

*На правах рукописи*



**РЫБКИНА Ирина Дмитриевна**

**ВОДОРЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОСРОЧНОГО  
РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ  
(НА ПРИМЕРЕ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА)**

**Специальность 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора географических наук**

**Барнаул  
2020**

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

Официальные оппоненты:

**Двинских Светлана Александровна**, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь

**Коронкевич Николай Иванович**, доктор географических наук, профессор, заведующий лабораторией гидрологии Института географии РАН, г. Москва

**Макар Светлана Владимировна**, доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра региональной экономики и межбюджетных отношений Финансового университета при Правительстве РФ, г. Москва

Ведущая организация:

**Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН**, обособленное подразделение – Институт водных и экологических проблем ДВО РАН

Защита диссертации состоится «26» июня 2020 г. в 10-00 час. на заседании диссертационного совета Д 003.008.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Институте водных и экологических проблем СО РАН по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодёжная, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института водных и экологических проблем СО РАН и на сайте [www.iwep.ru](http://www.iwep.ru).

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, подписанные и заверенные печатью организации, просим высылать по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодёжная, 1, Диссертационный совет, факс: (385-2) 24-03-96, e-mail: [iwep@iwep.ru](mailto:iwep@iwep.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь заседания  
диссертационного совета,  
д.б.н., доцент



Д.М. Безматерных

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность темы исследования.* Вопросы обеспечения населения и экономики водными ресурсами гарантированного качества поставлены перед научным сообществом Правительством России в Водной стратегии РФ и ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года», нацпроекте «Экология» (федеральный проект «Чистая вода»), стратегических и программных документах регионов. Решение этих задач в долгосрочной перспективе осложняется многолетней и внутригодовой изменчивостью водных ресурсов, несоответствием природных вод питьевому качеству, нарастающей интенсивностью антропогенных воздействий, территориальным несовпадением распределения ресурса и потребителя. Тенденции сжатия социально-экономического пространства, отмечаемые в последние годы (XXVII сессия МАРС, 2010; 54th Congress ERSА, 2014), только усугубляют водохозяйственную и водно-экологическую ситуации регионов, для отдельных из них проблемы водообеспечения уже в ближайшее время могут стать сдерживающим фактором развития (Дёмин, 2011).

Широко применяемые в водохозяйственной практике – проблемный и программно-целевой подходы – признаны фрагментированными и малоэффективными. Используемый комплексный подход в виде СКИОВО не дает ожидаемого эффекта. Недостаточность только методов гидрологического прогноза подтверждена временем. В качестве новой методологии мировая наука предлагает интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР). ИУВР позволяет более эффективно решать проблемы рационального водопользования (GWP, 2000; WWDR, 2012-2019). Преимуществом ИУВР является возможность интегрированного, т.е. включенного в систему принятия решения, рассмотрения вопросов дефицита вод питьевого качества и других водохозяйственных проблем на равных условиях с проблемами охраны и восстановления водных ресурсов, экологической реабилитации водных объектов.

Для водоресурсного обеспечения долгосрочного социально-экономического развития регионов России предлагается использовать методологию ИУВР в сочетании с принципами устойчивого развития и рационального природопользования в рамках ландшафтно-бассейнового подхода. Это позволит дифференцировать водохозяйственные проблемы по природно-экологическим и социально-экономическим условиям регионов, что в дальнейшем приведет к внедрению на практике механизмов целевого использования водных объектов в зависимости от их значимости с учетом оценок водно-экологического состояния, уровня антропогенных нагрузок, а также других важных характеристик местоположения источников хозяйственно-питьевого водоснабжения с обязательным определением регламента экономической деятельности на водосборах.

**Степень разработанности темы исследования.** Пристальное внимание научной общественности к проблемам оценки состояния, использования и доступности водных ресурсов, прежде всего, питьевого качества не могло не сказаться на степени разработанности указанной тематики. Усилиями ведущих научно-исследовательских учреждений (World Resources Institute, Stockholm International Water Institute, Государственный гидрологический институт, Институт водных проблем РАН, Институт географии РАН и др.) получены достоверные результаты высокого уровня. Признано, что кризис водных ресурсов – это, в первую очередь, кризис управления; вода имеет решающее значение для благосостояния людей и является важным ресурсом экономической деятельности стран (WWDR-2012). В оценках водообеспеченности населения и экономики традиционно используются критерий Фалькенмарк (Falkenmark et al., 1989), индекс устойчивости (Raskin et al., 1997), показатель водного стресса (Entekhabi et al., 1999; Данилов-Данильян, Лосев, 2006), коэффициенты изъятия водных ресурсов и разбавления сточных вод (Шикломанов и др., 2011 и др.). Среди полученных достоверных результатов – сравнительные оценки современной и перспективной водообеспеченности стран мира и территорий России (Раткович, 2003; Максаковский, 2008; Шикломанов и др., 2011; Джамалов, Фролова и др., 2012; Демин, 2012; Данилов-Данильян и др., 2013; Безруков и др., 2014; Коронкевич и др., 2014; Георгиади, Кашутина, 2016). Региональному уровню исследований устойчивого водопользования посвящены многочисленные работы отечественных авторов (Корытный, 2001; Лукашевич, 2005; Данилов-Данильян, Хранович, 2010; Винокуров, Краснаярова, 2011; Заносова, 2011; Духовный и др., 2014; Парфенова, Осипова, 2015; Сдасюк, 2015; Стоящева, 2018; Рыбкина, Сивохип, 2019 и др.).

В основу оценок водообеспеченности территорий положены: накопленный обширный банк наблюдаемых гидрологических данных, принципиальные подходы к изучению многолетней и внутригодовой изменчивости режима водных объектов, ретроспективный и перспективный анализ использования водных ресурсов и антропогенных воздействий на них, прогноз потребления свежей воды и учет доли безвозвратного водопотребления. Дальнейшее развитие исследований данной тематики требует повышения корректности и детальности проводимых оценок. Для этого предлагается использовать более подробные сведения о природной дифференциации территорий; продолжить работы по обобщению накопленных гидролого-климатических и водохозяйственных данных; применять геоинформационные технологии; разработать рекомендации по повышению доступности вод питьевого качества; предложить водохозяйственные и водно-ресурсные индикаторы долгосрочного социально-экономического развития регионов.

**Целью диссертационного исследования** является разработка теоретико-методологического подхода к оценке водно-ресурсного потенциала долгосрочного развития регионов Западной Сибири для обеспечения рационального использования водных ресурсов Обь-Иртышского бассейна.

При достижении указанной цели были решены следующие *задачи*:

1. Анализ и обобщение концептуальных подходов и принципов оценок водообеспеченности стран и регионов мира. Разработка авторской методологии исследования в целях оценки водно-ресурсного потенциала территорий Западной Сибири.

2. Разработка алгоритма оценки водоресурсного обеспечения долгосрочного регионального развития и его применение для регионов Западной Сибири в соответствии с пространственно-таксономическими уровнями географических и геоэкологических исследований.

3. Анализ и оценка природных и антропогенных факторов при формировании и функционировании региональных систем водопользования, характеристика их особенностей в зависимости от ландшафтно-бассейновой иерархии исследуемых территорий, административно-территориального деления и водохозяйственного районирования.

4. Пространственный анализ водопотребления и оценка эффективности использования водных ресурсов, расчет водоемкости валового регионального продукта и прогноз водообеспеченности территорий с учетом сложившейся динамики водопользования в регионах.

5. Разработка предложений и рекомендаций для стратегий развития регионов в целях рационального использования и управления водными ресурсами, урегулирования водохозяйственных проблем.

**Объектами исследования** являются регионы Западной Сибири и Обь-Иртышского бассейна и их системы водопользования как исторически сложившиеся формы использования водных ресурсов, нашедшие отражение в особенностях территориальной структуры водопользования, обусловленные зонально-провинциальными различиями, уровнем и характером социально-экономического развития регионов, общностью культурных и национально-этнических условий проживания населения. **Предмет исследования** – водно-ресурсный потенциал регионов и их водообеспеченность как факторы долгосрочного развития с признанием равной важности воды в аспекте триады экологии (как основы жизни на Земле), экономики (как ресурса хозяйственной деятельности) и социума (как важного условия поддержания общественного здоровья).

**Научная новизна.** Впервые оценка состояния водных ресурсов и региональных систем водопользования Западной Сибири проведена в рамках сочетанного использования концепции устойчивого развития территорий, методологий ИУВР и ландшафтно-бассейновой организации территорий. Предложен теоретико-методологический подход и алгоритм оценки водообеспеченности территорий в соответствии с пространственно-таксономическими уровнями проведения географических и геоэкологических исследований. Представлена иерархия региональных систем водопользования, выполнена пофакторная оценка условий их формирования, доказана природообусловленность и антропогенная детерминация

их функционирования. Осуществлен прогноз перспективного водопотребления в регионах Верхней Оби с применением показателей эффективности использования водных ресурсов и с учетом зонально-провинциального деления территорий. Представлена оценка перспективной водообеспеченности регионов Верхней Оби, выполненная на основе показателей современного водопользования (водного стресса, коэффициента изъятия водных ресурсов, водоемкости произведенной продукции, степени доступности водных ресурсов питьевого качества, объемов целевого использования и др.).

**Теоретическая и практическая значимость.** Доказана возможность использования ландшафтно-бассейнового подхода в целях детализации региональных оценок водообеспеченности территорий. Выявлены тенденции развития региональных систем водопользования Западной Сибири и Обь-Иртышского бассейна за 1995-2017 гг. Получены принципиально новые современные и перспективные оценки водообеспеченности населения и экономики регионов, осуществлен анализ использования водных ресурсов в границах ландшафтно-бассейновой иерархии территорий, выполнен прогноз основных видов целевого водопотребления. Разработаны сценарии водообеспечения территорий на примере регионов Верхней Оби на средне- и долгосрочный период развития. Полученные результаты использованы при разработке СКИОВО р. Обь, в целях научного обоснования функционирования водохозяйственного комплекса Обь-Иртышского бассейна, а также могут быть применены при разработке документов стратегического планирования регионов Верхней Оби.

**Методология и методы исследования.** Среди подходов и методов, предлагаемых к решению поставленных задач, в качестве основных использованы: ландшафтно-бассейновый подход, принципы устойчивого развития и рационального природопользования, методология интегрированного управления водными ресурсами, современные методики оценки водообеспеченности населения и экономики вододефицитных территорий (потенциальная и реальная водообеспеченность), способы и приемы определения антропогенных нагрузок на водные объекты и их водосборные территории (прямые и косвенные воздействия), картографическое моделирование и ГИС-технологии, а также широко применяемые в научных исследованиях статистический и системный анализ.

***Положения, выносимые на защиту:***

1. Оценка водно-ресурсного потенциала Западной Сибири выполняется по следующей структурно-логической схеме: природообусловленность систем водопользования, их детерминированность действием антропогенных факторов, эффективность использования водных ресурсов, перспективное водопотребление и водообеспеченность, территориальная организация и управление водопользованием.

2. Водные ресурсы Западной Сибири являются стратегическим резервом развития страны, их пространственно-временная дифференциация, обусловлен-

ная совокупным проявлением зональных и азональных условий формирования водно-ресурсного потенциала, выступает определяющим фактором социально-экономического развития регионов.

3. Современные системы водопользования в регионах имеют природообусловленный характер формирования, существенно детерминированный действием антропогенных факторов; особенностью их функционирования является территориальное несоответствие водно-ресурсного потенциала потребностям населения и экономики.

4. Эффективность использования водных ресурсов Западной Сибири и Обь-Иртышского бассейна характеризуется сравнительно низким уровнем; при этом решающее значение в оценках имеет отраслевая специализация экономик регионов.

5. Перспективное водопотребление в регионах определяется, в первую очередь, изменением водоемкости валового регионального продукта, энергетических и добывающих отраслей и лишь затем инфраструктурной и демографической составляющей развития; важным условием прогноза является учет величины экологического стока.

***Степень достоверности и апробация результатов.*** Исходные материалы получены в ходе работ автора по темам госбюджетных НИР ИВЭП СО РАН. С 2007 по 2019 гг. автор являлся ответственным исполнителем блока ряда проектов: «Разработка научных основ, выявление предпосылок и экологических ограничений регионального природопользования с учетом ландшафтной дифференциации территорий Сибири» (науч. рук. д.б.н., проф. А.В. Пузанов, д.г.н., проф. Б.А. Красноярова), «Формирование, трансформация и использование водных ресурсов, разработка научных основ их охраны и управления на базе бассейнового подхода (с учетом природных, антропогенных факторов и особенностей природопользования)» (науч. рук. д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров, д.б.н., проф. А.В. Пузанов); «Пространственно-временная организация природных и природно-хозяйственных систем в водосборных бассейнах: стратегия водопользования и обеспечения гидроэкологической безопасности Сибири» (науч. рук. д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров); «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и на водосборах Сибири и их математическое моделирование для стратегии водопользования и охраны водных ресурсов» (науч. рук. д.т.н. А.Т. Зиновьев). В годы подготовки диссертационного исследования автор руководил грантами РГНФ № 07-02-00057а «Оценка демографической емкости регионов Сибири в условиях дестабилизации их производственной структуры» и № 13-42-93002 «Концепция качества жизни в геоэкологическом пространстве Сибири», являлся исполнителем грантов РФФИ № 08-02-60202 а/Т «Развитие кластерной модели природопользования в особых экономических зонах (на примере рекреационно-аграрного освоения Алтайского края)», № 09-05-00920 «Гидроэкологический анализ бассейна Оби для организации безопасного водопользования», № 12-

05-11508-д\_с «Проблемы водообеспечения в регионах Обь-Иртышского бассейна: вымысел или реальность?», № 13-05-98003 р\_сибирь\_a «Геоэкологические аспекты эффективного энергообеспечения удаленных территорий на основе использования возобновляемых источников энергии (на примере развития малой гидроэнергетики в Алтайском крае)», участвовал в выполнении интеграционных проектов ОНЗ РАН и СО РАН «Трансграничные территории Азиатской части России и сопредельных государств: геоэкологические и геополитические проблемы и предпосылки устойчивого развития», «Предпосылки, проблемы и геоинформационная основа формирования структур устойчивого природопользования в трансграничных регионах Азиатской России и сопредельных стран», «Процессы интеграции и трансформации трансграничных геосистем Большого Алтая», «Экологические риски в трансграничных бассейнах рек: проблемы межгосударственного и межрегионального сотрудничества». Как основной исполнитель разделов автор принимал участие в крупных государственных контрактах ИВЭП СО РАН, в том числе выполняемых по заказу Верхне- и Нижне-Обского БВУ: «Исследование современного состояния и научное обоснование методов и средств обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса в бассейнах рек Оби и Иртыша», «Проект Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна реки Обь». Автор имеет опыт работ по проектированию и установлению границ водоохраных зон и прибрежных защитных полос; по разработке схем территориального планирования муниципальных образований; по созданию, расширению и изменению границ особо охраняемых природных территорий, в т.ч. создаваемых на примере водотоков и водоемов, оценке воздействия на водные объекты.

Материалы диссертации прошли апробацию более чем на 40 международных и всероссийских конференциях, среди которых следует отметить: XIII и XIV научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 2007, 2011); II Санкт-Петербургский экологический форум (Санкт-Петербург, 2008); Экономика. Сервис. Туризм. Культура (Барнаул, 2008, 2009, 2010); Гуманитарные ресурсы регионального развития (на примере естественно-природного и культурного наследия) (Москва, 2009); Питьевые воды Сибири (Барнаул, 2010, 2011, 2014); Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов (Барнаул, 2010; Москва, 2015); Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования (Калининград, 2011); Third Global Conference on Economic Geography «Space, Economy and Environment» (Seoul, Korea, 2011); Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов (Ховд, Монголия, 2011, 2015); Историческая география Азиатской России (Иркутск, 2011); ИнтерКарто/ИнтерГИС 17: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт (Барнаул, 2011); Современные проблемы общественной географии (Москва, 2011); Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии (Барнаул, 2012, 2014, 2017); XII симпозиум «Чистая вода Рос-

сии» (Екатеринбург, 2013); Социально-экономическая география в XXI веке: вызовы и возможные ответы (Москва, 2013); Обработка пространственных данных и дистанционный мониторинг природной среды и масштабных антропогенных процессов (DPRS'2013) (Новосибирск, 2013, 2015); Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов (Горно-Алтайск, 2013; 2016); Эволюция регионов России и стратегии их социокультурной модернизации (Вологда, 2013); Трансформация социально-экономического пространства Евразии в постсоветское время (Барнаул, 2014); ERSA 54th Congress «Cities & Regions: Smart, Sustainable, Inclusive?» (Санкт-Петербург, 2014); Гео- и экосистемы трансграничных речных бассейнов на востоке России (Новосибирск, 2014); Экологические аспекты природопользования в Алтае-Саянском регионе (Барнаул, 2014); Алтай – Гималаи: традиционные знания и инновации в развитии горных и предгорных регионов Евразии (Барнаул, 2015); Water resources of Central Asia and their use (Almaty, 2016); Водный форум БРИКС (Москва, 2016); ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата (Москва, 2016); Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность (Новосибирск, 2017); Экологический риск (Иркутск, 2017); Рациональное использование и охрана водных ресурсов (Барнаул, 2017); Practical Geography and XXI Century Challenges (Москва, 2018); Староосвоенные районы: генезис, исторические судьбы, современные тренды развития (Тверь, 2018); Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования (Иркутск, 2019) и др.

**Личный вклад автора** состоит в постановке цели и задач исследования, формулировке основных научных положений, выносимых на защиту, разработке теоретико-методологического подхода и алгоритма оценки водообеспеченности, анализе и теоретическом обобщении полученных результатов, формулировке выводов и рекомендаций, подготовке научных публикаций в рецензируемых научных изданиях.

**Публикации.** Автором опубликовано более 170 научных работ, из них непосредственно по теме диссертационного исследования – 120, в том числе 7 коллективных и 1 авторская монографии, 33 статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК (их них 5 – в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus).

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 315 наименований, в том числе 23 источника на иностранном языке. Общий объем работы составляет 249 страниц текста, включая 62 рисунка, 25 таблиц, 5 приложений.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

*1. Оценка водно-ресурсного потенциала Западной Сибири выполняется по следующей структурно-логической схеме: природообусловленность систем водопользования, их детерминированность действием антропогенных факторов, эффективность использования водных ресурсов, перспективные водопотребление и водообеспеченность, территориальная организация и управление водопользованием.*

В системе устойчивого регионального развития «экология – экономика – социум» наметился явный перевес в сторону экосистемного значения воды и водных ресурсов при продолжающейся доминанте экономической и социальной составляющих (рис. 1). В этой связи, оценки водно-ресурсного потенциала территорий предлагается детализировать за счет использования ландшафтно-бассейнового подхода, который выступает одновременно и теоретической, и методической основой исследования. Подход реализуется путем выделения физико-географических единиц разного иерархического уровня – от стран и зональных областей до провинциальной и топологической структуры бассейнов рек и их притоков (Винокуров, Рыбкина и др., 2018). Региональные оценки водоресурсной обеспеченности соответствуют зонально-провинциальному уровню ландшафтной дифференциации территорий.



Рисунок 1. Достижение целей устойчивого регионального развития в сфере водопользования и оценки состояния водных ресурсов (ВР)

При этом каждый из названных элементов структурно-логической схемы имеет четкие контуры описания и количественные показатели оценки, которые последовательно раскрываются в главах диссертации и основных защищаемых положениях. Так, природообусловленность является базовой научной категорией и фактором формирования систем водопользования. Определяется показателями потенциальной и реальной водообеспеченности территорий (Водные ресурсы..., 2008), характеризуется изменчивостью гидрологических параметров в соответствии с природно-климатической зональностью и действием факторов аazonальной природы.

Детерминированность антропогенных факторов формирования систем водопользования проявляется в способности человека перераспределять в про-

странстве и времени водные ресурсы, накапливать их и в последующем использовать на определенные цели. Следует отметить, что в географии и гидрологии существуют особенности в подходах к оценкам антропогенных нагрузок. В географии чаще всего под антропогенной нагрузкой подразумевают количественную меру воздействия человека и его экономической деятельности на ландшафты или водосборные территории (Сороковикова, 1993; Рыбкина, 2005). В гидрологии антропогенные воздействия изучаются с позиций изъятия водных ресурсов и сброса сточных вод, оценки качества вод и уровня загрязнения водных объектов, изменения их гидрологического режима и др. (Шикломанов, 1979, 1989). Вся совокупность антропогенных воздействий может быть условно разделена на прямые (организованные) и косвенные (опосредованные), точечные и диффузные, сосредоточенные и рассредоточенные (Оценка..., 1985; Исаченко, 2001; Селезнева, 2003 и др.).

В целях изучения эффективности использования водных ресурсов проводится оценка с помощью таких показателей, как удельное водопотребление, объемы оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, водоемкость валового регионального продукта (ВРП), потери при транспортировке вод и др. (Левин, 1973; Паписов, 1989). К «неводным» показателям Росстата и Роспотребнадзора следует отнести: износ сетей и сооружений, охват населенных пунктов услугами централизованного водоснабжения и др., характеризующие степень модернизации экономики и систем жизнеобеспечения регионов.

Прогноз перспективного водопотребления и водообеспечения выполняется на основе анализа особенностей использования водных ресурсов, их целевого назначения, с одной стороны, и перспективной динамики социально-экономических показателей регионов, с другой (Рыбкина, 2015, 2016). Также учитываются сценарии стратегического развития регионов и сроки средне- и долгосрочного планирования в субъектах федерации (согласно ФЗ-172 от 28.06.2014).

Изучение территориальной организации водопользования (ВП) направлено на оценку факторов формирования региональных систем, в основу выделения которых положены принципы их различия и сходства по удельной обеспеченности поверхностными и подземными водными ресурсами, объемам забора свежей воды и сброса сточных вод, структуре целевых видов использования водных объектов, уровню антропогенных нагрузок, обеспеченности населения доброкачественными питьевыми водами и охвату населенных пунктов услугами централизованного водоснабжения.

В зависимости от масштабности и особенностей водопотребления, по аналогии с формами территориальной организации природопользования по методике Т.Г. Руновой с соавторами (1993), выделены крупноочаговые, очаговые, линейные, линейно-площадные и дисперсные системы ВП (Винокуров, Рыбкина и др., 2014; Рыбкина и др., 2014):

– Крупноочаговые системы ВП формируются в пределах основных ареалов расселения населения, главным образом приурочены к узловым элементам демоэкономического каркаса регионов и входят в состав агломерационно-групповых форм размещения населенных пунктов, обеспечивая функционирование важных сфер жизнедеятельности городского пространства. Источниками водоснабжения служат крупные водотоки и месторождения подземных вод. Отвечая за добычу, использование и передачу воды в пределах крупных промышленных узлов и центров расселения населения, а также за сброс и очистку сточных вод на их территории, они включают в себя несколько крупных водохозяйственных систем и/или гидротехнических сооружений, отличаются высокой степенью обеспеченности населения питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности. Благоустройство жилого фонда населенных пунктов системами централизованного водоснабжения и водоотведения достигает 80-90% и более.

– Очаговые системы связаны с центрами локальных систем расселения, используют воду в качестве сырья в производственных процессах, а также в целях потребления с передачей ее на значительно меньшие, чем крупноочаговые системы, расстояния. Отличаются наличием одиночных водохозяйственных систем и объектов инженерно-производственной инфраструктуры, приурочены к малым и средним городским поселениям, в отдельных случаях к центрам сельского расселения, имеют меньшую степень обустройства системами централизованного водоснабжения и водоотведения (не менее 50-70%).

– Линейные системы имеют функции передачи воды для ее использования в хозяйственно-питьевых и иных целях. Представленные, чаще всего, линейными водохозяйственными объектами такими, как крупные групповые водозаборы и водопроводы, забирающими и транспортирующими воду на большие расстояния, они охватывают десятки населенных пунктов и имеют протяженность сотни и тысячи километров. Небольшие по протяженности линейные объекты (водопроводные и канализационные сети) могут входить в состав крупноочаговых систем, без выделения их в качестве самостоятельных систем ВП.

– Линейно-площадные системы формируются при условии необходимости строительства водохозяйственных объектов, например, для целей орошения, характеризуются определенной пропускной способностью и площадью орошаемых земель. Используются преимущественно в сельскохозяйственных целях.

– Существование дисперсных систем обусловлено наличием объектов водохозяйственной инфраструктуры, приуроченных преимущественно к сельским населенным пунктам: водонапорная башня, уличная водопроводная сеть, водоразборные колонки. Использование воды происходит для хозяйственно-питьевых нужд населения без предварительной водоподготовки.

Управление системами водопользования осуществляется как в пределах административно-территориальных образований регионов, так и в границах реч-

ных бассейнов и их водохозяйственных участков (ВХУ) согласно существующему районированию РФ (Приказ МПР, 2007). Функционирование систем ВП зависит от сложившейся структуры хозяйственного использования территорий, расселения населения и особенностей функционирования водохозяйственной отрасли.

Оценка водоресурсной обеспеченности регионов представляет собой последовательные действия по: 1) сбору, обобщению и анализу исходной информации; 2) выполнению расчетов оценки современной и перспективной водообеспеченности регионов; 3) разработке методических приемов оценки водообеспеченности на разных иерархических уровнях обобщения гидрологической, социально-экономической и водохозяйственной информации; 4) представлению полученных результатов оценки по ландшафтным провинциям и речным бассейнам, отдельным регионам и зонам перспективного социально-экономического развития (Рыбкина, 2016).

Ценность предлагаемого подхода состоит в возможности его применения на разных иерархических уровнях обобщения пространственной информации – макрорегиональном, региональном и субрегиональном (рис. 2). Субрегиональному уровню соответствуют в административном отношении муниципальные районы субъектов, в природном – ландшафтные провинции, в водохозяйственном – ВХУ. Региональный уровень охватывает соответственно субъекты Сибирского федерального округа (СФО), зонально-провинциальное деление Западно-Сибирской физико-географической страны и Алтае-Саянской горной системы, а также бассейновые округа и районы. Макрорегиональный уровень позволяет обобщить информацию по водообеспеченности СФО, представляя характеристики в целом для Западной Сибири и Обь-Иртышского бассейна. Для реализации подхода создана база исходных пространственно-временных данных. Все процедуры выполняются в два этапа – для оценки современной и перспективной водообеспеченности.

При этом современная водообеспеченность рассчитывается в двух вариантах – на основе учета потенциальных и реальных водных ресурсов (Водные ресурсы..., 2008). Потенциальная водообеспеченность определяется как отношение среднесуточных возобновляемых водных ресурсов к численности проживающего на данной территории населения. Реальная водообеспеченность используется только для территорий, имеющих ограниченные водные ресурсы, и только при наличии исходной гидрологической информации по длиннорядным постам наблюдений. Результирующий показатель реальной водообеспеченности оценивается как разность реальных водных ресурсов за трехлетний маловодный период и безвозвратного водопотребления в расчете на одного жителя региона (рис. 3).

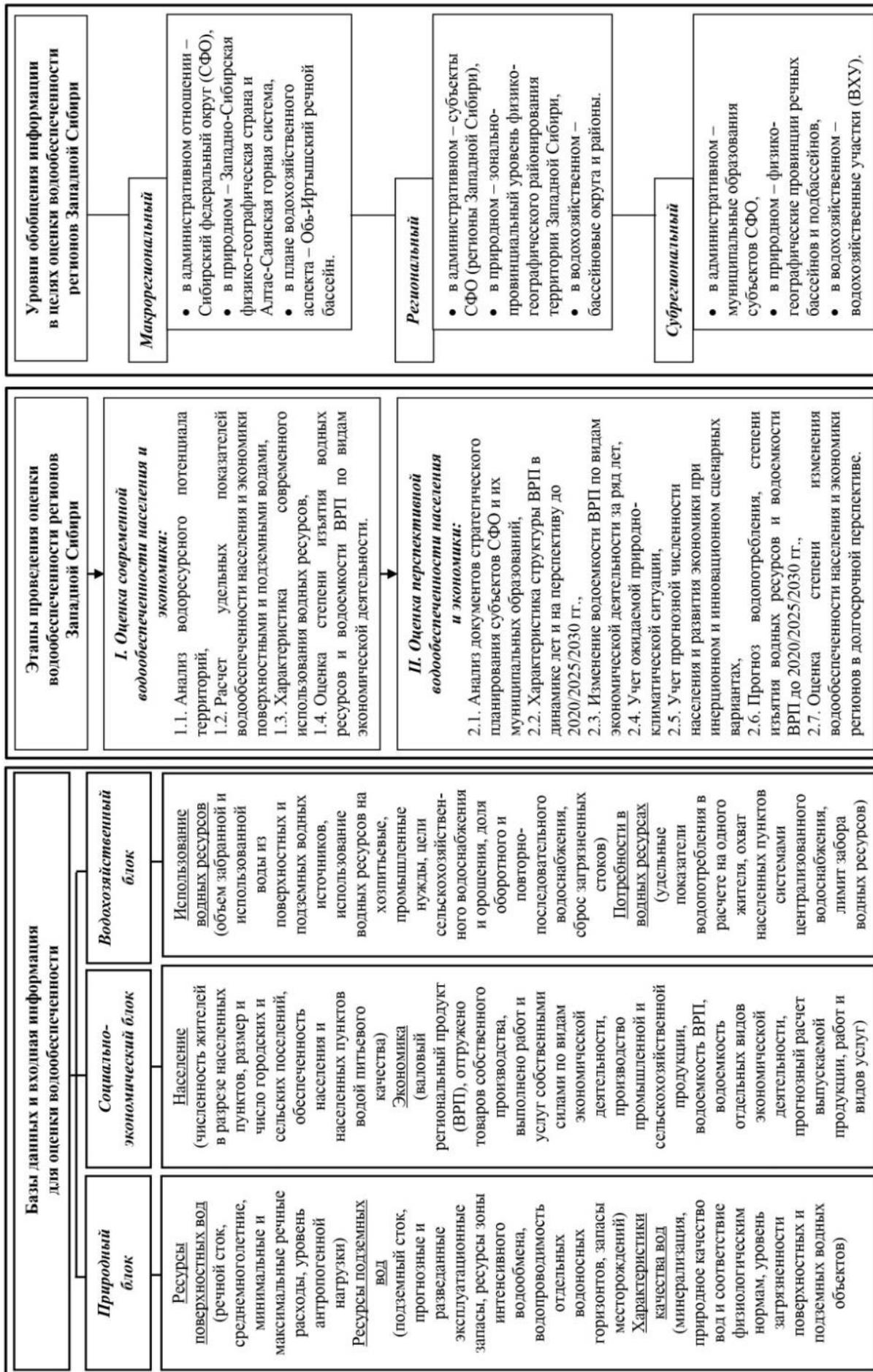


Рисунок 2. Базы данных, уровни обобщения информации и этапы оценки водообеспеченности территорий Западной Сибири

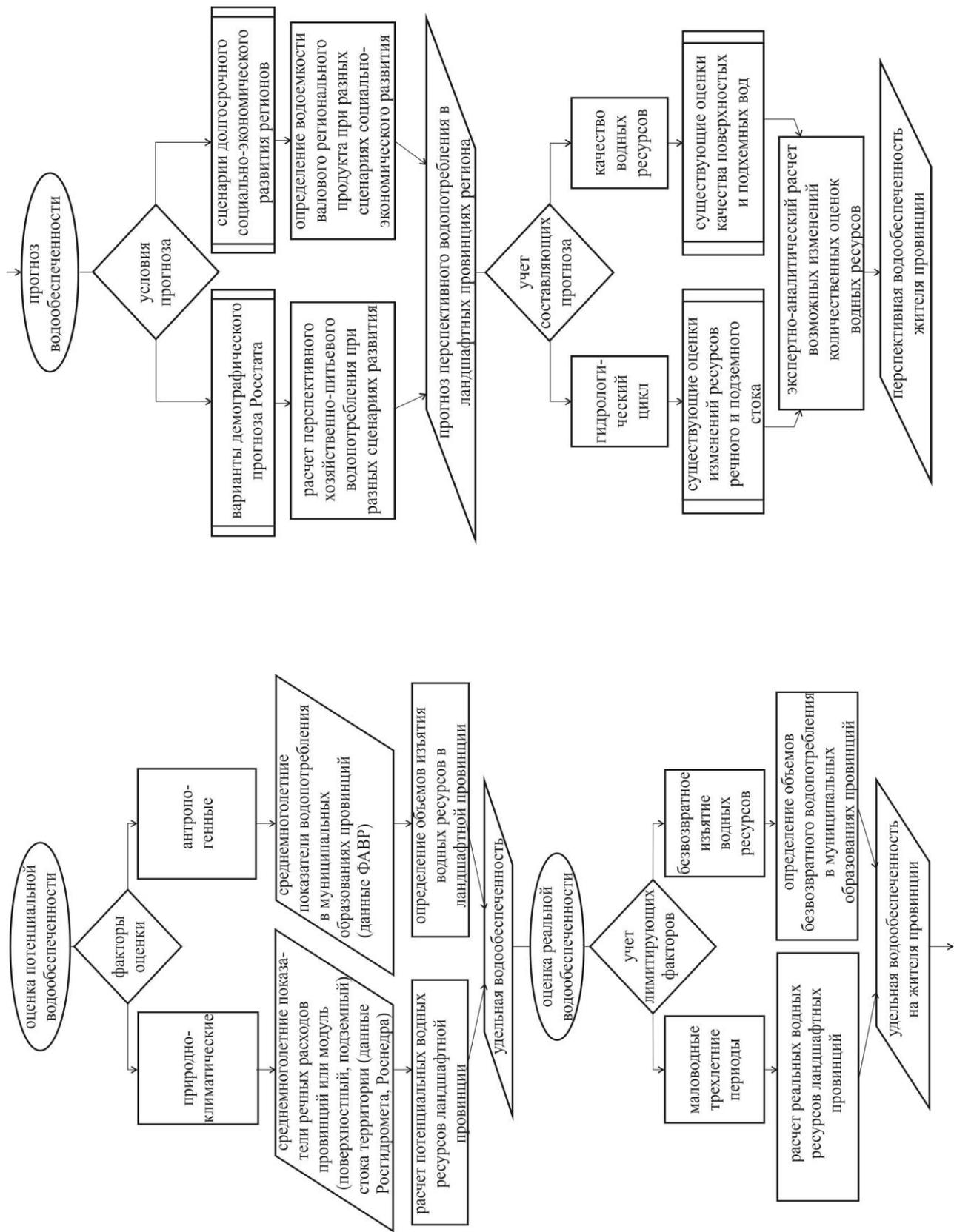


Рисунок 3. Алгоритм оценки водоресурсной обеспеченности территорий Западной Сибири

Оценка потенциальной обеспеченности поверхностными водными ресурсами выполнена на основе данных гидрологических постов о среднемноголетних расходах рек Обь-Иртышского бассейна за весь период наблюдения по 2008 г., на отдельных участках включительно по 2016 г., а также с использованием карты «Средний многолетний сток рек СССР» в случаях отсутствия постов Росгидромета (Географический атлас, 1980). В основу оценки обеспеченности подземными водами положены картографические материалы Атласа гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР (1983) и оценки ресурсов пресных и мало-минерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна (Ресурсы пресных..., 1991), а также результаты гидрогеологических работ, которые были проведены в регионах за последние годы (при условии их наличия). Водообеспеченность рассчитывалась по показателям модуля подземного стока зоны интенсивного водообмена (Рыбкина, Стоящева и др., 2015; Винокуров, Рыбкина и др., 2018).

Совмещение природных и административных границ и расчет удельной водообеспеченности осуществлялся при помощи ГИС-технологий. Для упрощения выполнения расчетов была создана картографическая основа для территории Западной Сибири в разрезе 83 ландшафтных провинций, 81 ВХУ в бассейнах рек и озер, 15 субъектов РФ (Курепина, Рыбкина, 2017). Для оценки критических значений водообеспеченности использованы градации, предложенные в работах И.А. Шикломанова (Shiklomanov, 2000), В.И. Данилова-Данильяна и К.С. Лосева (2006): катастрофически низкая – менее 1,0 тыс. м<sup>3</sup> / чел. в год, очень низкая – 1,01-2,0 тыс. м<sup>3</sup> / чел. в год, низкая – 2,01-5,0 тыс. м<sup>3</sup> / чел. в год, средняя – 5,01-10,0 тыс. м<sup>3</sup> / чел. в год, высокая – 10,01-20,0 тыс. м<sup>3</sup> / чел. в год, очень высокая – более 20,0 тыс. м<sup>3</sup> / чел. в год, а также критерий М. Фалькенмарк (1989) по удельной водообеспеченности территорий равный 1,7 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год.

В прикладных задачах расчет водообеспеченности был применен в целях оценки водохозяйственной безопасности регионов (Рыбкина, Губарев, 2016), в частности для использования в документах стратегического планирования территорий. В этом случае особое внимание уделялось территориям с повышенным уровнем антропогенных воздействий. Оценка антропогенной нагрузки проводилась при помощи показателя водного стресса, коэффициента использования водных ресурсов, кратности разбавления сточных вод и др. (Рыбкина и др., 2011; Рыбкина и др., 2014; Стоящева, Рыбкина, 2014; Рыбкина и др., 2016).

Представленные выше теоретико-методологический подход и алгоритм оценки водно-ресурсного потенциала Западной Сибири в полной мере иллюстрируют полученные результаты, на основе которых автором проведен анализ и оценка современной и перспективной водообеспеченности регионов. Далее алгоритм оценки водообеспеченности раскрывается на конкретных примерах.

**2. Водные ресурсы Западной Сибири являются стратегическим резервом развития страны, их пространственно-временная дифференциация, обусловленная совокупным проявлением зональных и азональных условий формирования водно-ресурсного потенциала, выступает определяющим фактором социально-экономического развития регионов.**

**Макрорегиональный уровень анализа.** Водные ресурсы Сибири выполняют стратегически важную функцию в задаче водообеспечения населения и экономики России, а также поддержания функционирования экосистем. Значительные ежегодные естественные ресурсы сибирских территорий связаны, прежде всего, с бассейнами рек Енисея (572 км<sup>3</sup>), Лены (537 км<sup>3</sup>), Оби (405 км<sup>3</sup>), Иртыша (86,4 км<sup>3</sup>), а также Западно-Сибирским (71,06 км<sup>3</sup>) и частично Сибирским (35,08 км<sup>3</sup>) артезианскими бассейнами, Алтае-Саянской (26,09 км<sup>3</sup>) и Байкало-Витимской (20,58 км<sup>3</sup>) гидрогеологическими складчатыми областями (Ресурсы..., 2015). По оценкам ГГИ, в регионах Сибирского федерального округа (СФО) формируется общий речной сток объемом 1321,1 км<sup>3</sup> в средний по водности год. Кроме этого, здесь ежегодно образуется 91,6 км<sup>3</sup> ресурсов подземного стока.

Однако если рассматривать Сибирь в географическом понимании и подходить к выбору регионов на основе бассейнового подхода, то в границах речных бассейнов Оби и Иртыша (Западная Сибирь), Енисея (Восточная Сибирь) располагаются субъекты, частично или полностью входящие не только в СФО, но и в Уральский ФО (УФО). С этих позиций годовые характеристики водных ресурсов могут возрасти еще на 597,3 км<sup>3</sup> речного стока и 52,0 км<sup>3</sup> подземного стока. Тогда доля сибирских регионов в общероссийском потенциале достигает 41,5% ресурсов поверхностных (речных) вод и 45,3% ресурсов подземных вод.

Согласно данным Государственного доклада о состоянии и использовании водных ресурсов в Российской Федерации (2017), удельная водообеспеченность двух крупных макрорегионов России – УФО и СФО соответственно составляет 98,0 и 102,3 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год. На наш взгляд, эти цифры существенно завышены. Если взять за основу расчетов данные Водного кадастра (Ресурсы поверхностных..., 2016), то по среднесрочным значениям ресурсов речного стока водообеспеченность одного жителя УФО и СФО соответственно равна 48,5 и 68,4 тыс. м<sup>3</sup>/год. Однако и в том, и в другом случае водообеспеченность регионов значительно превышает лимитирующее (критическое) значение (критерий М. Фалькенмарк) – 1,7 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год, и признается очень высокой, поскольку достигает 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год и более.

В целом для Обь-Иртышского бассейна, по данным Института глобального климата и экологии им. ак. Ю.А. Израэля Росгидромета и РАН, «удельная водообеспеченность составляет 54,5 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год» (Государственный доклад..., 2017, С. 28). Как показывают наши расчеты, водообеспеченность бассейна в сред-

немноголетние годы характеризуется высокими уровнями, но не столь значительными – 18 тыс. м<sup>3</sup>/ чел. в год (Стоящева, Рыбкина, 2014), что существенно ниже соответствующих показателей по России и СФО (соответственно около 30 и 66,5 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) (Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011), однако в несколько раз превышает таковые в федеральных округах европейской части России (например, в Центральном и Приволжском – чуть более 3 и 9 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год).

В пределах бассейна условия для формирования ресурсов речного стока крайне неравномерны. Так, более 68% стока приходится на малообжитые и малопригодные для сельскохозяйственного освоения лесотундровые и таежные территории среднего и нижнего течения р. Оби, в то время как аграрные и индустриально развитые степные и лесостепные регионы южной части бассейна испытывают недостаток в водных ресурсах. Неодинаков и качественный состав природных вод (табл. 1). Наиболее острый вододефицит – в пределах бессточной области Обь-Иртышья в степной зоне, где формируется всего 1,5% поверхностного стока бассейна, а также качество вод не соответствует питьевым требованиям, и в регионах Южного Урала и Зауралья – менее 1% стока (Стоящева, Рыбкина, 2014).

Таблица 1 – Характеристики водных ресурсов Обь-Иртышского бассейна по природным зонам (Современное состояние..., 2012)

Природные зоны (минерализация по Алекину, 1970)	Водоресурсные показатели		
	Потенциал возобновляемых водных ресурсов, тыс. м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup> в год	Потенциальная водообеспеченность на жителя, тыс. м <sup>3</sup> в год	Коэффициент изъятия возобновляемых водных ресурсов, %
Горно-тундровая, высокогорно-таежная, нивально-гляциальная (0,02-0,10 г/л)	358	Отсутствует потребитель	<1
Тундровая и лесотундровая (<0,1 г/л)	250	до 20000	<1
Таежная (0,1-0,3 г/л)	225	600-800	<10
Горно-таежная (Алтай) (0,1-0,3 г/л)	250	~500	<1
Лесостепная и горно-лесостепная (0,2-0,5 г/л)	38	20-50	10-20
Степная и горно-луговостепная (0,5-1,0 г/л)	15	1-2	менее 10...до 20
Бессточная область степной и лесостепной (1-200 г/л)	10-15	1	менее 10...до 20

По территории Обь-Иртышского бассейна водообеспеченность увеличивается с юга на север по мере увеличения расходов воды и снижения плотности населения. Максимум –  $\geq 22\ 000$  тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год – приходится на малонаселенные лесотундровые и северотаежные участки в бассейне Нижней Оби. Высокая обеспеченность населения ресурсами поверхностных (речных) вод наблюдается

практически повсеместно до южной границы таежной зоны. Так, этот показатель составляет в бассейнах рр. Вах ~ 800, Северная Сосьва ~ 600 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год. Малоосвоенные горные территории Алтая и Кузнецкого Алатау характеризуются очень высокой водообеспеченностью (500– 600 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год), что объясняется, с одной стороны, формированием речного стока в горах, с другой – крайне низкими показателями заселенности территорий (плотность населения здесь составляет менее 1-2 чел./км<sup>2</sup>).

Минимальная водообеспеченность – в недостаточно увлажненных и наиболее плотно заселенных регионах степной и лесостепной зон Западно-Сибирской низменности. Так, обеспеченность населения поверхностными водными ресурсами составляет, тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год: в бассейне р. Тобол – 1,7; оз. Чаны – 1,3 при среднем многолетнем значении расхода и 0,3 – при минимальном значении. Наиболее неблагоприятная ситуация сложилась в низкогорных степных, лесостепных и южнотаежных ландшафтах Уральско-Новоземельской горной страны, что связано с большой плотностью населения этих мест и их приуроченностью к маловодным истокам рек или водораздельным участкам горных массивов. Водообеспеченность здесь составляет: в бассейне р. Исети – 0,5-1,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год, р. Увельки – 0,8; на наиболее освоенном участке бассейна р. Миасс в районе г. Челябинск – 0,3 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год (Стоящева, Рыбкина, 2014).

Обеспеченность прогнозными ресурсами и запасами подземных вод населения и экономики Западной Сибири также неравномерна. При средней обеспеченности России 6 м<sup>3</sup>/чел. в сутки или 2,2 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год (Государственный доклад ..., 2018), в Сибири на одного жителя приходится в 2 раза больше – 13 м<sup>3</sup>/чел. в сутки или 4,9 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год (для УФО – 11,5 м<sup>3</sup>/чел в сутки или 4,2 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год). Если рассчитывать удельную водообеспеченность по запасам подземных вод, то в СФО она составит 600 л/чел. в сутки (средняя для жителя России: 522 л/чел. в сутки, для УФО: 416 л/чел. в сутки).

Анализ прогнозных ресурсов подземных вод Обь-Иртышского бассейна показывает, что преобладающее их количество приурочено к Верхнеобскому бассейновому округу – 177 375,0 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Остальная часть распределяется между Нижнеобским и Иртышским бассейновыми округами соответственно: 62 413,7 и 37 285,6 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Запасы подземных вод следующие: Верхнеобский бассейн – 7200,3; Иртышский – 2987,4; Нижнеобский – 771,4 тыс. м<sup>3</sup>/сутки при общей степени разведанности 4,1; 8,0; 1,2% (Государственный доклад..., 2017).

**Региональный уровень анализа.** Среди субъектов федерации на территории Обь-Иртышского бассейна максимальной водообеспеченностью (от 116 до 190 тыс. м<sup>3</sup>/год) характеризуются Красноярский край, Томская и Тюменская (с автономными округами) области, а также Республики Алтай и Хакасия. Два последних региона имеют столь высокие показатели преимущественно из-за малой осво-

енности и заселенности своих территорий. Минимальная водообеспеченность – 2–8 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год – в Челябинской, Курганской и Свердловской областях, что немного превышает порог в 1,7 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год, соответствующий, по оценкам специалистов (Falkenmark et al., 1989; Entekhabi et al., 1999; Данилов-Данильян, Лосев, 2006), ситуации водного кризиса.

По результатам расчетов потенциальной обеспеченности поверхностными водными ресурсами в разрезе ландшафтных провинций выделились те из них, для которых общий речной сток имеет катастрофически низкие и очень низкие уровни и составляет менее 1,0–2,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год. Это степная Теке-Кызылкакская провинция (0,73 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) и горно-лесостепная провинция Урала (1,08 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год). Низкой обеспеченностью (2,01–5,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) поверхностными водами характеризуются Зауральская, Уральская горно-степная и Кулундинская провинции (рис. 4). Средней водообеспеченностью (5,01–10,0 тыс.

м<sup>3</sup>/чел. в год) отличаются Ишимская, Тобол-Убаганская, горно-таежная Урала и Барабинская провинции. Высокую и очень высокую водообеспеченность имеют остальные провинции Западной Сибири (Винокуров, Рыбкина и др., 2018).

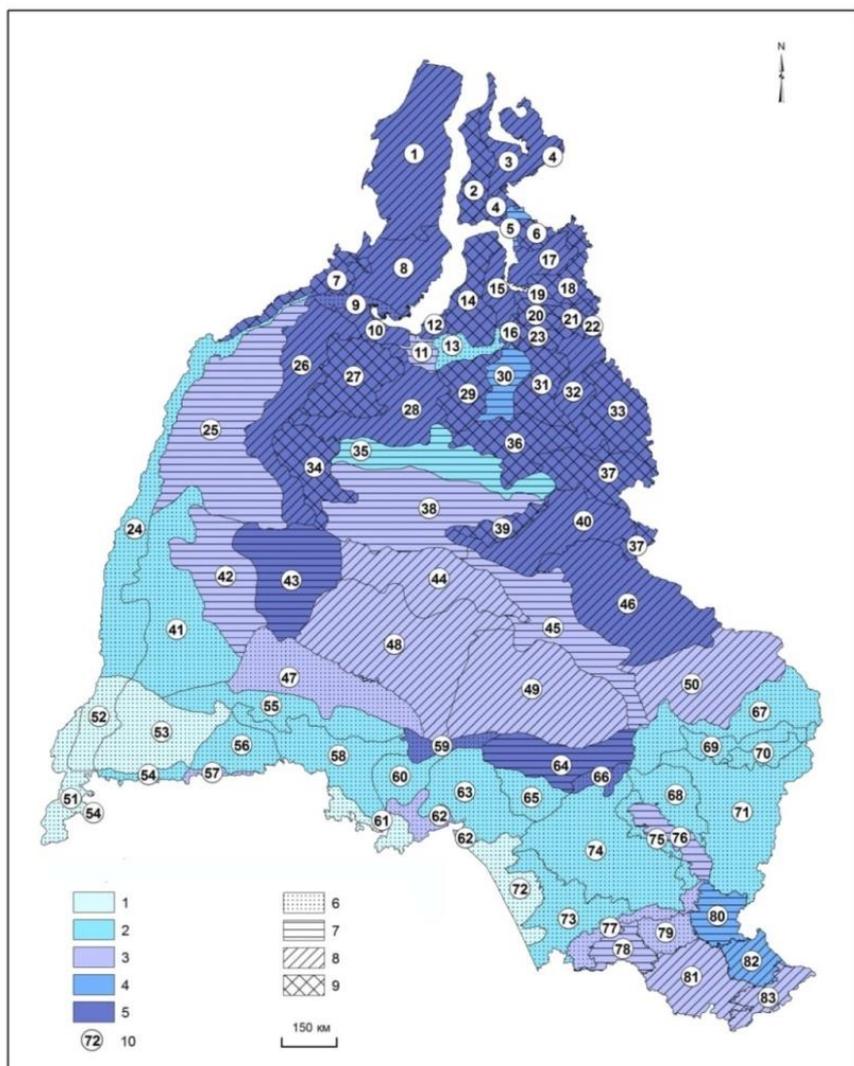


Рисунок 4. Потенциальная водообеспеченность населения и экономики Западной Сибири в разрезе ландшафтных провинций (Рыбкина и др., 2015). Условные обозначения: водообеспеченность населения ресурсами (тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) поверхностного стока: 1 – <5, 2 – 5–50, 3 – 50–500, 4 – 500–1000, 5 – >1000; подземного стока: 6 – <5, 7 – 5–50, 8 – 50–500, 9 – >500. 10 – номер ландшафтной провинции

Обеспеченность подземными водными ресурсами характеризуют следующие данные. Катастрофически низкая (до 1 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) – для жителей девяти ландшафтных провинций: Западнобарабинская, горно-лесостепная Урала, Куз-

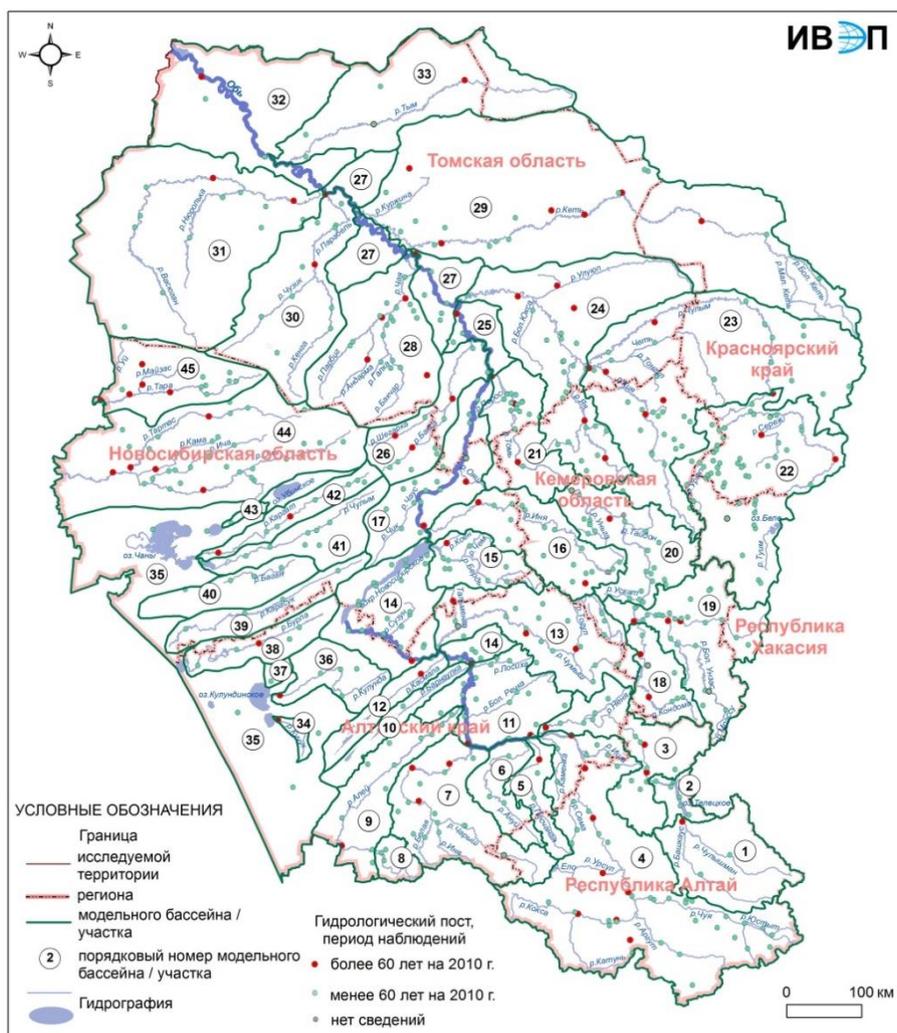
нецко-Алатауская, Тобол-Убаганская, Зауральская, Кузнецкая межгорнокотловинная, Верхнеобская, горно-степная Урала, Теке-Кызылкакская. Очень низкую обеспеченность (1,0–2,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) имеют жители еще девяти провинций (Южнобарабинская, Ишимская, горно-таежная Урала, Барабинская, Северопредтургайская, Назаровская, Южноприаргинская, Вьюновская, Южноприалейская). Низкая водообеспеченность (2,01–5,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) отмечается в Североприаргинской, Кулундинской, Усть-Обской, Восточнобарабинской, Ашлыкской, Туринской, Южнопредтургайской, Предсалаирской, Предалтайской, Верхненыдской, Северо-Алтайской, Северобарабинской, Среднеиртышской провинциях. Средняя водообеспеченность – в Обь-Тымской, Усть-Надымской, Верхнеомской и Сургутской провинциях. В остальных провинциях регистрируется высокая и очень высокая обеспеченность ресурсами подземных вод.

Расчет в границах ландшафтных провинций позволяет детализировать оценки водообеспеченности регионов. Если одновременно учесть и поверхностные (речные), и подземные воды, то около 15% общей численности населения Обь-Иртышского бассейна проживает в условиях катастрофически низкой (менее 1,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год), очень низкой (1,0–2,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) и низкой (2,0–5,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) потенциальной водообеспеченности.

**Субрегиональный уровень анализа.** На этом уровне представления информации необходим анализ изменчивости водных ресурсов в многолетней динамике речных расходов и слоя стока, учет не только длительных (до трех лет) маловодных периодов, но и внутригодовых колебаний (в летне-осеннюю и зимнюю межень). Обязательным условием анализа данных является рассмотрение антропогенного фактора формирования количественных и качественных характеристик стока для определения возможности использования водных ресурсов в хозяйственно-питьевых целях. Представленные материалы могут быть использованы для расчета водохозяйственных балансов в пределах ВХУ и оценки нормативов допустимых воздействий на водные объекты.

В условиях Западной Сибири регулярные гидрологические наблюдения начались с 1930-х гг. В настоящее время сеть Росгидромета здесь насчитывает более 400 гидрологических постов. Их инвентаризация на примере регионов Верхней Оби показала, что при сопоставлении рядов наблюдений в границах одних и тех же речных бассейнов, как правило, в пределах одного ВХУ только один-два поста имеют длиннорядный период наблюдений. Так, в бассейне оз. Телецкое из 10 постов, которые когда-либо существовали здесь, один пост в с. Балыкча имеет ряд наблюдений более 80 лет. В бассейне р. Бии из 17 постов таких три, в том числе в г. Бийске с периодом наблюдений 116 лет.

Сопоставительный анализ позволил нам выделить бассейны и ВХУ, которые обеспечены надежной (высокой степени достоверности) гидрологической



информацией. В результате этого, сетка существующего водохозяйственного районирования нами существенно дополнена. Для детализации расчетов предлагается использовать 45 модельных речных бассейнов и/или водохозяйственных участков (рис. 5).

Рисунок 5. Модельные бассейны и ВХУ Верхней Оби (сверка и картографирование выполнено совместно с к.г.н. Ю.М. Цимбалей, к.г.н. Н.Ю. Курепиной, к.г.н. Н.В. Стоящевой)

На примере речных бассейнов Верхне-Обского округа проведена оценка водообеспеченности с учетом изменчивости водных ресурсов в разные по водности периоды. В расчетах использованы данные Проекта СКИОВО р. Обь (2012), открытого интернет ресурса ArcticNet, а также гидрологические показатели, полученные в лаборатории гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН старшими научными сотрудниками к.г.н. В.П. Галаховым и к.с.-х.н. Е.Д. Кошелевой.

Выполненные расчеты водообеспеченности в полной мере позволяют оценить сложившуюся водохозяйственную ситуацию. Например, в верховьях Оби, в бассейнах рр. Бия и Катунь водообеспеченность имеет очень высокие уровни: от 60,0 до 600,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год. В этих бассейнах учет антропогенной составляющей (изъятия стока) практически не влияет на уровень водообеспечения населения и экономики муниципальных образований. Существенное уменьшение обусловлено только природными факторами, в случае наступления длительных (не менее трех лет) маловодных периодов: от 400,0 до 40,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год. Схожая картина наблюдается в бассейне р. Чарыш. В бассейнах рр. Ануй, Песчаная в средние по водности годы водообеспеченность имеет очень высокие уровни (более 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год), а в годы 75 и 95% обеспеченности она не превышает

высоких (10,0-20,0) или соответственно средних значений (5,0-10,0). В бассейнах рр. Бердь и Иня эти показатели колеблются в пределах низких (2,0-5,0) и очень низких (1,0-2,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) уровней.

На юге Западной Сибири наиболее сложная обстановка сложилась в бассейнах рр. Томь и Алей. Бассейн Алей имеет два водохозяйственных участка, бассейн Томи – четыре ВХУ (включая р. Кондому). В бассейне Томи три ВХУ (13.01.03.001 р. Кондома, 13.01.03.003 р. Томь-Кемерово и 13.01.03.004 Томь-устье) надежно обеспечены ресурсами речного стока, поскольку имеют высокие и очень высокие уровни и в годы минимальной водности, и в годы средней водности, и даже в периоды трехлетней малой водности. ВХУ 13.01.03.002 в створе г. Новокузнецка характеризуется высокими значениями водообеспеченности в средние по водности годы и средними – в годы минимальной (95% обеспеченности) водности. В целом по бассейну уровни водообеспеченности имеют схожие показатели, только их значения не превышают 11,0-13,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в годы средней водности и 9,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в годы минимальной водности. И лишь в меженные периоды водообеспеченность соответствует очень низкому уровню (рис. 6).

В бассейне р. Алей только в пределах верхнего ВХУ водообеспеченность имеет высокие уровни. В остальных случаях – либо средние (в целом для бассейна и нижнего участка с учетом накопленного объема водохранилища), либо низкие (в среднемноголетние годы бассейн в целом и нижний участок без учета водохранилища) и очень низкие (в годы 95% обеспеченности) уровни. В меженные периоды без учета объема водохранилища, даже на верхнем участке и в целом по бассейну уровни очень низкие и катастрофически низкие, а в зимний период имеют отрицательные значения (рис. 6).

Таким образом, впервые предложенный и представленный на примерах алгоритм оценки водно-ресурсного потенциала Западной Сибири не претендует на комплексный анализ территорий, но служит инструментом для принятия решений в области управления водными ресурсами и стратегического планирования развитием регионов.

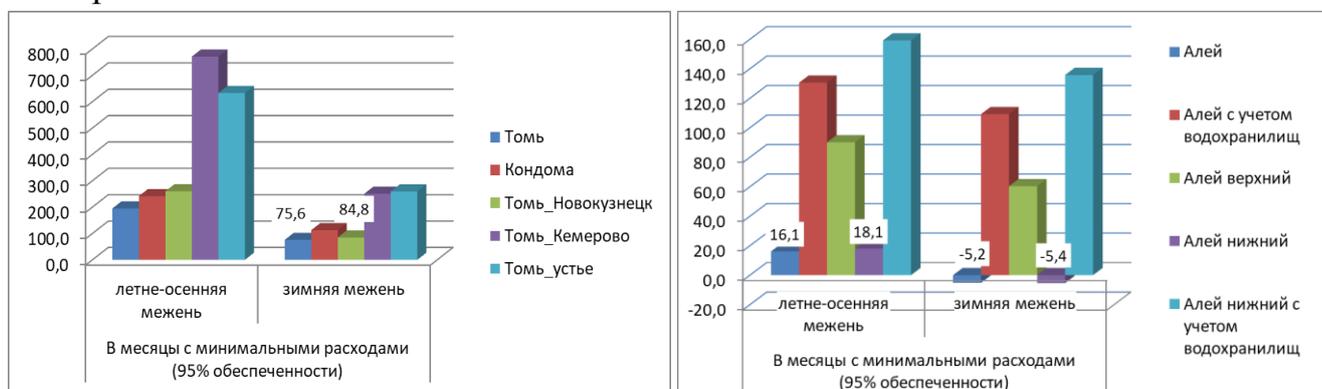


Рисунок 6. Водообеспеченность в месяцы минимальной водности в бассейне и ВХУ рр. Томь и Алей, м<sup>3</sup>/чел. в месяц

**3. Современные системы водопользования в регионах имеют природо-обусловленный характер формирования, существенно детерминированный действием антропогенных факторов; особенностью их функционирования является территориальное несоответствие водно-ресурсного потенциала потребностям населения и экономики.**

Анализ полученных результатов оценок водообеспеченности указывает на ее взаимосвязь с общей закономерностью формирования стока и увлажнения территорий. Ресурсы общего речного и подземного (зоны интенсивного водообмена) стока ландшафтных провинций Западной Сибири возрастают при продвижении с юга на север, но не имеют прямой широтной зависимости (рис. 7-8). В этом же направлении снижается степень заселенности и освоенности территорий, за исключением районов добычи углеводородного сырья.

Системы ВП как исторически сложившиеся формы использования водных ресурсов, нашедшие отражение в особенностях территориальной структуры водопользования, в значительной степени определяются действием антропогенного фактора их формирования и функционирования. Этот факт в полной мере доказывается теснотой корреляционной связи между показателями использования водных ресурсов и численности проживающего населения в ландшафтных провинциях Западной Сибири:  $r=0.90$  (коэффициент корреляции Спирмена) при  $p<0.05$ .

Действие антропогенного фактора имеет обратную зависимость с природо-обусловленным характером развития систем водопользования. При расчетах корреляции между показателями потенциальной водообеспеченности общим речным стоком и использования водных ресурсов из поверхностных источников, а также показателями водообеспеченности подземными водами и использования водных ресурсов из подземных водных источников коэффициент Спирмена характеризуется отрицательным значением и соответственно равен  $-0,73$  и  $-0,68$  при  $p<0.05$ , тем самым определяя территориальное несоответствие водно-ресурсного потенциала существующим потребностям населения и экономики (рис. 9).

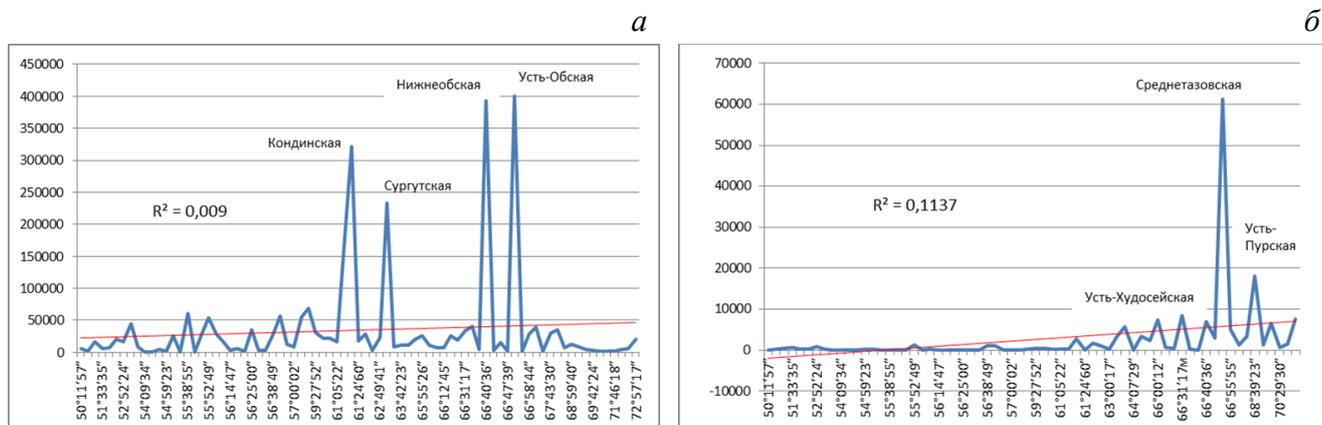


Рисунок 7. Среднегодовое значения общего речного стока (а, млн м<sup>3</sup>) и удельной водообеспеченности (б, тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) ландшафтных провинций Западной Сибири

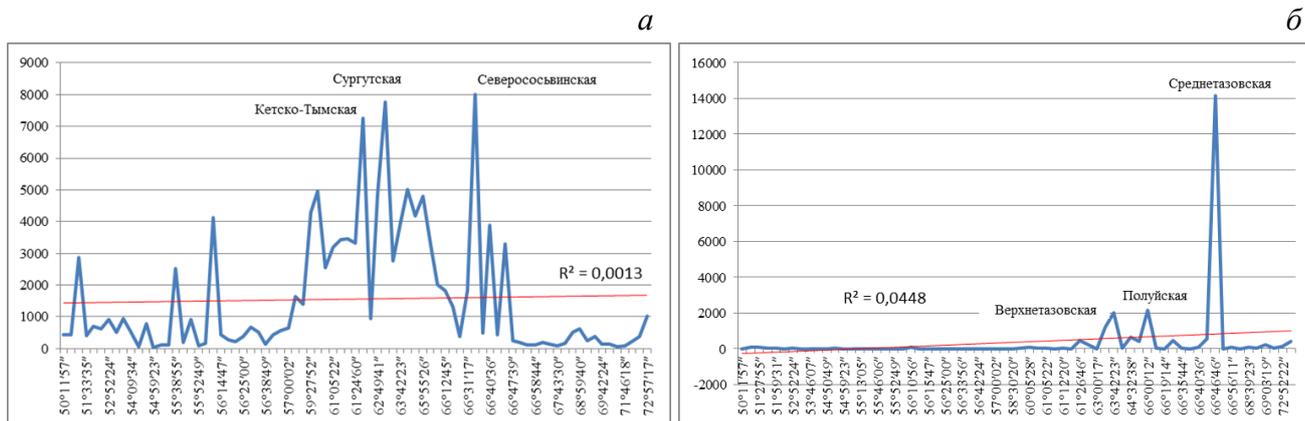


Рисунок 8. Значения подземного стока зоны интенсивного водообмена (а, млн м<sup>3</sup>) и удельной водообеспеченности (б, тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) ландшафтных провинций Западной Сибири



Рисунок 9. График территориального несоответствия общих водных ресурсов и общих объемов использованных вод, млн м<sup>3</sup>/год

Территориальная организация водопользования призвана устранить указанное несоответствие. Анализ систем ВП показывает, что в пределах Обь-Иртышского бассейна главные водозаборы (сбросы сточных вод) приурочены к крупнейшим городам и промышленным центрам основной полосы расселения, охватывающей лесостепь, южную тайгу и северную степь. Значительные объемы забранной воды приходятся также на среднюю и северную тайгу.

В индустриально развитых субъектах федерации основные заборы воды осуществляют предприятия энергетики и металлургии. В бассейне р. Томь в пределах ВХУ 13.01.03.002 (от истока до г. Новокузнецка, без р. Кондомы) водозабор составляет 1,3 км<sup>3</sup> или 16% общих объемов забранных вод в Обь-Иртышском бассейне. Два города – Мыски и Новокузнецк, в которых расположены Томь-Усинская ГРЭС и два крупнейших металлургических комбината Сибири, забирают из поверхностных объектов соответственно 0,9 и 0,2 км<sup>3</sup> воды (Рыбкина и др., 2016).

Среди прочих муниципальных образований максимальным водозабором отличается Нижневартовский район – около 0,8 км<sup>3</sup>; водозаборами объемом >0,5 км<sup>3</sup> характеризуется Новосибирск; >0,3 км<sup>3</sup> – Северск и Челябинск; > 0,2 км<sup>3</sup> – Наза-

рово, Тюмень, Омск с Омским районом, Кемерово с Кемеровским районом, а также Сургутский район;  $> 0,1 \text{ км}^3$  – Нижний Тагил, Серов, Шарыпово с Шарыповским районом, Североуральск, Барнаул, Бийск, Прокопьевск с Прокопьевским районом, а также Томск с Томским районом.

Для бассейна Верхней Оби особенности территориальной организации водопользования представлены на карте-схеме (рис. 10). К крупноочаговым системам отнесены административные центры субъектов (Томск, Барнаул, Кемерово), города-миллионеры (Омск, Новосибирск), большие, крупные и крупнейшие города (по классификации Г.М. Лаппо) с числом жителей от 100,0-500,0 тыс. чел. и более (Новокузнецк, Бийск и др.), а также промышленные узлы и центры (например, Мыски, Северск), отличающиеся высокими объемами водозаборов (свыше

$10,0 \text{ млн м}^3/\text{год}$ ) и водопотребления. Удельный вес жилой площади, оборудованной водопроводом и канализацией, здесь достигает 90% и более. Очаговые системы водопользования расположены в средних и малых городах со значительными объемами забранных ( $\geq 0,5 \text{ млн м}^3/\text{год}$ ) и отведенных вод, охватом услугами централизованного водоснабжения не менее 50-70% жилищного фонда (Новоалтайск, Славгород, Камень-на-Оби, Мариинск, Гурьевск, Барбинск, Татарск и др.).



Рисунок 10. Территориальная организация водопользования в регионах Верхней Оби

Линейные системы представлены такими водохозяйственными объектами, как групповые водозаборы и водопроводы (Чарышский групповой водопровод в Алтайском крае), магистральные водоводы в агломерационно-групповых формах расселения. Примером линейно-площадных систем служит Алейская оросительная система, которая используется для целей орошения земель сельскохозяйственного назначения. В сельской местности групповым формам расселения соответствуют дисперсные системы ВП.

Анализ водопотребления в ландшафтных провинциях позволяет оценить водохозяйственную безопасность регионов. Наибольшие объемы использования речных вод имеют Кузнецко-Алатауская ( $>1400$  млн  $\text{м}^3$ ), Верхнеобская (794), горно-таежная Урала (684), Сургутская (544), Назаровская (527), Североприаргинская (436,9), Кузнецкая межгорно-котловинная (351,7), Туринская (317,6), Вахская (295,2), горно-лесостепная Урала (292,9), Западнобарабинская (206,1), Зауральская (109,1 млн  $\text{м}^3$ ) ландшафтные провинции. Из подземных водных источников используются воды преимущественно в Сургутской (316,6 млн  $\text{м}^3$ ), Тарко-Салесской (110,7), горно-таежной Урала (109,7), Кузнецко-Алатауской (77,0), Кузнецкой межгорно-котловинной (76,8), Верхнеобской (73,8) и Североприаргинской (59,9 млн  $\text{м}^3$ ) провинциях. В пределах данных провинций находятся самые крупные в Западной Сибири генерирующие мощности (Кузнецко-Алатауская), нефтегазодобывающие предприятия (Сургутская), горнодобывающие и металлургические комплексы (Кузнецкая межгорно-котловинная, горно-лесостепная Урала и Туринская) или же города-миллионеры (Верхнеобская).

Сравнительный анализ рассчитанных значений потенциальной водообеспеченности и показателей водопотребления свидетельствует, что наиболее напряженная водохозяйственная обстановка сложилась в горно-лесостепной Урала, Назаровской, Кузнецко-Алатауской, Зауральской и горно-таежной уральской провинциях. Коэффициенты использования общего речного стока здесь превышают 3,0%, достигая максимума в Назаровской и горно-лесостепной уральской провинциях – 9,5% и 16,2% соответственно. По показателям использования подземных вод и водно-ресурсного потенциала, рассчитанного по модулю подземного стока зоны интенсивного водообмена, водохозяйственную опасность испытывают муниципальные образования, расположенные в Кузнецко-Алатауской, Тарко-Салесской, Кузнецкой межгорно-котловинной, Кулундинской, горно-степной Урала, Зауральской, Сургутской, горно-лесостепной Урала, Усть-Надымской, Североприаргинской, Тобол-Убаганской и Верхненыдской провинциях. Здесь коэффициенты использования подземных водных ресурсов превышают 3%, достигая максимума в Кузнецко-Алатауской провинции – 19,7%.

В среднем для Обь-Иртышского бассейна показатель водного стресса (*water stress*) характеризуется низкими уровнями: 1,3% в средние по водности годы –

2,1% в маловодные (Винокуров и др., 2010), но имеет значительную вариабельность. Минимальных значений водный стресс достигает в горах Алтая (в бассейнах оз. Телецкого < 0,01, р. Катунь 0,02%), а также в среднем и нижнем течении Оби, в лесотундровой и таежной зонах, в районах, не связанных с нефте- и газодобычей (в бассейне р. Северная Сосьва < 0,01%). Умеренный стресс (10–20%) наблюдается в бассейнах некоторых степных и лесостепных рек в маловодные периоды (в бассейнах оз. Чаны – 14,1%; р. Алей – 18,6%, р. Томь –  $\geq 20\%$ ). Максимальные значения имеет в промышленных и густонаселенных регионах низкого Урала (> 50–70% для ВХУ рр. Тагил и Миасс). При этом в верховьях Миасса для двух ВХУ забор воды равен расходу реки (Стоящева, Рыбкина, 2014).

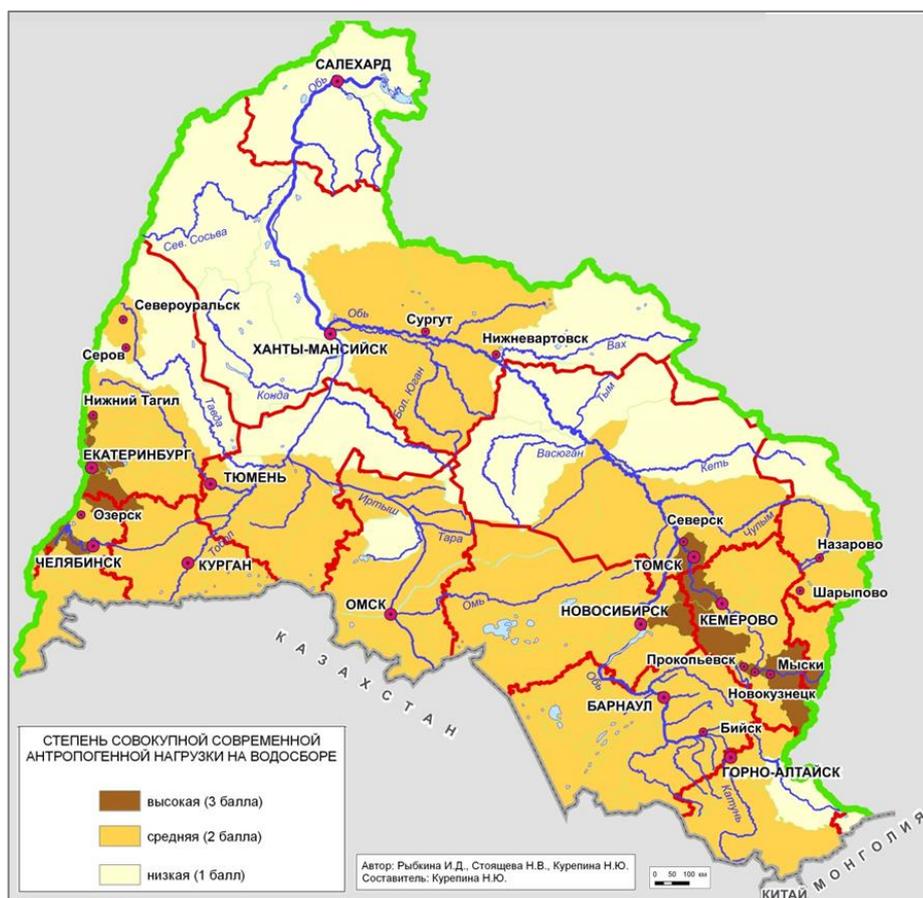
Большинство ВХУ Обь-Иртышского бассейна характеризуются средней и низкой интенсивностью совокупной антропогенной нагрузки (табл. 2) на водосборах. Высокие значения отмечаются только для бассейнов Ини, Томи и Тобола, что связано с концентрацией населения и производства (рис. 11).

Таблица 2 – Шкала основных показателей зонирования территории Обь-Иртышского бассейна по степени антропогенной нагрузки (Рыбкина, Стоящева, 2010)

Показатель	Интенсивность нагрузки (баллы)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Незначительная или отсутствует	Очень низкая	Низкая	Пониженная	Средняя	Повышенная	Высокая	Очень высокая
Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	0	≤ 0,1	0,2–1,0	1,1–5,0	5,1–10,0	10,1–25,0	25,1–50,0	> 50,0
Плотность промышленного производства, тыс. руб./ км <sup>2</sup>	0	≤ 10,0	10,1–100,0	100,1–1000,0	1000,1–3000,0	3000,1–4000,0	4000,1–5000,0	> 5000
Распаханность, %	0	≤ 0,1	0,2–1,0	1,1–5,0	5,1–15,0	15,1–40,0	40,1–60,0	> 60,0
Животноводческая нагрузка, усл. гол./км <sup>2</sup>	0	≤ 0,1	0,2–1,0	1,1–2,0	2,1–3,0	3,1–6,0	6,1–10,0	> 10,0

Всего выделено 11 участков с высокой степенью нагрузки: бассейн р. Иня – ВХУ 13.01.02.006; бассейн р. Томь – ВХУ 13.01.03.002 от истока до г. Новокузнецк, 13.01.03.003 от г. Кемерово до устья; бассейн р. Тобол: – р. Исеть – ВХУ 14.01.05.005 от истока до г. Екатеринбург, 14.01.05.006 от г. Екатеринбург до р. Теча; р. Миасс – ВХУ 14.01.05.008 от истока до Аргазинского г/у, 14.01.05.009 от Аргазинского г/у до г. Челябинск; р. Тагил – ВХУ 14.01.05.014 от истока до г. Нижний Тагил; р. Нейва – ВХУ 14.01.05.016 от истока до Невьянского г/у; р. Пышма – ВХУ 14.01.05.020 от истока до Белоярского г/у; р. Рефт – ВХУ 14.01.05.022.

Таким образом, существующий в бассейне водохозяйственный комплекс имеет вододефицитные проблемы, которые отмечаются в муниципальных образованиях Челябинской и Свердловской, Курганской и Омской областей, частично в Новосибирской области и Алтайском крае (Рыбкина, Стоящева, 2012). Количе-



ственный дефицит водных ресурсов осложняется природным качеством вод и загрязненностью водных объектов.

Рисунок 11. Зонирование территории Обь-Иртышского бассейна по совокупной антропогенной нагрузке

**4. Эффективность использования водных ресурсов Западной Сибири и Обь-Иртышского бассейна характеризуется сравнительно низким уровнем; при этом решающее значение в оценках имеет отраслевая специализация экономик регионов.**

Основными показателями эффективности использования водных ресурсов являются удельное водопотребление, доля оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, потери воды при транспортировке, водоемкость произведенной продукции. Исходной информацией в расчетах таких показателей служат сведения Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат) и Федерального агентства водных ресурсов России, представленные в разрезе регионов и их муниципальных образований. Сравнение с западноевропейским уровнем указанных показателей проводилось по возможности, то есть в зависимости от их наличия в материалах международной водной статистики (Aquastat FAO).

Анализ водохозяйственной статистики показывает, что в межгодовой динамике объемы водопотребления в регионах Западной Сибири падают, так же как и в целом по стране. За 1995-2017 гг. водопотребление регионов сократилось на 17% при среднероссийском – на 30%. При этом в Республике Алтай снижение составило 72%, а в Кемеровской области – 22%. В то же время в двух субъектах регистрировался рост водопотребления: в Томской и Тюменской областях – в 2,1 и 2,7 раза, соответственно, что объясняется расширением производства (в первую

очередь, добывающих отраслей), а также предоставлением статистической отчетности крупных водопользователей, ранее «закрытых» предприятий.

Отмечается сокращение объемов использованных вод в целях орошения и сельскохозяйственного водоснабжения, которое в целом по России составило 52%, в регионах – от 73% в Томской области до 94-95% в Кемеровской, Челябинской и Курганской областях. В самых крупных по объемам орошения Алтайском крае и Новосибирской области – 88 и 87% соответственно.

Водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды уменьшилось не столь значительно: в России – на 46%, в регионах Обь-Иртышского бассейна – в среднем на 42%. Переломный момент связан с вступлением в силу ФЗ-№ 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», согласно которому стала обязательной установка приборов учета и контроля расхода воды.

При расчетах удельного водопотребления обращает на себя внимание то, что в отдельных муниципальных образованиях регионов фактическое использование водных ресурсов не превышает нормативных показателей. Как показывают наши исследования (Рыбкина, Стоящева, 2010, 2012), в индустриально развитых субъектах (ХМАО, Омская и Свердловская области) объемы водоснабжения на 100% соответствуют нормативам; в ЯНАО, Кемеровской, Новосибирской и Челябинской областях удельное хозяйственно-питьевое водопотребление превышает утвержденные нормативные значения на 20–30%. Недостаток в централизованном водоснабжении отмечается на юге Тюменской (85% от нормы) и в Томской (76%) областях, Алтайском крае (75%). Наиболее сложная ситуация сложилась в Курганской области (51%) и Республике Алтай (47%).

Анализ водоемкости валового регионального продукта (ВРП) (табл. 3) показывает, что на протяжении всего периода 1995–2017 гг. Кемеровская область как угледобывающий регион с развитой электроэнергетикой с большим отрывом лидировала в Западной Сибири и в пределах Обь-Иртышского бассейна (Рыбкина, 2015). Второе место по водоемкости отраслей хозяйства по праву принадлежит Красноярскому краю, который одновременно с предыдущим регионом во все годы превышал среднероссийский уровень. В остальные годы третье место делили Республика Хакасия и Томская область.

Доля оборотного и повторно-последовательного водоснабжения заметно сократилась в таких субъектах, как Тюменская, Новосибирская, Курганская области, Алтайский край, максимально в Томской области – на 9,5%. Рост оборотного водоснабжения в промышленности отмечен в Омской, Свердловской, Челябинской и Кемеровской областях, Республике Хакасии, Красноярском крае, максимально в Республике Алтай – на 29,1%. Отметим также, что в сравнении со среднероссийским уровнем (81,5%) доля оборотного водоснабжения ниже в Кемеровской, Новосибирской, Томской, Челябинской областях, Красноярском и Алтайском краях.

Таблица 3 – Водоемкость валового регионального продукта субъектов Западной Сибири и Обь-Иртышского бассейна (рассчитано по материалам: Охрана окружающей среды, 2006, 2012, 2014, 2018; Регионы России, 2002, 2014, 2018)

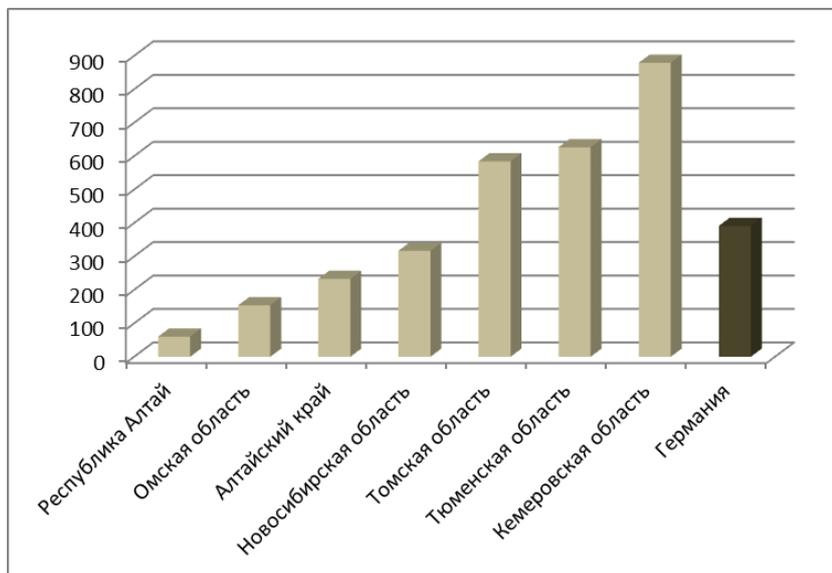
Регион	Водоемкость ВРП, м <sup>3</sup> /тыс. руб.				
	1995	2000	2005	2010	2015
Алтайский край	0,05	13,08	3,85	1,54	0,84
Кемеровская область	0,07	27,91	8,13	3,88	2,42
Красноярский край	0,07	14,59	6,92	2,42	1,37
Курганская область	0,02	5,87	1,75	0,72	0,40
Новосибирская область	0,04	12,33	3,55	1,58	0,63
Омская область	0,02	7,39	1,49	0,75	0,36
Республика Алтай	0,03	2,98	1,02	0,39	0,24
Республика Хакасия	0,07	18,06	4,79	1,42	0,66
Свердловская область	0,04	13,90	3,92	1,43	0,66
Томская область	0,01	14,94	4,17	2,00	0,88
Тюменская область	0,01	2,36	0,84	0,57	0,61
Челябинская область	0,04	9,91	3,22	1,81	0,65
РФ	0,07	13,69	4,41	2,10	1,04

По показателю потерь воды при транспортировке выделяются Омская, Курганская, Свердловская и Челябинская области, Республика Хакасия, которые имеют значения выше среднероссийского уровня (12,5%). Характерно, что в регионах с большими объемами водопотребления (Тюменская и Кемеровская области) доля потерь воды при транспортировке значительно меньше (1-3%), чем в регионах с малыми объемами использованных вод (Республики Хакасия – 24,1%).

Данные международной статистики Aquastat FAO позволяют провести сравнение сибирских регионов с высокоразвитыми странами мира, например, Федеративной Республикой Германией (ФРГ). Для сравнения характеристик применены два показателя, доступные для целей анализа и оценки эффективности использования водных ресурсов – удельное водопотребление и водоемкость валового внутреннего продукта (в нашем случае ВРП для регионов).

По нашим данным (Рыбкина, 2015), водопотребление на душу населения Новосибирской области соответствует уровню ФРГ (390 м<sup>3</sup>/чел. в год). Ниже этого уровня удельного водопотребления в Алтайском крае, Омской области и Республике Алтай. Высоким удельным водопотреблением характеризуются Томская, Тюменская и Кемеровская области, для которых значение показателя превышает средний уровень в Германии в 1,5; 1,6 и 2,2 раза соответственно. Среднероссийский показатель составляет на одного жителя 454,9 м<sup>3</sup>/год (рис. 12). Для примера житель США использует 1369 м<sup>3</sup>/год (<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/>).

По другому показателю эффективности водопользования – водоемкости ВРП – сибирские регионы уступают Германии минимум в 1,1 раза (Республика Алтай) и максимум в 11,0 раз (Кемеровская область). При этом ни один из сибирских субъектов РФ не может быть охарактеризован таким же низким уровнем водоемкости, как у германской экономики (11,3 м<sup>3</sup>/тыс. долл.). Среднероссийский показатель водоемкости ВВП составляет 35,3 м<sup>3</sup>/тыс. долл., что в 3,1 раза выше



показателя ФРГ (рис. 13). Сравнение РФ с другими странами убедительно показано в работах А.П. Демина (2010, 2011, 2012) и здесь не приводится.

Рисунок 12. Удельное водопотребление в регионах Западной Сибири и ФРГ, м<sup>3</sup>/чел. в год

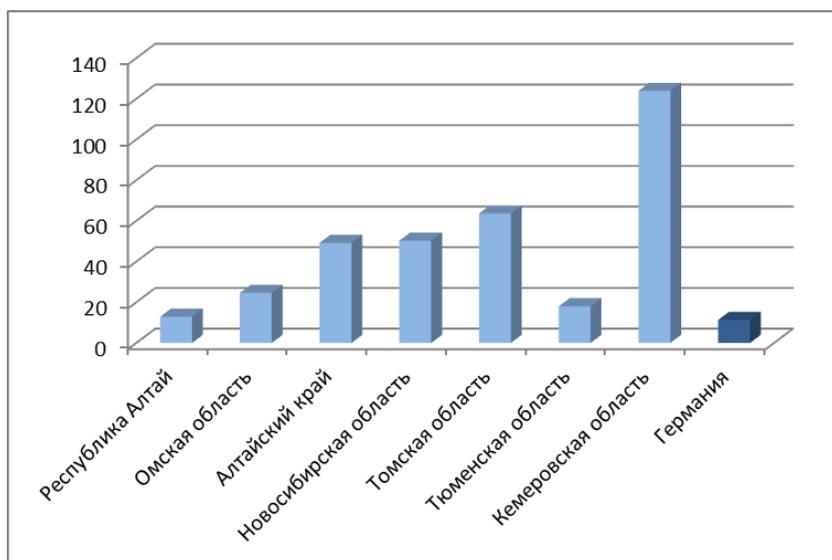


Рисунок 13. Водоемкость произведенного продукта (ВВП для Германии и ВРП для регионов Западной Сибири), м<sup>3</sup>/тыс. долл.

Таким образом, сравнение водоемкости ВРП регионов Западной Сибири с общероссийскими и европейскими (на примере ФРГ) показателями позволяет сделать вывод о решающем значении отраслевой специализации экономик на эффективность использования водных ресурсов. В сырьевых регионах и субъектах РФ с развитой промышленностью (например, электроэнергетикой), водоемкость ВРП имеет уровни, значительно превышающие общероссийские значения и средние показатели для стран мира с развитой экономикой. Такую же специфику имеют уровни удельного водопотребления в регионах.

***5. Перспективное водопотребление в регионах определяется, в первую очередь, изменением водоемкости валового регионального продукта, энергетических и добывающих отраслей и лишь затем инфраструктурной и демографической составляющей развития; важным условием прогноза является учет величины экологического стока.***

В основу расчетов перспективного водопотребления положены следующие группы показателей (Рыбкина, 2016):

- на питьевые и коммунально-бытовые цели – объем хозяйственно-питьевого водоснабжения, величина удельного водопотребления в расчете на одного человека, предположительная численность населения в регионах;
- на производственные нужды – объем производственного водопотребления и водоемкость промышленного производства (ПП), среднесрочный и долгосрочный прогноз объемов отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по видам экономической деятельности в стоимостном выражении, прогнозируемые индексы промышленного производства;
- на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение – объем соответствующих целевых видов водопотребления, водоемкость выпускаемой сельскохозяйственной продукции, среднесрочный и долгосрочный прогноз объемов сельскохозяйственной продукции в стоимостном выражении, прогнозируемые индексы сельскохозяйственного производства.

Для учета тенденций развития целевых видов водопотребления детально рассматривался период 2000-2017 гг., поскольку именно в это время стала обязательной установка приборов учета и контроля расхода воды. В расчетах применялись прогнозные показатели социально-экономического развития субъектов, приведенные в документах стратегического планирования территорий, на период до 2025-2035 гг. Исходя из среднесрочного прогнозирования ситуации, которое выполнено в регионах в 2017-2018 гг., осуществлялась детализация характеристик водопотребления на перспективу до 2020-2021 гг. Ряды других использованных социально-экономических показателей (численность населения, объемы произведенной продукции и др.) заимствованы из опубликованных материалов Росстата, открытых интернет-источников и баз данных (Регионы России, 2002; Регионы России, 2017; ЕМИСС <https://fedstat.ru/>).

Согласно нашим расчетам, в регионах Верхней Оби (табл. 4) водопотребление на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды будет сокращаться, что согласуется с демографическим прогнозом на долгосрочный период по среднему варианту: к 2035 г. здесь будет проживать 8,96 млн чел. или 98% от уровня 2017 г. Максимальное сокращение населения произойдет в Алтайском крае (на 0,26 млн чел.) и Кемеровской области (на 0,25 млн чел.).

Таблица 4. Прогноз целевых видов использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби (базовый вариант)

<b>Использование пресной воды, млн м<sup>3</sup></b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>
<b><i>на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды, всего, в т.ч.:</i></b>	<b>463,79</b>	<b>461,09</b>	<b>458,62</b>	<b>457,43</b>
Алтайский край	73,92	71,65	69,12	66,64
Кемеровская область	180,95	175,64	170,73	166,65
Новосибирская область	153,83	157,99	162,19	166,81
Республика Алтай	2,94	2,97	2,98	2,99
Томская область	52,16	52,85	53,59	54,33
<b><i>на производственные нужды, всего, в т.ч.:</i></b>	<b>2399,68</b>	<b>2768,41</b>	<b>3223,39</b>	<b>3746,94</b>
Алтайский край	234,98	269,77	309,71	355,57
Кемеровская область	1520,18	1731,70	2005,57	2315,99
Новосибирская область	393,47	471,85	565,84	678,56
Республика Алтай	1,96	2,38	2,94	3,44
Томская область	249,09	292,71	339,33	393,38
<b><i>на нужды с/х водоснабжения и орошения, всего, в т.ч.:</i></b>	<b>63,66</b>	<b>67,41</b>	<b>71,57</b>	<b>76,11</b>
Алтайский край	35,12	35,74	36,37	37,01
Кемеровская область	3,06	3,38	3,73	4,12
Новосибирская область	20,73	23,11	25,77	28,73
Республика Алтай	1,40	1,54	1,72	1,90
Томская область	3,34	3,63	3,97	4,34

При этом использование водных ресурсов на производственные цели в соответствии с планами социально-экономического развития увеличится к 2035 г. почти на 50% по сравнению с 2017 г. Максимальное увеличение – свыше 800 млн м<sup>3</sup> – будет отмечаться в Кемеровской области; минимально в Республике Алтай – на 2,35 млн м<sup>3</sup>. При этом лишь в некоторых субъектах объемы водопотребления достигнут уровня 1990 г. (Новосибирская область), в других – только приблизятся к нему (Алтайский край).

В целях сельскохозяйственного водоснабжения и орошения объемы водопотребления возрастут в бассейне Верхней Оби, но не столь значительно как в промышленном производстве – на 32%. Скорее всего, наибольшими темпами водоснабжение в этом секторе экономики будет увеличиваться в Новосибирской области (на 9,4 млн м<sup>3</sup> или 49% за период 2017-2035 гг.) и Алтайском крае (на 1,01 млн м<sup>3</sup> или 3% за период 2017-2035 гг.).

Выполненный прогноз целевых видов водопотребления позволяет разработать сценарии водообеспеченности регионов в зависимости от водности рассматриваемого периода, которые могут быть использованы в целях стратегического планирования территорий. По данным ГГИ (Ресурсы поверхностных..., 2016), в настоящее время регионы Верхней Оби находятся в состоянии водности: высокой

– Кемеровская область, умеренно высокой – Республика Алтай и Новосибирская область, средней – Алтайский край и Томская область.

С учетом базового варианта социально-экономического развития сценарии водообеспечения регионов характеризуются следующим образом (табл. 5). В двух регионах (Томская область и Республика Алтай) водообеспеченность будет иметь очень высокие значения: более 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год при всех вариантах водности. В Новосибирской области и Алтайском крае в периоды средней и наибольшей водности водообеспеченность будет иметь очень высокие значения, в наименьшую водность – высокие уровни (от 10,1 до 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год). В Кемеровской области в период наибольшей водности водообеспеченность возрастет до очень высоких значений, в среднюю водность – до высоких, в наименьшую водность – будет отличаться средними показателями (5,0 – 10,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год).

Таблица 5. Сценарии водообеспечения регионов Верхней Оби в разные периоды водности при базовом варианте социально-экономического развития, тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год

Регион / водность	2017	2020	2025	2030	2035
Алтайский край					
средняя	23,53	23,82	24,57	25,46	26,40
наибольшая	35,15	35,58	36,70	38,04	39,45
наименьшая	16,36	16,56	17,08	17,70	18,35
Кемеровская область					
средняя	15,88	16,11	16,58	17,04	17,43
наибольшая	23,17	23,50	24,20	24,88	25,46
наименьшая	9,81	9,95	10,23	10,51	10,74
Новосибирская область					
средняя	23,06	22,76	22,16	21,58	20,97
наибольшая	31,57	31,17	30,34	29,55	28,72
наименьшая	15,37	15,17	14,77	14,38	13,97
Республика Алтай					
средняя	156,29	154,28	152,52	151,96	151,35
наибольшая	232,60	229,61	226,99	226,16	225,25
наименьшая	97,44	96,19	95,10	94,75	94,37
Томская область					
средняя	168,95	168,27	166,06	163,73	161,49
наибольшая	220,89	219,98	217,10	214,06	211,14
наименьшая	117,67	117,19	115,65	114,03	112,46

Согласно нашему прогнозу, локальный вододефицит на юге Западной Сибири наиболее вероятен в муниципальных образованиях Кемеровской области, для которой характерна низкая степень разведанности подземных вод питьевого качества и высокий уровень загрязнения поверхностных водных объектов. Проявления условий локального вододефицита также возможны для территорий Обь-Иртышского междуречья – в муниципальных образованиях Новосибирской обла-

сти и Алтайского края, районы которых по природным причинам не могут использовать поверхностные водные источники и ограниченно используют ресурсы подземных вод из-за их несоответствия требованиям питьевого качества. Кроме этого, в Западной Сибири выделяются территории с высоким уровнем антропогенных воздействий, а именно прямых и косвенных нагрузок на водные объекты в результате изъятия речного стока или поступления загрязняющих веществ с водосбора или путем трансграничного загрязнения, что также служит предпосылками для формирования вододефицитных ситуаций (например, в муниципальных образованиях Томской, Омской и юга Тюменской областей).

Возможная детализация перспективных оценок в рамках применения ландшафтно-бассейнового подхода может быть представлена на примере Омской области. Регион расположен в пределах 10 ландшафтных провинций, но только одна из них – Западнобарабинская характеризуется общим объемом забранной и использованной воды соответственно около 200,0 и 190,0 млн м<sup>3</sup> в год, что составляет 75% общего водозабора и 90% используемой воды в области. В структуре источников водоснабжения преобладают поверхностные водные объекты: 99,1%. На хозяйственно-питьевые нужды расходуется 50,3% используемых в провинции вод, на производственные – 45,6%, на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение – 4,1%.

Пространственная неравномерность степени заселения и освоения региона находит свое отражение в специфике территориальной организации водопользования в целом и эффективности использования водных ресурсов в частности. В Западнобарабинской провинции проживает 1,35 млн чел. или 68,5% населения Омской области. Общий объем выпускаемой продукции в стоимостном выражении составляет 583,8 млн руб. или 92,5% ВРП области. При этом на долю промышленной продукции (в основном обрабатывающих производств) приходится 565,8 млн руб. или 96,4% ВРП провинции. Водоемкость ВРП здесь составляет 0,34 м<sup>3</sup>/1000 руб., что меньше на 19% чем в среднем по области. Еще меньшее значение имеет водоемкость в промышленном производстве провинции – 0,15 м<sup>3</sup>/1000 руб. В сельскохозяйственном производстве водоемкость варьирует от 0,21 м<sup>3</sup>/1000 руб. в животноводстве и до 0,79 м<sup>3</sup>/1000 руб. в растениеводстве, это больше чем в среднем по области на 25% и 88% соответственно.

В других ландшафтных провинциях водоемкость ВРП колеблется от 0,17 до 3,40 м<sup>3</sup>/1000 руб., водоемкость промышленного производства – от 0,13 до 1,87 м<sup>3</sup>/1000 руб. Наибольшая водоемкость ПП отмечается в ландшафтных провинциях, где доля такого вида экономической деятельности, как производство и распределение электроэнергии, воды и газа имеет высокие уровни: Северобарабинская (водоемкость ПП – 1,87 м<sup>3</sup>/1000 руб., доля электроэнергетики по ОКВЭД – 95%), Ашлыкская (водоемкость ПП – 1,08 м<sup>3</sup>/1000 руб., доля электроэнергетики по

ОКВЭД – 99%). Факт высоких уровней водоемкости энергетики подтверждается и другими авторами (Демин, 2010). Водоемкость в сельскохозяйственном производстве составляет: в растениеводстве – от 0,01 до 0,80 м<sup>3</sup>/1000 руб., в животноводстве – от 0,03 до 0,21 м<sup>3</sup>/1000 руб. Максимальные значения приурочены к наиболее заселенным и освоенным провинциям.

Результаты оценки современной водообеспеченности положены в основу расчетов перспективного использования водных ресурсов и водообеспечения населения и экономики региона. Для Западнобарабинской провинции водоемкость ПП в 2020 г. при инерционном варианте развития составит 0,15 м<sup>3</sup>/1000 руб. (на современном уровне), при инновационном сократится до 0,14 м<sup>3</sup>/1000 руб. (на 10%). В этом случае водопотребление на производственные нужды за 2020 г. увеличится, например, по сравнению с 2012 г. при инерционном варианте на 28,43 млн м<sup>3</sup>/год, при инновационном – на 20,73 млн м<sup>3</sup>/год. При условии, что ресурсы речного стока не уменьшатся (Шикломанов и др., 2011), с учетом демографического прогноза Росстата водообеспеченность в 2020 г. составит: для ресурсов местного стока – 0,16 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год, транзитного – 21,85 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год, подземного – 0,13 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год.

Анализ водоресурсных возможностей перспективного развития водоснабжения бессточной области Обь-Иртышского междуречья позволил провести зонирование территории по степени проявления ограничений и выделить районы

благоприятные для крупного хозяйственно-питьевого водоснабжения, районы благоприятные для водоснабжения сельских населенных пунктов с незначительным водоотбором подземных вод, а также районы с ограниченно пригодными водами для питьевых целей (рис. 14).

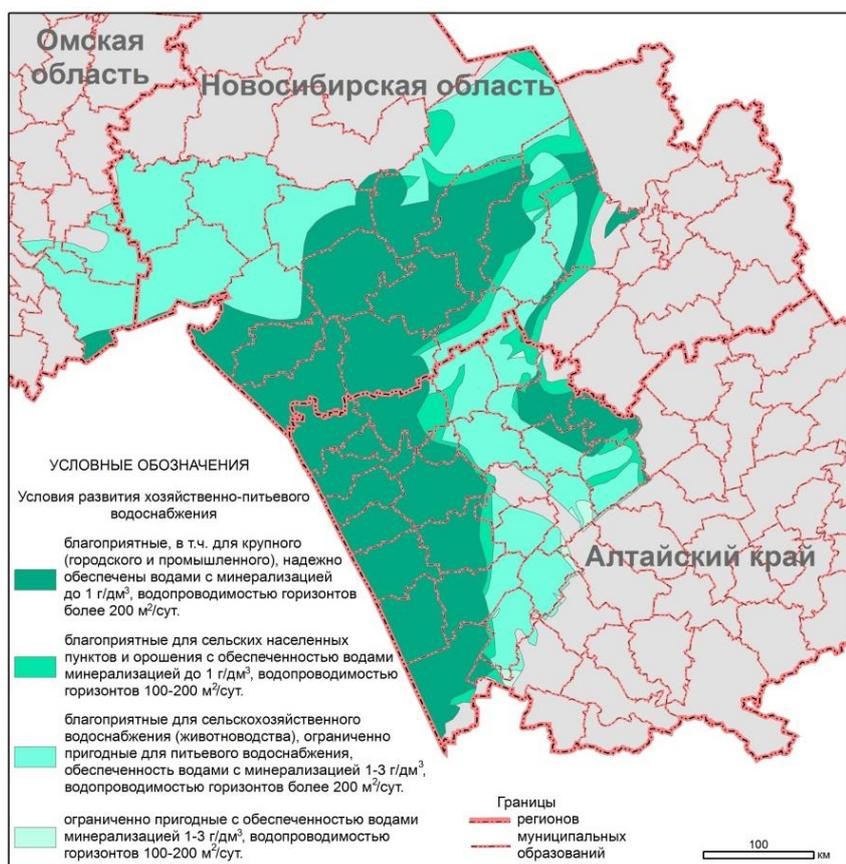


Рисунок 14. Ограничения и возможности развития хозяйственно-питьевого водоснабжения в муниципальных образованиях бессточной области Обь-Иртышского междуречья

Территории, для которых водоресурсные ограничения выступали бы лимитирующим фактором развития, нами не выделены, поскольку при появлении ограничений по минерализации или водообильности в верхнем горизонте, водоснабжение осуществляется из более глубоких горизонтов (до 1,5 км), имеющих требуемое качество вод. Таким образом, природное качество вод не является фактором, ограничивающим развитие этих территорий. Для бесперебойного и гарантированного хозяйственно-питьевого водоснабжения здесь требуется только водоподготовка и финансовые вложения.

Что касается экологического стока, то для функционирования экосистем в естественном состоянии его учет обязателен в отдельных ландшафтных провинциях (Васюганская, Кулундинская, Барабинская), на территории которых расположены наиболее чувствительные к изменениям водного компонента экосистемы – водно-болотные или озерные. Учет этой составляющей прогноза водопотребления и нагрузки на водные объекты позволит сохранить и длительно поддерживать в устойчивом состоянии функционирование экосистем. Исследования (Фащевский и др., 2012) подтверждают, что соблюдение требований экологического стока возможно при условии изъятия водных ресурсов, соответствующих объемам не более 75% от минимального среднемесячного расхода реки.

Таким образом, считаем необходимым применение в документах стратегического и отраслевого планирования регионов результатов оценок водообеспеченности территорий для совершенствования государственного управления в сфере водных отношений и водопользования, координации действий органов исполнительной власти в целях устойчивого социально-экономического развития территорий и поддержания их экологического равновесия.

Одним из действенных механизмов долгосрочного планирования водохозяйственной деятельности в регионах является СКИОВО. Однако для усиления деятельности и в целях координации СКИОВО с разработанными планами и прогнозами социально-экономического развития субъектов федерации предлагаем использовать соответствующие индикаторы состояния водохозяйственной отрасли и региональных систем водопользования, к которым следует отнести объемы перспективного водопотребления в зависимости от их целевого использования и другие показатели состояния систем ВП (рис. 15). Необходимо применение данных показателей в основных документах стратегического и отраслевого планирования территорий (например, в прогнозах социально-экономического развития регионов). Актуальность и своевременность такого внедрения подтверждается высказываниями в научной литературе (Липина и др., 2019; Косолапова и др., 2019).

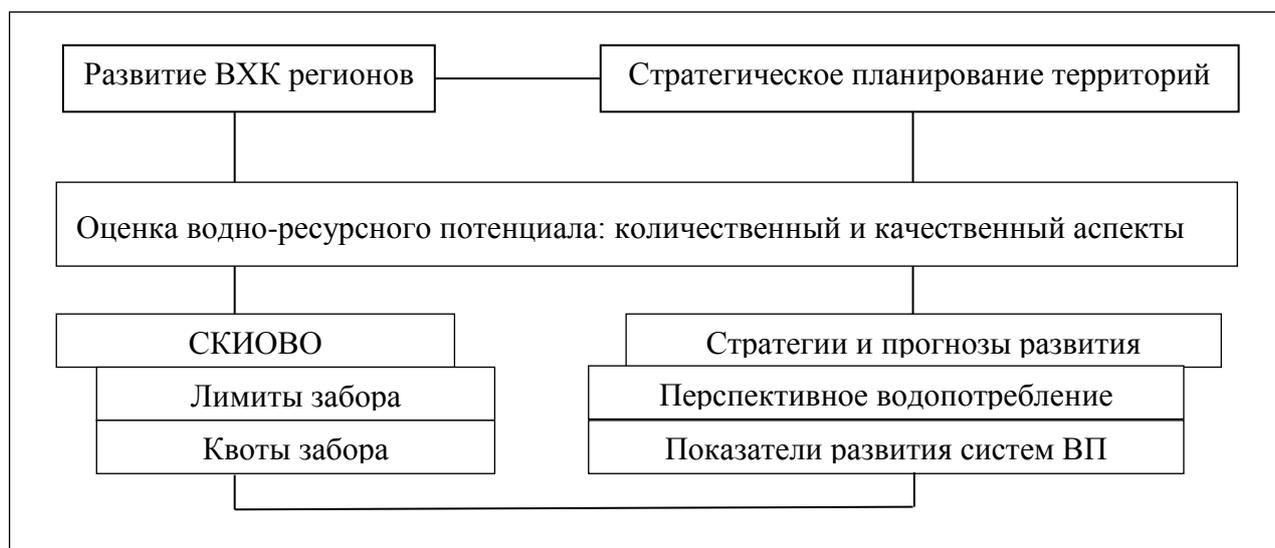


Рисунок 15. Принципиальная схема совершенствования управления водными ресурсами в регионах (с учетом новых элементов в структуре управления, ВХК – водохозяйственный комплекс)

В целях решения поставленных задач предлагается оценку водообеспеченности регионов выполнять в рамках ландшафтно-бассейнового подхода, то есть на уровне отдельных бассейнов и провинций. Подход позволяет разделить территории Западной Сибири на четыре группы: 1 группа характеризуется малой минерализацией природных вод, высокой водообеспеченностью; 2 группа имеет воды питьевого качества, низкую и очень низкую водообеспеченность; 3 группа – питьевое качество природных вод и высокую водообеспеченность; 4 группа – воды не соответствуют питьевому качеству, водообеспеченность низкая и очень низкая. Практические рекомендации и мероприятия по улучшению функционирования водохозяйственного комплекса регионов следует разрабатывать и проводить в соответствии с данной группировкой территорий.

Таким образом, оценки перспективного водопотребления в регионах должны выполняться комплексно с учетом водно-ресурсных показателей, величин эффективного и рационального использования природных вод, а также параметров экологического стока. Представляется возможным применение показателей в качестве индикаторов устойчивого регионального развития.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема современной и перспективной оценки водных ресурсов и водообеспеченности территорий России крайне актуальна. Высокая водообеспеченность РФ связана с ее большой территорией и малой заселенностью обширных пространств. На результаты оценок оказывает влияние территориальная неравномерность распределения водных ресурсов, которая усиливается многолетней и внутригодовой изменчивостью речного и подземного стоков.

На этом фоне важной научной проблемой становится выполнение детальных региональных оценок водообеспеченности населения и экономики субъектов

федерации, необходимых для планирования социально-экономического развития территорий. В этих целях исследователи рекомендуют использовать понятия потенциальных и реальных водных ресурсов. В первом случае для регионов Сибири такие оценки достаточно легко выполнимы. Из-за отсутствия многолетних рядов наблюдаемых гидрологических данных и достоверных сведений о водопользовании расчеты реальной водообеспеченности крайне затруднены. Кроме этого, уровень региональных оценок слабо обеспечен информацией о качестве природных вод и загрязненности водных объектов.

В этой связи, стояла задача разработки такого теоретико-методологического подхода к оценкам водно-ресурсного потенциала и водообеспеченности регионов Западной Сибири, который позволил бы выполнять их на качественно новом уровне обобщения и корректного представления имеющейся информации, а также учитывать современные методологии исследования проблем водопользования. Предложенный и реализованный в работе подход раскрывается пошагово в методическом плане и выступает важным инструментом управления водными ресурсами регионов.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. В целях оценки водно-ресурсного потенциала территорий Западной Сибири использован ландшафтно-бассейновый подход, который реализуется последовательно по следующей структурно-логической схеме: природообусловленность систем водопользования, их детерминированность действием антропогенных факторов, эффективность использования водных ресурсов, перспективные водопотребление и водообеспеченность, территориальная организация и управление водопользованием. Каждый из элементов схемы имеет четкие контуры описания, которые раскрываются на примере отдельных регионов и ландшафтных провинций, речных бассейнов и ВХУ в соответствии с пространственно-таксономическими уровнями географических и геэкологических исследований.

2. Разработан и представлен алгоритм оценки водоресурсного обеспечения долгосрочного социально-экономического развития Западной Сибири. Реализация предлагаемых подхода и алгоритма позволила адекватно оценить водообеспеченность регионов. В целом около 15% общей численности населения Обь-Иртышского бассейна проживает в условиях катастрофически низкой, очень низкой и низкой потенциальной водообеспеченности. Реальная водообеспеченность, расчет которой выполнен для отдельных речных бассейнов и ВХУ с высокой интенсивностью антропогенных нагрузок, оценена на примере бассейнов рр. Алей и Томь, где она имеет низкие и средние значения в годы минимальной водности и катастрофически низкие и отрицательные значения в меженные периоды.

3. Анализ и оценка природных факторов формирования региональных систем водопользования свидетельствует о природообусловленности их функционирования с выраженной антропогенной детерминантой развития. Так, прямой зависимости формирования систем ВП от природных факторов, изменяющихся по широте, не выявлено. Но в целом оценки водообеспеченности согласуются с общими закономерностями формирования речного и подземного стоков, увлажнения территорий Западной Сибири.

Функционирование и развитие систем ВП как исторически сложившихся форм использования водных ресурсов, нашедших отражение в особенностях территориальной структуры водопользования, в полной мере доказывается теснотой корреляционной связи между показателями водопотребления и численности проживающего населения в ландшафтных провинциях Западной Сибири. Действие антропогенного фактора имеет обратную зависимость с природообусловленным характером развития систем ВП. При расчетах корреляции между показателями потенциальной водообеспеченности и использования водных ресурсов коэффициент Спирмена имеет достоверные отрицательные значения и равен  $-0,73$  для общего речного стока и  $-0,68$  для подземного стока. Выявлено территориальное несоответствие водно-ресурсного потенциала потребностям населения и экономики регионов.

4. Пространственный анализ водопотребления в регионах Западной Сибири показывает, что в многолетней динамике объемы используемых вод сокращаются (за период 1995-2017 гг. на 17%), но не столь значительно, как для Российской Федерации в целом (на 30%). Показатели водоемкости выпускаемой продукции превышают среднероссийский уровень в Кемеровской области в 2,3 раза. Удельное водопотребление соответствует нормативным значениям на 100-120% в индустриально-развитых субъектах федерации, на 50-85% – в остальных регионах, в том числе с аграрной и рекреационной направленностью развития. При этом доля оборотного и повторно-последовательного водоснабжения составляет в Новосибирской области – 70,9%, Томской – 74,3%, Кемеровской – 76,8% и Алтайском крае – 79,1%, что ниже среднероссийского уровня (81,5%). Наибольшие потери воды при транспортировке отмечаются в Омской области (20,4%) и Республике Хакасия (24,1%).

Сравнение водоемкости производимой продукции в регионах Западной Сибири с общероссийскими и европейскими (ФРГ) показателями позволило сделать вывод о решающем влиянии отраслевой специализации экономик на эффективность использования водных ресурсов. В связи с этим, предложено перспективные оценки водопотребления выполнять на основе расчетов водоемкости валового регионального продукта и учета различий использования водных ресурсов в отраслях промышленного и сельскохозяйственного производства.

5. На примере регионов Верхней Оби произведен расчет перспективного водопотребления и водообеспеченности населения и объектов экономики. Прогноз использования водных ресурсов показывает, что водопотребление на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды будет сокращаться (в сравнении с 2017 г.): на 0,9% к 2025 г., на 1,4% к 2030 г. В тоже время для промышленных нужд, сельскохозяйственного водоснабжения и ирригации водопотребление будет возрастать (соответственно к 2025 г. на 22,2 и 17,1%, к 2030 г. 42,3 и 24,3%).

Применение ландшафтно-бассейнового подхода в целях оценки перспективного водопотребления и водообеспечения территорий проиллюстрировано на примере муниципальных образований и ландшафтных провинций Омской области и бессточной области Обь-Иртышского междуречья как потенциально вододефицитных территорий. Результаты оценки свидетельствуют, что ресурсы местного стока Западнобарабинской провинции, в пределах которой расположены г. Омск и Омский район, используются почти на 100%. При этом водообеспеченность за 2020 г. составит из ресурсов местного стока – 0,16 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год, транзитного – 21,85 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год, подземного – 0,13 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год. Для муниципальных образований Новосибирской, Омской областей и Алтайского края, находящихся в границах замкнутого стока количественных и качественных ограничений по использованию подземных вод не выявлено.

6. Разработаны сценарии водообеспечения регионов Верхней Оби, согласно которым локальный вододефицит наиболее вероятен в муниципальных образованиях Кемеровской области, поскольку здесь отмечена низкая степень разведанности подземных вод и высокий уровень загрязнения поверхностных водных объектов (рекомендуется доразведка питьевых подземных вод). Проявления условий локального вододефицита возможны для территорий Обь-Иртышского междуречья – в муниципальных образованиях Новосибирской области и Алтайского края, районы которых по природным причинам не могут использовать поверхностные водные источники и ограничено используют ресурсы подземных вод из-за их несоответствия требованиям питьевого качества. Рекомендуется строительство станций водоподготовки, реконструкция существующих систем водоснабжения и доразведка месторождений подземных вод питьевого качества.

7. В отдельных регионах Западной Сибири выделены территории с высоким уровнем антропогенных воздействий, включая прямые и косвенные нагрузки на водные объекты в результате изъятия речного стока или поступления загрязняющих веществ с водосбора или путем трансграничного загрязнения. Все это также служит предпосылками для формирования вододефицитных ситуаций. Данная ситуация характерна для муниципальных образований Томской, Омской и юга Тюменской областей. Решение проблем гарантированного хозяйственно-питьевого водоснабжения здесь должно быть комплексным (водоподготовка, реконструкция

сооружений и коммуникаций, поиск альтернативных источников воды, строительство гидротехнических сооружений).

8. В качестве основных направлений стратегий развития регионов в части управления водными ресурсами и водными отношениями, урегулирования водохозяйственных проблем предлагаются: устранение локальных дефицитов водных ресурсов в маловодные периоды; снижение антропогенных нагрузок на водные объекты и их водосборные территории; повышение рациональности и эффективности водопользования, в т.ч. путем сокращения водоемких производств; увеличение доступности для сельского населения услуг централизованного водоснабжения; разработка комплексных мероприятий по охране и восстановлению водных объектов; учет экологического стока в оценках водообеспеченности и при выделении квот и лимитов забора воды и др.

9. Для долгосрочного планирования развития регионов предложено использовать индикаторы развития водохозяйственной отрасли в прогнозах социально-экономических показателей субъектов федерации, что будет способствовать совершенствованию государственного управления в сфере водопользования, а также координировать действия органов исполнительной власти, водопользователей и ведомственных водохозяйственных организаций в целях устойчивого регионального развития Западной Сибири.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Монографии:

1. Российско-Казахстанский трансграничный регион: история, геоэкология и устойчивое развитие / Институт степи, Уральское отделение, Российская Академия наук. Екатеринбург, 2011. 216 с. (с участием автора написан один раздел коллективной монографии).

2. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / отв. ред. Ю.И. Винокуров, А.В. Пузанов, Д.М. Безматерных; Рос. Академия наук, Сибирское отделение, Институт водных и экологических проблем СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 236 с. (автор приняла участие в написании шести разделов трех глав).

3. **Рыбкина И.Д.** Концепция качества жизни в геоэкологическом пространстве Сибири. Москва-Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2013. 102 с. <http://www.rfh.ru/downloads/Books/134293002.pdf>.

4. Савкин В.М., **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Кондакова О.В. Роль Новосибирского водохранилища в решении водохозяйственных проблем // Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / В.М. Савкин [и др.]; отв. ред. О.Ф. Васильев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т водн. и экол. проблем. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 10-15.

5. Современные трансформационные процессы в регионах Большого Алтая / отв. ред. Ю.И. Винокуров; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т водн. и экол. проблем. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 247 с. (автор приняла участие в написании трех разделов двух глав).

6. Экологические риски в трансграничном бассейне реки Иртыш / Винокуров Ю.И. [и др.]; науч. ред. Ю.И. Винокуров; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т водн. и экол. проблем. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 161 с. (с участием автора написана третья глава коллективной монографии).

7. Стоящева Н.В., **Рыбкина И.Д.**, Андреева И.В. Алтайский край. Природопользование // География Сибири в начале XXI века. Т. 5. Западная Сибирь. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. С. 87-98.

8. Организационные и санитарно-гигиенические основы системы мероприятий по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения в период наводнения в территориях Юго-Западной Сибири / отв. ред. Г.Г. Онищенко, И.П. Салдан. Барнаул: Изд-во «Азбука», 2016. 407 с. (автор приняла участие в написании двух разделов).

Статьи в научных журналах Web of Science и Scopus:

9. Stoyashcheva N.V., **Rybkina I.D.** Transboundary nature management problems within the Irtysh basin // Geography and Natural Resources. 2013. Vol. 34. № 1, pp. 20-25. (doi.org/10.1134/S1875372813010034).

10. Stoyashcheva N.V., **Rybkina I.D.** Water resources of the Ob-Irtysh river basin and their use // Water Resources. 2014. Т. 41. № 1. С. 1-7. (doi.org/10.1134/S0097807814010102).

11. Vinokurov Y.I., **Rybkina I.D.**, Stoyashcheva N.V., Gubarev M.S., Kurepina N.Y., Reznikov V.F., Magaeva L.A. Landscape-basin in water supply assessments of the population and economy of the regions of Western Siberia // Geography and Natural Resources. 2018. Т. 39. № 1. С. 23-32. (doi.org/10.1134/S1875372818010043).

12. **Рыбкина И.Д.** Оценка и прогноз водообеспеченности Омской области // Известия РАН. Сер. геогр. 2016. № 1. С. 115-122. (doi.org/10.15356/0373-2444-2016-1-115-122).

13. **Рыбкина И.Д.**, Сивохиц Ж.Т. Водные ресурсы российско-казахстанского трансграничного региона и их использование // Юг России: экология, развитие. 2019. №2. С. 70-86. (doi: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86).

Статьи в научных журналах РФ, рекомендованных ВАК:

14. Орлова И.В., **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В. Оценка интегральной антропогенной нагрузки на территорию Алтайского края // Ползуновский вестник. 2006. № 4-2. С. 123-130.

15. **Рыбкина И.Д.** Оценка экологического состояния административных районов города Барнаула // Ползуновский вестник. 2006. № 2-1. С. 235-241.

16. Спирин П.П., **Рыбкина И.Д.** Трансформация социально-экономического пространства российско-казахстанского приграничья (на примере Алтайского края) // Экономика и управление. 2007. № 4 (30). С. 25-28.

17. **Рыбкина И.Д.** Методика оценки экологического состояния и качества среды жизни в населенном пункте (на примере центров расселения Алтайского края) // География и природные ресурсы. 2008. №1. С. 150-156.

18. **Рыбкина И.Д.** Оценка качества среды жизни в населенных пунктах Алтайского края // Проблемы региональной экологии. 2008. № 1. С. 135-138.

19. **Рыбкина И.Д.** Экосистемный подход к изучению городов (на примере Алтайского края) // Экология урбанизированных территорий. 2008. № 1. С. 30-34.

20. **Рыбкина И.Д.**, Губарев М.С. Питьевая вода как лимитирующий фактор развития городов Сибири // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008. № 3S2-2. С. 450-451.

21. **Рыбкина И.Д.** Роль городов в формировании экологической ситуации в Алтайском крае: задачи городской экологической политики // Мир науки, культуры, образования. 2009. № 2 (14). С. 26-29.

22. **Рыбкина И.Д.** Оценка демографической емкости регионов Сибири // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. №1(5). С. 1437-1443.

23. **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В. Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию Верхней и Средней Оби // Мир науки, культуры и образования. 2010. №6 (25). Ч. 2. С. 295-299.

24. **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 4. С. 42-52.

25. Стоящева Н.В., **Рыбкина И.Д.** Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию и водные объекты трансграничного бассейна р. Иртыш // Ползуновский вестник. 2011. №4-2. С. 98-102.

26. **Рыбкина И.Д.** Оценка водоресурсной обеспеченности существующих потребностей населения и экономики регионов Сибири // Мир науки, культуры и образования. 2012. №1 (32). С. 327-332.

27. **Рыбкина И.Д.** Проблемы и перспективы демографического развития Алтайского края // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2012. № 4 (27). С. 11-15.

28. Винокуров Ю.И., **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В. Территориальная организация водопользования в бассейне реки Алей // Региональные исследования. 2013. №4. С. 53-59.

29. Винокуров Ю.И., **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. Территориальная организация водопользования в бассейне реки Алей // География и природные ресурсы. 2014. №3. С. 133-140.

30. Губарев М.С., Магаева Л.А., **Рыбкина И.Д.**, Шарабарина С.Н. Инвентаризация состояния осушительных каналов Барабы // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 4. С.10-12.

31. **Рыбкина И.Д.** Сопоставительный анализ эффективности использования водных ресурсов в регионах Западной Сибири в сравнении с общероссийским и западноевропейским уровнями // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 3. С. 80-88.

32. **Рыбкина И.Д.**, Магаева Л.А., Губарев М.С. Ограничения и возможности развития водоснабжения муниципальных образований бессточной области Обь-Иртышского междуречья // Вода: химия и экология. 2015. № 3 (81). С. 83-90.

33. Стоящева Н.В., Резников В.Ф., **Рыбкина И.Д.**, Епишев К.М., Губарев М.С. Геоэкологические аспекты эффективного энергообеспечения удаленных территорий на основе использования возобновляемых источников энергии (на примере развития малой гидроэнергетики в Алтайском крае) // Вестник алтайской науки. 2015. №1 (23). С. 259-264.

34. Парамонов Е.Г., **Рыбкина И.Д.** Стабилизация водоносности реки Алей лесными насаждениями // Сибирский лесной журнал. 2016. № 3. С. 57-66.

35. **Рыбкина И.Д.** Нужны ли ГЭС Алтаю? // Природа. 2016. № 8. С. 34-41.

36. **Рыбкина И.Д.**, Губарев М.С., Плуталова Т.Г., Гармс Е.О. Опыт оценки ущерба населению и объектам экономики от негативного воздействия природных вод реки Лены // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 2. С. 63-71.

37. Губарев М.С., **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В. Инвентаризация состояния прудов на притоках реки Алей в степной зоне Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 6 (152). С. 61-68.

38. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., **Рыбкина И.Д.**, Котовщиков А.В., Дьяченко А.В. Современное состояние и экологические проблемы Обь-Иртышского бассейна // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 6. С. 106-118.

39. Курепина Н.Ю., **Рыбкина И.Д.** Картографическое сопровождение научно-исследовательских работ в целях водной безопасности регионов Западной Сибири // Геодезия и картография. 2017. № 2. С. 33-41.

40. Седова Е.Ю., **Рыбкина И.Д.** Особенности использования водных ресурсов и оценка антропогенной нагрузки в бассейне реки Чумыш // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 6. С. 28-38.

41. Стоящева Н.В., **Рыбкина И.Д.**, Резников В.Ф., Губарев М.С. Заказник «Хабарский» как ключевой объект системы особо охраняемых природных территорий бассейна реки Бурла // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. № 1. С. 61-71.

Материалы докладов и статьи, опубликованные в других изданиях:

42. **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В. Проблемы водопользования в регионах Сибири // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: материалы третьей всерос. конф. с межд. участием. Барнаул: Изд-во АРТ, 2010. С. 612-615.

43. Стоящева Н.В., **Рыбкина И.Д.** Проблемы водообеспечения в регионах Обь-Иртышского бассейна: вымысел или реальность? // Сборник научно-популярных статей – победителей конкурса РФФИ 2012 года. Вып. 16. М., 2013. С. 256-263.

44. **Рыбкина И.Д.** Геоэкологические оценки качества жизни населения сибирских регионов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. Вып. 2. С. 753-757.

45. **Рыбкина И.Д.** Водоресурсные возможности и ограничения долгосрочного развития регионов Западной Сибири // Трансформация социально-экономического пространства Евразии в постсоветское время: сборник статей / отв. ред. Н.И. Быков, Д.А. Дирин, Ц.М. Мадры. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. Т. 2. С. 196-202.

46. **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В. Обоснование экологической реабилитации водных объектов Алтайского края // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. №2. С. 4-12.

47. **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Магаева Л.А., Резников В.Ф., Губарев М.С., Курепина Н.Ю. Оценка потенциальной обеспеченности поверхностными и подземными водными ресурсами населения и экономики регионов Западной Сибири // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: труды Всерос. науч. конф. с межд. участием. Т. 2. Барнаул, 2014. С. 252-260.

48. **Рыбкина И.Д.**, Губарев М.С. Ранжирование регионов Западной Сибири по степени водохозяйственной безопасности: методический подход и предварительные результаты // Водные ресурсы и проблемы водопользования: труды Межд. симпозиума (г. Ховд, 18-21 сентября 2015 г.). Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2015. С. 163-168.

49. **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Магаева Л.А., Губарев М.С., Резников В.Ф., Курепина Н.Ю. Оценка водообеспеченности регионов Западной Сибири // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: труды четвертой Всерос. науч. конф. с межд. участием (г. Москва, 15-18 сентября, 2015 г.) / ИВП РАН: отв. Ред. Болгов М.В. Москва: ИВП РАН, 2015. С. 512-514.

50. **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Губарев М.С., Орлова Е.С., Седова Е.Ю. Особенности водопользования в регионах Обь-Иртышского бассейна // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. № 4 (43). С. 19-29.

51. Стоящева Н.В., **Рыбкина И.Д.**, Резников В.Ф., Губарев М.С. Опыт организации памятников природы регионального уровня в целях сохранения особо ценных водных объектов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. №3 (99). С. 48-55.

52. Пузанов А.В., Винокуров Ю.И., Безматерных Д.М., Атавин А.А., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Ловцкая О.В., Папина Т.С., **Рыбкина И.Д.** Водные ресурсы и водохозяйственный комплекс Обь-Иртышского бассейна // Водное хозяйство Казахстана. 2016. № 4 (72). С. 49-56.

53. **Рыбкина И.Д.** Методический подход и алгоритм оценки водоресурсной обеспеченности социально-экономического развития регионов Западной Сибири // Чистая вода России: сб. матер. XIV Межд. науч.-практ. симпозиума / ред. Прохорова Н.Б., Шагалова Н.Н., Принцева Т.М., Валек Н.А. 2017. С. 135-139.

54. **Рыбкина И.Д.** Регионы Западной Сибири: возможности и риски водообеспечения населения и экономики // Современные тенденции пространственного развития и приоритеты общественной географии: материалы межд. науч. конф. / Отв. ред. Н.И. Быков. 2018. С. 382-388.

55. **Rybkina I.** Landscape-basin approach for solving water-economic and water supply problems (Siberian regions as case of study) // Practical Geography and XXI century challenges. International Geographical Union Thematic Conference to the Centennial of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. 2018. P.107.

56. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., **Рыбкина И.Д.**, Котовщиков А.В., Курепина Н.Ю. Обь-Иртышский бассейн: современное состояние, экологические проблемы и перспективы изучения // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования: материалы Межд. науч.-практ. конференции, посвященной памяти чл.-корр. РАН А.Н. Антипова (23–27 сентября 2019 г.). Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 573-577.

57. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Резников В.Ф., Кириллов В.В. Проект переброски водных ресурсов по трубопроводу из бассейна Верхней Оби в Китай // Чистая вода России: сб. материалов XV Межд. науч.-практ. симпозиума (23-27 сентября 2019 года, г. Екатеринбург). Разд. 1. Управление качеством водных ресурсов. Екатеринбург, 2019. С. 280-285.

58. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., **Рыбкина И.Д.**, Стоящева Н.В., Резников В.Ф. О проекте переброски водных ресурсов по трубопроводу из бассейна Верхней Оби в Китай // Наука и инновационные технологии на службе водной безопасности: сб. научн. трудов Сети водохозяйственных организаций Восточной Европы, Кавказа, Центральной Азии. Вып. 13. Ташкент: НИЦ МКВК, 2019. С. 191-198.

59. **Рыбкина И.Д.** Водная безопасность – фактор стратегического планирования регионов России // Чистая вода России: сб. материалов XV Межд. науч.-практ. симпозиума (г. Екатеринбург, 23-27 сентября 2019 года). Разд. 1. Управление качеством водных ресурсов. Екатеринбург, 2019. С. 286-293.

60. **Рыбкина И.Д.** Водная безопасность как фактор стратегического планирования // Наука и инновационные технологии на службе водной безопасности: сб. научн. трудов Сети водохозяйственных организаций Восточной Европы, Кавказа, Центральной Азии. Вып. 13. Ташкент: НИЦ МКВК, 2019. С. 215-224.

61. **Рыбкина И.Д.** Водно-ресурсное обоснование документов стратегического планирования в регионах Обь-Иртышского бассейна // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования: материалы Межд. науч.-практ. конф., посвященной памяти чл.-корр. РАН А.Н. Антипова (23–27 сентября 2019 г.). Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 915-919.

62. **Рыбкина И.Д.** Прогноз целевых видов использования водных ресурсов (на примере регионов Верхней Оби) // Географическая наука Узбекистана и России: общие проблемы, потенциал и перспективы сотрудничества / отв. ред. Ф.Х. Хикматов и А.Г. Дружинин: материалы Межд. науч.-практ. конф. (г. Ташкент, 13-19 мая 2019 г.). Ташкент, 2019. С. 302-306.

63. **Rybkina I.D.** Water-resource substantiation of strategic planning in the regions of the Ob-Irtysh basin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 381 (2019) 012080. doi:10.1088/1755-1315/381/1/012080.

Подписано в печать 19.03.2020. Формат 60x84/16  
Печать цифровая. Усл. печ. л. 2,0  
Тираж 150 экз. Заказ № 0394

Отпечатано в типографии ООО «Бизнес-Коннект»  
656043 г. Барнаул, пр. Ленина 23  
тел. (3852) 35-31-57