит воды питьевого качества	Ухудшение медико-биологической обстановки; снижение качества жизни населения	Отсутствие достаточных запасов пресных подземных вод; неэффективная эксплуатация систем водоснабжения; потери воды при транспортировке; сброс бытовых и промышленных стоков без очистки	Строительство и реконструкция магистральных водопроводов и групповых водопроводов; установление долгосрочных и рентабельных тарифов (в регионах Республики Казахстан)	Протяженность магистральных и групповых водопроводов, км	Повышение качества питьевой воды; рост обеспеченности населения питьевой водой, соответствующей нормативам
<i>Проблемы, связанные с поступлением загрязняющих веществ из точечных и рассеянных (диффузных) источников</i>						
3.	Диффузное загрязнение водных объектов	Снижение качества воды; ухудшение медико-биологической обстановки	Высокая степень с/х освоенности водосборных территорий, склонов долин рек; отсутствие центральной и ливневой канализации	Противоэрозионные мероприятия; Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы;	Протяженность ливневой канализации; сокращение твердого стока; протяженность водоохранных	Снижение поступления загрязняющих веществ за счет очистки ливневых стоков. Улучшение экологического и

				устройство ливневой канализации; ликвидация несанкционированных свалок; строительство снегоплавильных установок	зон и прибрежных защитных полос	санитарного состояния водных объектов.
4.	Загрязнение водных объектов бытовыми и промышленными сточными водами	Снижение качества воды; ухудшение медико-биологической обстановки	Отсутствие канализационно-очистных сооружений; аварийные сбросы сточных вод; значительные объемы жидких бытовых отходов без очистки	Строительство и реконструкция очистных сооружений (гг. Уральск; Актобе, Атырау) устройство ливневой канализации; санитарные попуски из водохранилищ (г. Актобе)	Мощность систем водоотведения; снижение концентраций и масс ЗВ после очистки	Улучшение медико-биологической обстановки; снижение негативного воздействия на окружающую среду
5.	Трансграничное загрязнение водотоков, в том числе высокотоксичными ЗВ (Сг, В)	Снижение качества воды; ухудшение медико-биологической обстановки	Историческое загрязнение хромом р. Илек из накопленных хромосодержащих шламов АЗХС и шлаков ферросплавного производства АЗФ (г. Актобе); историческое загрязнение бором р. Илек из шламонакопителя бывшего АХК (г. Алга)	Локализация участка загрязнения и извлечение загрязненных вод из водоносного горизонта путем создания дренажной завесы; разработка технологии выемки и переработки боратового шлама	Снижение концентраций и масс ЗВ после реализации мероприятий	Ликвидация очагов накопленного экологического вреда; улучшение экологического и санитарного состояния водных объектов
<i>Проблемы, связанные с нерациональным хозяйственным и селитебным освоением водосборных территорий</i>						
6.	Перераспределение твердого стока в русловые участки рек	Заиление русел; уменьшение пропускной способности	Высокая доля распаханых с/х угодий; несоблюдение агротехнических приемов обработки угодий; сведение древесно-кустарниковой растительности	Противоэрозионные мероприятия и регламентация с/х нагрузки в бассейнах рек (Бердянка, Донгуз, Черная, Ташла, Суундук и др.); расчистка русел	Протяженность расчищенных русел рек, км	Увеличение пропускной способности водотока; повышение качества речной воды; улучшение функционирования пресноводных экосистем
7.	Русловые деформации	Нарушение целостности объектов	Разработка карьеров в руслах рек; сооружение мостовых переходов;	Берегоукрепительные работы (Урал, Сакмара, Б.	Протяженность участка берегоукрепления, км	Минимизация рисков разрушения объектов

		транспортной и селитебной инфраструктуры; заиление русел; уменьшение пропускной способности	дноуглубительные и русловыправительные работы	Юшатырь, Б. Ик и др.); спрямление русел		транспортной и селитебной инфраструктуры
8.	Затопление (подтопление) селитебных территорий	Нарушение целостности объектов селитебной инфраструктуры; экономический ущерб	Несоблюдение правил застройки без учета границ водоохранных зон и затопляемых участков; годовая и сезонная изменчивость стока	Строительство и реконструкция защитных дамб (Кураган, Сакмара, Урал и др.) берегоукрепительные работы; увеличение пропускной способности мостовых переходов	Протяженность участка берегоукрепления, км	Минимизация рисков проявления экстремальных гидрологических рисков
9.	Сокращение биологического разнообразия, в т. ч. популяции ценных пород рыб	Истощение и деградация естественных водных экосистем	Незаконный вылов биологических ресурсов; отсутствие промывного режима; ухудшение экологического и санитарного состояния речных вод	Проектирование и строительство рыбопроизводного завода питомника на участке г. Оренбург – с. Илек; создание заповедных и рыбоохранных зон	Получение жизнестойкого рыбопосадочного материала	Увеличение популяции промысловых видов рыб, включая осетровых. Создание зон "отдыха и нереста" по принципу заповедных зон.
10.	Деградация и засоление водосборных территорий	Сокращение стокоформирующего потенциала природных ландшафтов; активизация эрозивных процессов	Высокая доля распаханых с/х угодий; несоблюдение агротехнических и оросительных норм	Создание лесозащитных полос; создание дренажных систем; рекультивация засоленных почв	Протяженность лесозащитных полос, км	Сокращение площади деградированных земель